

22 Juin 2016

Roland Mose Académie des
technologies, Académie de médecine

Effets sanitaires des différentes énergies

Impact du charbon

Comparer les énergies : une préoccupation depuis les années 70

- AIEA Bulletin -VOL.22, no 5/6 1980
- ORNL /RFF (Oak Ridge National Laboratory and Resources for the Future). 1992-1998. External Costs and Benefits of Fuel Cycles: Reports 1-8.
- Etude ExternE : Externalities of Energy 1995-2005
- US NAS 2009 : Hidden Costs of Energy: Unpriced Consequences of Energy Production and Use
- **Rappelant de manière récurrente le coût disproportionné de la combustion des matières carbonées : 7 millions de décès prématurés par an attribués à la pollution atmosphérique (OMS 2014).**

Quels effets sur la santé?

- Généraux : accidents, mortalité (court terme, long terme) , morbidité (hospitalisations, consultations, consommation médicale), perte d'espérance de vie (Gompertz), perte sans incapacité (DALY)
- Spécifiques : accidents, maladies cardio vasculaires, maladies broncho pulmonaires, cancers et effets toxiques particuliers (COV, PAH, métaux, solvants...)
- ***Les effets indirects dus aux perturbations du milieu de vie évacuations, effets du réchauffement sont difficiles à évaluer mais potentiellement importants.***

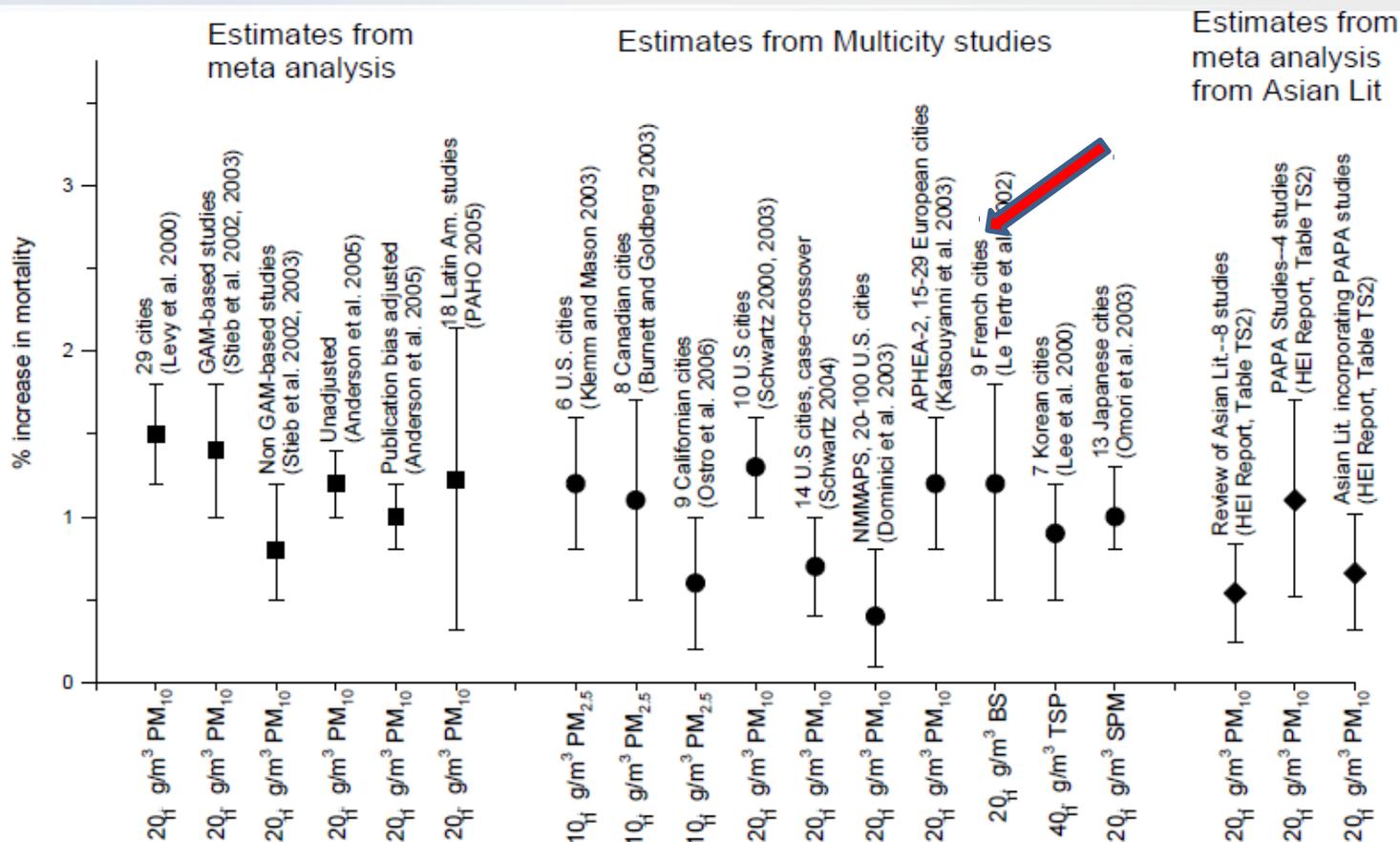
Evaluer les effets sanitaires d'origine toxique imputables aux énergies :

