

**Cours : « Histoire de la population mondiale et transition démographique »  
Enseignement 2007-2018**

*Thème N° 5, 1<sup>e</sup> partie*

## **Les facteurs et l'évolution de la mortalité**

### **Partie I. La longévité, l'espérance de vie et la mortalité (notions de base)**

- Modèles de la mortalité et de survie
- Rapports entre la longévité, la mortalité et l'espérance de vie
- Problèmes de l'estimation (d'observation) de la longévité biologique
- Méthode de l'estimation de l'espérance de vie
- Mesures de la mortalité
- La structure de la mortalité selon l'âge dans le contexte biodémographique
- Facteurs de la mortalité et les causes de décès
- Classification des causes de décès et des maladies
- CIM – La classification internationale des maladies et ses causes de décès
- Mesures de la propagation, la persistance des maladies dans une population.

### **Partie II. Évolution historique de la situation épidémiologique et des causes de décès**

- Quelques concepts de base : l'écologie (la symbiose) des hôtes et des parasites
- Parasitismes et maladies dans les forêts tropicales
- Parasitisme et maladies chez les agriculteurs et les éleveurs (« la révolution néolithique »)
- Les maladies de la civilisation (« maladies civilisées »)
- Aspect nutritionnel
- Transition épidémiologique
- Structure actuelle des causes de décès dans le monde
- Perspectives de la mortalité

# Modèles historiques de mortalité et de survie

## Définitions importantes

**Mortalité** → la probabilité de mourir à un âge exacte pour un individu qui a survécu jusqu'au/qui vit cet âge (en % ou ‰)

**Survie** → la probabilité de survivre de la naissance à un âge exact

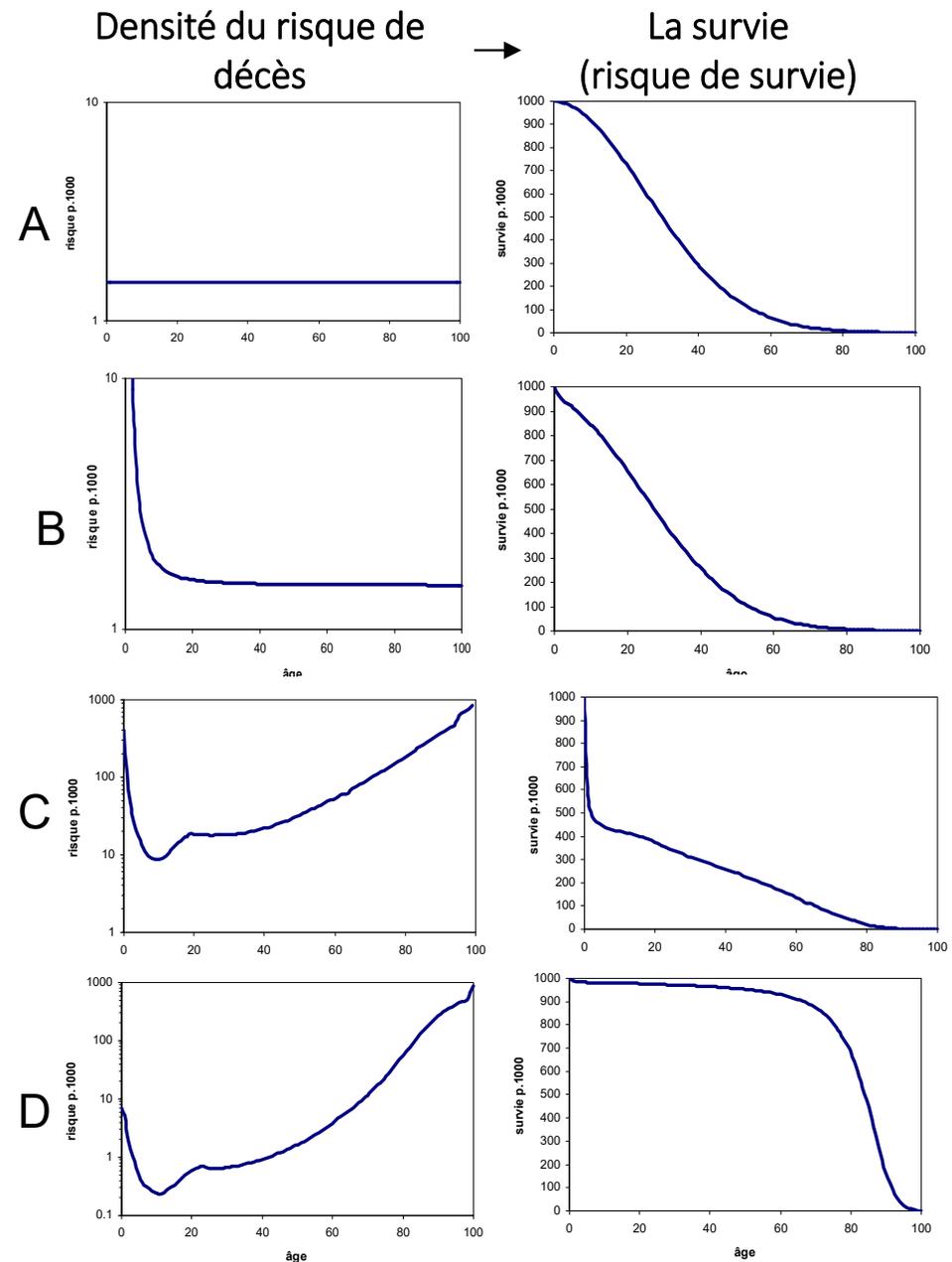
## Légende du graphique

A – une population hypothétique soumise à un risque constant (par ex. : les prédateurs, les infections mortelles, les catastrophes naturelles) ;

B – une population hypothétique ayant *r*-stratégie de survie (la prolifération et la mortalité postnatale sont très élevées) ;

C – la mortalité historique des populations humaines ( $e_0 = 21$  ; mortalité infantile très élevée)

D – la mortalité des populations contemporaines des pays développés (faible mortalité infantile ;  $e_0=70-80$ )00



# Longévité et espérance de vie : définitions

La longévité est la durée maximale possible de la vie d'une espèce.

## Les définitions plus détaillées sont moins précises, par exemple :

« La longévité d'un être vivant est la durée de vie pour laquelle il est *biologiquement programmé* (?), dans des *conditions idéales* (?) et en l'absence de *maladie* (?) ou d'accident. Elle correspond à la durée de vie maximale d'une espèce. »

Didier Mallay (dir.) *Gériatrie* Edition Estem, (2000), p.13

## Les éléments imprécis et/ou immesurables sont :

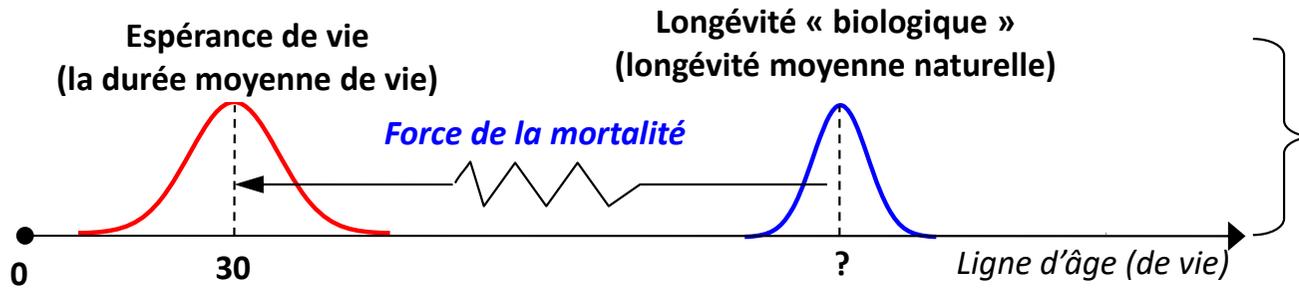
- ✓ « la programmation biologique » (on pourrait dire « divine »),
- ✓ « les conditions idéales » (qu'on ne peut pas savoir sans comprendre le fonctionnement de l'organisme humain dans son intégralité) et
- ✓ « la maladie » (dont le contenu et la définition ne cesse pas de changer au cours de l'histoire).

## L'espérance de vie à la naissance (la durée moyenne de vie) $\rightarrow E_0 (e_0)$

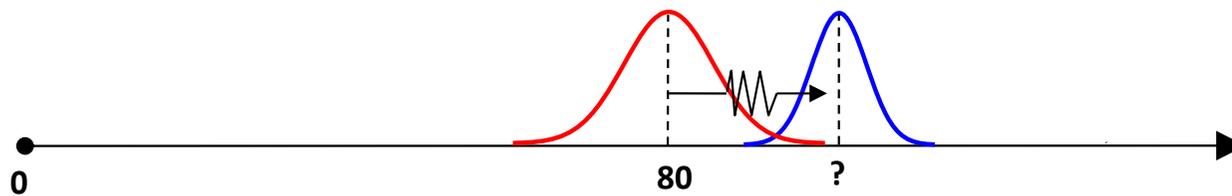
une caractéristique intégrale de la survie et du risque de décès (du régime de la mortalité)  
Numériquement elle correspond à l'âge moyen au décès d'une génération réelle ou fictive =  
une valeur inverse au risque moyen de décéder durant un intervalle de temps (une année)

# Rapport entre la longévité l'espérance de vie : mortalité

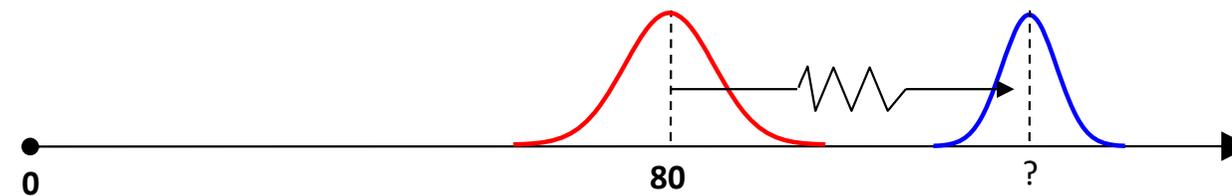
**La force de la mortalité** détermine un écart entre la longévité (physiologique) et  $e_0$



Hypothèse I : La longévité humaine est fixe et on s'en approche



Hypothèse II : a) la longévité humaine est fixe, mais on en est encore loin.  
b) la longévité humaine évolue



« Ancien régime »  
démographique

**La baisse historique  
de la mortalité**

« Nouveau régime »  
démographique

# Problématiques des études sur la longévité humaine

L'immortalité existe-elle dans la nature ?



Méduse *Nutricula de Turritopsis*

- **Deux hypothèses sur la nature de la longévité humaine (« le vieillissement biologique ») :**
  - ✓ Usure de l'organisme (dégénération à cause de la fatigue)
  - ✓ Code génétique (dégénération comme l'autodestruction)
- **Deux questions majeures sans réponse définitive :**
  - ✓ La longévité « naturelle » moyenne de l'espèce humaine est de 70 ans ? de 100 ans ? de 120 ? ...ou plus ?
  - ✓ La longévité humaine est-elle évolutive ou fixe ?
- **Deux questions de méthodologie :**
  - ✓ Peut-on mesurer la longévité ?
  - ✓ Quelles sont les sources de nos connaissances de la longévité ?

# Estimation et observations de la longévité biologique

- **La longévité « biblique » :**

- **Avant le déluge presque 1000 ans :**

Adam (930 ans il a « connu » Ève à 130 ans pour lui faire son troisième enfant Seth), Hénoch (965 ans), Mathusalem (969 ans), Noé (950 ans) ;

- **Après le déluge 120 ans :**

le Dieu a fixé la longévité humaine à 120 ans en disant : « ... l'Éternel dit : Mon esprit ne restera pas à toujours dans l'homme, car l'homme n'est que chair, et ses jours seront de cent vingt ans. » (Genèse, 6-3). Cependant, Abraham a vécu 275 ans, Isaac 180 ans et Jacob 147 ans, mais Joseph a vécu seulement 110 ans.

- **La longévité légendaire ou anecdotiques :**

- **Les exemples « historiques » :**

*Thomas Parck ou Paw mort à l'âge de 152 ans et 9 mois*, et les autres exemples recueillis par Augustin-Martin Lottin (*L'Almanach de la vieillesse ou Notice de tous ceux qui ont vécu cent ans et plus*. A Paris, chez A. M. Lottin..., 1761-1771. Onze tomes en 4 volumes), voir J.-M. ROHRBASSER "Les Merveilles de la nature : l'extrême longévité, XVIIe-XIXe siècles", dans *La durée de vie Histoire et Calculs*, Dossiers et Recherches, INED, n°109, 2001

- **Les lieux magiques favorables :**

centenaires du Caucase, de l'État de Géorgie aux États-Unis, de la vallée de Vilcamba (les Andes, Équateur) ou de l'île d'Okinawa (Japon)

- **Exemples confirmés de la durée de vie humaine la plus élevée :**

Jeanne Calment (**122 ans**) : née le 21 février 1875 et décédée le 4 août 1997 en France à Arles.

