



## Coûts sanitaires de la pollution de l'air

O. Chanel (AMSE-CNRS-GREQAM-IDEP)

Séminaire AIRPACA

AIRPACA Marseille  
9 décembre 2014

# **Plan**

- 1. Quelques rappels**
- 2. Pourquoi, comment et que valoriser**
- 3. Quatre résultats issus d'Aphekomm**
  - 3.1. Gains en espérance de vie du respect des AQG-PM2.5
  - 3.2. Evaluation des bénéfices d'une réglementation sur le SO<sub>2</sub>
  - 3.3. Evaluation des bénéfices du respect des normes AQG
  - 3.4. Vers une évaluation complète de la morbidité chronique
- 4. Transport, santé et changement climatique**
  - 4.1. Facts
  - 4.2. General framework
  - 4.3. Model and results
- 5. En guise de conclusion**

## 1. Quelques rappels

**Morbidité ≠ Mortalité**

### Morbidité

Fréquence des maladies, des blessures et des incapacités dans une population donnée : consultations médicales, soins, hospitalisations.

**NB:** US-CDC la voit comme “écart subjectif ou objectif par rapport à un état de bien-être physiologique ou psychologique”  
=> Introduit tacitement le non-marchand.

### Mortalité : décès

**NB:** La Valeur d’Evitemenent d’un Décès utilisée pour valoriser la mortalité n’est pas la valeur d’un être humain en particulier mais une valeur statistique calculée *ex ante*.

## Court terme ≠ Long terme

Effets sanitaires de **court terme** ou aigus (surviennent dans les heures / jours suivant l'exposition à la PA) nécessitent des études de séries temporelles, étudiés depuis environ 70 ans.

Effets sanitaires de **long terme** ou chroniques (résultant d'une exposition de long terme à la PA) nécessitent des études de cohorte, étudiés depuis environ 25 ans.

## **2. Pourquoi, comment et que valoriser**

### **2.1. Pourquoi valoriser ?**

Les ressources étatiques étant limitées, il convient d'opérer des choix parmi les domaines de l'action publique (santé, emploi, éducation, défense, aménagement du territoire, environnement...) mais également au sein de chacun d'eux.

L'évaluation économique des coûts et bénéfices, en les exprimant en une unité commune, permet :

- d'évaluer les enjeux monétaires,
- de permettre un arbitrage cohérent entre les différentes alternatives,
- de contribuer à la détermination de seuils d'investissements publics légitimes pour la collectivité,
- de mettre en œuvre des taxes, normes et permis optimaux.

## 2.2 Comment valoriser ?

Biens et services marchands : un marché (concurrentiel) existe, sur lequel offres et demandes s'égalisent pour déterminer **un prix** et une quantité d'équilibre et déterminer un optimum de Pareto  
=> **les préférences des individus apparaissent clairement.**

Biens et services non-marchands : aucun marché n'existe, donc pas de prix (temps, bruit, douleur, vie humaine, aspects esthétiques ...). **La valeur** attribuée à ce bien doit être inférée soit à partir d'un bien marchand que les individus considèrent comme équivalent, soit par des méthodes de révélations directes  
=> **les préférences sont plus difficiles à obtenir.**

Si la dimension non-marchande n'est pas prise en compte, les décisions des individus ne permettent pas d'obtenir un état efficace au sens de Pareto sans intervention de l'Etat (externalités par exemple).

## 2.3. Que valoriser ?

**Modification du bien-être**

## **Modification du bien-être**



### **Effets indirects (environnement)**

- \* Dégradation de l'écosystème
- \* Dégradation du bâti
- \* Dégradation de l'agriculture

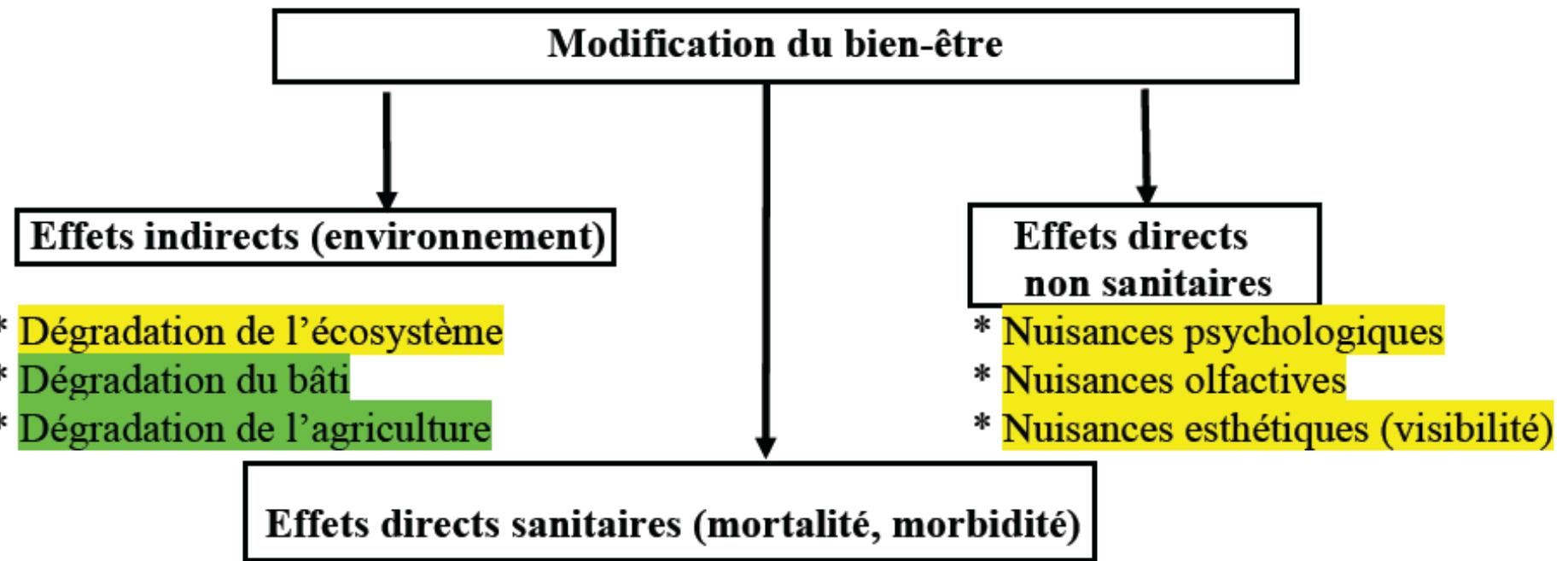
## **Modification du bien-être**

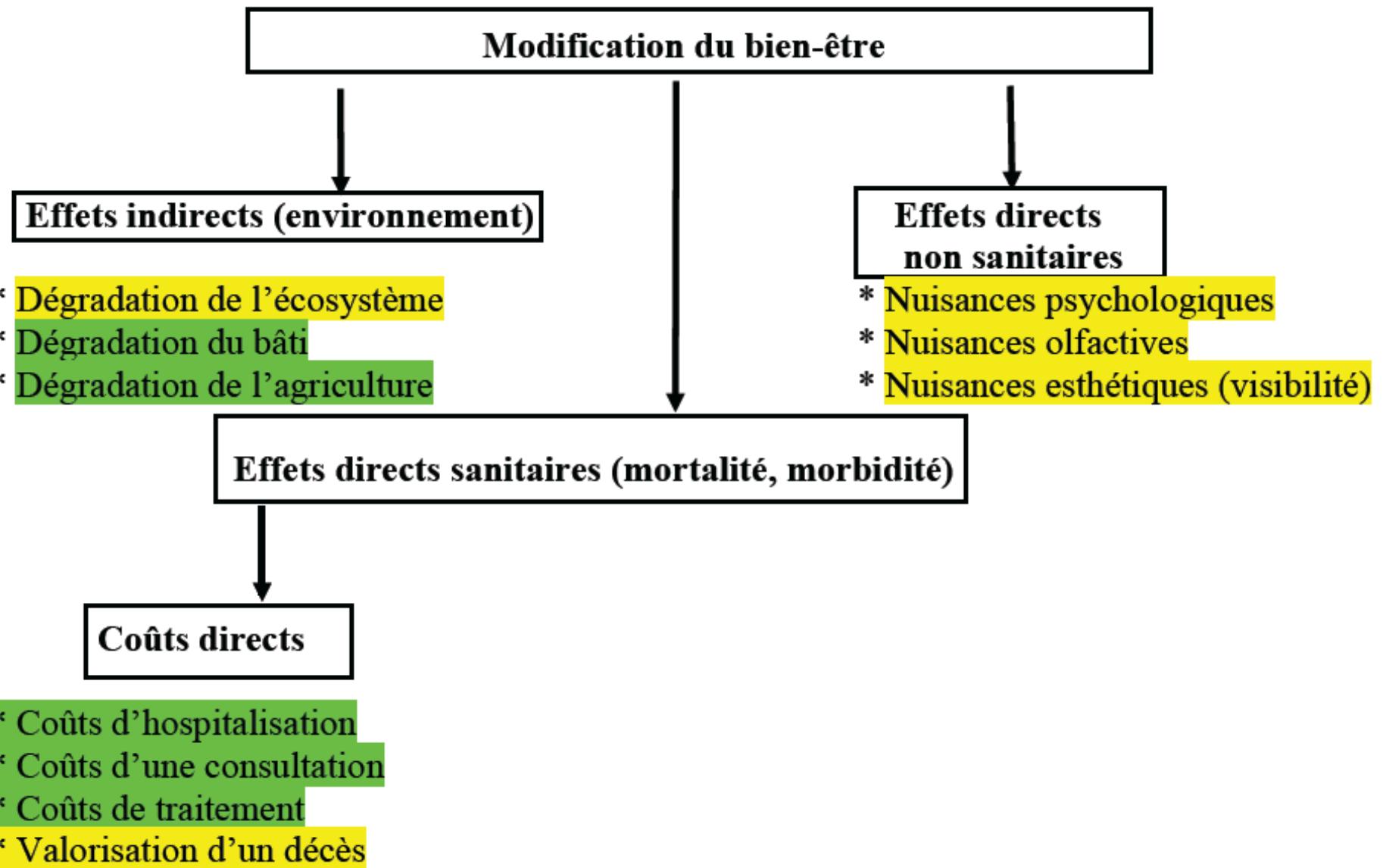
### **Effets indirects (environnement)**