- Prendre en compte tout le cycle de vie
 - Maladies professionnelles
 - Maladies environnementales pour lesquelles :
- Trois étapes indispensables :
 - Connaître les sources et les émissions toxiques qui les caractérisent
 - Etablir des relations dose-effet entre les pathologies observées et les concentrations des toxiques
 - Modéliser la diffusion des toxiques dans le milieu pour en extrapoler les effets à distance
- L'incertitude sur les résultats dépend de : la qualité des mesures et des modèles, de l'identification plus ou moins complète des toxiques (gaz et particules fines), des extrapolations fortes doses faibles doses et inter espèces
...mais les liens épidémiologiques directs entre pollution de l'air et santé sont très robustes

Ces risques sont directement perceptibles par l'épidémiologie

- Par les corrélations spatio-temporelles concernant les effets immédiats : morbidité et mortalité
- Par l'étude de cohortes pour les effets retardés : maladies cardio vasculaires, asthme, maladies broncho pulmonaires chroniques et cancers
- Toutes les études sont convergentes
- Les particules fines ont le plus fort impact

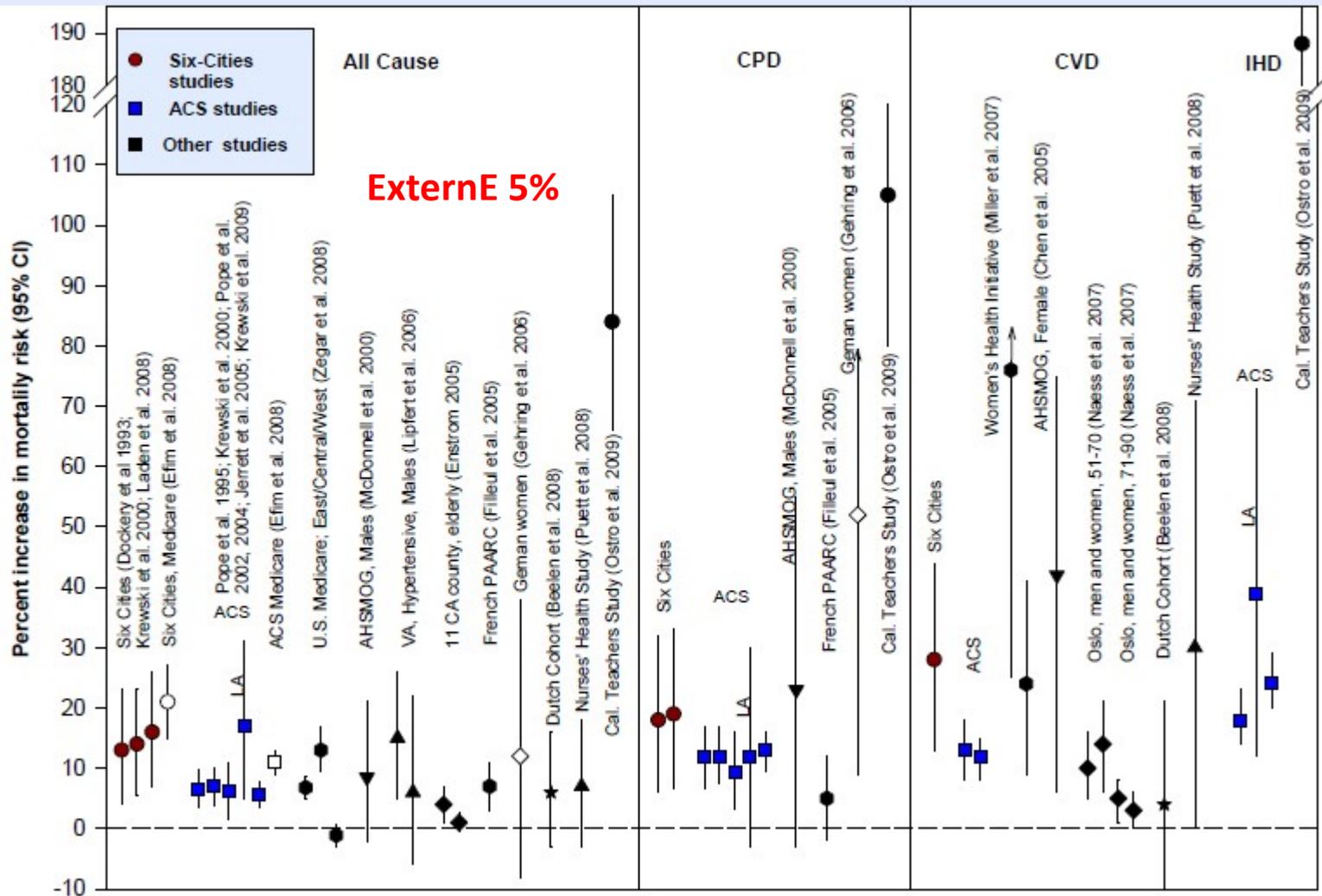
Reproductibilité des résultats de corrélations spatio-temporelles EPA 2011



