



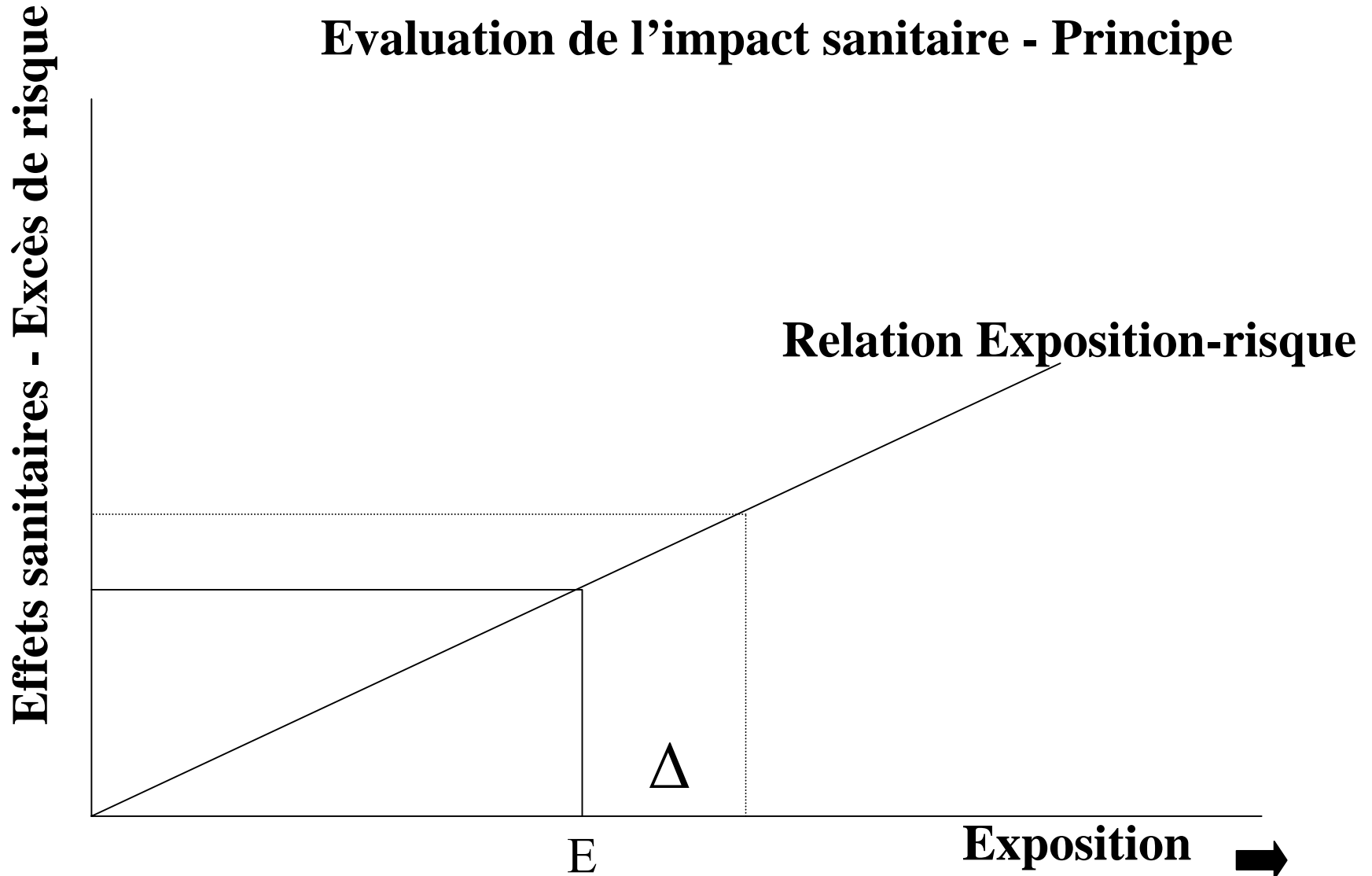
# Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine. Brest et Nantes, impact à long terme

# Connaître, mesurer, évaluer les effets de la pollution atmosphérique

- Connaissance des effets sanitaires :
  - études bibliographiques
- Mesure des effets sanitaires :
  - études épidémiologiques (mettre en perspective des effets sanitaires dénombrés -ex :décès- et des expositions)
- Évaluation des effets sanitaires :
  - confronter les expositions locales aux résultats des études épidémiologiques



# Evaluation de l'impact sanitaire - Principe



# Impact sanitaire à court et long terme

- Impact à court terme :
  - observé le jour  $j$  et attribuable aux expositions des jours  $J$ ,  $J-1$
- Impact à long terme :
  - Attribuable aux expositions chroniques
- Impacts mesurés selon des études épidémiologiques différentes
  - Écologiques temporelles / cohortes
- Évaluation de l'impact sanitaire dans les PRQA breton et ligérien :
  - E.I.S. à court terme à Nantes, Rennes et Le Mans.
  - E.I.S. a long terme. Faisabilité ? Intérêt ?