Thomas Kristian Mortensen (**115 ans**) : né le 16 août 1882 à Danemark et décédé le 25 avril 1998 en Californie (USA).

Emma Morano (**117 ans**) née le 29 novembre 1899 en Italie et décédée le 15 avril 2015 à Verbania-Pallanza

Violet Brown (**117 ans**) née le 10 mars 1900 à Trelawny et décédée le 15 septembre 2007 à Montego Bay (Jamaïque)

Ana Vela (**116 ans**) née le 29 octobre 1901 à Puente Genil (Andalousie) et décédée le 15 décembre 2017 à Barcelone

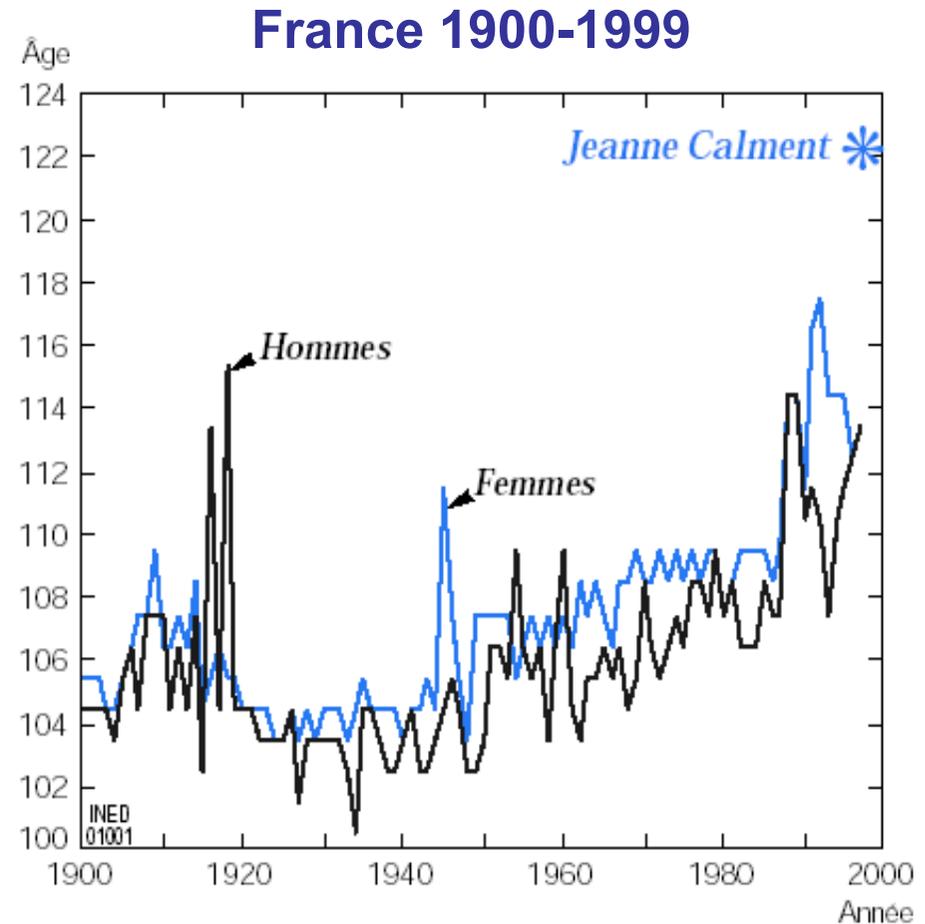
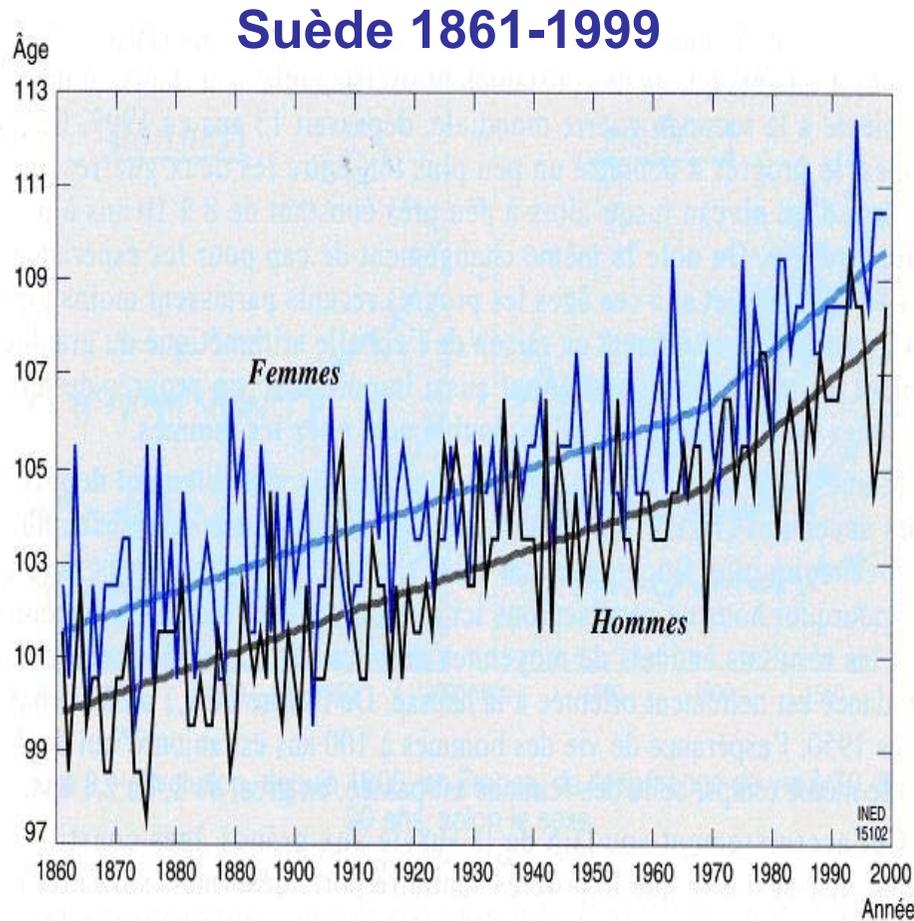
# Longévité : observation scientifique

## « indirecte »

- **Observation de l'âge le plus élevé au décès** noté dans des registres de population ou à partir de la statistique d'état civil.
- **Collecte systématique de données**, par exemple « Kannisto-Thatcher Database on Old Age Mortality » qui contient les données sur les populations et les décès à l'âge au-delà de 80 ans dans plus de 80 pays (<http://www.demogr.mpg.de>)
  - ✓ Les observations à partir des registres suédois (e.g.) d'état civil montrent **l'augmentation progressive de l'âge maximale au décès** depuis 1861.
  - ✓ Les données françaises révèlent la même tendance à partir des années 1940 (antibiotique ?)
  - ✓ La qualité des données s'améliore étant une cause de l'augmentation de nombre des centenaires (voir une fiche de l'INED « Centenaires en France... » sur l'EPI)

# La longévité humaine est-elle observable ?

Évolution de l'âge maximal au décès enregistré au cours de l'année en Suède et en France selon le sexe.



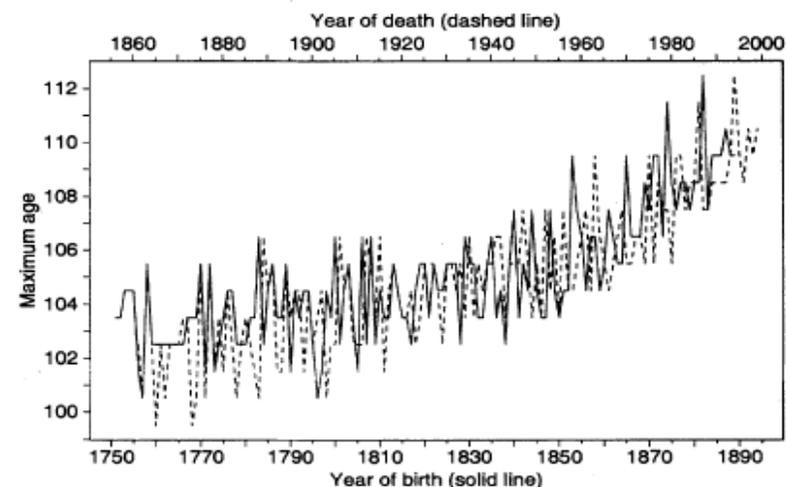
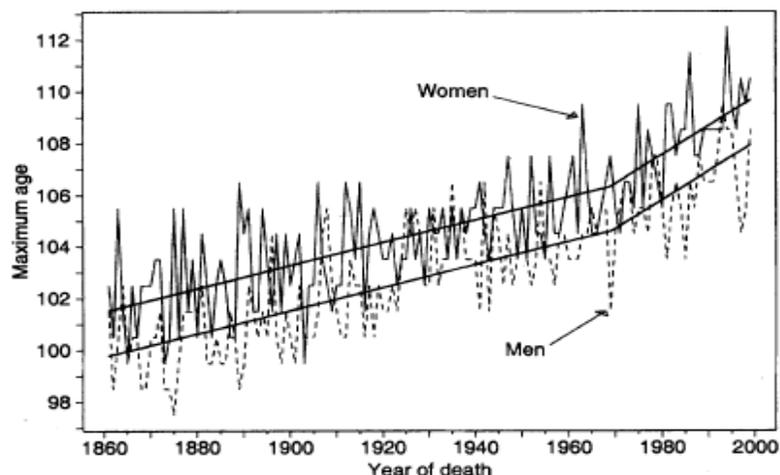
Reproduction à partir de J.Vallin et G.Berlinguer "De la mortalité endogène aux limites de la vie humaine". Dans Vallin, J., G.Caselli et G.Wunsch, *Les déterminants de la mortalité*. (Démographie : analyse et synthèse, vol.III) Paris, INED, 2002, p.193 (Suède) et

Jacques Vallin et France Meslé, « Vivre au-delà de 100 ans » *Population et Sociétés* n° 365, février 2001 (**lecture sur EPI**)

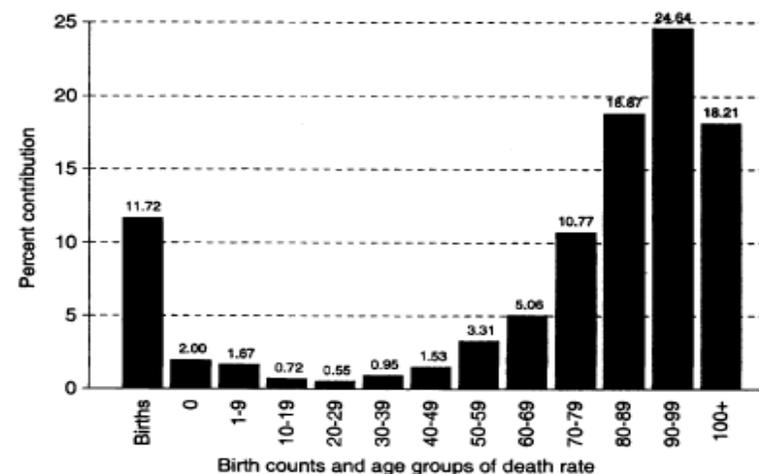
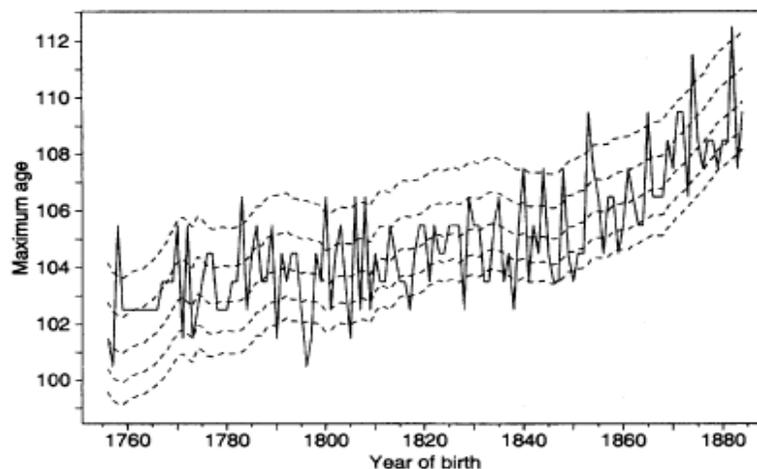
# Question méthodologique: qualité des données!