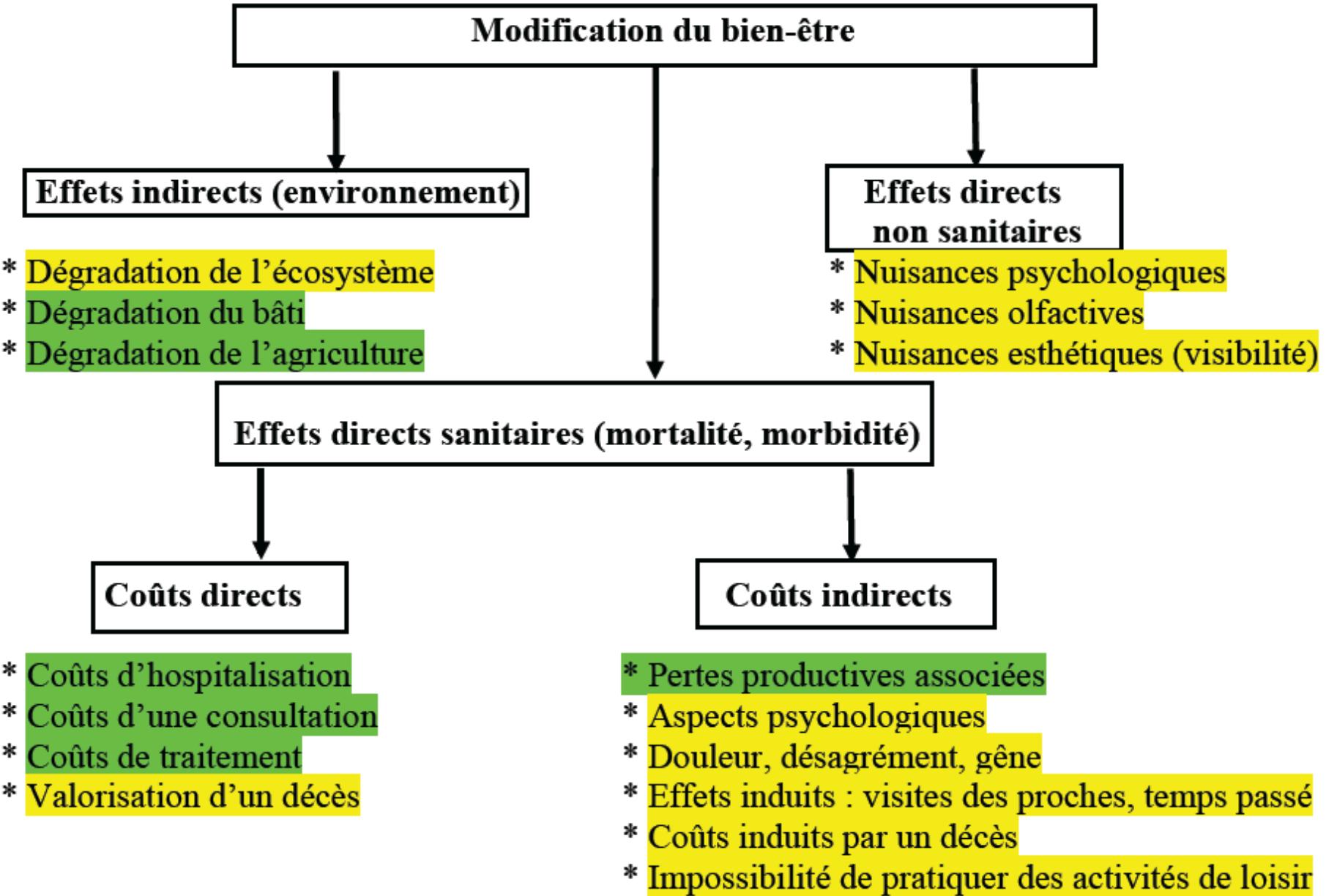
- \* Dégradation de l'écosystème
- \* Dégradation du bâti
- \* Dégradation de l'agriculture

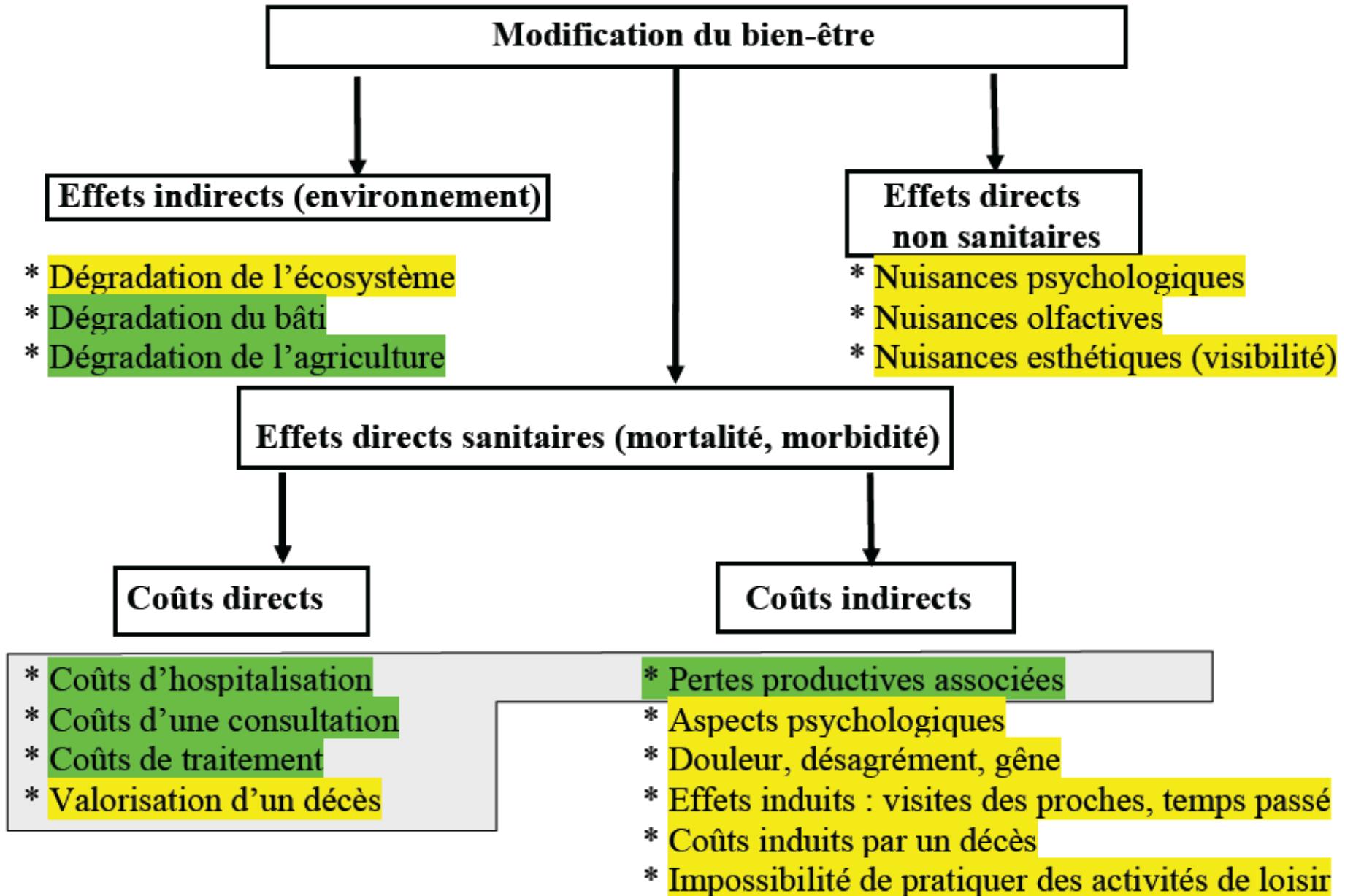
### **Effets directs non sanitaires**

- \* Nuisances psychologiques
- \* Nuisances olfactives
- \* Nuisances esthétiques (visibilité)









