

ENVI-F-409

# ***Economie écologique***

*Séance 5 – 25 Avril 2015*

Tom Bauler – [tbauler@ulb.ac.be](mailto:tbauler@ulb.ac.be)

Supports de cours : <http://tbauler.pbworks.com>



# Table des matières

- **Chapitre 1 : La Nature en science économique** - Histoire du traitement de la Nature dans la science économique depuis les auteurs classiques jusqu'à aujourd'hui. Introduction au vocabulaire de base utilisé pour le reste du cours, donc à certaines notions clés (tels que biens publics/communs/privés, défaillances de marché en absence de prix, capital naturel...).
- **Chapitre 2 : La relation entre « bien-être économique » et environnement** - Utilitarisme, développement humain, bien-être... et le rôle de l'environnement. Fonctions d'utilité. Bien-être inter-temporel et le problème de l'actualisation. Conceptions économiques de la durabilité et substitutions des facteurs/capitaux. Fonctions de production. Les biens « communs » : Hardin.
- **Chapitre 3 : Externalités environnementales et leur valuation monétaire** - Conceptualisations d'externalité environnementale ; défaillances de marché (précisions). Coase & Pigou. Méthodologies de valuations monétaires : valuations monétaires indirectes/préférences révélées : travel cost, hedonic prices, protection cost. Valuations monétaires directes/préférences déclarées: contingent valuation. Valuations monétaires par impact pathways : ExternE. Application des valuations dans le domaine des services écosystémiques (TEEB).



# Table des matières

- **Chapitre 4 : Coûts-bénéfices et politiques environnementales** - Les principes de l'analyse coûts-bénéfices /efficacité environnementale. L'actualisation dans le cas des ACB. Stern-review 1/2 et les coûts-bénéfices de la politique climatique. Application à un projet d'infrastructure. Application à une politique de conservation (Natura 2000).
- **Chapitre 5 : Le développement (économique) et l'environnement** - Croissance économique et environnement : Kuznets curves. Rebound effects – Jevons Paradox. Au-delà de la croissance : steady-state, décroissance, prospérité. Au-delà du développement : Sen, Nussbaum, Alkyre... .
- **Chapitre 6 : L'économie du climat (ou de la biodiversité), et les marchés du carbone (ou de la biodiversité)** – L'économie du climat. Théorie des marchés de droits d'émissions. Protocole de Kyoto et les marchés de CO2. Le système EU-ETS.
- **Chapitre 7 : Les indicateurs économiques alternatifs** - Le rapport Stiglitz-Sen-Fitoussi : conceptions et défaillances du PIB. Alternatives et problèmes d'indicateurs. Les tableaux/ comptabilité input-output, de matières. Comptabilité des services écosystémiques. Un exemple concret d'alternative : l'ISEW pour la Belgique.



## Table des matières

- **Chapitre 8 : « Frontières » de l'économie environnementale** - Instrument économique de politique environnementale : Les paiements pour services écosystémiques. Instrument politico-économique de politique internationale : La dette écologique. Instrument économique de politique environnementale : La taxe carbone et la fiscalité environnementale.
- **Chapitre 9 : « Common Pool Resources »** - Ostrom vs Hardin. Lectures institutionnelle et évolutionniste (i.e. « institutional and evolutionary economics ») de l'exploitation des ressources environnementales.