## Plan

Méthode

: principe (calculs)

Résultats

: Brest, Nantes

Discussion

: sources d'erreurs, incertitudes

Perspectives

: intérêt des EIS long terme, perspectives



## Zones et période d'étude

- Communes de Brest (149 634 hab.) et Nantes (270 251 hab.)
- Période d'étude : année 1999
- Caractérisation de l'impact sanitaire à long terme :
  - par comparaison à un niveau référent de pollution atmosphérique
  - nombre de décès attribuables en 1999
  - réduction de l'espérance de vie à 30 ans en 1999



## Expositions et relations exposition-risque

- Évaluation des expositions à la pollution particulaire:
  - Expositions en 1999 :
    - Nantes, I=concentration moyenne en PM<sub>2,5</sub> du 9/04/2002 au 8/04/2003 ou en PM<sub>10</sub> sur 2000-2002
    - Brest, I=concentration moyenne en PM<sub>10</sub> en 2002 (stations Nattier et Macé)
  - Niveau référent : 0,75 I
  - Expositions postérieures à 1999 : I
- Utilisation de RR adultes de plus de 30 ans :
  - proposés par Pope C.A. (2002) : Nantes
  - proposés par Künzli N.(1999) : Brest, *Nantes*



## Expositions et relations exposition-risque

- RR - Künzli N. (Brest, *Nantes*):
  - adultes > 30 ans
  - **Mortalité toutes causes / PM 10**
  - **Etude 6 villes**
    - Mortalité 1974 –1977 pendant 14 à 16 ans
    - Expositions : PM 10, PM 2,5 pendant la période 1979 - 1985
  - **Cohorte American Cancer Society (ACS) I**
    - Mortalité pendant la période 1983-1989
    - Expositions dans **50 villes** : PM 2,5 pendant la période 1979 - 1983
- RR- Pope C.A. III (Nantes) :
  - adultes > 30 ans
  - **mortalité toutes causes, cardio-pulmonaire, par cancer du poumon / PM2,5**
  - **Suivi actualisé de la cohorte ACS II**
    - Mortalité pendant la période 1983-1998
    - Expositions dans les villes américaines : PM 2,5 pendant les périodes 1979 - 1983 (**61 villes**) et 1999-2000 (**116 villes**)





## Relations exposition-risque pour une augmentation de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ des PM

Indicateur sanitaire (adultes > 30 ans)	RR <sub>10</sub> (IC 95%)	Etude	Polluant
Mortalité toutes causes	1,043 (1,026 – 1,061)	Künzli N. (1999)	PM 10
Mortalité toutes causes	1,06 (1,02 – 1,10)	Pope C.A. (2002)	PM 2,5
Mortalité cardio-pulmonaire	1,08 (1,02 – 1,14)	Pope C.A. (2002)	PM 2,5
Mortalité par cancer du poumon	1,13 (1,04 – 1,22)	Pope C.A. (2002)	PM 2,5



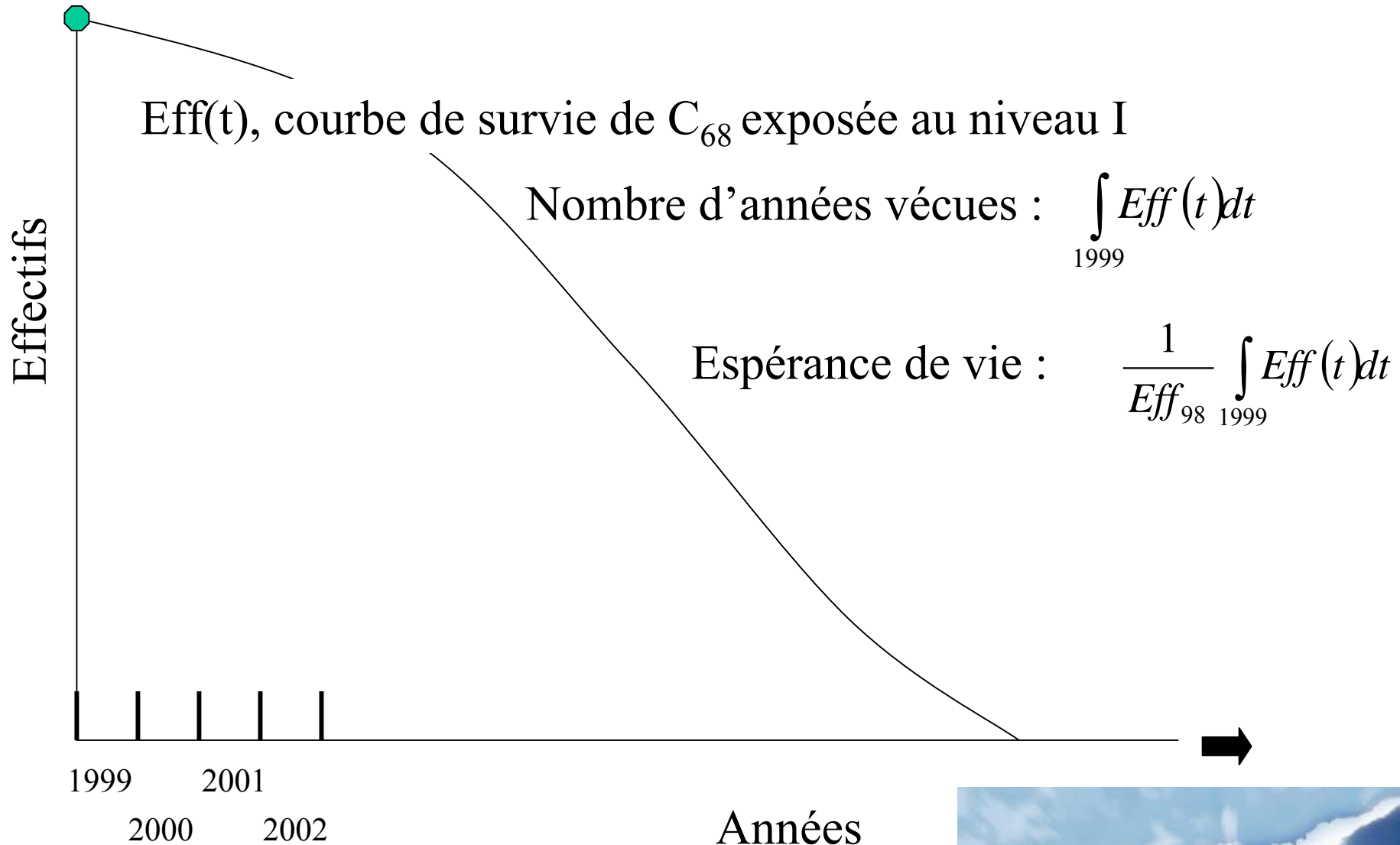
## Calcul d'un nombre NA de décès attribuables