## Croissance de la longévité maximal en Suède, 1861-1999

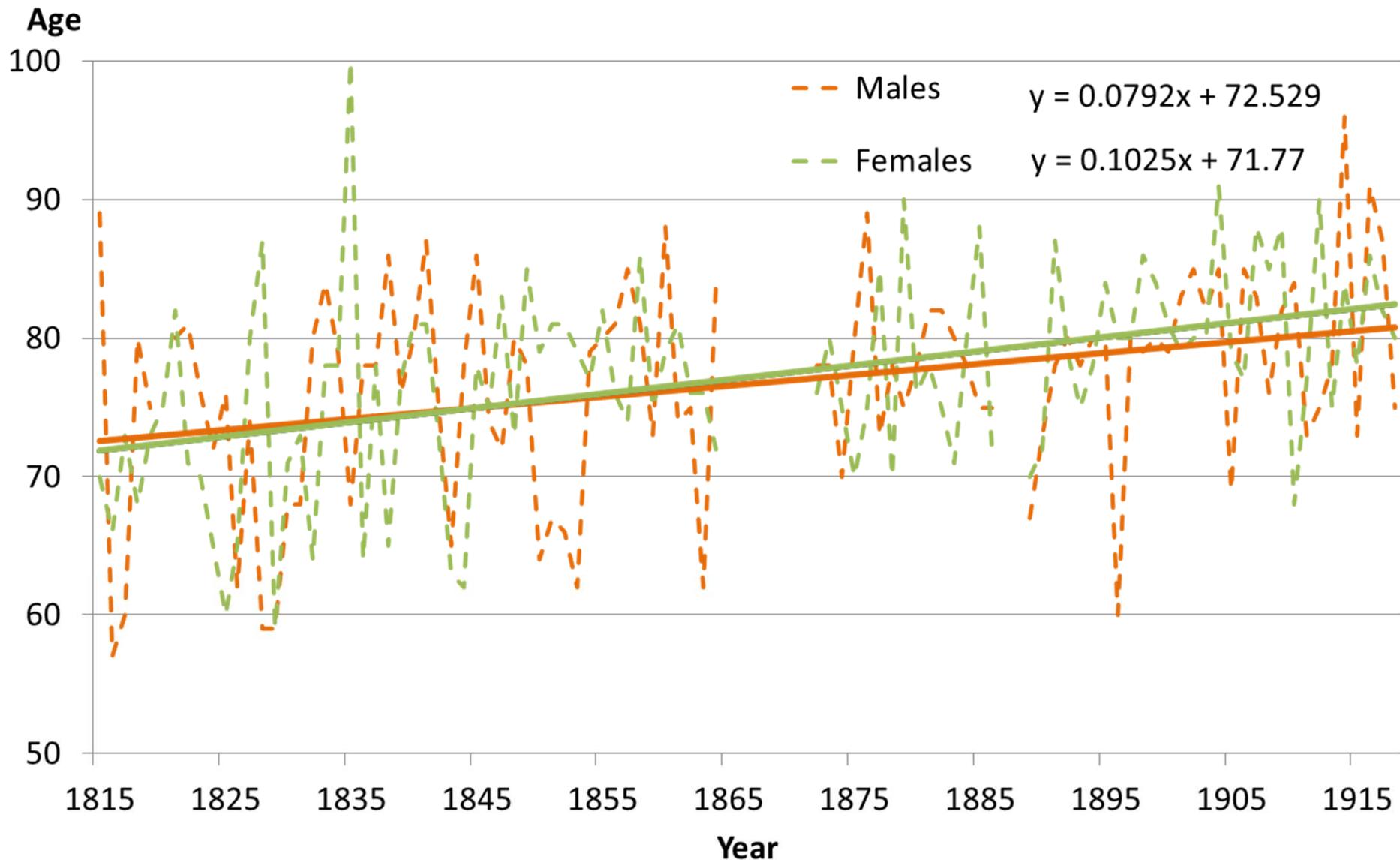
**Fig. 1 (left).** Annual maximum ages at death by sex, Sweden, 1861 to 1999, with trend lines. Trend lines follow a least-squares regression equation (3). **Fig. 2 (right).** Annual maximum ages at death (sexes combined) in Sweden by year of death (1861 to 1999) and year of birth (1751 to 1889). The lag between the two series is 105 years (32).



**Fig. 3 (left).** Annual maximum ages at death (sexes combined) of Swedish cohorts born 1756 to 1884 with percentiles of estimated probability distribution. Dotted lines correspond to the 10th, 25th, 50th, 75th, and 90th percentiles of the estimated distribution of the maximum age at death for each birth cohort (13). **Fig. 4 (right).** Percent contribution of changes in birth counts and age-specific death rates to the rise in the maximum age at death of Swedish cohorts born 1756 to 1884.



# Evolution de l'âge maximal au décès au XIX siècle dans des trois villages aux environs de Moscou



Source: A.Avdeev, I.Troitskaia "Signs of demographic transition in 19-century Russian village",  
Communication on the SSHA Annual Conference Vancouver, 1-4 November 2012

# Espérance de vie ( $e_x$ )

A la différence de la longévité, l'espérance de vie est un indicateur statistique calculé à partir des observations directes des âges au décès.

- Pour une génération l'espérance de vie = âge moyen au décès ( $e_0$  ou l'espérance de vie à la naissance)
- On peut estimer l'espérance de vie pour n'importe quel âge ( $e_{20}$  → espérance de vie pour les personnes qui ont atteint l'âge exact de 20 ans/au moment du 20<sup>e</sup> anniversaire)
- Pour calculer l'espérance de vie d'une génération il faut attendre son extinction totale
- **L'espérance de vie d'une génération hypothétique.** On suppose que dans cette génération hypothétique les risques de mourir dans chaque intervalle d'âge (les taux de mortalité par âge) sont ceux qu'on observe dans l'année dans une population composée en fait de plusieurs générations.

*Dans ce dernier cas, on parle de l'espérance de vie de l'année (voir exemple sur la diapositive suivante).*

# Évolution de l'espérance de vie en France en 1996-2006 :

*(il s'agit d'une génération hypothétique (fictive))*

Cet indicateur accumule l'expérience vitale et historique de plusieurs générations espacées sur une siècle

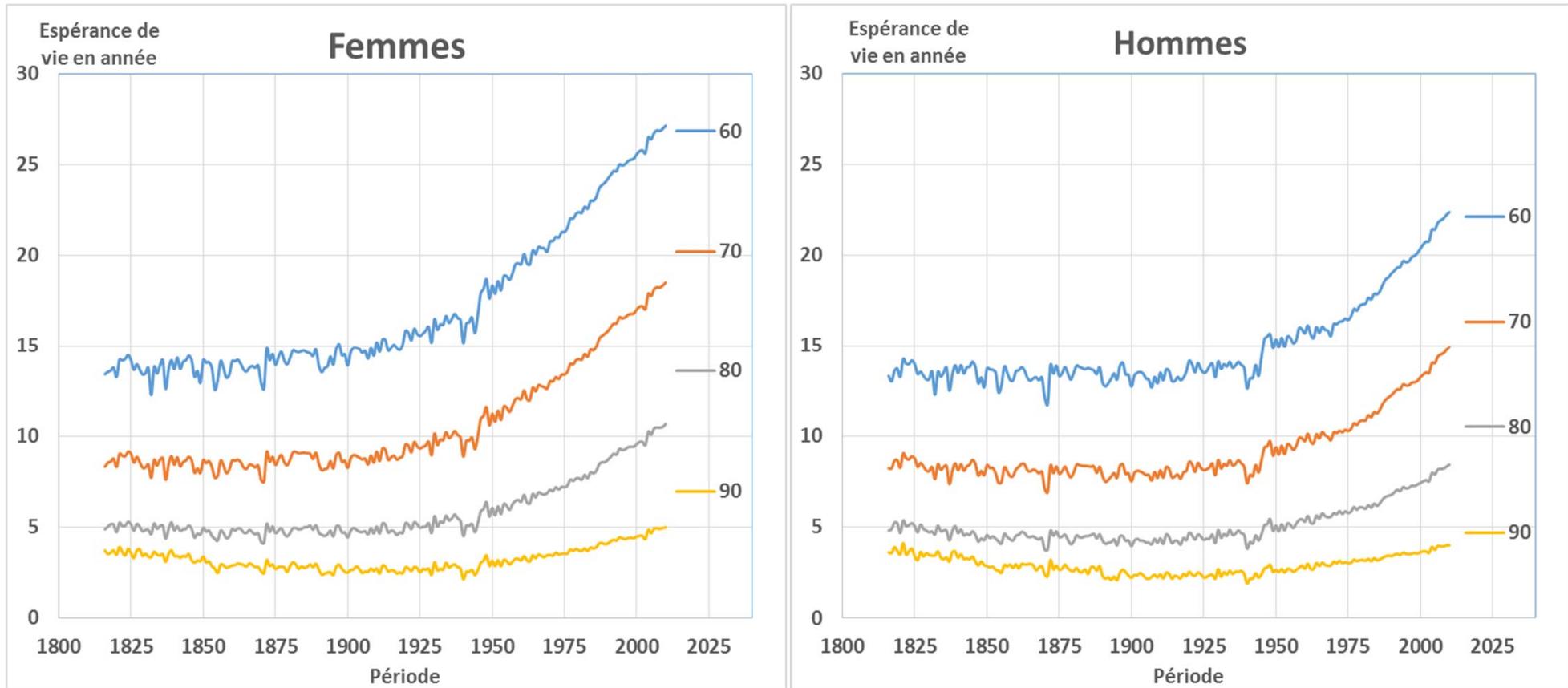
Année	Espérance de vie à la naissance		Espérance de vie à 60 ans	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
1996	74,1	82,0	19,7	25,0
1997	74,5	82,3	19,9	25,2
1998	74,8	82,4	20,0	25,3
1999	75,0	82,5	20,2	25,3
2000	75,3	82,8	20,4	25,6
2001	75,5	82,9	20,6	25,7
2002	75,7	83,0	20,8	25,8
2003	75,9	82,9	20,8	25,6
2004	76,7	83,8	21,5	26,5
2005	76,8	83,8	21,4	26,4
2006	77,2	84,1	21,8	26,7

Artifice de cet indicateur: En 1996, les femmes nées en 1936 avaient encore 25 ans en moyen à vivre ?

Autant que les femmes nées en 1996 qui survivront jusqu'à 60 ans (en 2056, vrai ou faux) ?

En 1930 pour les femmes  $e_{60} = 16.5$  (9 ans de vie gagnés) et pour les hommes 14.3 (5 ans de vie gagnés)

# Évolution des espérances de vie à 60, 70, 80 et 90 ans en France depuis 1816



Source : *Human mortality database* graphiques par AAA selon l'idée de Jacques Vallin et France Meslé, « Vivre au-delà de 100 ans » *Population et Sociétés* n° 365, février 2001

Pour 70 ans (hommes surtout) et plus on ne voit aucune ou peu d'évolution historique avant des années 1950

Conclusion: l'évolution (historique) de la mortalité ce n'est pas l'évolution de la mortalité aux âges élevés

Sujets pour un dossier : « Évolution historique de la mortalité en France depuis 1800 »  
(avec des variantes comme : « ...au XIXe siècle », « ...au XXe siècle »)

# Comment mesure-t-on la mortalité ?

- La mortalité est une notion abstraite exprimant la vitesse (ou « l'intensité », ou « la force ») d'extinction des générations par décès.
- Numériquement la mortalité est mesurée à l'aide du rapport entre le nombre de décès et l'effectif de la population sous le risque de mourir → **taux de mortalité**
  - **Le taux de mortalité** est la fréquence relative de décès dans un intervalle d'âge donné et durant une période déterminée.
    - **la mortalité par âge** → *taux de mortalité par âge (le risque instantané de mourir dans un intervalle d'âge ≠ un risque total de mourir dans l'intervalle d'âge)*
    - **la mortalité générale** (tous âges confondus) → *taux brut de mortalité*
    - taux brut de mortalité d'une génération = taux de croissance (*il est négatif*)
    - pour une génération (et pour une population stationnaire) l'espérance de vie à la naissance ( $e_0$ ) est l'envers du taux brut de mortalité ( $d$ ) et inversement

$$e_0 = \frac{1}{d} \leftrightarrow d = \frac{1}{e_0}$$

# Calculer le taux brut de mortalité

Taux de mortalité est une mesure du risque instantané de mourir durant un intervalle de temps et/ou un intervalle de l'âge.

En démographie les taux sont toujours *réduits à la période d'une année (annualisés)*.