10 $\mu g/m^3$ $PM_{2.5}$ or 20 $\mu g/m^3$ PM_{10} → 0.4% to 1.5% increase in relative risk of mortality—Small but remarkably consistent across meta-analyses and multi-city studies.

- ExternE 0,6%

Mortalité différée, résultats des études de cohorte pour les particules fines : EPA 2011



Bilan Global : OMS 2014

Décès dus à la pollution extérieure

- 40% – cardiopathies ischémiques;
- 40% – accident vasculaire cérébral;
- 11% – bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO);
- 6% - cancer du poumon; et
- 3% – infections aiguës des voies respiratoires inférieures chez l'enfant.

Autres facteurs de risques

- **Directement observés :**
 - Accidents : professionnels et environnementaux
 - Pneumoconioses, silicose (500.000 cas de 1991 à 1995 en Chine)
- **Extrapolés à partir de relations dose-effet :**
 - Métaux cancérigènes (arsenic, cadmium, nickel, chrome)
 - Radiations ionisantes
 - Autres effets : (cadmium,mercure, plomb)prévisibles à faibles doses

Emissions attribuées au charbon : NewExt 2004

	mg/kWh _e	ratio 94/90
Coal-fired		
Arsenic	3.17E-02	0.92
Beryllium	3.71E-03	1.11
Cadmium	1.73E-03	0.95
Chromium	3.81E-02	0.84
Lead	3.93E-02	0.82
Manganese	8.53E-02	1.02
Mercury	2.38E-02	1.12
Hydrogenchloride	7.44E+01	0.94
Hydrogenfluoride	1.01E+01	1.18
Dioxin(TEQ)	5.05E-08	1.25
n-nitrosodimethylamine	3.04E-03	1.04

Poids relatif des toxiques environnementaux associés aux énergies carbonées : c'est une extrapolation

ExternE Pol 2005

Table 9. Damage factors per ton of pollutant emitted in EU15.

Species	Damage factors [€ ₂₀₀₀ /ton]
CO ₂ -equiv.	19
SO ₂	2939
NO _x	2908
PM ₁₀	11723
PM _{2.5}	19539
Arsenic	80000
Cadmium	39000
Chromium	31500
Chromium-VI	240000
Chromium-other	0
Lead	1600000
Nickel	3800
Formaldehyde	120
NMVOC	1124
Nitrates, primary	5862
Sulfates, primary	11723
Radioactive emissions	50000 * [€ ₂₀₀₀ /DALY]

* Disability-Adjusted Life Years (DALY), assuming equal to the unit value of chronic YOLL.

Revealing the cost of air pollution EEA 2011

Table 3.6 Estimated damage costs aggregated by pollutant group (2005 prices)

Pollutant group	Aggregated damage cost (billion EUR)
CO ₂	63
Regional air pollutants (NH ₃ , NO _x , PM ₁₀ , SO ₂ , NMVOCs) ^a	38-105
Heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb)	0.35
Organic micro-pollutants (benzene, dioxins and furans, PAHs)	0.13

Coût sanitaire des émissions atmosphériques en Europe. New Ext 2004

Table 45: Mortality effects and total damage costs due to human health effects caused by emissions within the EU-25 in 1998