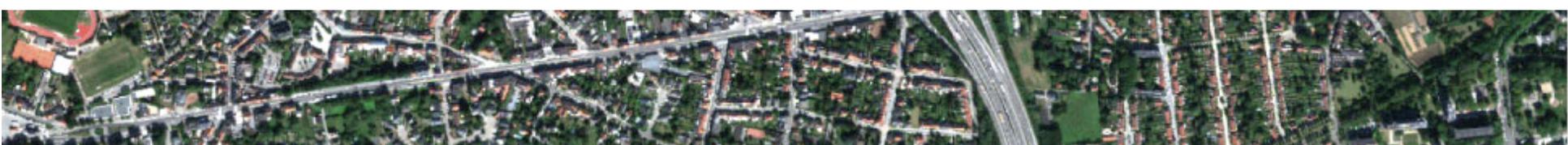


## Chapitre 3

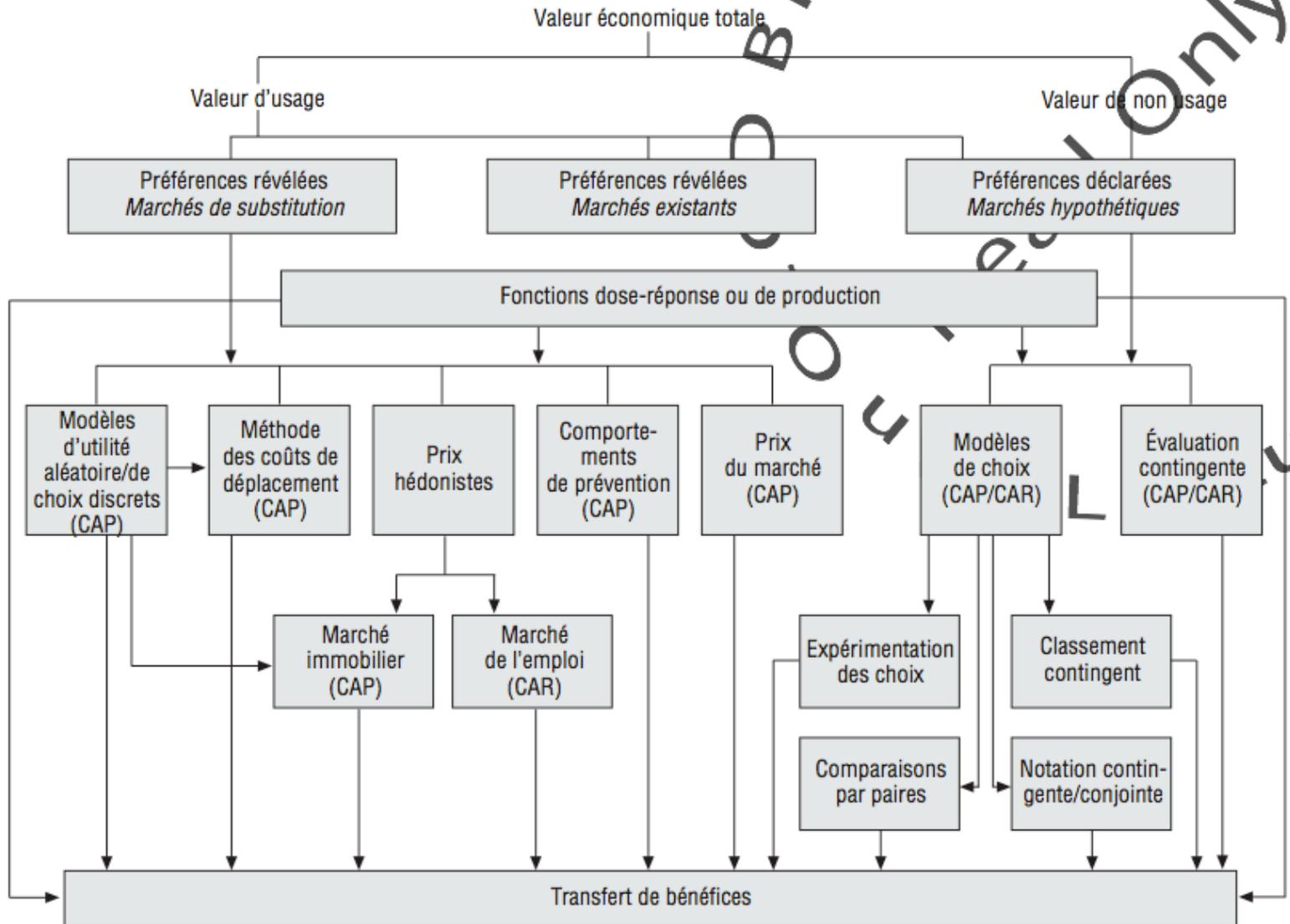
# Externalités environnementales et leur valuation monétaire

Conceptualisations d'externalité environnementale ; défaillances de marché (précisions). Coase & Pigou. Méthodologies de valuations monétaires : valuations monétaires indirectes/préférences révélées : travel cost, hedonic prices, protection cost. Valuations monétaires directes/préférences déclarées: contingent valuation. Valuations monétaires par impact pathways : ExternE. Application des valuations dans le domaine des services écosystémiques (TEEB). Marchés de la biodiversité.