**Exemple** : *Taux brut de mortalité (TBM) de la population de l'Europe pour le période 1995-2000 était de 11,5 ‰ (pour 1000).*

*Cela veut dire que chaque année durant cette période quinquennale on a enregistré 115 décès pour 10 000 personnes,*

*et que, durant cette période quinquennale, il y a eu près 570 (115 x 5) décès au totale parmi 49 325 personnes vivants (années vécues) pendant cette période.*

Soit à «  $t$  » - la durée de la période pour laquelle on calcule le taux ;

«  $E$  » - le nombre d'événements (par exemple, le nombre de décès) durant la période «  $t$  »

«  $P_0$  » et «  $P_t$  » sont les effectifs de la population au début (0) et à la fin ( $t$ ) de la période

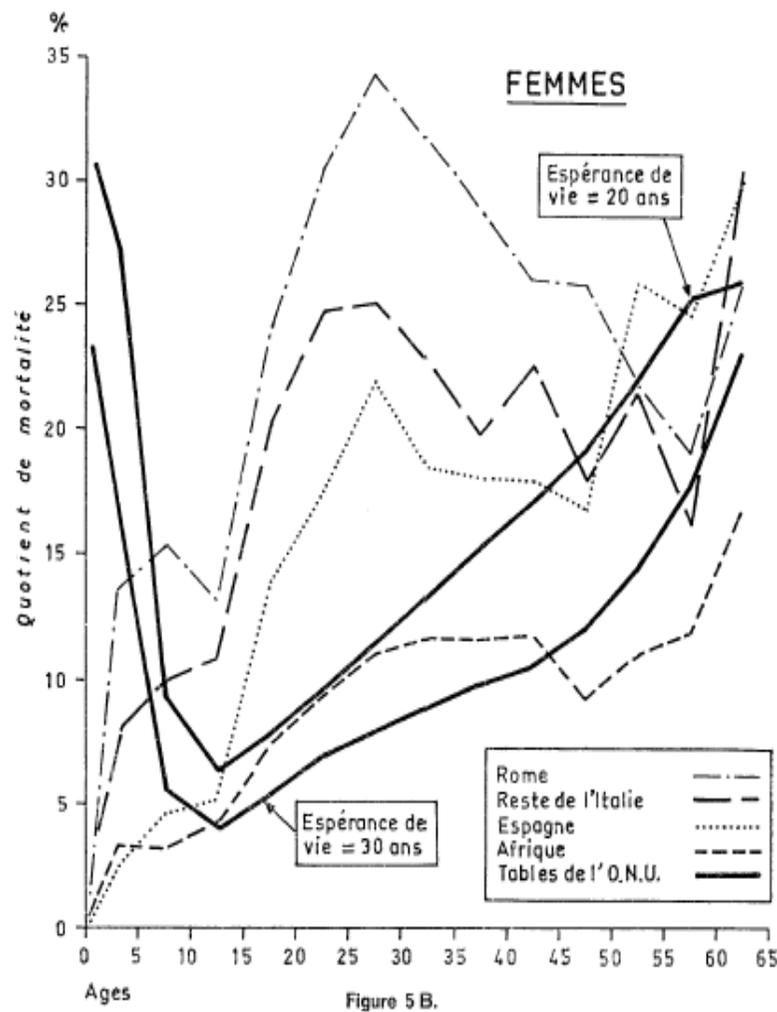
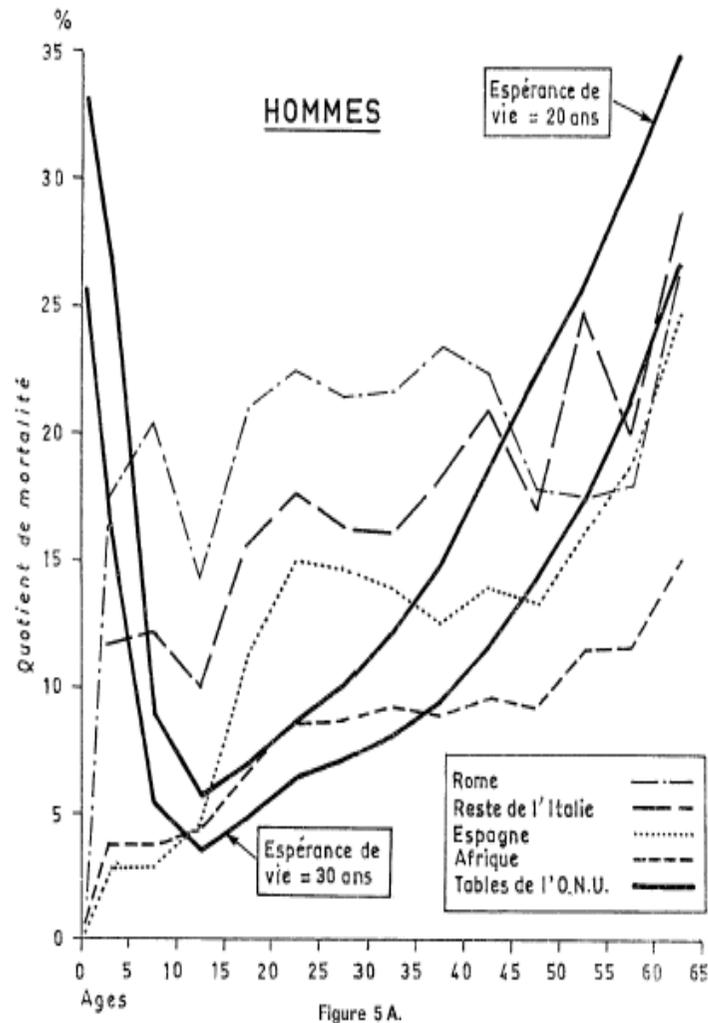
$0,5 (P_0 + P_t)$  est la population « moyenne », ou l'estimation de l'effectif au milieu de la période

Alors on calcule les taux bruts selon la formule suivante :

$$Taux = \frac{E}{0,5 \cdot (P_0 + P_t) \cdot t}$$

# Mortalité par âge des population historiques:

*Distribution des quotients de mortalité par groupes d'âges selon les tables types des Nations Unies et selon les inscriptions romaines*



La mortalité par âge des population historiques telle que l'on reconstituée à partir des sources n'est pas toujours conforme à des schémas théoriques

## Pourquoi ?

Les défauts des sources?

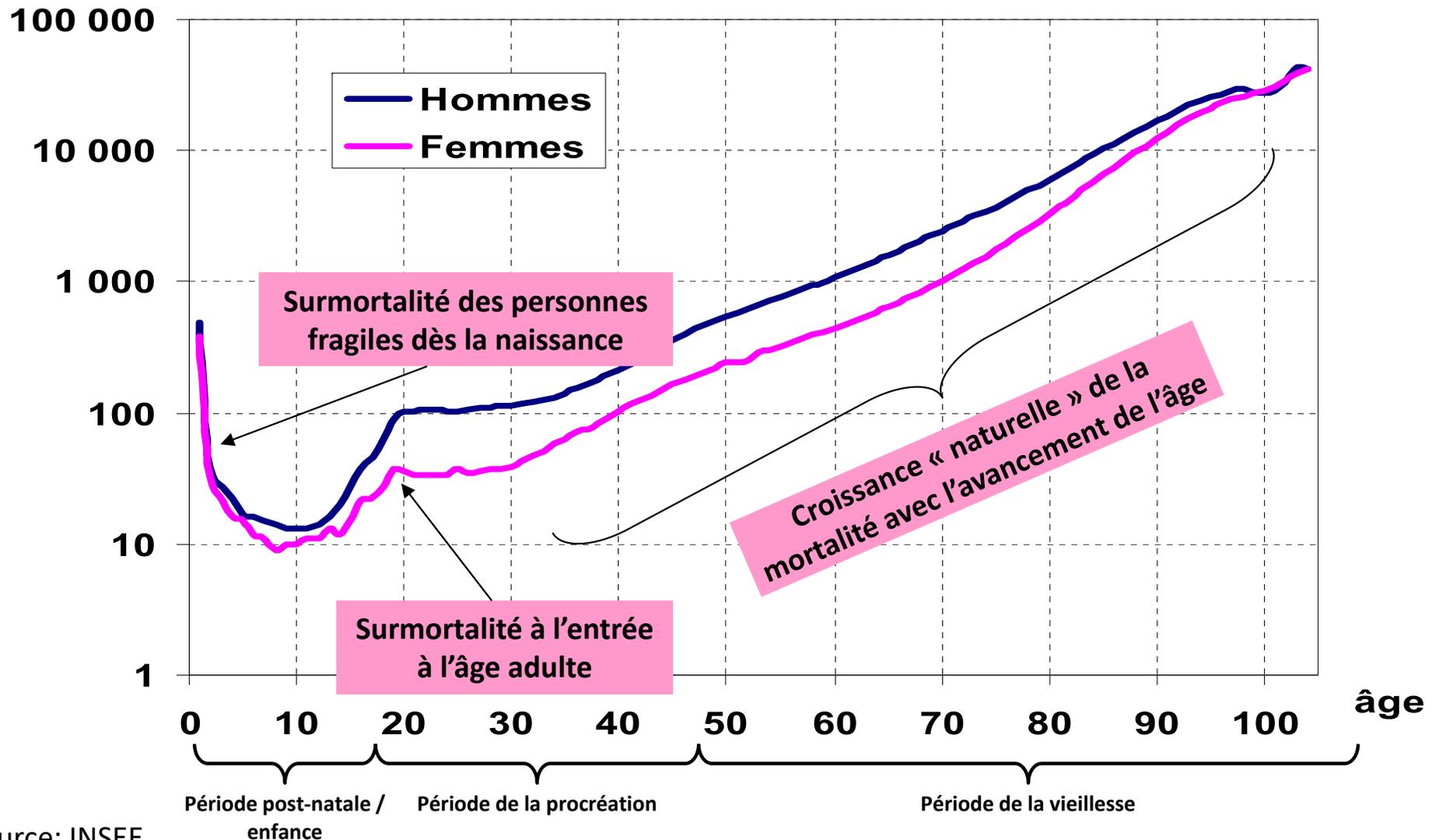
Vraies particularités de la mortalité historique?

A voir : table de mortalité selon Ulpien dans le cours d'analyse démographique sujet 5

Reproduction de *l'Histoire générale de la population mondiale* 3<sup>e</sup> édition p.52-53 d'après K. Hopkins, "On the probable age structure of the Roman population". *Population Studies*, XX, 2, nov.1966

# Mortalité des populations contemporaines :

Quotients de mortalité par âge (probabilité de mourir dans un intervalle d'âge<sup>1</sup>) en France selon les tables de mortalité des années 2000-2002



Source: INSEE

<sup>1</sup> – dans l'intervalle entre un âge « x » et « x+n » (entre « x<sup>ème</sup> » et « x+n<sup>ème</sup> » anniversaire); « n » peut être = 1, ou 5 ou 10 sur ce graphique l'intervalle d'âge est égale à une année

# La structure de la mortalité selon l'âge dans le contexte biodémographique

- **Quatre âges de la mortalité :**

1. **Mortalité intra-utérine (avortement spontané, fosse-couche, mortinatalité)** : l'élimination des individus inviables (foetus) et des personnes faibles de la procréation (femmes et hommes adultes).
2. **Mortalité postnatale** : élimination des individus faibles et/ou fragile de la population.
3. **Mortalité (surmortalité) d'adultes** : élimination des individus faibles et les incapables de procréer.
4. **Mortalité de la vieillesse** : élimination des individus, dont les facultés de produire et de procréer sont réduites et épuisées).

- **Trois âges de vie :**

1. **Période postnatale et l'enfance** : diminution de la vulnérabilité (entraînement, maturation, immunisation).
2. **Période de la procréation** : l'augmentation de la vulnérabilité liée à des activités spécifiques (grossesse et accouchement, production de l'alimentation).
3. **Période de vieillissement** (augmentation de la vulnérabilité à cause du dépérissement des forces) :
  - Période de « l'indépendance ».
  - Période de « la dépendance ».