Substance	Total anthropogenic emissions within the EU-25		Public power, cogeneration and district heating plants within the EU-25	
	Mortality effects [years of life lost]	Human health damage costs ¹ [million Euro ₂₀₀₀]	Mortality effects [years of life lost]	Human health damage costs ¹ [million Euro ₂₀₀₀]
Inside the EU-25				
Nitrates	700,000	53,000	74,000	5,500
Sulfates	510,000	38,000	290,000	22,000
Primary Particles (PM ₁₀)	820,000	62,000	50,000	3,700
Ozone and SO ₂	32,000	7,500	10,000	290
Total (rounded)	2,070,000	160,000	420,000	31,000
Outside the EU-25				
Nitrates	70,000	4,000	8,000	700
Sulfates	80,000	7,000	50,000	3,000
Primary Particles (PM ₁₀)	20,000	1,000	5,000	400
Ozone and SO ₂	6,000	1,800	1,000	140
Total (rounded)	170,000	10,000	70,000	5,000

¹ includes mortality as well as morbidity effects

Pour un nombre total de 450.00 décès prématurés

Effets sanitaires comparés nombre de cas par TWh (Markandya, The Lancet 2007)

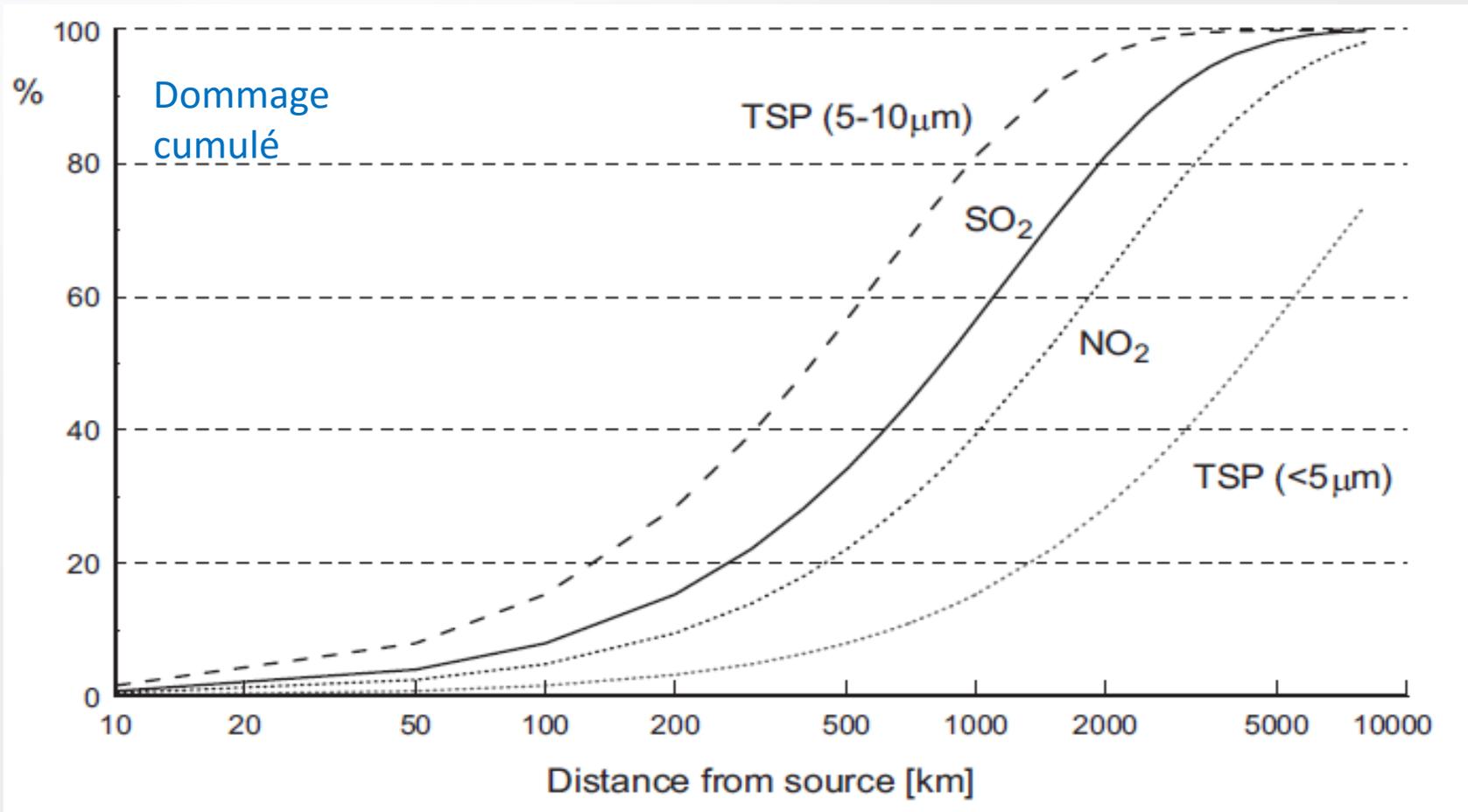
	Accidents	Mortalité	Morbidité ++	Morbidité +/-
Lignite	0,12	32,6 8,2-130	298 74,6-1193	17.676 4419-70.704
Charbon	0,12	24,5 6,1 -98	225 56,2-899	13.288 3222-53150
Pétrole	0,03	18,4 4,6-73,6	161 40,4-645,6	703 176-2813
Biomasse	—	4,6 1,16-18,5	43 10,8-172,6	2.276 579-9104
Gaz	0,02	2,8 0,70-11,2	30 7,48-120	9.550 2388-38.204
Nucléaire	0,02	0,05	0,22	