- 3.1 Les méthodes de valuation monétaire des externalités environnementales – intro
- 3.2 Approches de valuations monétaires *directes préférences constatées / révélées*
- 3.3 Approches de valuations monétaires *par préférences déclarées*
- 3.4 Approche par « impact pathways » - ExternE  
(dite de « dose-réponse »)
- 3.5 Transfert des valeurs**



# Valeurs et méthodes de valuation : aperçu



# 3.5 Transfert des valeurs monétaires



## Transfert des valeurs monétaires

- Enjeux majeurs : transférabilité des résultats des études CVM individuelles
- Études (CVM ou autres) individuelles (chères, difficiles, partielles, prennent du temps, expertises rares...) vs. une multitude d'objets de valuation
- Deux familles d'exercices (EN : 'unit value transfer' ou 'benefit transfer') :
  - Transferts 'simples'
  - Transferts 'ajustés' en fonction de la population-cible (p.ex. p/r revenus)
- Exemple : Transferts ajustés via construction d'une fonction → **méta-analyses**
  - Recenser toutes les études CVM (voire aussi d'autres valuations) touchant un domaine +/- précis
  - Construire un modèle avec les variables explicatives communes aux études; souvent le modèle est une simple régression linéaire (plus ou moins d'énergie est investie dans la validation du modèle)
  - Extrapoler vers la population totale, ou surface totale... de l'objet sous valuation
- Exemple : Richardson L., Loomis J. (2009), The total economic value of threatened, endangered and rare species: An updated meta-analysis. *Ecological Economics*.

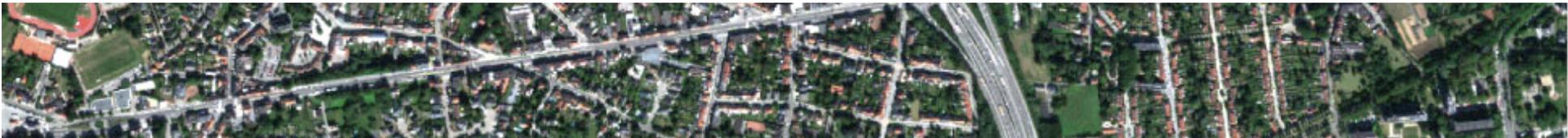


Table 1 – WTP per household (\$2006) for threatened and endangered species											
Reference	Survey date	Species	Gain or loss	Willingness to pay (2006\$)			CVM method	Survey region	Sample size	Response rate	Payment vehicle
				Size of change	Lump sum	Annual					
Bell et al. (2003)	2000	Salmon	Gain	100%	\$138.64	DC	Grays Harbor, WA households	357	49.1%	Annual tax—high income	
					\$91.55					Annual tax—low income	
			Gain	100%	\$141.27	DC	Willapa Bay, WA households	386	61.7%	Annual tax—high income	
					\$90.64					Annual tax—low income	
			Avoid loss	100%	\$57.99	DC	Coos Bay, OR households	424	58.4%	Annual tax—high income	
					\$47.70					Annual tax—low income	
Avoid loss	100%	\$91.99	DC	Tillamook Bay, OR households	347	53.2%	Annual tax—high income				
		\$28.39					Annual tax—low income				
Avoid loss	100%	\$134.00	DC	Yaquina Bay, OR households	357	59.7%	Annual tax—high income				
Berrens et al. (1996)	1995	Silvery minnow	Avoid loss	100%	\$37.77	DC	NM residents	726	64.0%	Trust fund	
Bowker and Stoll (1988)	1983	Whooping crane	Avoid loss	100%	\$43.69	DC	TX and US households	316	36.0%	Foundation	
		Whooping crane	Avoid loss	100%	\$68.55	DC	Visitors	254	67.0%	Foundation	
Boyle and Bishop (1987)	1984	Bald eagle	Avoid loss	100%	\$21.21	DC	WI households	365	73.0%	Foundation	
		Striped shiner	Avoid loss	100%	\$8.32	DC					
Chambers and Whitehead (2003)	2001	Gray wolf	Avoid loss	100%	\$22.64	DC	Ely and St. Cloud, MN households	352	56.1%	One-time tax	
Cummings et al. (1994)	1994	Squawfish	Avoid loss	100%	\$11.65	OE	NM	723	42.0%	Increase state taxes	
Duffield (1991)	1990	Gray wolf	Reintroduction		\$93.92	DC	Yellowstone National Park visitors	158	30.6%	Lifetime membership	
Duffield (1992)	1991	Gray wolf	Reintroduction		\$162.10	DC	Yellowstone National Park visitors	121	86.0%	Lifetime membership	
Duffield et al. (1993)	1992	Gray wolf	Reintroduction		\$37.43	DC	ID, MT, WY household	189	46.6%	Lifetime membership	
USDOJ (1994)	1993	Gray wolf	Reintroduction		\$28.37	DC	ID, MT, WY household	335	69.6%	Lifetime membership	
USDOJ (1994)	1993	Gray wolf	Reintroduction		\$21.59	DC	ID, MT, WY household	345	69.6%	Lifetime membership	
Duffield and Patterson (1992)	1991	Arctic grayling	Improve 1 of 3 rivers	33%	\$26.47	PC	US visitors	157	27.3%	Trust fund	
Giraud et al. (1999)	1996	Arctic grayling	Avoid loss	33%	\$19.84	PC	US visitors	688	77.1%	Trust fund	
		Mexican spotted owl				\$68.84	DC		US households	54.4%	Trust fund