# Périodisation historique des âges humains

(illustration selon l'idée de J.-M. Rohrbasser)

Isidore de Séville (560/70-636),

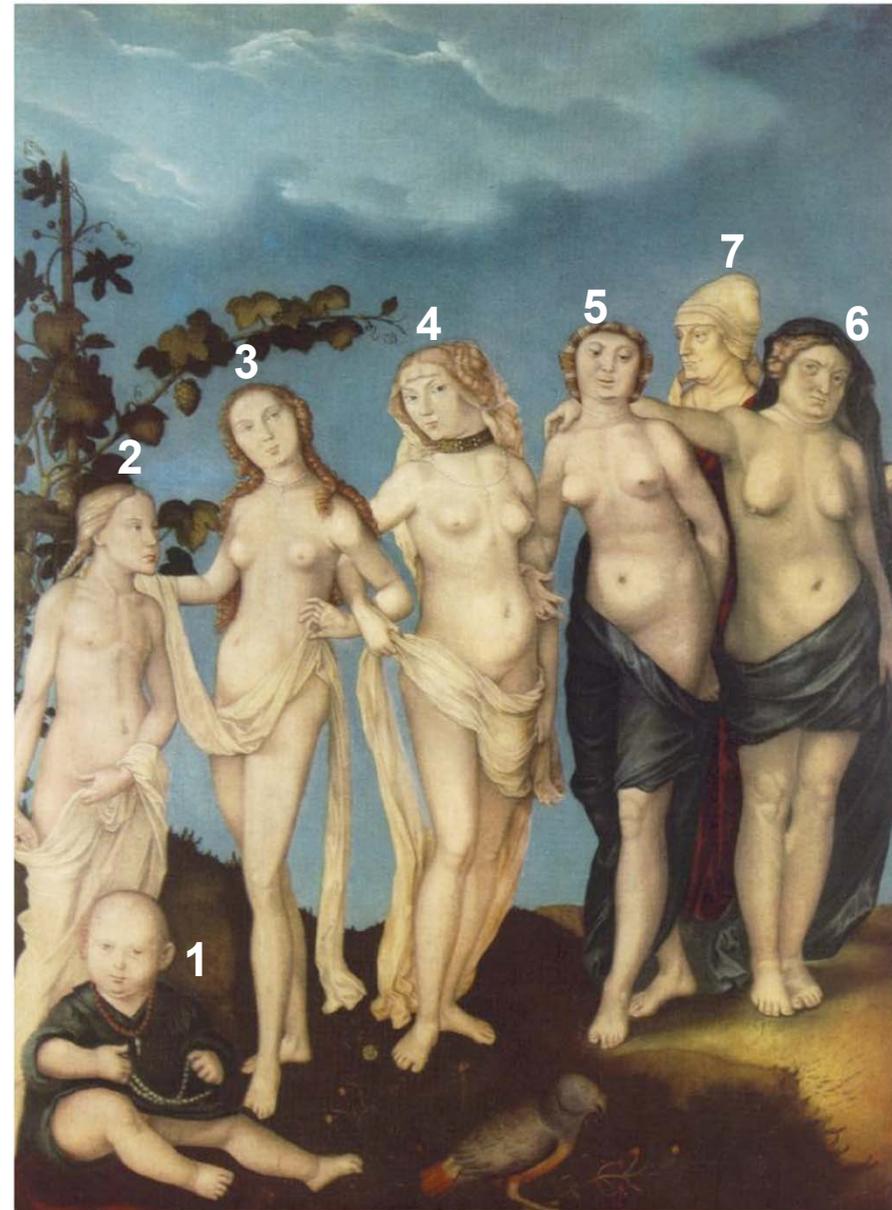
*Etymologiae*, XI, ii, 1

Six âges de vie :

1. Infantia < 7 ans
2. Pueritia = 7-13 ans
3. Adulescentia = 14-27 ans
4. Iuventus = 28 – 49 ans
5. Gravitas = 50-69 ans
6. Senectus > 69 ans

**Les âges féminins dans la tradition romaine :**

- 1 – Infant
- 2 – Puella / Virgo
- 3 – Uxor / Coniux
- 4 – Matrona
- 5 – Vetula
- 6 – Anus
- 7 – Anus descrepta



Hans Baldung Grien (1484/85-1545) : Les sept âges de la femme

# Y-t-il un schéma directeur de la mortalité « naturelle » ?

Trois composants de la mortalité post-natale correspondants aux trois âges de vie

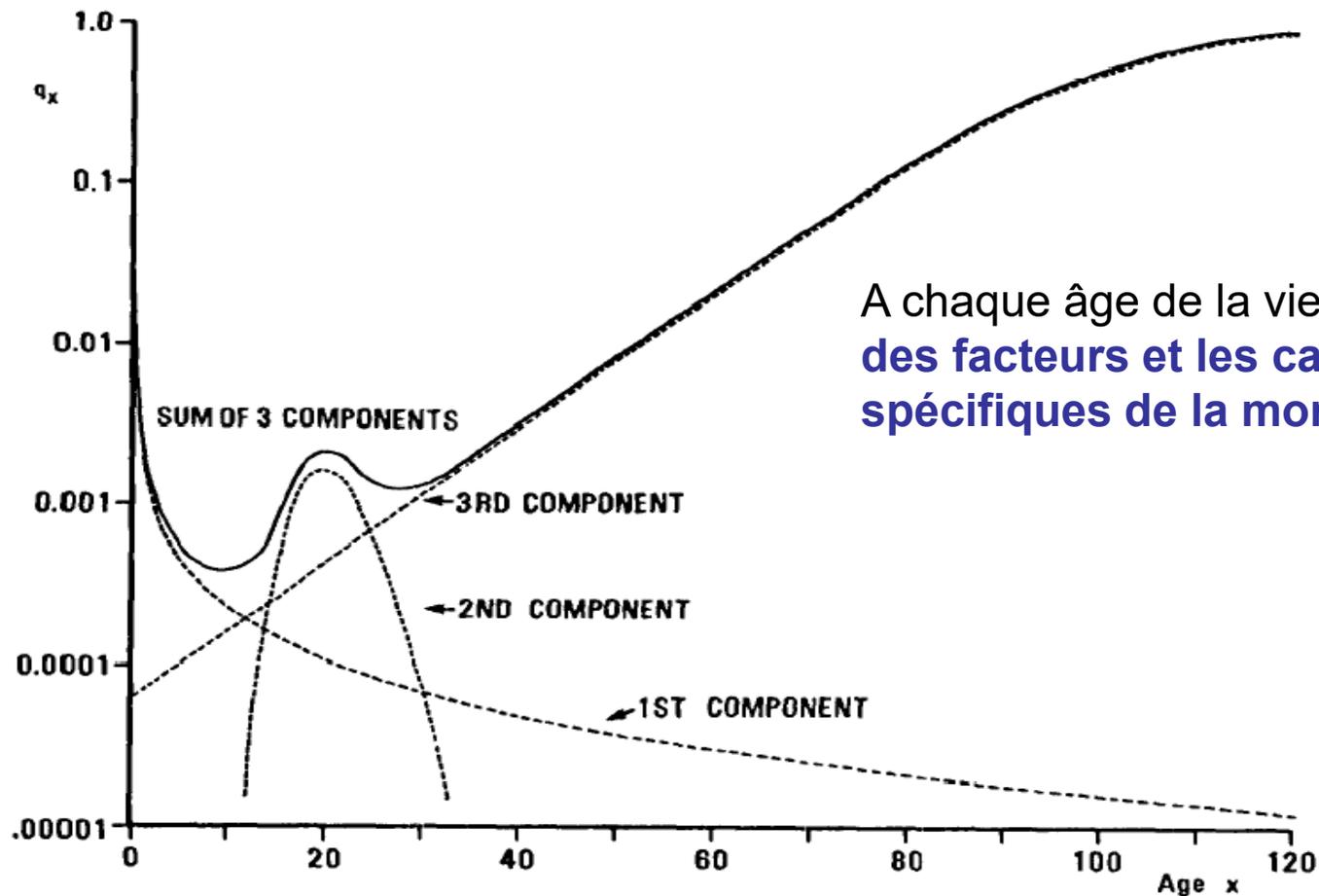


Figure 1. The graduated  $q_x$  curve and its three components: Australian national mortality, 1970-72 (males).

Source : Heligmen L. and H.Pollard (1980) – “The Age Patterns of Mortality” *Journal of the Institute of Actuaries*. Vol.107, Part 1, no 434, p.49-80

# Facteurs de la mortalité et les causes de décès

- ❑ **Causes de décès** (plus exactement, des causes médicales de décès) : un état (p.ex. tumeur, malnutrition, etc.) ou un événement (p.ex. un accident de voiture, la chute etc.) qui provoque la mort.
- ❑ **La mort** est **juridiquement** définie comme la perte totale de la personnalité juridique et physique. Selon la **conception médicale actuelle** la mort est la cessation totale et irréversible de toutes les activités cérébrales (la mort cérébrale)
- ❑ **Facteur** (ou des facteurs) de la mortalité est un nom générique d'un phénomène constitutif, déterminant la structure et les fréquences des causes de décès dans une population. Ainsi on parle souvent :
  - ✓ **des facteurs climatiques** (la température, l'humidité, les précipitations atmosphériques, la fréquence et l'ampleur des catastrophes naturelles etc.) ;
  - ✓ **des facteurs environnementaux** (la qualité de l'aire, de l'eau, les catastrophe technique etc.) ;
  - ✓ **des facteurs démographiques** (la densité, l'effectif et les structures des populations, la migration) ;
  - ✓ **des facteurs culturels** (les coutumes et l'usage des procédures hygiéniques, des comportements quotidiens et les habitudes alimentaires) ;
  - ✓ **des facteurs sociaux** (toute sorte des actions collectives et des institutions dans le domaine de la santé publiques) ;
  - ✓ **des facteurs économiques** (le niveau de vie, l'emploi, la stabilité etc.) ;
  - ✓ **des facteurs politiques** (les frontières d'État, les conflits politiques, p.ex. embargo, et militaires) ;
  - ✓ **des facteurs géographiques** (la délimitation naturelles des territoires : rivières, montagnes etc.).
  - ✓ la liste peut être prolongée...

# Combien des facteurs, et combien de causes de décès ?

- Les facteurs sont définis soit à partir de notre expérience générale, soit à partir de l'analyse statistique très précise (analyse factorielle, analyse des composants principaux).
- Les facteurs pourraient être regroupés (facteurs sociaux-culturels) ou subdivisés en fonction de l'intérêt d'une analyse, mais on ne peut les considérer en dehors du schéma ci-dessous:

*Appréciation des facteurs de la mortalité*

Facteur 1

Facteur 2

Facteur 3

Facteur 4

...

Facteur n

Situation épidémiologique  
(la morbidité, l'incidence et la  
prévalence des maladies)

$n < m$

*Fréquence des causes de décès*

Cause 1

Cause 2

Cause 3

Cause 4

...

Cause m

**La situation épidémiologique** d'une population est caractérisée par la fréquence, la durée et la létalité des maladies.

**Exemple :** la densité de la population est un facteur facilitant la transmission des maladies contagieuses étant à l'origine de l'augmentation de la fréquence des causes de décès de classe I (« maladies infectieuses et parasitaires »)

# Etudes et classification des causes de décès et des maladies

- ❑ **La nosologie** est un discours complet sur la maladie prenant en compte
  - la sémiologie (les symptômes),
  - l'étiologie (l'origine de la maladie),
  - la pathogénie (ou pathogénèse : mécanisme selon lequel un agent provoque une maladie).
  
- ❑ **La nosographie** définissant à l'aide des informations précises de la nosologie une classification méthodique des maladies.
  - souvent remise en cause du fait des nombreuses découvertes concernant un virus, une bactérie ou une maladie mentale par exemple
  
- ❑ **Plusieurs classifications** des maladies et des causes de décès sont possibles
  - selon l'origine
  - en association avec les trois âges de vie
  - pour une analyse spécifique :
    - épidémiologique,
    - démographique ou
    - historique

# Exemples de classification des causes de décès et des maladies

- I. Selon la nature générale :
  1. Malformation innée à cause d'une défaillance génétique
  2. Traumatisme (accidents, homicides, suicides)
  3. Toute maladie (infectieuses, héréditaire, de dégénérescence, à cause de la malnutrition et de l'intoxication, diabète, tumeurs etc.)
- II. Selon le mode de transmission (le concept de la « transition épidémiologique » de Abdel Omran)
  1. Maladie transmissible
  2. Maladie non transmissible
  3. Morts violentes (accident, homicides, suicides)
- III. Selon l'origine d'influence pathogénique (dans l'analyse démographique)
  1. Endogène (maladies et états générés par l'organisme même)
  2. Exogène (maladie et états provoqué par les agents et les substances extérieurs ou par la privation des éléments vitaux)
- IV. Classification étiologique :
  1. Maladies par agents physiques (froid, chaleur ...)
  2. Maladies toxiques (produits chimiques, poisons ...)
  3. Maladies parasitaires (champignons, vers ...)
  4. Maladies infectieuses (virus, bactéries ...)
  5. Maladies traumatiques (chocs psychologiques ou physiques, brûlures ...)
  6. Maladies dyscrasiques (troubles des métabolismes, troubles génétiques ...)
  7. Maladies psychiques (facteurs psychiques, mais les mêmes facteurs que les maladies précédentes)
- V. Classification fonctionnelle :
  1. Dysfonctionnements moléculaires (au niveau de la molécule)
  2. Dysfonctionnements cellulaires (au niveau de la cellule)
  3. Dysfonctionnements organiques (au niveau de l'organe)
  4. Dysfonctionnements corporel (au niveau d'un système d'organes)
  5. Dysfonctionnements mental (au niveau psychologique)