Charbon part du coût sanitaire UK

	Cases	Percentage due to coal
Accident-related deaths		
Among the public	6	44%
Occupational	13	99%
Air pollution		
Deaths	3778	85%
Serious illness	35 186	84%
Minor illness	1 853 152	94%

Table 3: Health burdens from electricity generation in the UK, 2001

L'impact est local, régional et mondial...



Impact régional imputable à la centrale de Datteln, modèle EcoSense (Priess et al 2013)

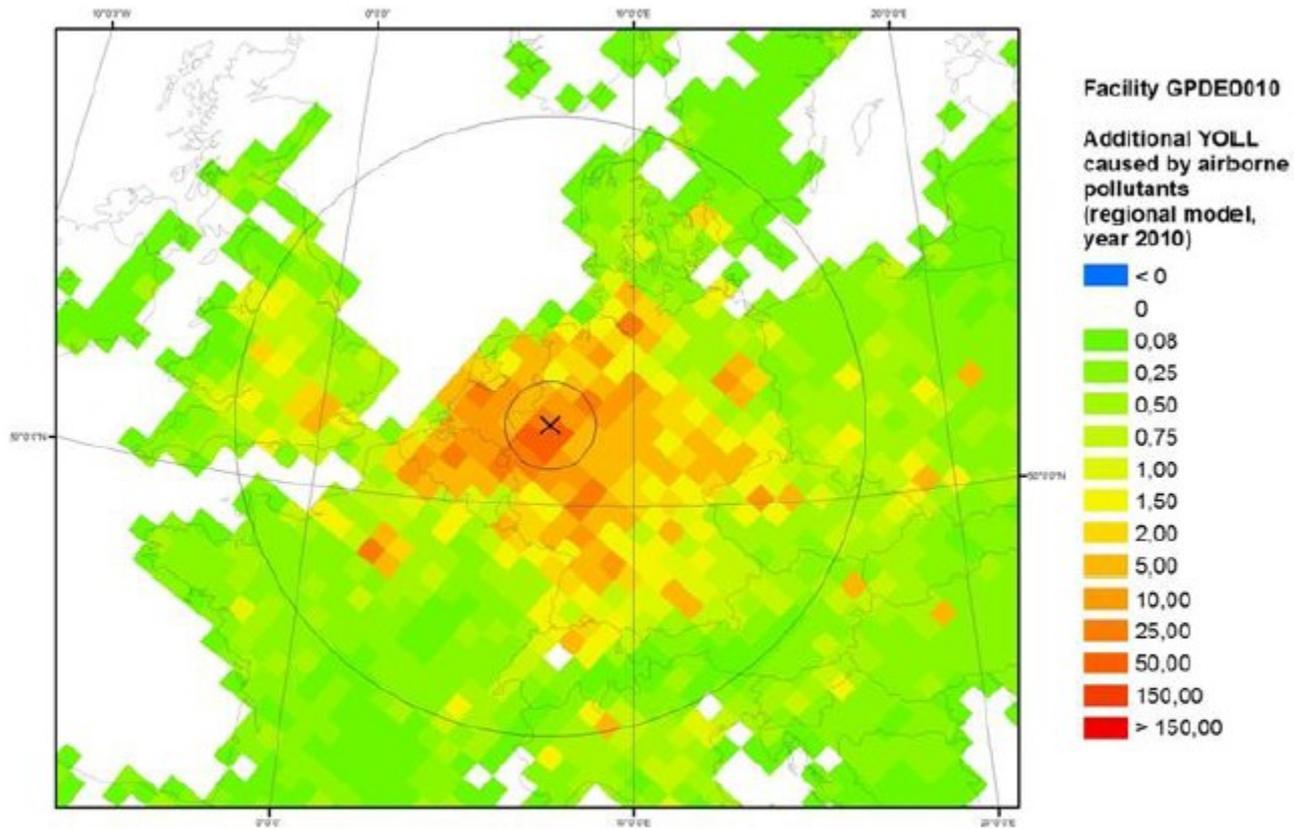


Figure 3: Spatial distribution of health risks (years of life lost) per grid cell of 50*50 km²