- **NA = f (N, RR<sub>10</sub>, I)**
  - $NA = N * (RR_{0,25I} - 1) / RR_{0,25I}$
  - $RR_{\Delta} = \exp (0,025 * I * \ln RR_{10})$
  - où :
    - NA, nombre décès attribuables en 1999
    - N, nombre de décès observés en 1999
      - Mortalité toutes causes ou spécifique



Eff<sub>98</sub>

# Calcul d'une réduction de l'espérance de vie à 30 ans



# Réduction de l'espérance de vie à 30 ans

$Eff(t) \Leftrightarrow Eff_r(t)$ ,  $C_{68}$  exposée au niveau 0,75 I

Effectifs

$$Y_{011} : \int_{1999} Eff_r(t) - Eff(t) dt$$

Espérance de vie perdue (Evp) :

$$\frac{1}{Eff_{98}} \int_{1999} Eff_r(t) - Eff(t) dt$$

$Eff(t)$

$Eff_r(t)$

1999

2001

2000

2002

Années

# Réduction de l'espérance de vie à 30 ans

Effectifs de la cohorte  $C_{1968}$  au 31 décembre des années 1998 à 2067

Effectifs

Eff<sub>98</sub>

	<b>C<sub>1968</sub> exposée au niveau I</b> <b>Hypothèse exposition future</b>	<b>C<sub>1968</sub> exposée au niveau 0,75I</b> <b>Scénario référent</b>
<b>1998</b>	$Ef_{1998}$	$Ef_{1998}$
<b>1999</b>	$Ef_{1999} = Ef_{1998} \times s_{99,1968}$	$Efr_{1999} = Ef_{1998} \times sr_{99,1968}$
<b>2000</b>	$Ef_{2000} = Ef_{1998} \times s_{99,1968} \times s_{99,1967}$	$Efr_{2000} = Ef_{1998} \times sr_{99,1968} \times sr_{99,1967}$
<b>2001</b>	$Ef_{2001} = Ef_{1998} \times s_{99,1968} \times s_{99,1967} \times s_{99,1966}$	$Efr_{2001} = Ef_{1998} \times sr_{99,1968} \times sr_{99,1967} \times sr_{99,1966}$
...	...	...

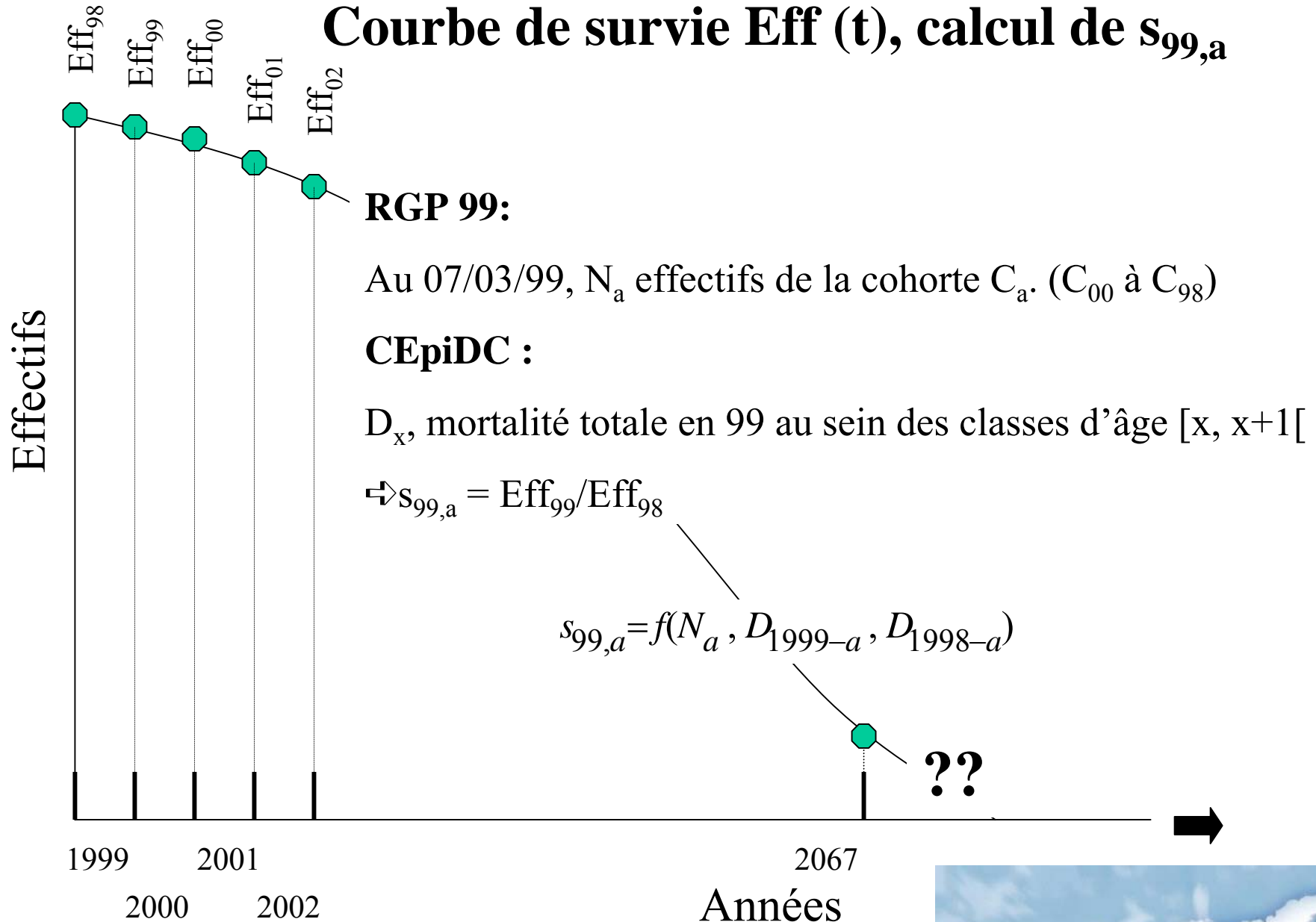
- $s_{99,a}$  : probabilité de survie en 1999 de la cohorte  $C_a$  exposée au niveau I
- $sr_{99,a}$  : probabilité de survie en 1999 de la cohorte  $C_a$  exposée au niveau référent 0,75I