Hagen et al. (1992)	1990	No. spotted owl	Avoid loss	100%	\$130.19	DC	US households	409	46.0%	Taxes and wood prices
King et al. (1988)	1985	Bighorn sheep	Avoid loss	100%	\$16.99	OE	AZ households	550	59.0%	Foundation
Kotchen and Reiling (2000)	1997	Peregrine falcon	Gain	87.5%	\$32.27	DC	ME residents	206	63.1%	One-time tax
Layton et al. (2001)	1998	Eastern WA and Columbia River Freshwater Fish	Gain	50%	\$210.84	CE	WA households	801	68.0%	Monthly payment
		Eastern WA and Columbia River Migratory Fish	Gain	50%	\$146.57					(converted to annual)
		Western WA and Puget Sound Freshwater Fish	Gain	50%	\$229.31					
		Western WA and Puget Sound Migratory Fish	Gain	50%	\$307.76					
		Western WA and Puget Sound Saltwater Fish	Gain	50%	\$311.31					
Loomis (1996)	1994	Salmon and steelhead	Gain	600%	\$79.53	DC	Clallam County, WA households	284	77.0%	Increase federal tax
		Salmon and steelhead	Gain	600%	\$98.41	DC	WA households	467	68.0%	
		Salmon and steelhead	Gain	600%	\$91.67	DC	US households	423	55.0%	
Loomis and Ekstrand (1997)	1996	Mexican spotted owl	Avoid loss		\$51.52	MB	US households	218	56.0%	
Loomis and Larson (1994)	1991	Gray whale	Gain	50%	\$23.65	OE	CA households	890	54.0%	Protection fund
		Gray whale	Gain	100%	\$26.53	OE	CA households	890	54.0%	
		Gray whale	Gain	50%	\$36.56	OE	CA visitors	1003	71.3%	Protection fund
		Gray whale	Gain	100%	\$43.46	OE	CA visitors	1003	71.3%	
Olsen et al. (1991)	1989	Salmon and steelhead	Gain	100%	\$42.97	OE	Pac. NW households	695	72.0%	Electric bill
			Gain	100%	\$95.86	OE	Pac NW HH option		72.0%	
			Gain	100%	\$121.40	OE	Pac. NW anglers	482	72.0%	
Reaves et al. (1994)	1992	Red-cockaded woodpecker	% chance of survival	99%	\$14.69	OE	SC and US households	225	53.0%	Recovery fund
				99%	\$20.46	DC		223	52.0%	
				99%	\$13.14	PC		234	53.0%	Unspecified
Rubin et al. (1991)	1987	No. Spotted owl	% chance of survival	50%	\$38.61	OE	WA households	249	23.0%	
				75%	\$39.99	OE				



**Table 1 (continued)**

Reference	Survey date	Species	Gain or loss	Willingness to pay (2006\$)			CVM method	Survey region	Sample size	Response rate	Payment vehicle
				Size of change	Lump sum	Annual					
Stevens et al. (1991)	1989	Wild Turkey	Avoid loss	100%		\$11.38	DC	New England households	339	37.0%	Trust Fund
			Avoid loss	100%		\$15.36	OE	New England households			
		Atlantic salmon	Avoid loss	100%		\$10.00	DC	MA households	169	30.0%	Trust fund
		Atlantic salmon	Avoid loss	100%		\$11.12	OE				
		Bald eagle	Avoid loss	100%		\$45.21	DC	New England households	339	37.0%	Trust fund
Swanson (1993)	1989	Bald eagle	Avoid loss	100%		\$31.85	OE				
		Bald eagle	Increase in populations	300%	\$349.69		DC	WA visitors	747	57.0%	Membership fund
Whitehead (1991, 1992)	1991	Sea turtle		300%	\$244.94		OE	WA visitors			
			Avoid loss	100%		\$19.01	DC	NC households	207	35.0%	Preservation fund