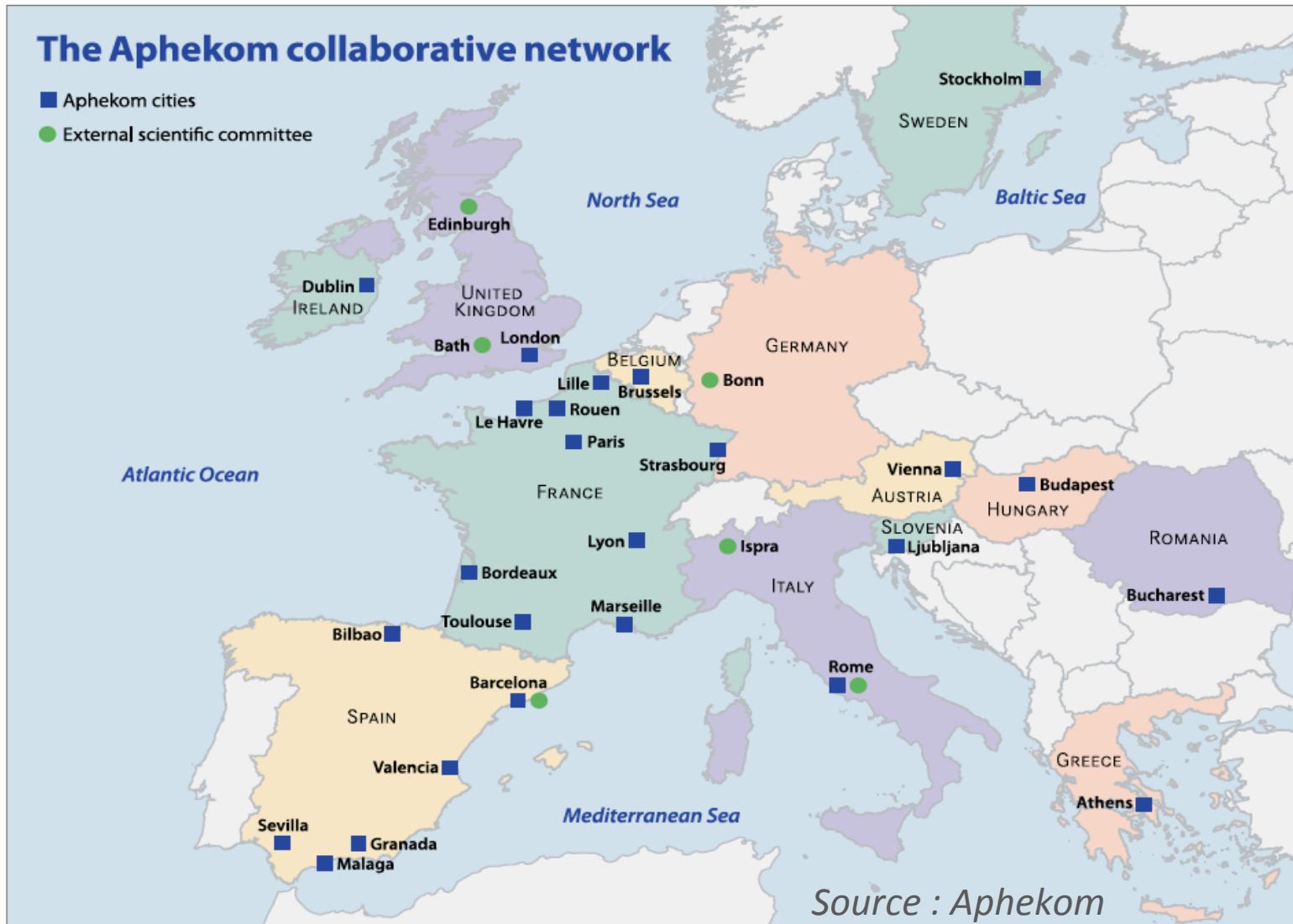
## Conclusion :

Grandes incertitudes de l'évaluation économique qui cumule :

- les incertitudes en amont : émissions, concentrations, exposition de la population, épidémiologie,
- ces propres incertitudes relevant de choix méthodologiques lors de la monétarisation :
  - sur la méthode de valorisation,
  - sur les effets pris en compte,
  - sur la valeur du taux d'actualisation.

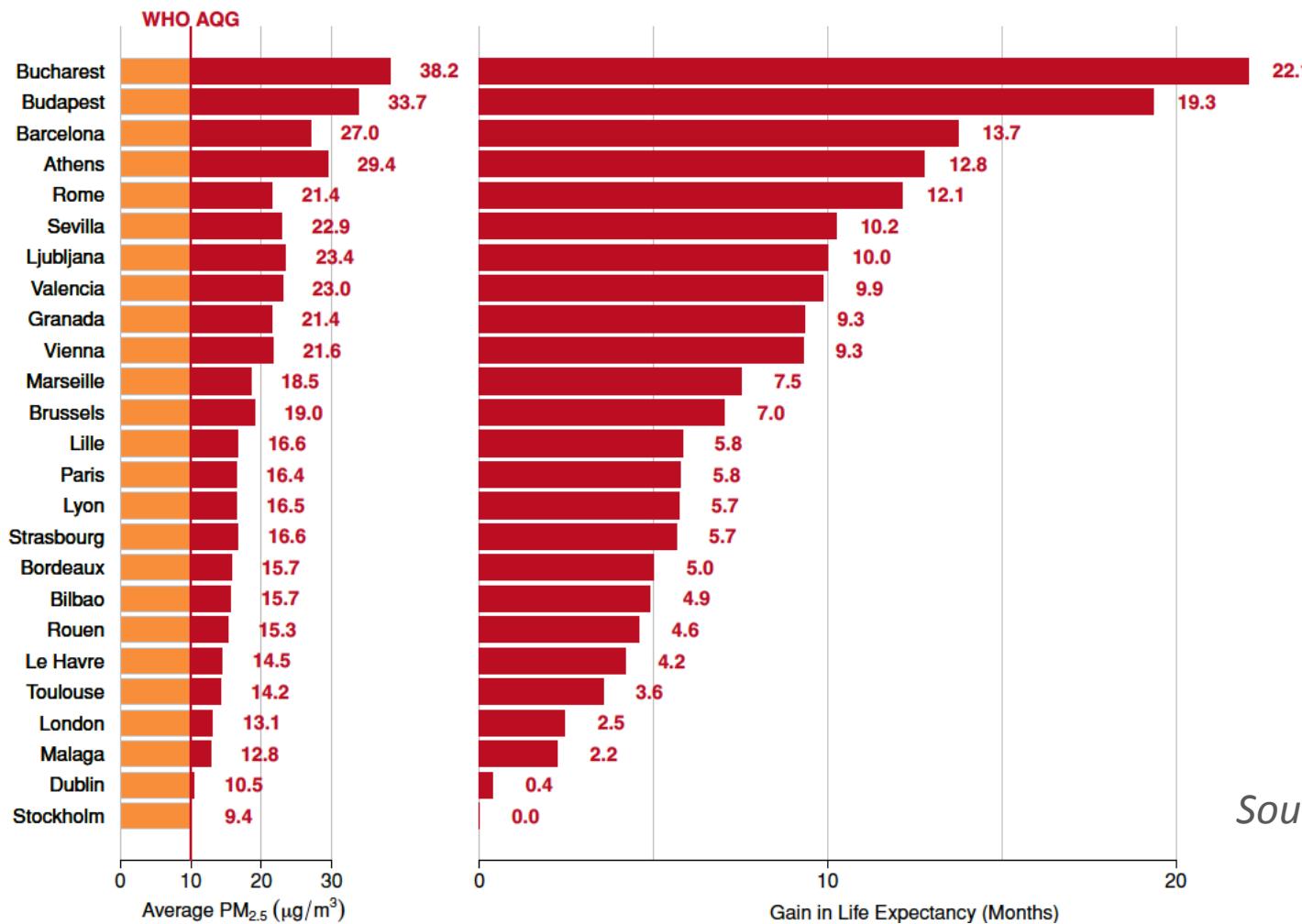
Cela contribue à une dispersion des valeurs monétaires, conditionnées aux hypothèses retenues lors de chaque évaluation.