????

1999      2001  
2000      2002

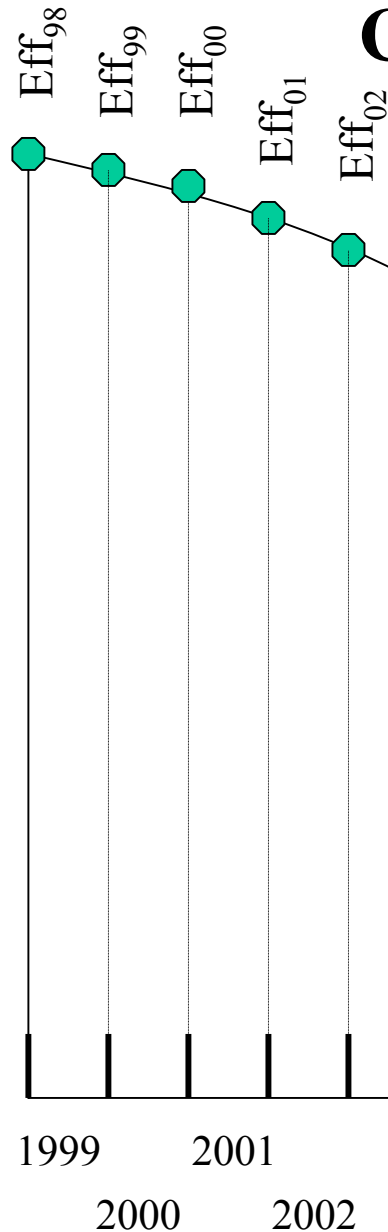
Années

# Courbe de survie Eff (t), calcul de $s_{99,a}$



# Courbe de survie Eff (t), calcul de $s_{99,a}$

Effectifs



**RGP 99:**

Au 07/03/99,  $N_a$  effectifs de la cohorte  $C_a$ . ( $C_{00}$  à  $C_{98}$ )

**CEpiDC :**

$D_x$ , mortalité totale en 99 au sein des classes d'âge  $[x, x+1[$

$$\Leftrightarrow s_{99,a} = \text{Eff}_{99} / \text{Eff}_{98}$$

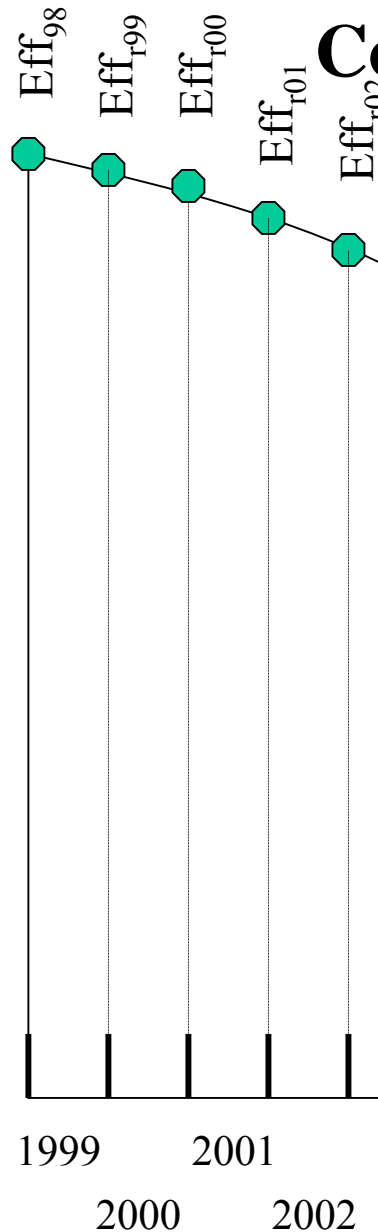
$$s_{99,a} = \frac{N_a - [(128869 \times D_{1999-a} + 89401 \times D_{1998-a}) / 266450]}{N_a + [(4356 \times D_{1999-a} + 43824 \times D_{1998-a}) / 266450]}$$

??