Coût sanitaire des centrales allemandes : Etude de Stuttgart

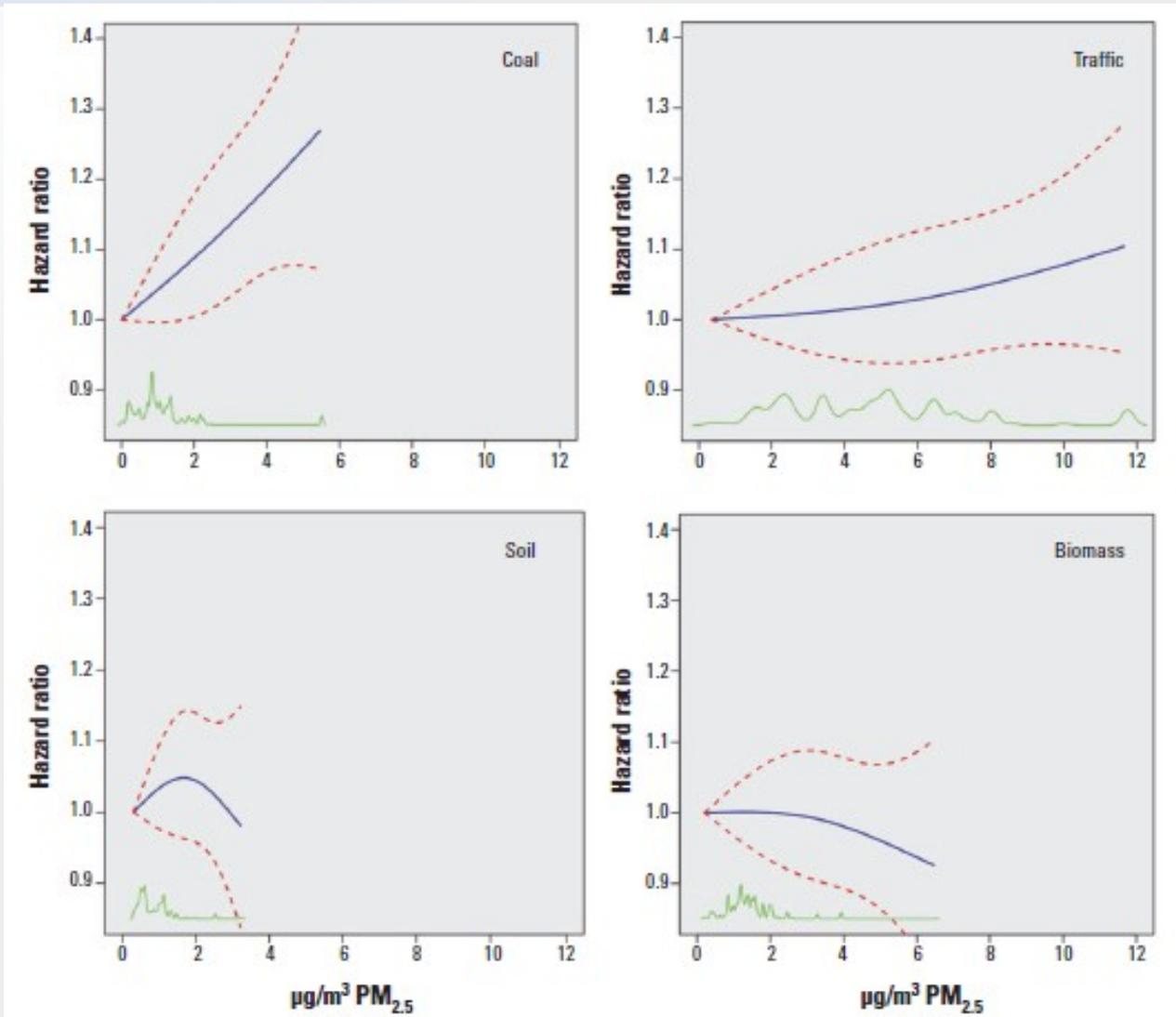
- 67 centrales, lignite et charbon, en activité ; 15 projets en cours :
 - 3100 décès prématurés, 33.000 années de vie perdues par an par les Européens
 - 700.000 années de vie perdues à cause du charbon en 2010
- Il s'agit sans doute d'une sous évaluation...