# CIM – La classification internationale des maladies et ses causes de décès.

- **1893-1938** – La « **Classification des causes de décès** »,
  - Inspirée par W. Farr (1807-1883) et développée dès 1893 par Jacques Bertillon (1851-1922) comme la nomenclature universelle, arrêtée par la commission internationale chargée de réviser les nomenclatures nosologiques (18-21 août 1900) pour être en usage à partir du 1er janvier 1901 « La nomenclature nosologique » avec deux parties : 1° pour la statistiques des malades et 2° pour la statistique de décès
  - a connu cinq révisions décennales jusqu'en 1938.
- **1948-1992** – la « **Classification statistique internationale des maladies, traumatismes et causes de décès** »
  - À sa création en 1945, l'Organisation Mondiale de Santé se vît confier l'évolution de la classification de Bertillon qui devint en 1948, avec la sixième révision la « Classification statistique internationale des maladies, traumatismes et causes de décès » (CIM 6)
  - elle cessait en effet de ne répertorier que les causes de décès pour s'intéresser de façon plus générale à la morbidité.
  - après les trois révisions décennales (CIM-7, CIM-8 et CIM-9) la dixième révision actuellement utilisée a été élaborée entre 1983 et 1992 →
- **Depuis 1992** – la « **Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes** »
  - (CIM-10) elles s'intéresse à l'étiologie et aux facteurs de la morbidité et de la mortalité (ex.: chapitre XX « Causes externes de morbidité et de mortalité »)
  - soumise à des mises à jour annuelles depuis 1996
- Cependant, les problèmes de classification des causes des maladies et des causes de décès ne sont pas définitivement résolus (comparabilité des révisions, étiologie, localisation et pathogènes)

Pour voir plus de détails : France Meslé « Les causes médicale de décès », dans Vallin, J., G.Caselli et G.Wunsch, *Les déterminants de la mortalité.* (Démographie : analyse et synthèse, vol.III) Paris, INED, 2002, p.53-79

# Mesures de la propagation, la persistance des maladies dans une population : incidence et prévalence

- L'incidence (ou le taux d'incidence) est le nombre de nouveaux cas d'une pathologie observés pendant une période et dans une population déterminées.
  - un des critères les plus importants pour évaluer la fréquence et la vitesse d'apparition d'une pathologie
- La prévalence est une mesure de la présence d'une (ou plusieurs) pathologie dans une population à un instant donné.
  - Pour une affection donnée, (que le diagnostic ait été porté anciennement ou récemment)

$$\text{la prévalence} = \frac{\text{nombre de cas de maladies présents à un moment donné dans une population}}{\text{effectif de la population totale}}$$

La prévalence est une proportion qui s'exprime généralement en pourcentage

- **La relation entre l'incidence (I) et la prévalence (P) est**

$$P = I \times D$$

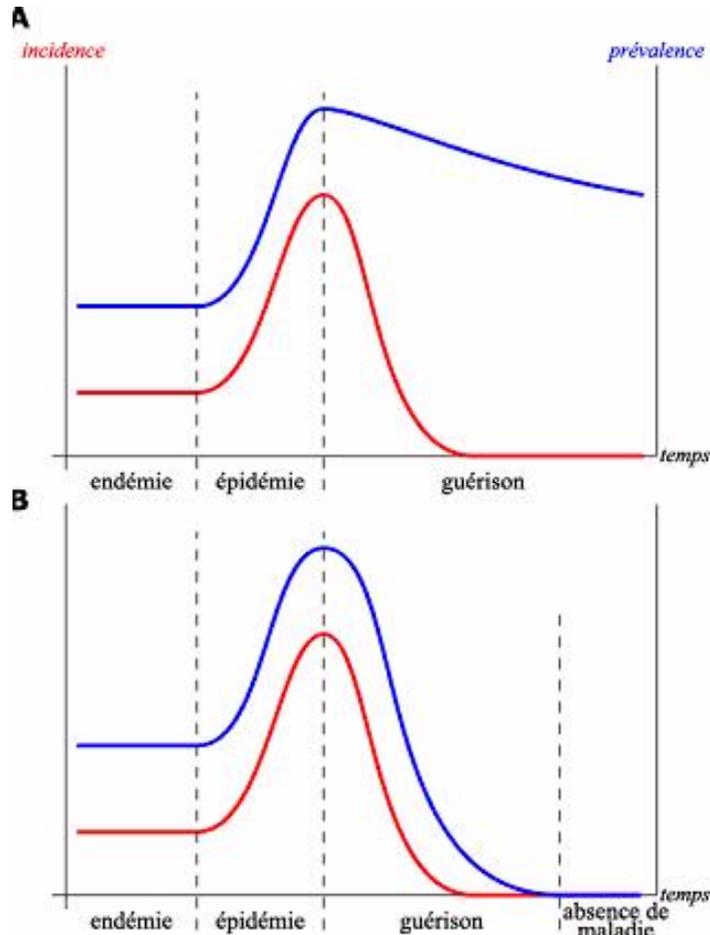
où  $D$  est la durée moyenne de la maladie.

Cette relation est valable si la prévalence est faible ( $P < 5\%$ )

# L'endémie, l'épidémie et la pandémie

- **Une endémie** → la présence habituelle d'une maladie dans une zone géographique (prévalence positive, incidence stable)
  - peut se développer en épidémie, si les conditions environnementales le permettent
- **Une épidémie** → l'apparition, le développement ou la propagation rapide d'une maladie infectieuse aux effets significatifs,
  - augmentant l'incidence de la maladie au sein d'une population par rapport à la normale
  - le plus souvent par contagion (transmission directe ou indirecte)
  - peut également surgir sans qu'il y ait d'endémie préalable
    - à la suite de la dissémination du vecteur pathogène dans un environnement où il était jusqu'alors inexistant (prévalence et incidence initialement nulles). Alors seuls quelques cas suffisent pour provoquer un accroissement de l'incidence de la maladie et lui donner le caractère d'épidémique
  - une épidémie peut
    - 1) évoluer en pandémie
    - 2) régresser (l'incidence devenant très faible ou nulle) en endémie
    - 3) la maladie pouvant éventuellement disparaître à la fin.
- **Une pandémie** → une épidémie qui s'étend à la quasi-totalité d'une population d'un ou de plusieurs continents, voire dans certains cas de la planète,
  - soit à l'occasion de l'apparition (ou réapparition) d'un « nouveau » microbe ou virus contagieux, pathogène et non reconnu par le système immunitaire humain,
  - soit à l'occasion de l'émergence d'un sous-type résultant d'une modification génétique majeure.

# Deux types d'épidémies



## I. L'évolution d'une maladie ayant une faible influence la mortalité:

à la fin de l'épidémie la prévalence décline lentement, la persistance de la maladie (temps nécessaire à la disparition de son agent étiologique) est importante et la guérison de la population est longue.

## II. L'épidémie d'une maladie qui 1 – soit augmente de façon importante la mortalité, 2 – soit provoque l'immunisation après la guérison (ou les deux) :

la prévalence décline plus rapidement dès la fin de l'épidémie, sa persistance est moins longue et la guérison de la population (ou la disparition de la maladie) est plus rapide

# Modèle d'une épidémie

Soit

$N$  – une population isolée (=10 000)

$k$  – nombre de malades au début de l'épidémie (=10)

$m$  – nombre d'individus susceptibles d'être malade (=9 988)

$u$  – population nécessaire pour qu'un infecté transmette la maladie à un individu susceptible d'être infecté (=5000) → un malade infecte un sur 5 000

$v$  – durée de la maladie (=14 jours)

$t$  – période de mutation de l'agent pathogène /perte d'immunité (=700 jours)

$x$  – population susceptible d'être infectée

$y$  – population malade (porteurs de la maladie)

$z$  – population immunisée (individus guéris et acquis l'immunité)

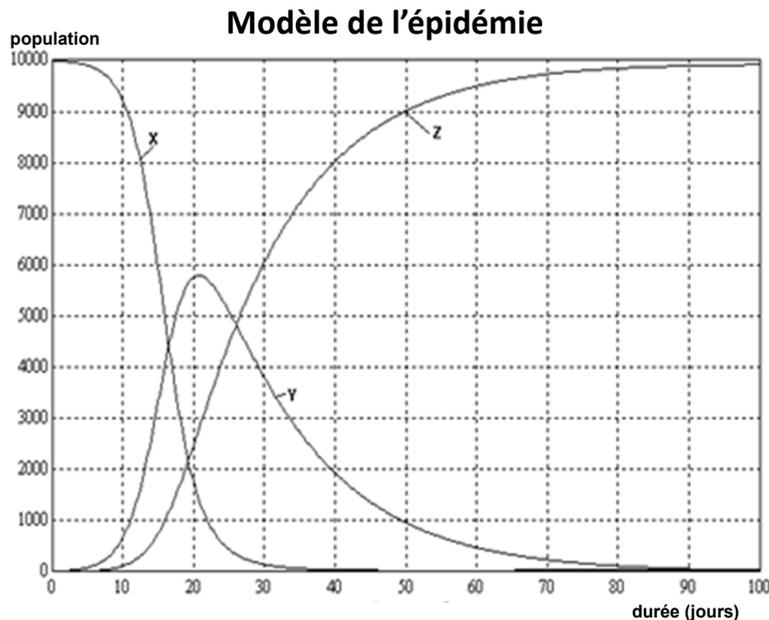
$\beta = 1/u$  – probabilité d'être infecté

$\mu = 1/t^*$  – probabilité de rester immunisé

$\gamma = 1/v$  – probabilité d'être malade

**Modèle de l'épidémie en équations différentielles**

$$\begin{cases} x' = \mu z - \beta xy & x(0) = m \\ y' = \beta xy - \gamma y & y(0) = k \\ z' = \gamma y - \mu z & z(0) = N - m - k \end{cases}$$



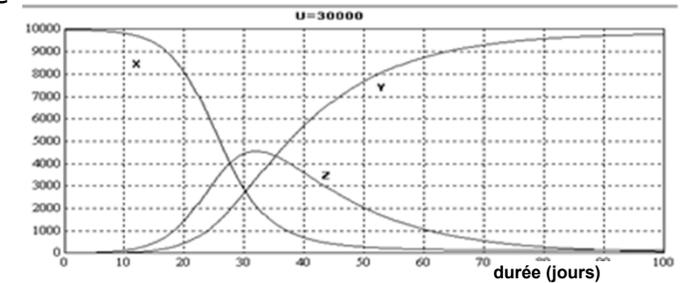
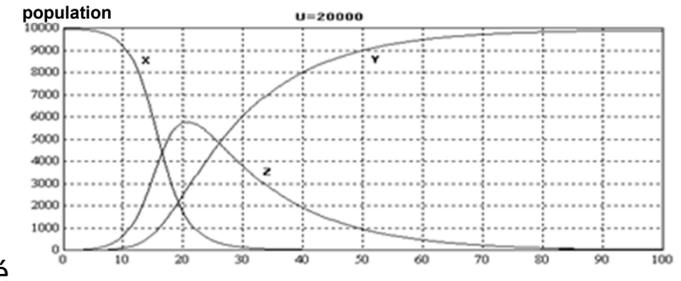
**Résultats de la modélisation:**

- Durée de l'épidémie = 90 jours
- Pic de l'épidémie, 5792 malades au 21<sup>e</sup> jour

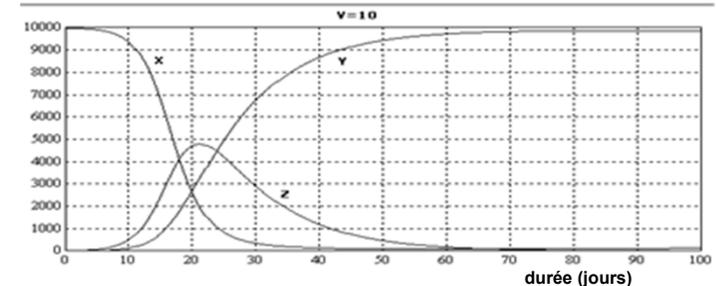
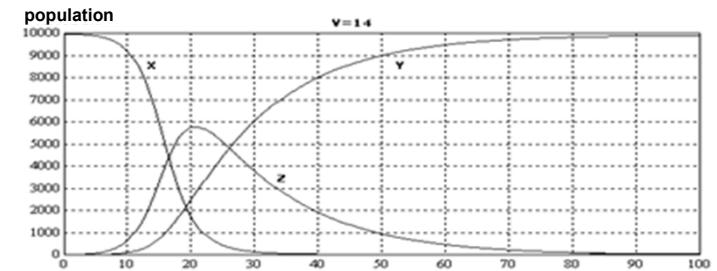
**Résultats de la simulation**

1. Diminution de la probabilité de contamination = isolation  
L'isolation diminue le pic d'épidémie et prolonge sa durée
2. Le traitement (on guérit plus vite) diminue le pic et la durée de l'épidémie