Années

# Courbe de survie $Eff_r(t)$ , calcul de $sr_{99,a}$

Effectifs



## RGP 99:

Au 07/03/99,  $N_a$  effectifs de la cohorte  $C_a$  ( $C_{00}$  à  $C_{98}$ )

## CEpiDC :

$D_x$ , mortalité totale en 99 au sein des classes d'âge  $[x, x+1[$

## RR issus de la littérature :

$Dr_x$ , mortalité totale en 99 au sein des classes d'âge  $[x, x+1[$   
exposée à 0,75 I

$$sr_{99,a} = f(N_a, Dr_{1999-a}, Dr_{1998-a})$$

Années



# Courbe de survie $Eff_r(t)$ , calcul de $sr_{99,a}$

## RGP 99:

Au 07/03/99,  $N_a$  effectifs de la cohorte  $C_a$  ( $C_{00}$  à  $C_{98}$ )

## CEpiDC :

$D_x$ , mortalité totale en 99 au sein des classes d'âge  $[x, x+1[$

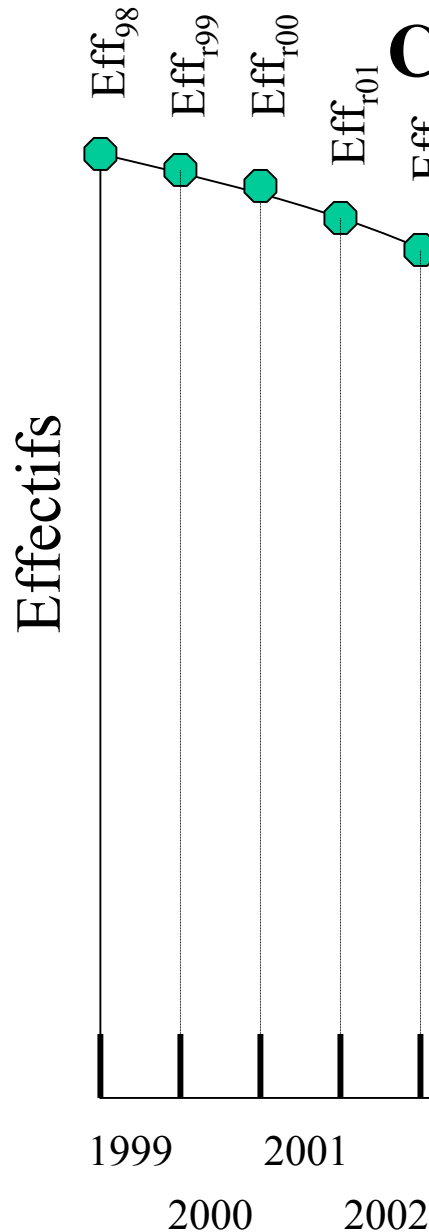
$Dr_x$ , mortalité totale en 99 au sein des classes d'âge  $[x, x+1[$   
exposée à 0,75 I :

$$\Leftrightarrow Dr_x = D_x - d_x * (RR_{\Delta} - 1) / RR_{\Delta}$$

$\Leftrightarrow d_x$  : nombre construit de décès toutes causes sauf acc.

$\Leftrightarrow$  Décès toutes causes sauf acc., Nantes, 99, +30ans

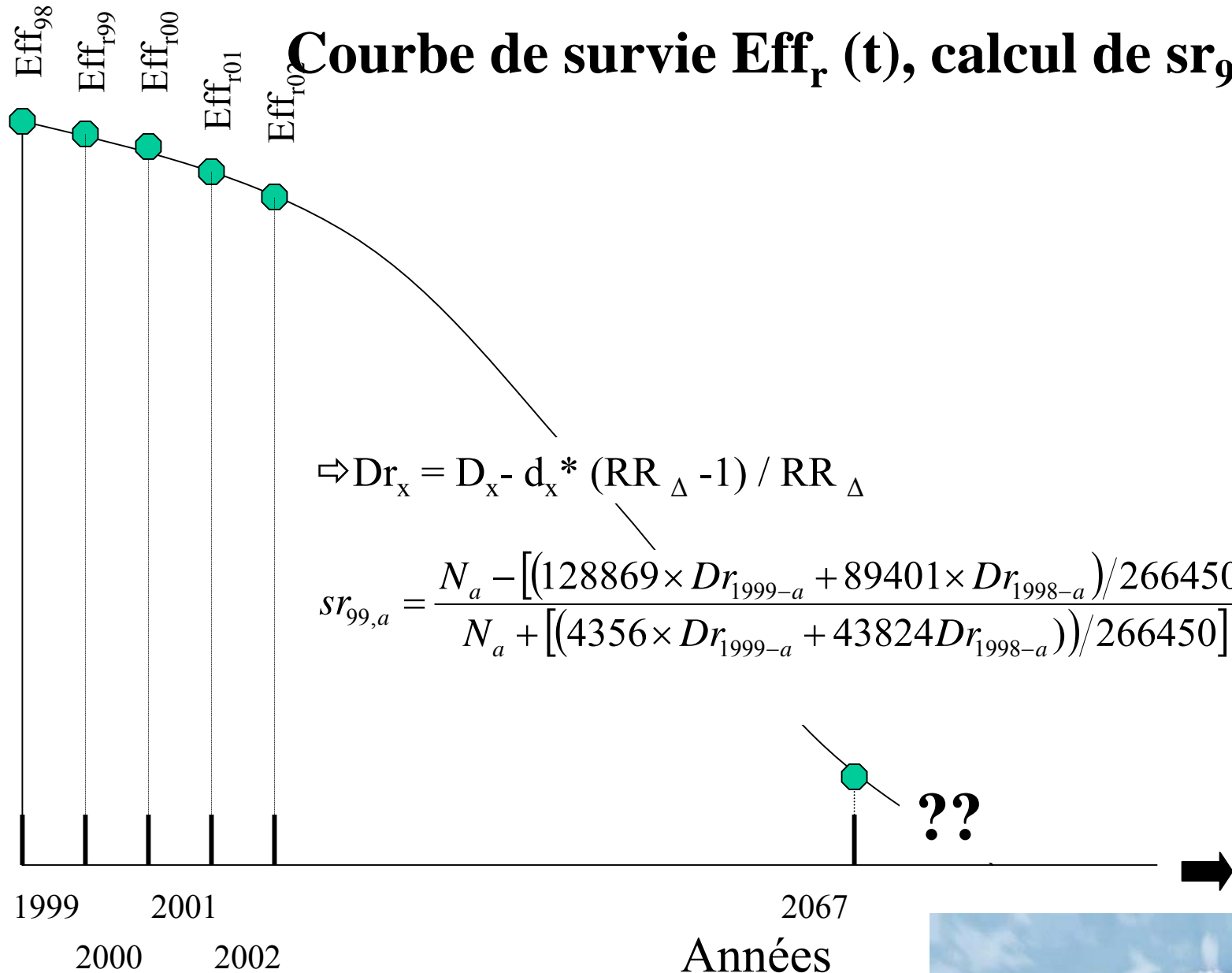
$\Leftrightarrow$  Age de survenue, décès CP, KP, Dept 44, 97-98-99,  
+30 ans