Coût sanitaire par personne et par an pour 1 μg par m^3 ; et bilan global pour les centrales allemandes (modèle Ecosense ExternE 2010)

Particulate Matter < 2.5μm, i.e. PM2.5		
Life expectancy reduction – years of life lost	6.51*10 ⁻⁰⁴	years
net restricted activity days (NetRAD)	9.59*10 ⁻⁰³	days
Work loss days (WLD)	1.39*10 ⁻⁰²	days
Minor restricted activity days (MRAD)	3.69*10 ⁻⁰²	days
Particulate Matter < 10 μm, i.e. PM10		
Increased mortality risk (infants)	6.84*10 ⁻⁰⁸	cases
New cases of chronic bronchitis	1.86*10 ⁻⁰⁵	cases
Respiratory hospital admissions (RHA)	7.03*10 ⁻⁰⁶	cases
Cardiac hospital admissions (CHA)	4.34*10 ⁻⁰⁶	cases
Medication use / bronchodilator use (child)	4.03*10 ⁻⁰⁴	cases
Medication use / bronchodilator use (adult)	3.27*10 ⁻⁰³	cases
Lower respiratory symptoms (adult)	3.24*10 ⁻⁰²	days
Lower respiratory symptoms (child)	2.08*10 ⁻⁰²	days

Germany	YOLL	WLD
under construction & planned	11860	251031
in operation	33473	707803

Toxicité comparée des PM 2,5 de différentes origines : Thurston et al, EHP juin 2016