## 1. Diminution de la probabilité de contamination (isolations des malades)



## 2. Diminution de la durée de la maladie (traitement, médicaments)



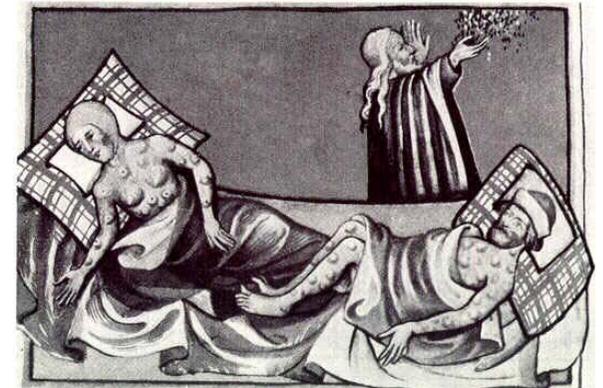
# « Les pestes » dans l'histoire de l'humanité

- Égypte pharaonique (« plaie d'Égypte » : la peste ?, ou la maladie du charbon, la variole, la suette ?)
- - 430-429 AC : Athènes (fièvre typhoïde ? variole ? ) cf. Thucydide *La guerre de Péloponnèse*, p. II, 48-53 voir annexe)
- 165-180 : peste « antonine » à Rome sous Marc Aurèle (la variole ? rougeole ?)
- 251-266 : peste de St. Cyprien dans l'Empire romain sous Trajan (le typhus ? la variole ? rougeole ?)
- 541-767 : Peste de Justinien – près de 15 épidémies, première pandémie de la peste bubonique provoquée par *Yersinia pestis*, (cf. Harbeck, Hensch et al. *Yersinia pestis* DNA from Skeletal Remains from the 6th Century AD Reveals Insights into Justinianic Plague <http://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1003349>)

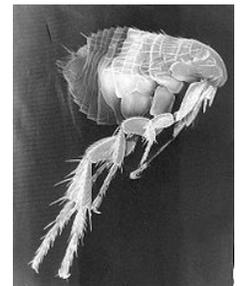


## • 1347-1352 : Peste « noire »

➔ deuxième pandémie de la peste bubonique en Europe, en Asie et en Afrique a fait mourir de 50 à 70 millions (dont au moins 25 million ou plus de 1/3 de la population de l'Europe)



- 14e – 19e siècles : plusieurs épidémies et pandémies
  - ex.: 1771 – émeutes « de peste » à Moscou ;
  - 1894 – la peste de Chine (ravage plus de 50 grands ports, mais c'était la dernière pandémie)
    - Alexandre Yersin découvre le bacille responsable de la maladie - *Yersinia pestis*
    - en 1893 Mordecai-Wolff Havkin propose une vaccine
- 15e – 16e siècle : la suette de Tudor (Angleterre 1486, 1507, 1518, 1529 et 1551; Nord de l'Europe 1529)
- 17e siècle : la suette picarde ou miliaire (France, 1712, 1750-1782, 1830-1880, 1906)



# Les routes de pestes en Europe

Trajets des épidémies de peste de Justinien, VIe – VIIIe siècles (d'après M. Rouche)

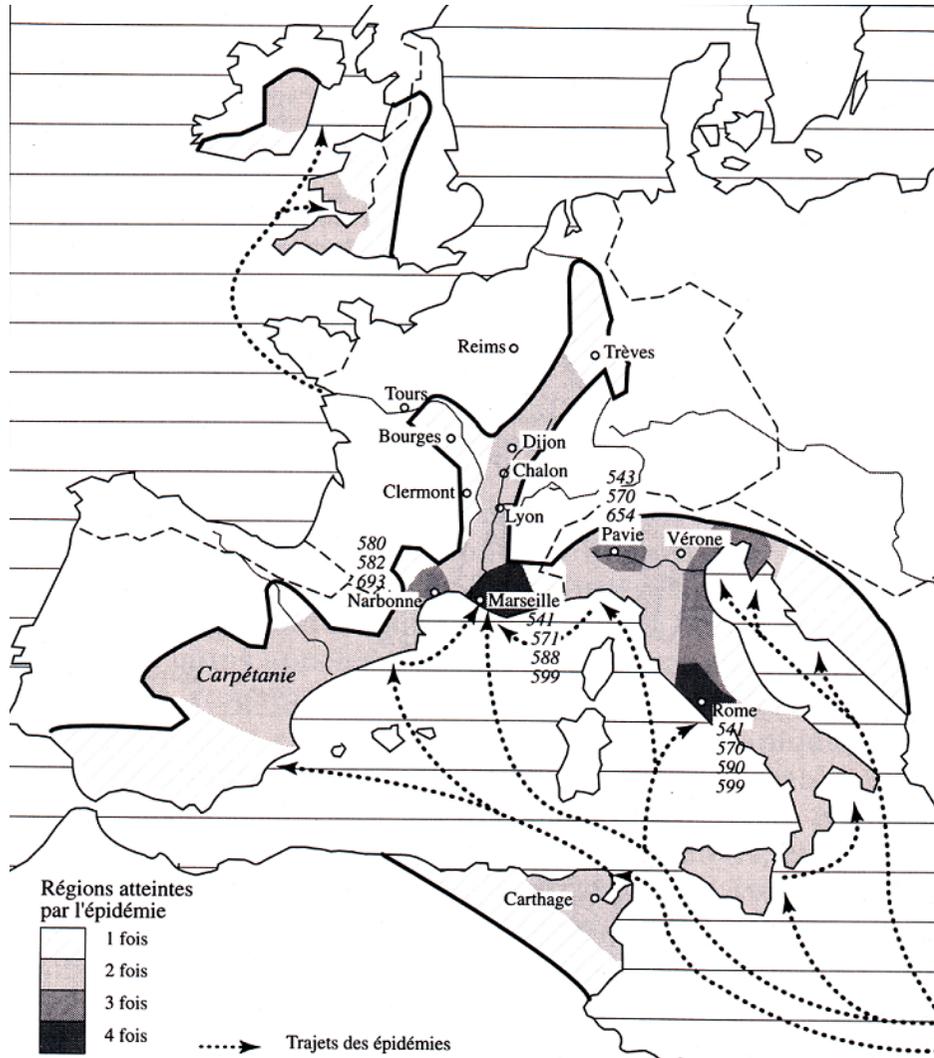


Image reproduite de *l'Histoire des populations de l'Europe* v.1, p.148 (chapitre III de Michel Rouche)

Trajets des épidémies de peste « noire », 1347-1353

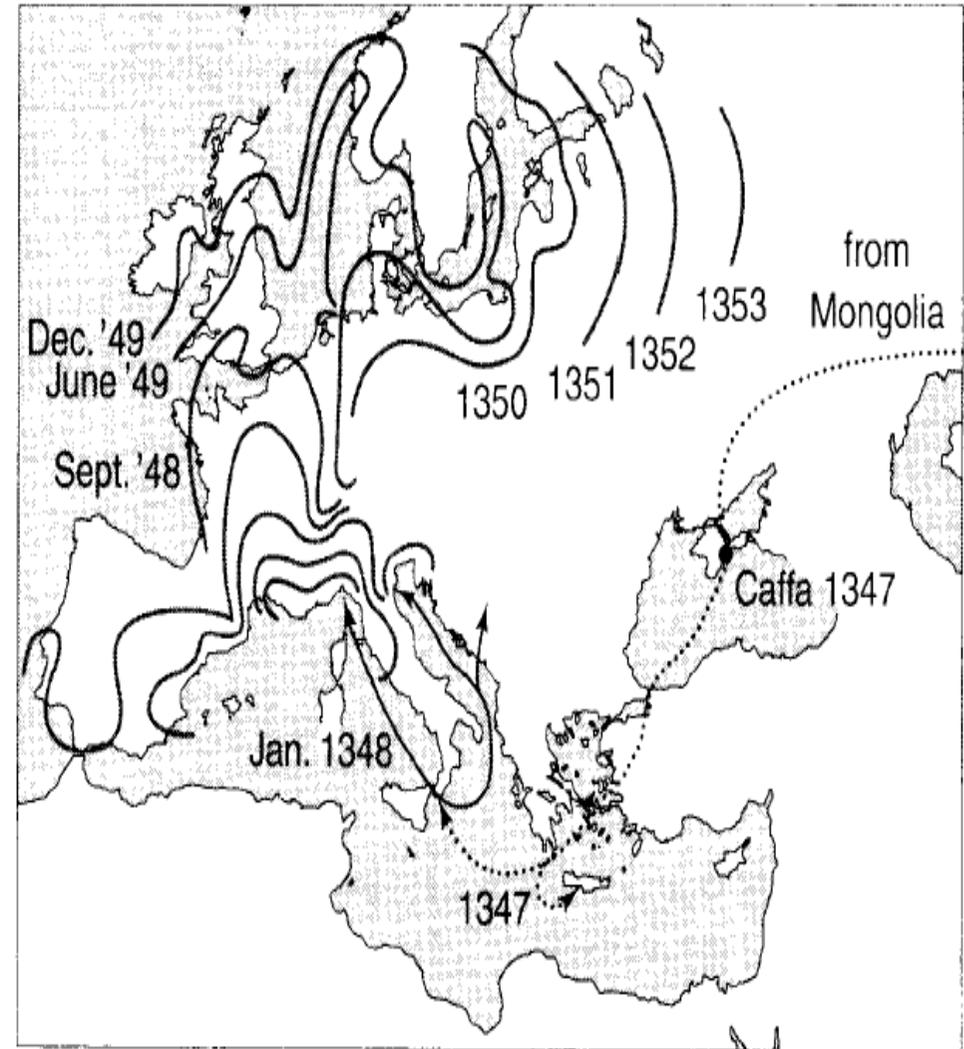
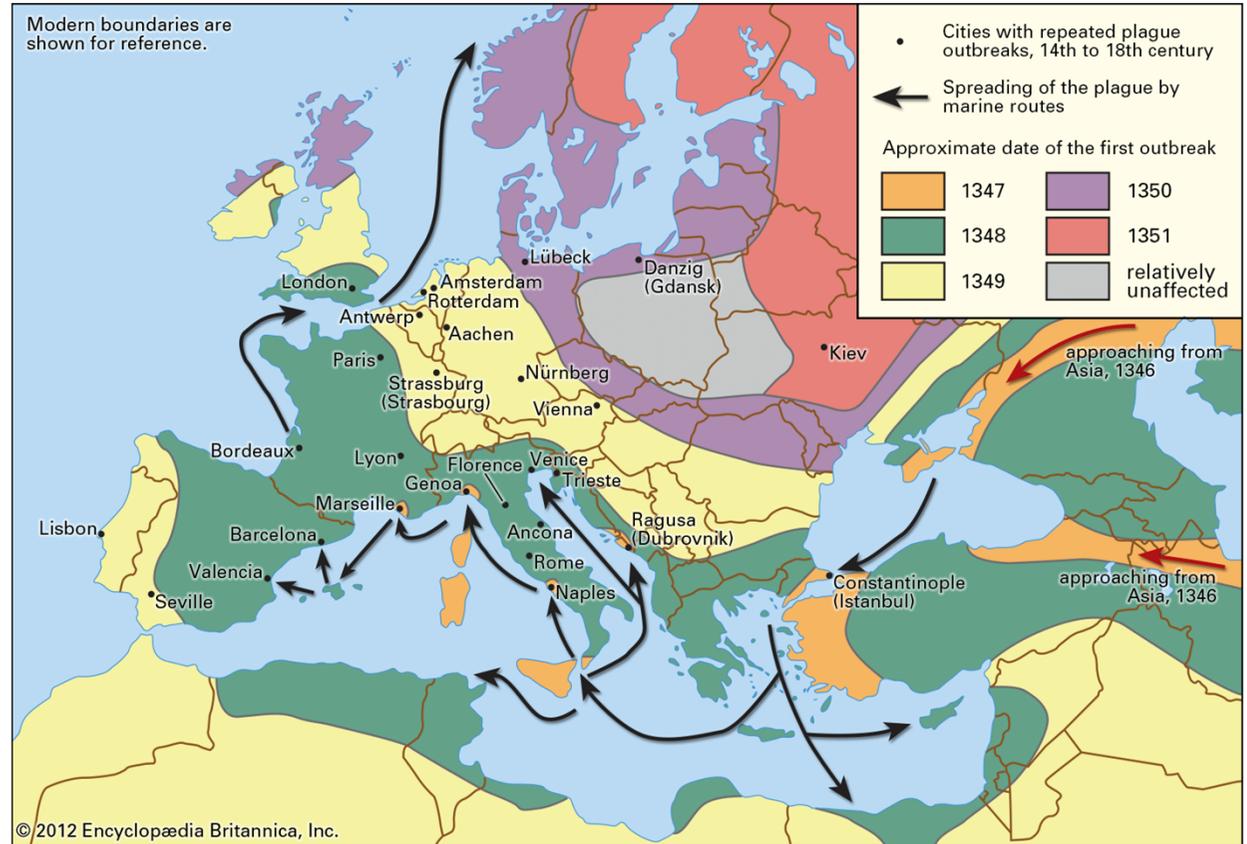