Années

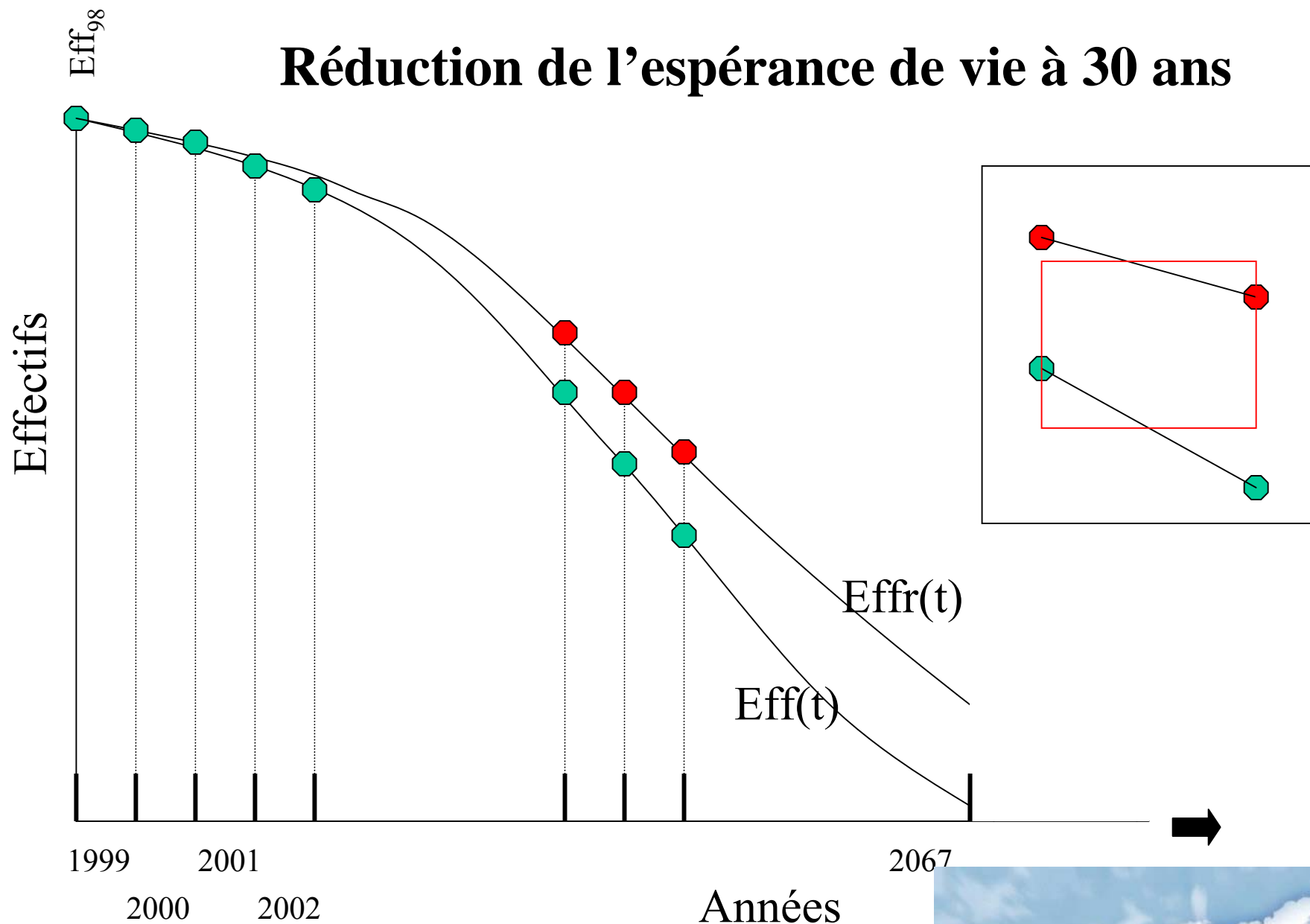
# Courbe de survie $Eff_r(t)$ , calcul de $sr_{99,a}$