### 3. Quatre résultats issus d'Aphekcom (2008-2011)



### 3.1. Gains en espérance de vie du respect des normes AQG-PM2.5

Predicted average gain in life expectancy (months) for persons 30 years of age and older in 25 Aphekom cities for a decrease in average annual level of PM<sub>2.5</sub> to 10 µg/m<sup>3</sup>  
(WHO's Air Quality Guideline)



Source : Aphekom

### 3.2. Evaluation des bénéfices d'une réglementation

Bénéfices annuels (mortalité CT) associés à la mise en œuvre d'une politique européenne de réduction du SO<sub>2</sub> dans les carburants (9 villes)

Agglomérations	# décès prématurés			Evaluation monétaire (millions € 2005)		
	# cas	95 CI -	95 CI +	Montant	95 CI -	95 CI +
Bordeaux	18	6	29	1.6	0.5	2.5
Le Havre	23	8	38	2	0.7	3.3
Lille	96	34	159	8.3	2.9	13.8
Lyon	62	22	103	5.4	1.9	8.9
Marseille	66	23	108	5.7	2	9.4
Paris	314	110	519	27.2	9.5	44.9
Rouen	46	16	76	4	1.4	6.6
Strasbourg	19	7	31	1.6	0.6	2.7
Toulouse	35	12	58	3	1	5
Total	679	238	1121	58.8	20.5	97.1

Source : Aphekcom

### 3.3. Bénéfices d'une diminution de la pollution particulaire

Bénéfices annuels associés au respect dans 25 villes des valeurs guides de l'OMS pour les particules (20 µg/m<sup>3</sup> pour PM10 et 10 µg/m<sup>3</sup> pour PM2.5)

		Bénéfices (€ million) [95% CI]
<b>Long terme (PM2.5)</b>	Mortalité	31 116 [10 918-53 678]
	Morbidité	???? [????-????]
<b>Court terme (PM10)</b>	Mortalité	194 [130-258]
	Hospitalisations respiratoires et cardiovasculaires	19 [10-28]

Source : Aphekom

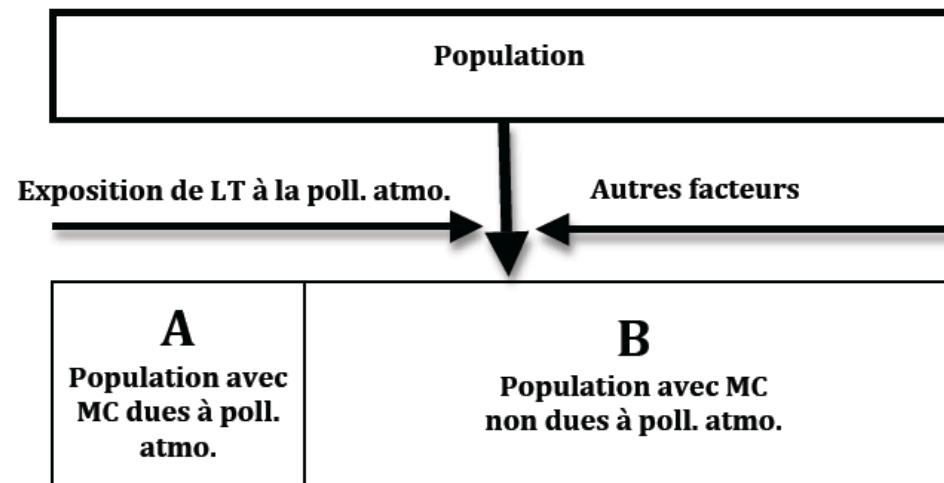
## Bénéfices annuels du respect à Marseille des valeurs guides de l'OMS pour PM10 (20 µg/m<sup>3</sup>), PM2.5 (10 µg/m<sup>3</sup>) et O3 (max journalier 8h =100 µg/m<sup>3</sup> )

**Table A2-16 Annual monetary valuations for compliance with WHO AQG in Marseille (Low, Central and High monetary estimates of mean, upper 95%CI and lower 95%CI number of cases. Costs rounded to the nearest thousand).**

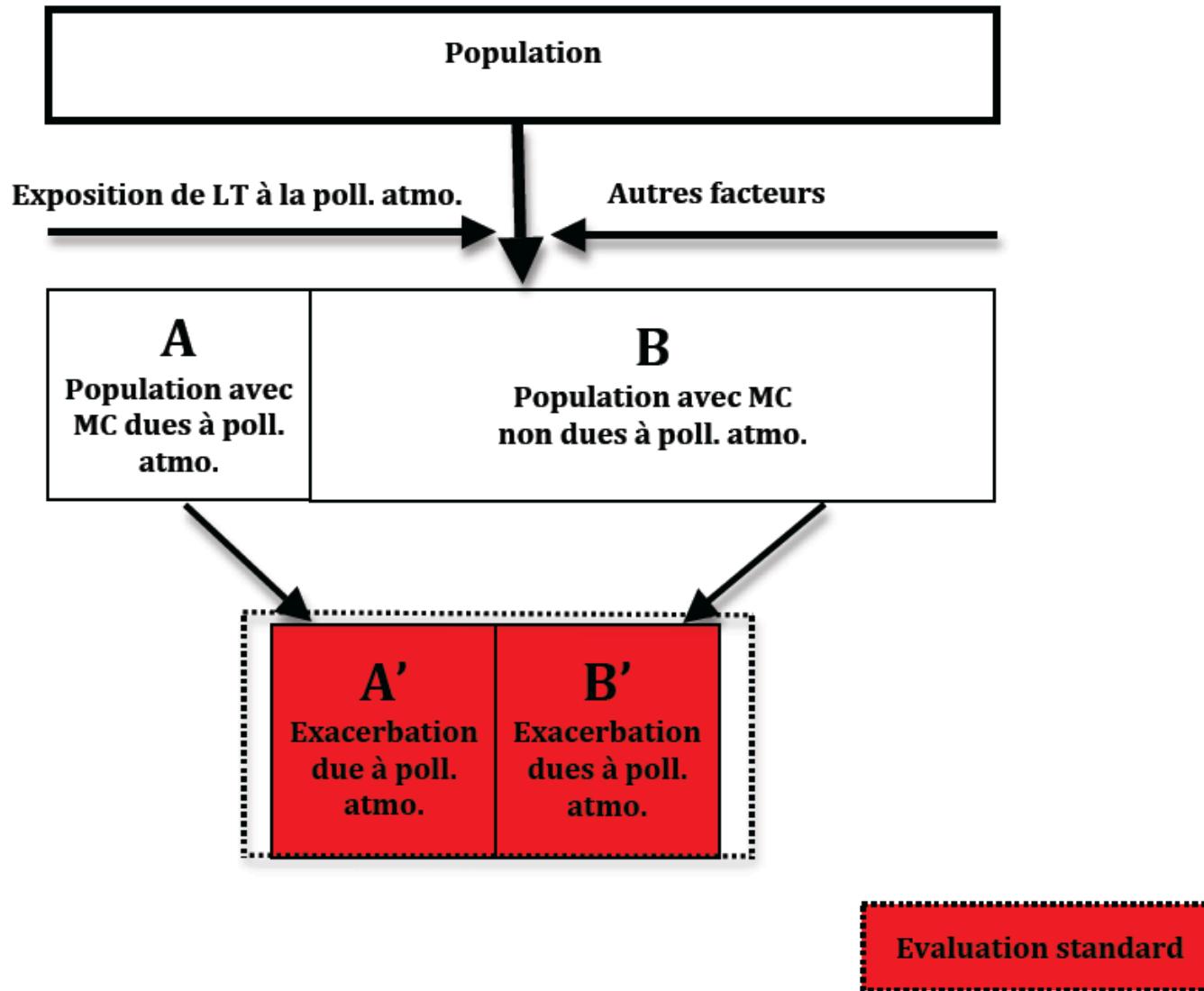
Marseille	Number of cases	Monetary valuation (thousand € 2005)			
		Mean (95% CI)	Low estimate Mean (95% CI)	Central estimate Mean (95% CI)	High estimate Mean (95% CI)
<b>PM2.5 - Chronic</b>					
Total mortality (30+)*	397.97 (137 - 699)	433 787 (149 330 - 761 910)	658 640 (226 735 - 1 156 845)	883 493 (304 140 - 1 551 780)	
- Annual number of deaths					
Total mortality (30+)*	8 004.61 (2 677 - 14 406)	320 184 (107 085 - 576 220)	693 199 (231 839 - 1 247 517)	1 066 214 (356 594 - 1 918 814)	
-Annual number of life years saved					
Cardiovascular mortality (30+)*	221.23 (153 - 270)	241 141 (166 770 - 294 300)	366 136 (253 215 - 446 850)	491 131 (339 660 - 599 400)	
- Annual number of deaths					
<b>PM10 - Acute</b>					
Total non-accidental mortality (All)	46.86 (31 - 62)	1 874 (1 240 - 2 480)	4 058 (2 685 - 5 369)	6 242 (4 129 - 8 258)	
- Annual number of deaths					
Cardiac hospitalizations (All)	76.94 (39 - 115)	194 (98 - 290)	291 (147 - 434)	387 (196 - 579)	
- Annual number					
Respiratory hospitalizations (All)	109.77 (60 - 160)	276 (151 - 403)	415 (227 - 604)	553 (302 - 806)	
- Annual number					
<b>Sub-total PM10</b>		<b>2 344 (1 489 - 3 172)</b>	<b>4 763 (3 059 - 6 408)</b>	<b>7 182 (4 628 - 9 643)</b>	
<b>Ozone - Acute</b>					
All non-accidental mortality (All)	12.96 (7 - 22)	518 (280 - 880)	1 122 (606 - 1 905)	1 726 (932 - 2 930)	
- Annual number of deaths					
Respiratory hospitalizations (15-64)	1.89 (0 - 22)	5 (0 - 55)	7 (0 - 83)	10 (0 - 111)	
- Annual number					
Respiratory hospitalizations (65+)	9.13 (0 - 22)	23 (0 - 55)	34 (0 - 83)	46 (0 - 111)	
- Annual number					
<b>Sub-total Ozone</b>		<b>546 (280 - 991)</b>	<b>1 163 (606 - 2 071)</b>	<b>1 782 (932 - 3 152)</b>	