Source : Richardson, Loomis 2009

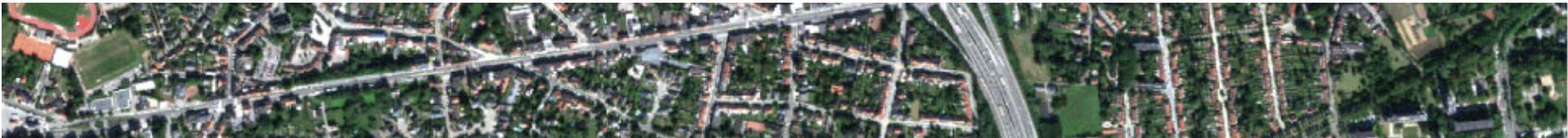
Modèle simple →

$$\begin{aligned}
 WTP = & \beta_0 + \beta_1 \text{CHANGESIZE} + \beta_2 \text{PAYFREQUENCY} \\
 & + \beta_3 \text{CVFORM} + \beta_4 \text{VISITOR} + / - \beta_5 \text{FISH} + \beta_6 \text{MARINE} \\
 & + \beta_7 \text{BIRD} + / - \beta_8 \text{OTHER} - \beta_9 \text{RESPONSERATE} \\
 & + / - \beta_{10} \text{STUDYYEAR}.
 \end{aligned}$$



## Transfert des valeurs monétaires

- **Problèmes principaux :**
  - Qualité globale des études prises en compte
  - Le nombre des études similaires considérées
  - L'accès aux données originales des études considérées
  - Différences méthodologiques (p.ex. au niveau des enquêtes) entre études considérées
  - Différents modèles statistiques utilisés vont amener des résultats différents
  - La compatibilité de la nature des valeurs mesurées (use, non-use...)
  - La non-comparabilité des sites d'études (ou leur trop forte spécificité)
  - La stabilité temporelle des valeurs
  - La stabilité spatiale des valeurs trouvées



## ***Chapitre 4 : Coûts-bénéfices et politiques environnementales***

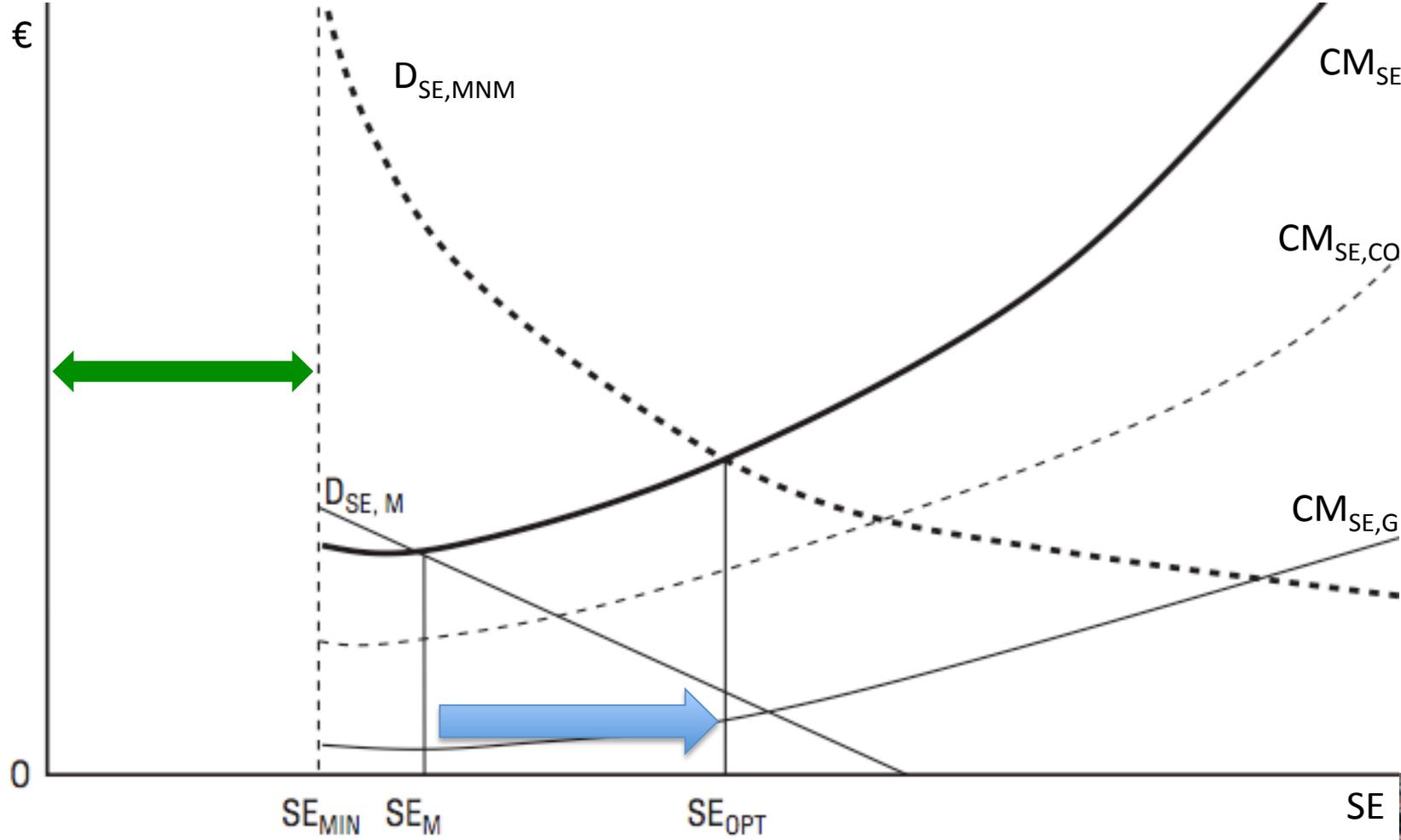
Les principes d'une analyse coûts-bénéfices /efficacité environnementale. Les problèmes concrets de l'actualisation dans le cas des ACB. Stern-review et les coûts-bénéfices de la politique climatique.