Effectifs

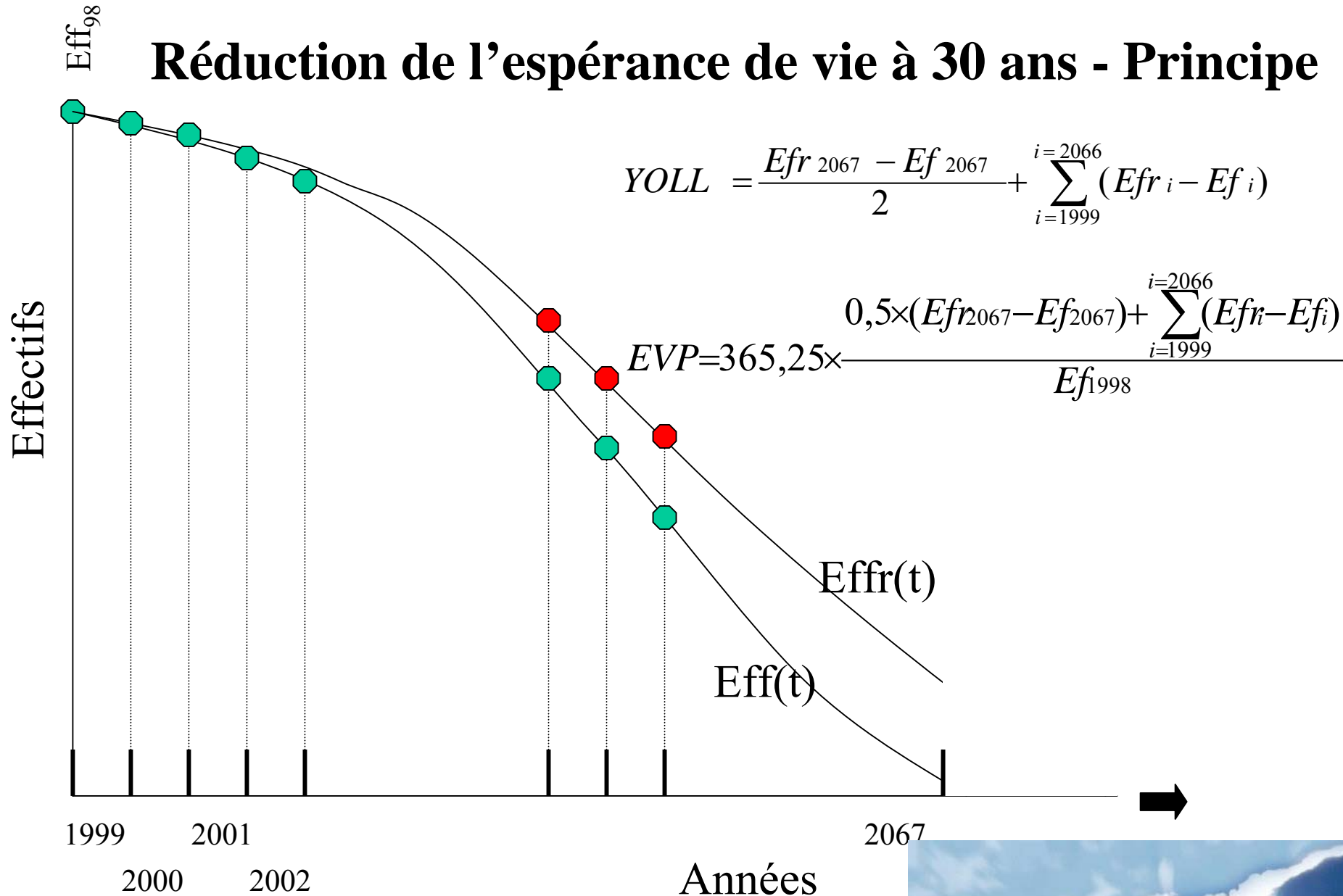


??

# Réduction de l'espérance de vie à 30 ans



# Réduction de l'espérance de vie à 30 ans - Principe



## E.I.S. long terme à Brest

- $I = 16,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10
- Nombre de décès :
  - Gain de 38 décès (23-53) pour une réduction de 25% de I
  - Impact de 23 décès (14-32) pour une augmentation de 15% de I



## Brest

# Calcul du YOLL et de la réduction d'espérance de vie (-25% PA)

Période	Age révolu	Yoll (années)	Esp. de vie (j)
[1999,2033]	De 30 à 65 ans	49	8 (5 – 11)
[1999,2043]	De 30 à 75 ans	116	18 (11 – 26)
[1999,2053]	De 30 à 85 ans	214	34 (21– 48)
[1999,2063]	De 30 à 95 ans	295	47 (28 – 66)
[1999,2067]	De 30 à 99 ans	305 (186-430)	48 (29 – 68)

## E.I.S. long terme à Nantes

- $I = 10,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM<sub>2,5</sub>
- Nombre de décès :
  - Gain sanitaire pour une réduction de 25% de I

Nombre total de décès	Nombre de décès cardio-pulmonaire	Nombre de décès cancer du poumon
40 (14-65)	17 (5-30)	5 (2-9)
RR 1,06 (1,02-1,10)	RR 1,08 (1,02-1,14)	RR 1,13 (1,04-1,22)



## E.I.S. long terme à Nantes

- Nombre de décès :
  - Impact sanitaire pour une augmentation de 15% de I

<b>Nombre total de décès</b>	<b>Nombre de décès cardio-pulmonaire</b>	<b>Nombre de décès cancer du poumon</b>
24 (8-40)	11 (3-18)	3 (1-6)
RR 1,06 (1,02-1,10)	RR 1,08 (1,02-1,14)	RR 1,13 (1,04-1,22)