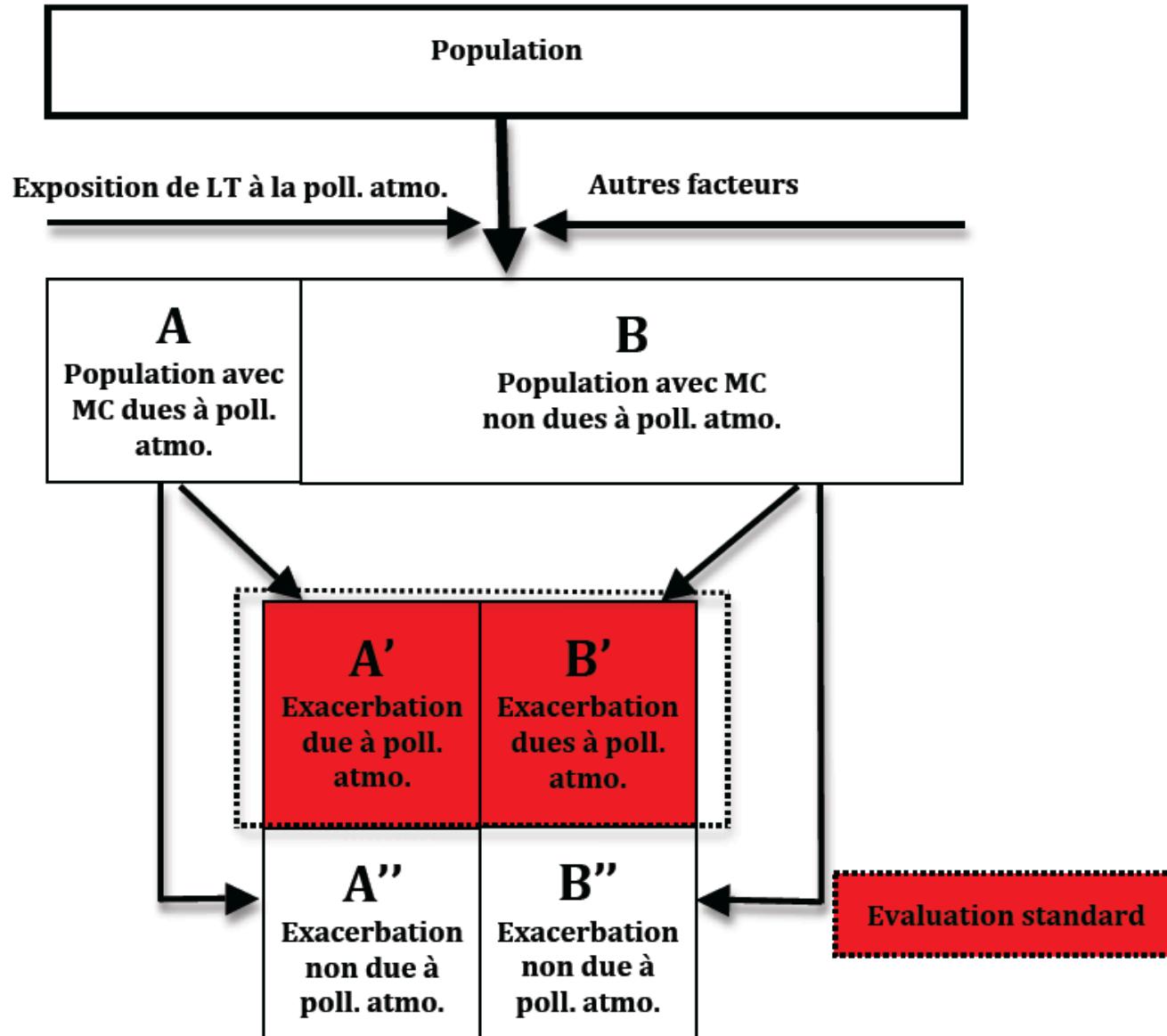
\* These alternative valuations of chronic mortality are not additive. N/A = Non Available.

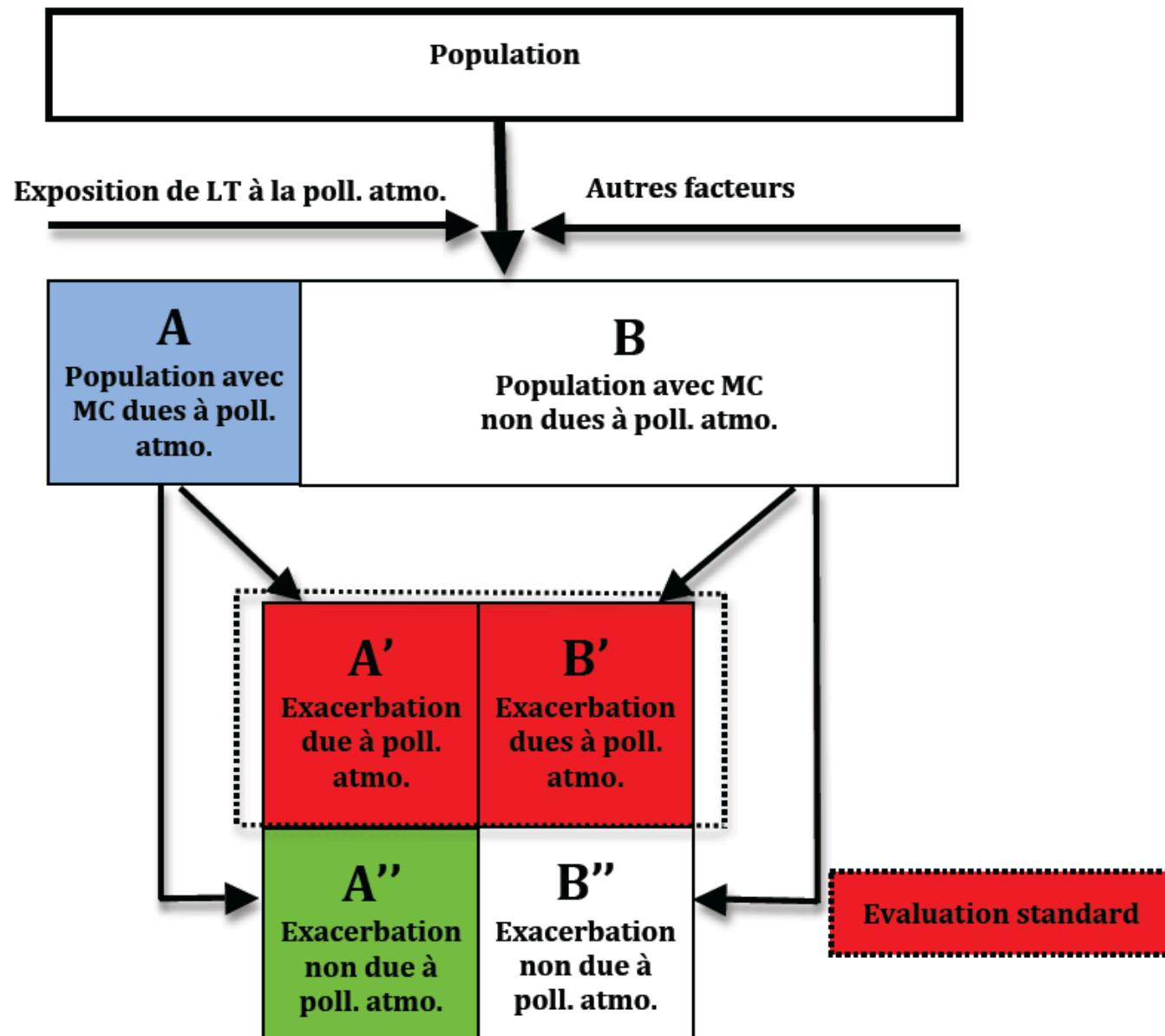
### 3.4. Vers une évaluation complète de la morbidité chronique\*