Après ExternE ...NEEDS 2010, DENSL14583 2015 Subsidies and Costs of EU Energy

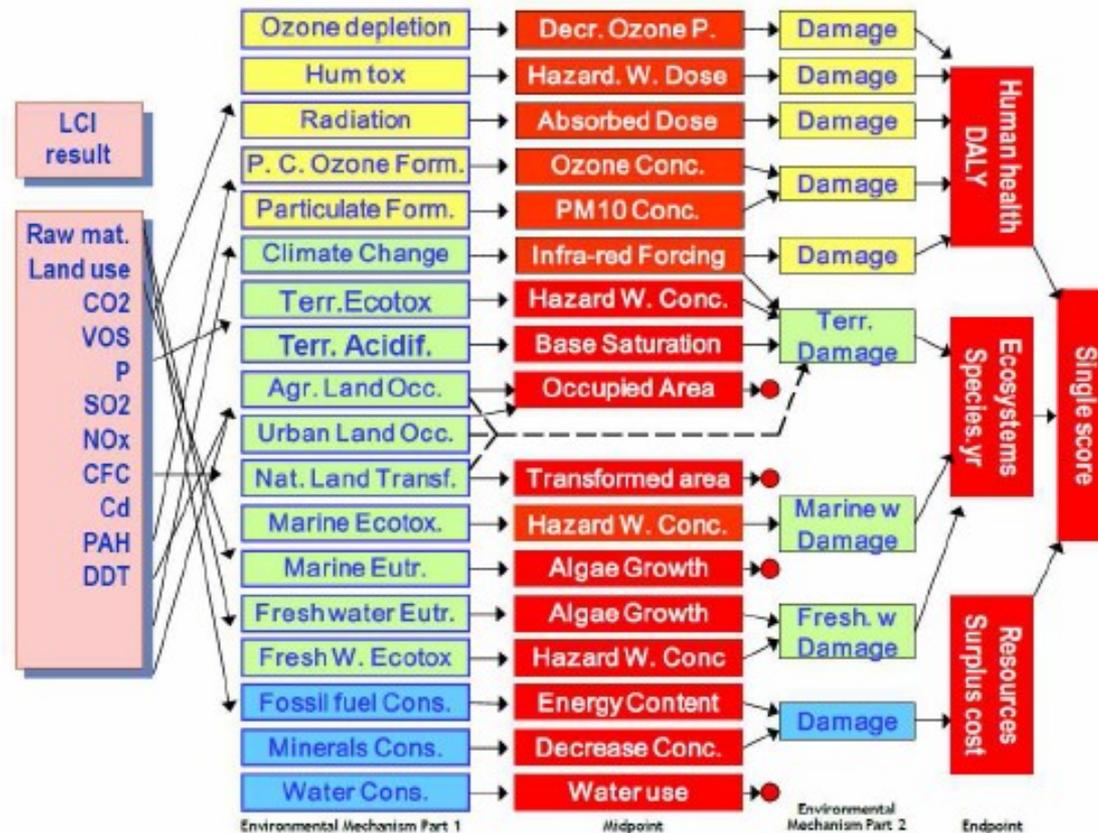


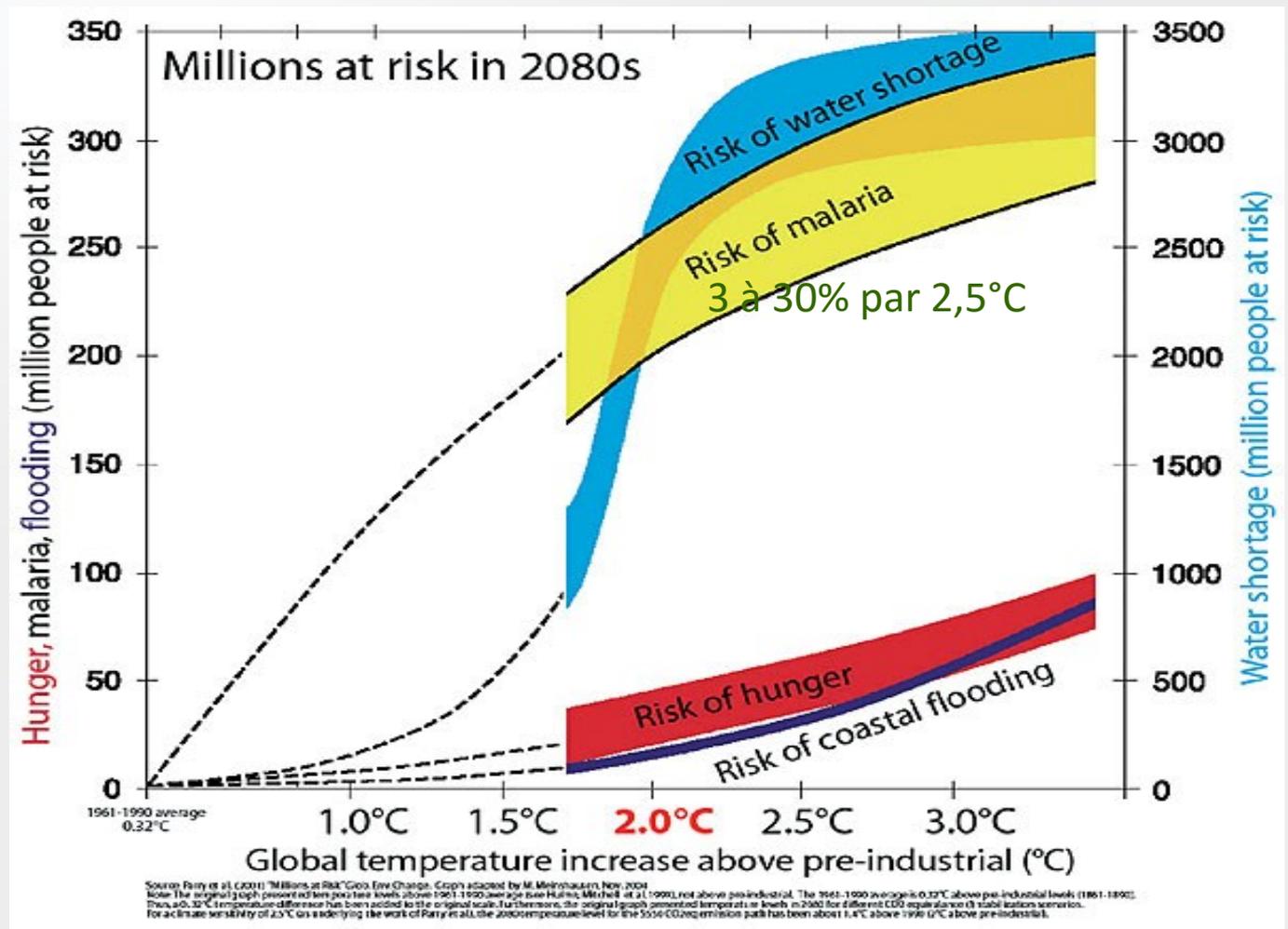
Figure A3-1 Relationships between impact categories, environmental mechanisms, midpoints, damages and endpoints in the ReCIPE framework [Recipe, 2013]

As shown in Figure A3-1 we use three main endpoints:

- Human health damages – as measured in Disability Adjusted (lost) Life Years (DALYs);

Les risques sanitaires associés au réchauffement climatique sont probablement encore plus redoutables ...

L'OMS évalue en 2000 un excès de 150.000 décès dus au réchauffement depuis 1990



Parry et al 2001