Image reproduite de McEvedy and R.Jones *Atlas of world population history*, 1978, p.25

# Peste noire en Europe (deuxième pandémie) : contexte et conséquences



Carte animée "Black Death strikes Europe: 1347-1353" réalisée par Andrei nacu (cf. English Wikipedia)



**Origine :** les steppes de l'Asie Centrale et de la Mongolie (endémique)

**Transportation possible :** migration des populations nomades vers les populations sédentaires et les civilisations urbaines (invasions mongoles, commerce par la route de soie)

**Débuts de la pandémie :** la Chine, 1334 et l'Inde avec ~25 millions de décès, 15 ans après Europe : Caffa, Constantinople, Genes etc... (cf. Kohn, George C. (2008). Encyclopedia of plague and pestilence: from ancient times to the present. Infobase Publishing. p. 31),

- Diminution importante et rapide probablement de 30 à 50% de la population de l'Europe entre 1347-1353 (ex.g., la moitié de la population londonienne, 2/3 d'étudiants à Oxford)
- Déficit de main-d'œuvre, augmentation du coût de travail
- Diminution des recettes provenant des taxes traditionnelles... etc.
- Introduction des nouvelles taxes, réglementation de la paie de travailleurs, monétisation
- Soulèvements populaires et expiration du système économique féodal (Jacquerie en France, 1353, Révoltes de paysans en Angleterre, 1381,



# Autres grandes épidémies, pandémies

## 7 pandémies du cholera:

- 1re pandémie (1817-1824) : l'Asie → l'Afrique orientale → l'Asie mineure (1823) → Russie et l'Europe.
- 2e pandémie (1826-1841) : de la Mecque → l'Égypte → l'Europe.
- 3e pandémie (1846-1861) : de la Chine → le Maghreb (en particulier l'Algérie) → l'Europe.
- 4e pandémie (1863-1876) : l'Europe du Nord, Belgique (1866) → France, l'Afrique du Nord → l'Amérique du Sud.
- 5e pandémie (1883-1896) : de l'Inde vers l'est et l'ouest sur plusieurs continents.
- 6e pandémie (1899-1923) : à partir de l'Asie → Russie → Europe centrale et occidentale.
- 7e pandémie (depuis 1961) : de l'Indonésie en 1961, → l'Asie (1962) → le Moyen-Orient et une partie de l'Europe (1965), → l'Afrique (1970) → l'Amérique latine (1991). Devenu endémique en Afrique.

## La grippe dite « russe » ou « chinoise » (H2N2) s'est répandue entre 1889 et 1984 :

- Chine → Russie → Europe occidentale
- 1889-90 (russe) : ~ 1 million de décès; 1957-58 (« asiatique ») : ~1-1,5 million; 1968-69 (« de Hong Kong », H2N2) ~0,75-1 million.

## La grippe « espagnole » (H1N1) de 1918 à 1920 :

- une des pandémies les plus mortelles de l'histoire, avec de 20 à 40 millions de morts
- Chine et au Japon → Russie → Europe → Amérique du Nord.

## Le sida depuis 1984 :

- aujourd'hui considéré comme une pandémie ;
- environ quarante millions de personnes sont infectées en vingt-cinq ans (les estimations sont incertaines);
- peut devenir la plus mortelle de l'histoire humaine.

# Grippe « espagnole » dans les grandes agglomérations urbaines en 1918-1919

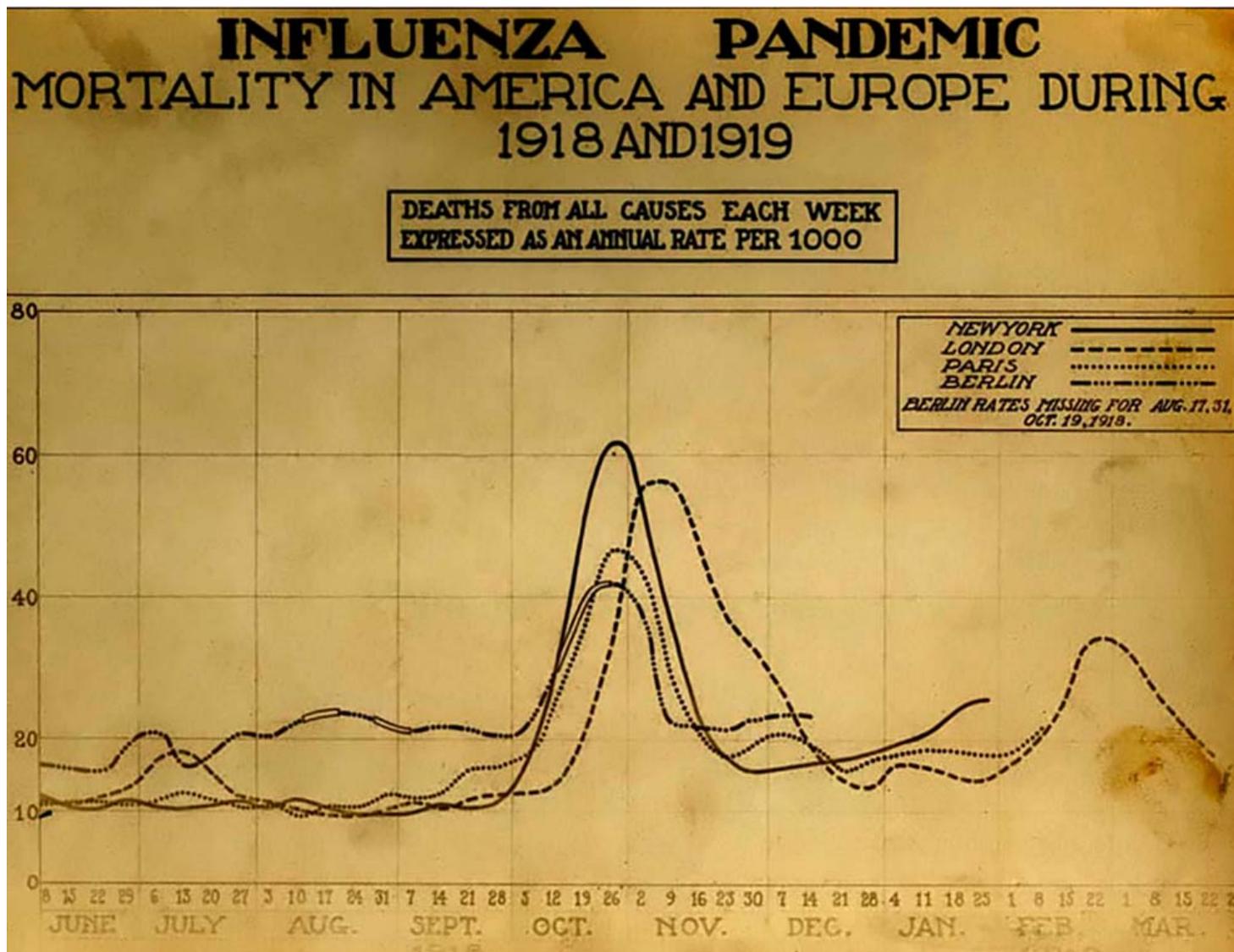


Image originale: National Museum of Health and Medicine (Maryland, USA)

Source: *Pandemic Influenza: The Inside Story*. Nicholls H, PLoS Biology Vol. 4/2/2006, e50 <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.0040050>

## **Thucydide : description de la « peste » à Athènes déclenchée en juin 430 AC**

XLIX. - Cette année-là, de l'aveu général, la population avait été particulièrement indemne de toute maladie ; mais toutes celles qui sévissaient aboutissaient à ce mal. En général on était atteint sans indice précurseur, subitement en pleine santé. On éprouvait de violentes chaleurs à la tête ; les yeux étaient rouges et enflammés ; à l'intérieur, le pharynx et la langue devenaient sanguinolents, la respiration irrégulière, l'haleine fétide. A ces symptômes succédaient l'éternuement et l'enrouement ; peu de temps après la douleur gagnait la poitrine, s'accompagnant d'une toux violente ; quand le mal s'attaquait à l'estomac, il y provoquait des troubles et y déterminait, avec des souffrances aiguës, toutes les sortes d'évacuation de bile auxquelles les médecins ont donné des noms. Presque tous les malades étaient pris de hoquets non suivis de vomissements, mais accompagnés de convulsions ; chez les uns ce hoquet cessait immédiatement, chez d'autres il durait fort longtemps. Au toucher, la peau n'était pas très chaude ; elle n'était pas livide non plus, mais rougeâtre avec une éruption de phlyctènes et d'ulcères ; mais à l'intérieur le corps était si brûlant qu'il ne supportait pas le contact des vêtements et des tissus les plus légers ; les malades demeuraient nus et étaient tentés de se jeter dans l'eau froide ; c'est ce qui arriva à beaucoup, faute de surveillance ; en proie à une soif inextinguible, ils se précipitèrent dans des puits. On n'était pas plus soulagé, qu'on bût beaucoup ou peu. L'on souffrait constamment du manque de repos et de sommeil. Le corps, tant que la maladie était dans toute sa force, ne se flétrissait pas et résistait contre toute attente à la souffrance. La plupart mouraient au bout de neuf ou de sept jours, consumés par le feu intérieur, sans avoir perdu toutes leurs forces. Si l'on dépassait ce stade, le mal descendait dans l'intestin ; une violente ulcération s'y déclarait, accompagnée d'une diarrhée rebelle qui faisait périr de faiblesse beaucoup de malades. Le mal, qui commençait par la partie supérieure du corps et qui avait au début son siège dans la tête, gagnait ensuite le corps entier et ceux qui survivaient aux accidents les plus graves en gardaient aux extrémités les traces. Il attaquait les parties sexuelles, l'extrémité des mains et des pieds et l'on n'échappait souvent qu'en perdant une de ces parties ; quelques-uns même perdirent la vue. D'autres, aussitôt guéris, n'avaient plus dès lors souvenir de rien, oubliaient leur personnalité et ne reconnaissaient plus leurs proches.

- L. - La maladie, impossible à décrire, sévissait avec une violence qui déconcertait la nature humaine . Voici qui montre combien elle différait des épidémies ordinaires les oiseaux et les quadrupèdes carnassiers ne s'attaquaient pas aux cadavres pourtant nombreux, restés sans sépulture ou, s'ils y touchaient, ils périssaient. Ce qui le prouve, c'est leur disparition avérée ; on n'en voyait ni autour des cadavres, ni ailleurs. C'est ce que l'on pouvait constater sur les chiens accoutumés à vivre en compagnie de l'homme.
- LI. - Sans parler de bien d'autres traits secondaires de la maladie, selon le tempérament de chaque malade, telles étaient en général ses caractéristiques. Pendant sa durée, aucune des affections ordinaires n'atteignait l'homme ; s'il en survenait quelqu'une, elle aboutissait à ce mal. On mourait, soit faute de soins, soit en dépit des soins qu'on vous prodiguait. Aucun remède, pour ainsi dire, ne se montra d'une efficacité générale ; car cela même qui soulageait l'un, nuisait à l'autre. Aucun tempérament, qu'il fût robuste ou faible, ne résista au mal. Tous étaient indistinctement emportés, quel que fût le régime suivi. Ce qui était le plus terrible, c'était le découragement qui s'emparait de chacun aux premières attaques : immédiatement les malades perdaient tout espoir et, loin de résister, s'abandonnaient entièrement. Ils se contaminaient en se soignant réciproquement et mouraient comme des troupes. C'est ce qui fit le plus de victimes. Ceux qui par crainte évitaient tout contact avec les malades périssaient dans l'abandon : plusieurs maisons se vidèrent ainsi faute de secours. Ceux qui approchaient les malades périssaient également, surtout ceux qui se piquaient de courage : mus par le sentiment de l'honneur, ils négligeaient toute précaution, allaient soigner leurs amis ; car, à la fin, les gens de la maison eux-mêmes se lassaient, vaincus par l'excès du mal, d'entendre les gémissements des moribonds. C'étaient ceux qui avaient échappé à la maladie qui se montraient les plus compatissants pour les mourants et les malades, car connaissant déjà le mal, ils étaient en sécurité. En effet les rechutes n'étaient pas mortelles. Envies par les autres, dans l'excès de leur bonne fortune présente, ils se laissaient bercer par l'espoir d'échapper à l'avenir à toute maladie.