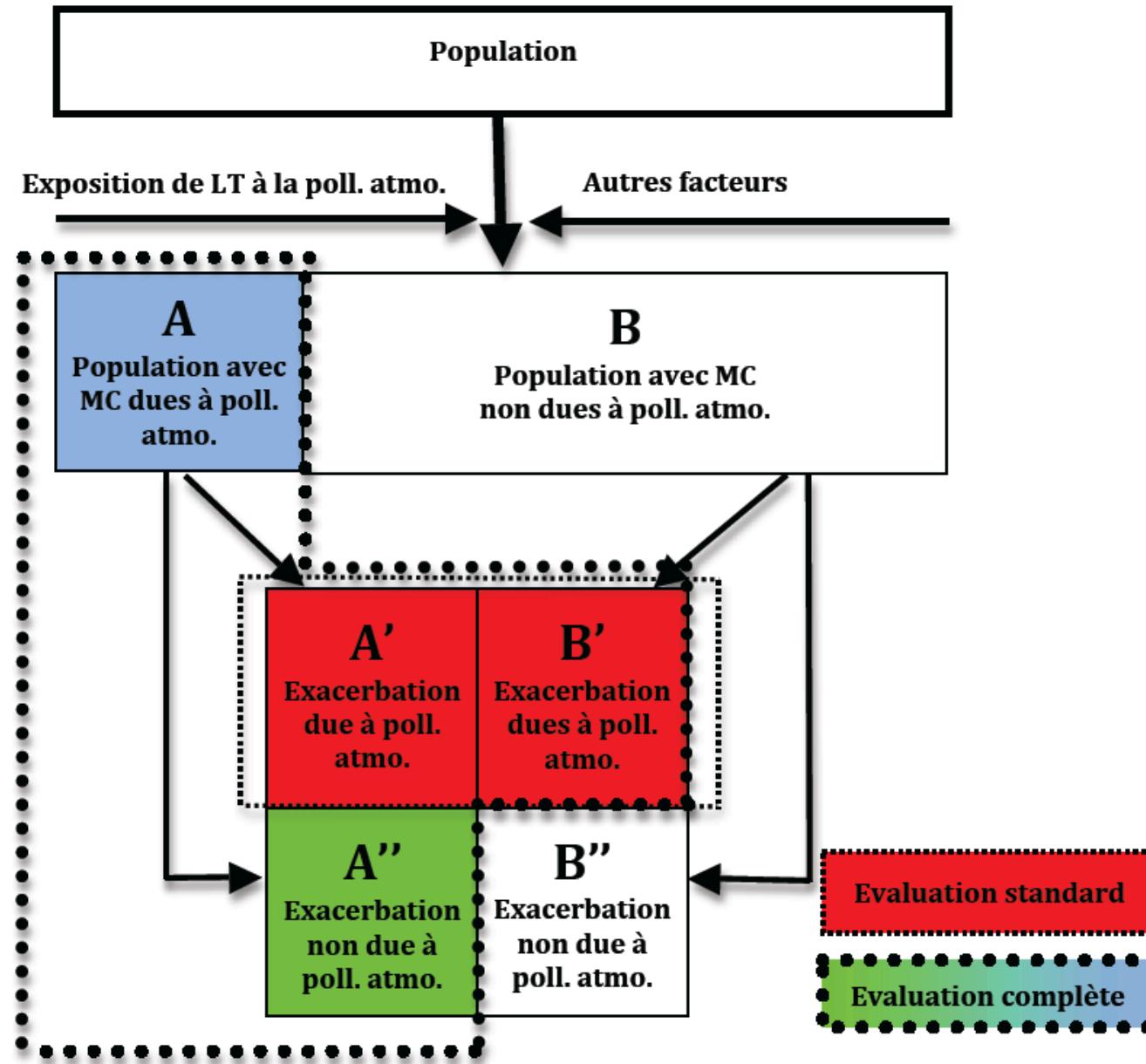


\* Chanel O., Perez L., Künzli N., and Medina S. The hidden economic burden of traffic pollution: evidence from the Aphekom project, *forthcoming European Journal of Health Economics*

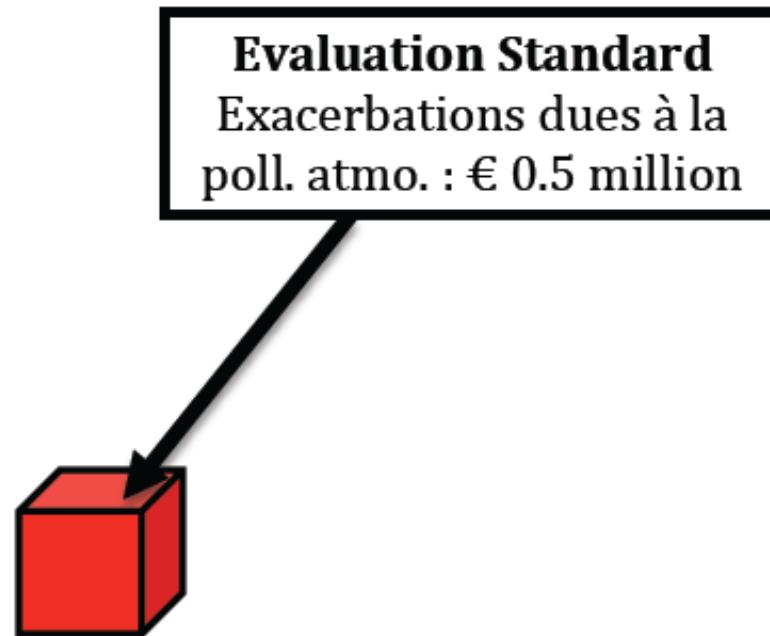






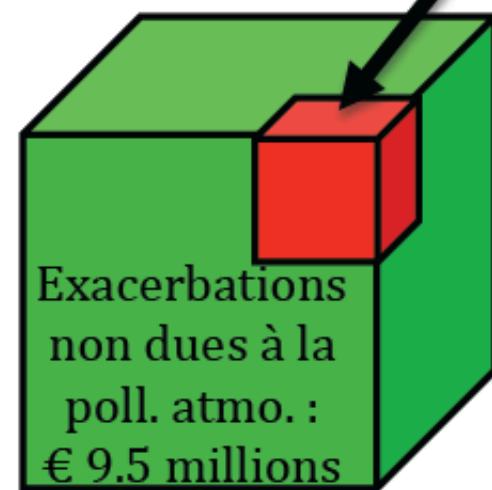


## Comparaison des morbidités de CT et de LT (10 villes) : Application à l'asthme chez les moins de 17 ans et aux maladies coronariennes chez les plus de 65 ans