## NANTES

### Calcul du YOLL et de la réduction d'espérance de vie (-25% PA)

Période	Age révolu	Yoll (années)	Esp. de vie (j)
[1999,2033]	De 30 à 65 ans	74	6 (2 – 10)
[1999,2043]	De 30 à 75 ans	182	16 (5 – 25)
[1999,2053]	De 30 à 85 ans	362	31 (11 – 50)
[1999,2063]	De 30 à 95 ans	562	48 (16 – 78)
[1999,2067]	De 30 à 99 ans	599 (203-980)	51 (17 – 84)

## Interprétation des résultats

- Résultats de Nantes et Brest ne sont pas strictement comparables :
  - RR différents, populations différentes, niveaux référents différents
- Gain associé à une diminution de 25% de la P.A.
  - Estimation prudente de l'impact de la pollution atmosphérique.
  - Brest : 38 décès et 48 jours d'espérance de vie
- Ordres de grandeur (erreurs et incertitudes)



## Erreurs et incertitudes

- Exploitation des RR disponibles pour le long terme
- Caractérisation du risque sous forme d'une réduction de l'espérance de vie





## Erreurs et incertitudes

- Exploitation des RR disponibles pour le long terme
- Caractérisation du risque sous forme d'une réduction de l'espérance de vie
- **Évaluation minimale de l'impact sanitaire**



# Erreurs et incertitudes

## Utilisation des RR long terme

- **Effets sanitaires :**
  - Morbidité ?
  - Mortalité uniquement chez des adultes de plus de 30 ans
- **Expositions :**
  - Pas de définition des « fenêtres » d'exposition dans les études de cohorte.
    - Sur quelle durée évaluer les expositions ?
  - [PM] indicateur des effets de la pollution atmosphérique (cocktail :  $O_3$ , NoX...)
- **Caractérisation du risque :**
  - Relation pollution atmosphérique/mortalité  $\Rightarrow$  causalité admise
  - Transposition d'études épidémiologiques américaines (populations et expositions différentes)  $\Rightarrow$  recommandations OMS
- **Approche prudente :**
  - Niveau de référence élevé : 0,75 I 
  - Application des RR à la mortalité toutes causes sauf accidentelles 


## Erreurs et incertitudes

### Calcul d'une réduction de l'espérance de vie

- **Hypothèses pour le calcul des probabilités de survie**
  - (population fermée...) : acceptables sur 1 année
- **Utilisation d'un seul indicateur I pour la période 1999-2067**
  - évolution des populations et des expositions
  - méthode souple (autres scenarii)
- **Au delà du 31/12/2067 ?**
  - faible contribution des très grands âges
- **Incertitudes des probabilités de survie au grands âges**
- **Age de survenue des décès attribuables à la pollution atmosphérique**
- **Approche prudente**
  - Âge de survenue : décès d'origine cardiopulmonaire ou cancer du poumon (44/29)



## Intérêt et limite des EIS long terme

- Nature différente des décès calculés des EIS court et long terme
  - Court terme. Délais d'anticipations ?
    - >2 mois pour la mortalité cardiovasculaire
  - Long terme. Délais d'anticipations ?
    - Suffisant pour affecter l'espérance de vie de l'ordre de 38 jours
    - Caractérisation plus « complète » 
- Nombre des décès susceptible d'être plus important pour le long terme
  - Court terme. Nantes-Rezé-St Sébastien.
    - Diminution jusqu'au P5 des niveaux de P.A. : 43 décès annuels
  - Long terme. Nantes.
    - Diminution de 25% des niveaux de P.A. : 40 décès annuels
  - Hypothèses plus prudentes pour le long terme

## Perspectives

- Complémentarité des EIS court et long terme
  - Anticipation (Yoll, espérance de vie : long terme)
  - effets pour des faibles expositions (court et long terme)
  - faible importance des pics de pollution (court terme)
- Coupler les EIS court et long terme
  - Développer les mesures des PM (PM10 et **PM2,5**)
- Réduction d'espérance de vie / années de vie perdue
  - Utilisation de plusieurs cohortes
  - Réduire la période de suivi







## Pour en savoir plus...

- **Künzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Oberfeld G.** Air Pollution attributable cases : technical report on epidemiology. In : Health costs due to road traffic-related air pollution : an impact assessment project of Austria, France and Switzerland. (Prepared for the third WHO Ministerial Conference on Environment and Health, London, United Kingdom, 1999). Bern, Switzerland : European Regional Office, WHO, 1999
- **Miller BG, Hurley JF.** Theory and methods. Life table methods for quantitative impact assessments in chronic mortality. J Epidemiol Community Health 2003 ; 57 : 200-206





## Nantes – Analyse de sensibilité des niveaux de référence

Niveau de référence PM2,5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nombre de décès	Jours d'espérance de vie
<b>8,2</b>	<b>40</b> <b>(14-65)</b>	<b>51</b> <b>(17-84)</b>
6	74 (25-122)	92 (31-151)
4,5	97 (33-161)	120 (41-197)





## Brest, Nantes - Analyse de sensibilité de la mortalité

	Nbre de décès RR-Mortalité toutes causes sauf accidentelles	Nbre de décès RR-Mortalité totale
Brest	<b>38 (25-53)</b>	41 (25-57)
Nantes	<b>40 (14-65)</b>	44 (15-72)



## Brest - Analyse de sensibilité de l'âge de survenue du décès

	Décès CP ou KP	Mortalité toutes causes sauf accidentelles
Yoll (1999-2067)	<b>305</b> <b>(186-430)</b>	460 (281-647)
Jours d'espérance de vie	<b>48</b> <b>(30 – 68)</b>	73 (44-103)



## Décès calculés par les EIS court et long terme