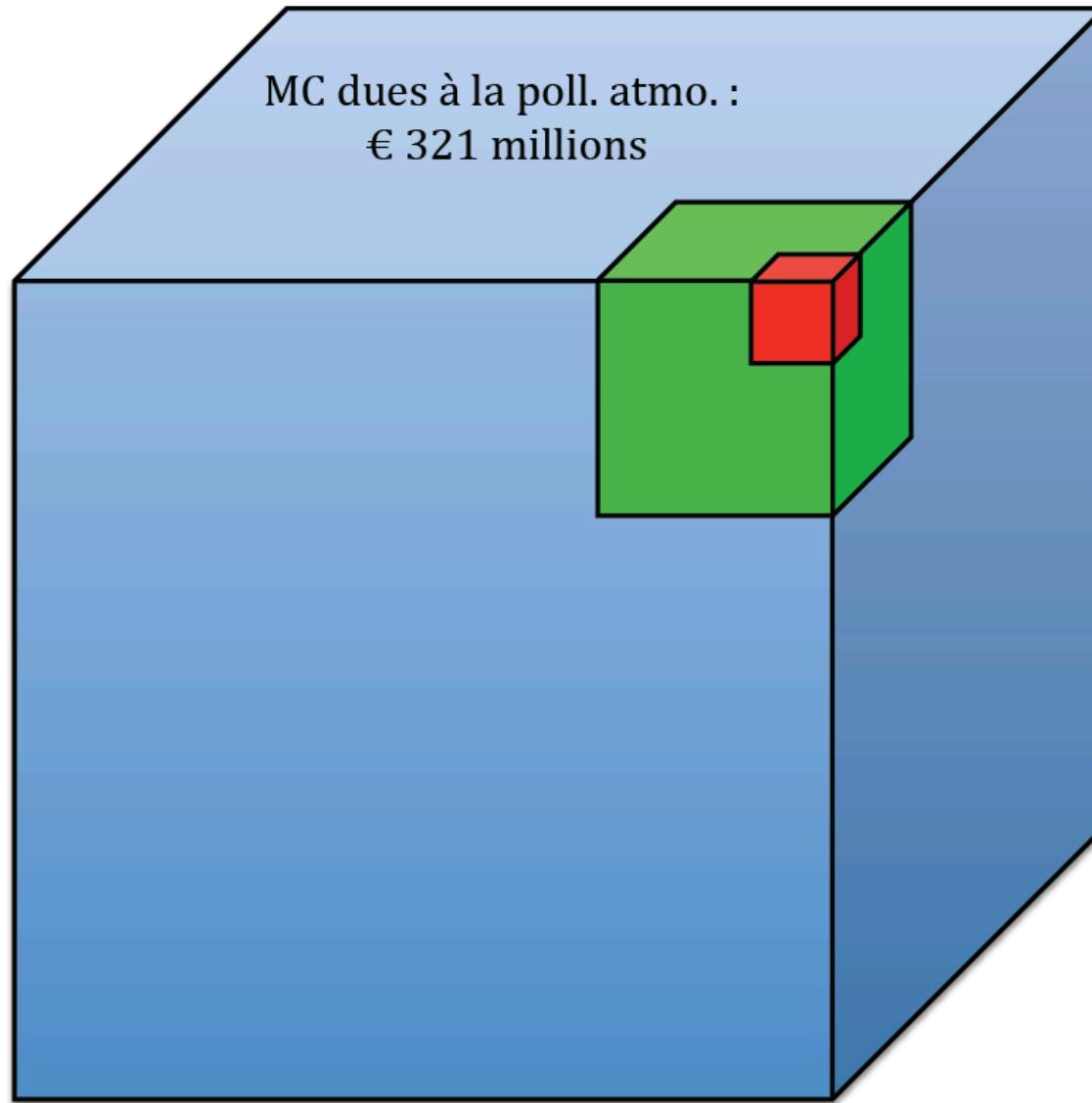


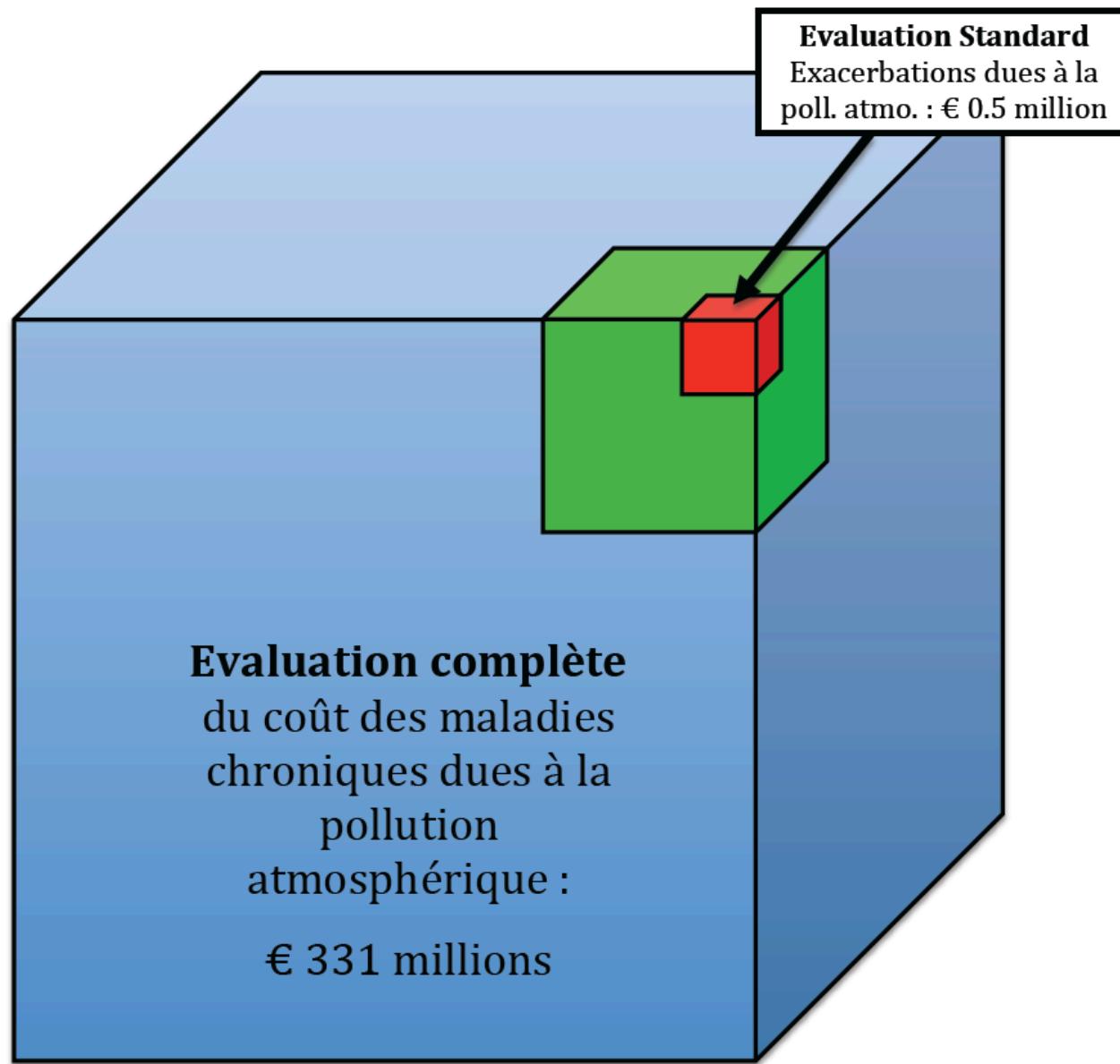
*Source : Aphekom*

**Evaluation Standard**  
Exacerbations dues à la  
poll. atmo. : € 0.5 million



MC dues à la poll. atmo. :  
€ 321 millions





## 4. Transport, santé et changement climatique

### 4.1. Facts

Petroleum products are the first energy consumed in France: 40.5 % (Ademe, 2014).

Transport sector is energy-consuming: ranked first in France with 32.6 % (Ademe, 2014).

Transport sector almost exclusively relies on petroleum products and generates three air pollution-related externalities that affect health:

- due to combustion: GHG = 27% of CO<sub>2</sub>, (MEDD, 2015),
- due to combustion: local pollution = 58% of NOx, 16% of PM<sub>10</sub>, 20% of PM<sub>2.5</sub> and 15% NMOVC (Citepa, 2012),
- not due to combustion: non-exhaust PM<sub>10</sub> (tyre, brake, clutch and road surface wear and resuspension) = 50% of total road PM (EU, 2004) but about 90% by 2020 (Pant and Harrison, 2013).

Transport sector also generates externalities not related to health: road congestion, aesthetics and landscape disturbances, road accident, noise levels, damages to buildings and cultures ...

Almost impossible to improve simultaneously fuel efficiency ( $\text{CO}_2$ ) and local pollutant emissions with combustion engines.

=> Current events show the regulations on transport emissions are difficult to respect.

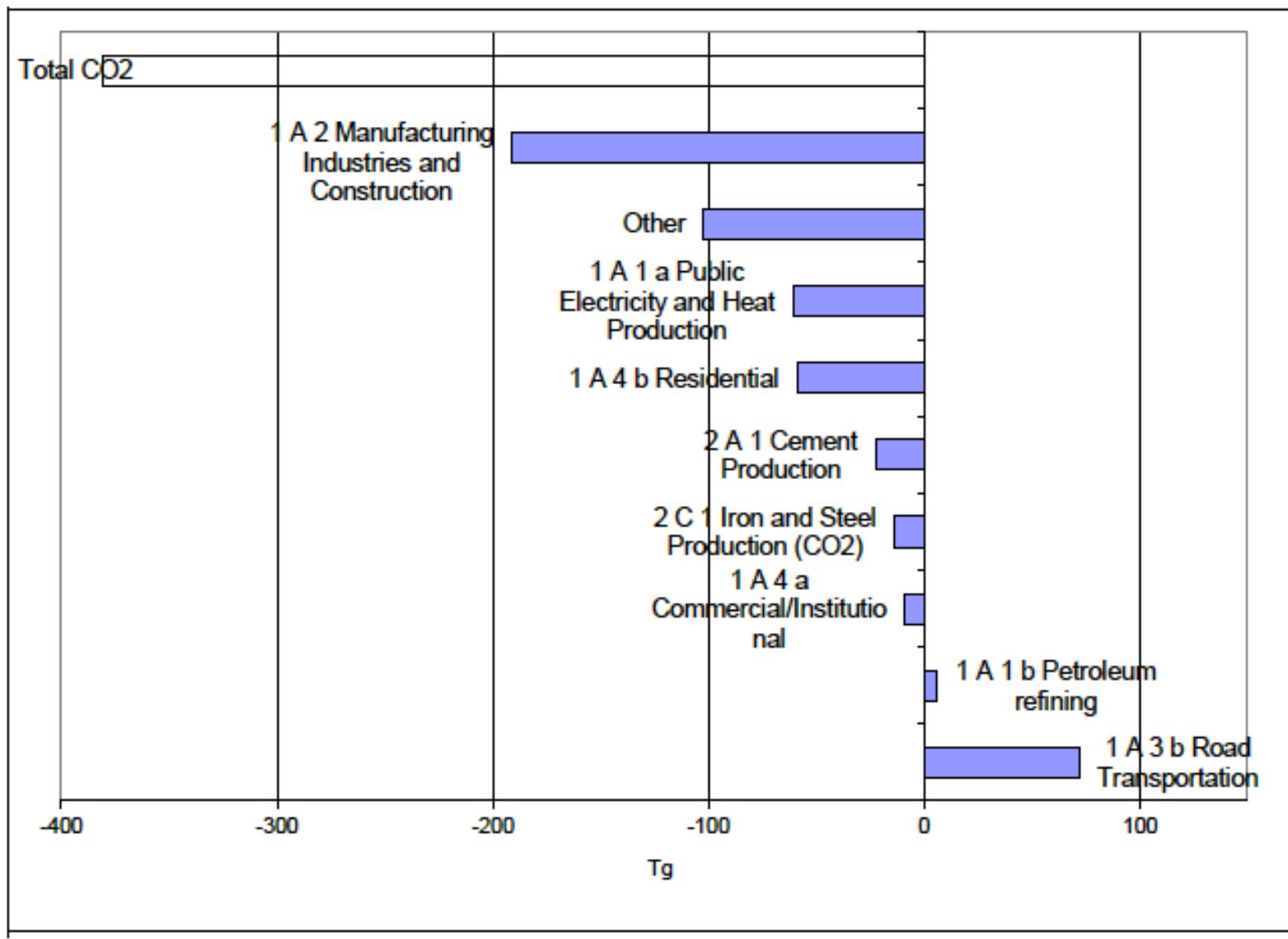
- cheat on vehicle emission tests:

- VW: 11.5 million vehicles with a device decreasing NOx emissions when being tested for conformity ... but with 3-10 times larger emission once on the road.
- All manufacturers optimize  $\text{CO}_2$  emissions: on average 8% larger emissions on the road than w.r.t. conformity test in 2001 ... and 40% in 2014 in Europe (International Council on Clean Transportation, 2015)

- complicity from public regulators:

- For 10 years, eco-pastille or green incentive scheme (Austria, Denmark, Spain, Italy, France, Portugal, the Netherlands, Sweden) based an “environmental” tax policy solely on  $\text{CO}_2$  emissions.
- October 2015: to account for the new Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle from 2017, UE *de facto* increases the existing NOx emission limit for diesel vehicles (80 mg/km) by introducing a “conformity factor” of 2.1 (i.e. 168 mg/km) from 2017 to 2019 and 1.5 (120 mg/km) as from 2020.

=> Progress on fixed-source emissions lead to transport becoming the prime source of e $\text{CO}_2$ .



*EU-15 absolute change of CO<sub>2</sub> emissions 1990 to 2012 (in eCO<sub>2</sub>, European Environmental Agency, 2014)*

## 4.2. General framework

### Uncertainties

Large scientific uncertainties on the consequences of climate change

- physical: Changes to temperature and precipitation distribution, increase in the frequency and intensity of natural disasters and contagious diseases ...
- economics:
  - cost of damages in 2100: 5-20% GNP (Stern, 2006), 1-6% (OECD, 2015)
  - cost of mitigation policy (-25% w.r.t. 2005): 1% GNP/year in 2050 (-1 to 3%)
  - cost of adaptation: 0.2% GNP/year (Chancel and Piketty, 2015)
  - a long time horizon (with the attendant problem of discounting)

More limited scientific uncertainties on the consequence of local pollution

- physical: Health mainly (and mainly long-term mortality) + crops, buildings impacts are well known
- economics: cost of air pollution damages: 0.5-3% GDP  
France: €97 billion (Senate, 2015), mortality = 70% to 95% of health benefits.

## Economic and technological uncertainties

- GHG: on future binding commitments to reduce emissions (COP), on future available technologies to reduce emissions.
- local pollutants: on unit monetary values (cost of a morbidity episode, inability to work, the value of human life, damage to buildings, impacts on agriculture), on discount rates, on technology to estimate the effectiveness of pollution cleanup measures.

## **Irreversibilities**

### Large ecological irreversibilities for GHG

- 50% of CO<sub>2</sub> emitted disappear in 30 years, 30% in a few centuries, 20% in a few millennia (Devolder, 2008).
- The target is 550 ppmeCO<sub>2</sub> (currently: 400 ppm) in order to limit the temperature increase at 3°C in 2100, and requires a 25% reduction in eCO<sub>2</sub> in 2050 (w.r.t 2005). Even with that, according to IPCC:
  - 100-300 years required to stabilize eCO<sub>2</sub> concentration,
  - several centuries to stabilize temperature increase,
  - a few millennia to stabilize sea level.

### Almost no ecological irreversibilities for local pollutants

Local pollution is not actually irreversible: mean particle concentrations in the air can decrease rapidly (by 90% in a few days); natural regeneration fairly rapid and no problem of stock build-ups.

## Large economic irreversibilities for GHG and local pollutants

Costs entailed in putting fundamental policies into practice are closely linked to lifestyle

⇒ takes a relatively long time and (probably) involves sunk costs.

## **Information arrival**

### Large for GHG

- continuous arrival of scientific information on consequences of climate change.
- IPCC provides reports regularly; COP tries to implement treaty regularly.

### More limited for local pollutants

However:

- improvements regarding air pollution origins (due to secondary organic particulates):
  - Two-stroke scooters are a dominant source in many cities (Nature communications, 2014),
  - a small gasoline car emits more total particulates than a diesel truck (Marchand, Wortham et al., forthcoming)
- improvements regarding health effects and economic assessment:
  - air pollution-related long-term morbidity is underestimated by a huge factor.

### 4.3. Model and results\*

We look for an optimal transport policy that considers GHG and local pollutant emissions from transport jointly and deals with uncertainty, irreversibilities and information arrival.

- **Two types of public sector policies** with clean up costs:

- structural measures targeting the number of km in private road transport (increased car-sharing, reduced city centre access and parking, more efficient public transport)
  - ☺ Reduces the number of km in private road transport, thus **all** externalities,
  - ☺ Less sensitive to uncertainty than technological measures because affect total emissions,
  - ☹ Requires time.
- technological measures targeting the emission rates per km travelled (improving technologies like particle or NO<sub>x</sub> filters; standards on fuels, renewing the car fleet with less polluting vehicles, traffic management).
  - ☹ Generally targeting emissions from a single pollutant,
  - ☹ Gains obtained from technological improvements can very easily be partially lost following an increase in the volume of individual journeys.

\* Cabantous L., Chanel O. and J.-C. Vergnaud (2010) Transport, health and climate change: Deciding on the optimal policy, *International Economics*.

One objective: Minimises overall total costs over the two periods.

Three decisions variables: During each period, the public decision-maker regulates emissions of pollutants from transport via:

- the proportion of journeys made in private vehicles (through structural measures).
- the rate of reduction of GHG (through technological measures).
- the rate of reduction of local pollution (through technological measures).

## Main results

- **When expecting an arrival of information,** *the optimal policy is to reduce the proportion of private transport and the reduction levels for emission rates of both pollutants.*
- **When introducing irreversibilities on the development of public transport,** *the optimal policy leads to a lower proportion of private transport and lower levels of reduction in emission rates because of a flexibility problem.*
- **When introducing irreversibilities on the rates of emission reduction,** *the optimal policy also leads to a lower proportion of private transport and lower levels of reduction in emission rates still because of a flexibility problem.*

## 5. En guise de conclusion

- Les effets de long terme sont bien plus importants que ceux de court terme.
- Les émissions de GES et de polluants locaux sont analysées de manière indépendante alors qu'elles sont issues des mêmes sources (combustibles fossiles).
- Lorsqu'elles sont traitées conjointement, cela tend à **favoriser** les mesures structurelles (réduisant toutes les externalités) et à **défavoriser** les mesures techniques (agissant de manière ciblée sur les émissions)