# Principes d'une ACBe

*Demandes et coûts marginaux de services éco-systémiques (adapté de Pearce et al, 2006)*

- $D_{SE,MNM}$  : Demande marginale des SE marchands et non-marchands
- $CM_{SE,CO}$  : Coût d'opportunité marginal de la conservation de SE
- $CM_{SE,G}$  : Coût marginal de gestion SE
- $CM_{SE}$  : Coût marginal de la conservation



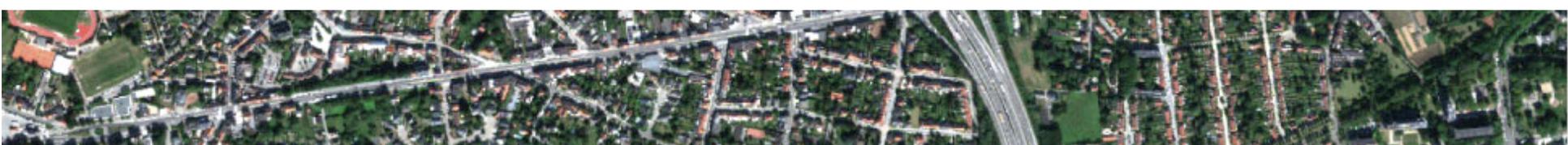
## Principes d'une ACBe

- Courbe  $D_{SE, MNM}$  montre l'importance de la partie de la valeur et des bénéfices qui ne peuvent être déterminée que par valuation monétaire
- Pour passer du point  $SE_M$  (i.e. optimum de services écosystémiques marchands) vers  $SE_{OPT}$  (i.e. optimum de services écosystémiques marchands et non-marchands), la valuation monétaire est une étape indispensable
- En-dessous du point  $SE_{Min}$ , il est impossible de construire l'allure des courbes : sans un apport minimal de services écosystémiques, l'homme et ses activités économiques n'ont pas de possibilité de survie : la valeur totale ne peut se concevoir, ni même se calculer.



## Problèmes liés aux ACBe : actualisation

- **L'actualisation** : élément essentiel d'une ACB environnementale puisque les effets environnementaux d'une action de gestion / conservation aujourd'hui se manifestent majoritairement dans le futur (+/- proche)
- Logique principale : ajuster des coûts et bénéfices futurs par un facteur qui tient compte de l'importance que revêtent ces coûts/bénéfices pour les agents économiques actuels → i.e. pour chaque année ou génération trouver le coefficient particulier à appliquer
- En pratique :  $w^t = 1/(1+s)^t$ , avec  $s =$  taux d'actualisation;  $w^t$  est le coefficient d'actualisation à appliquer pour l'année  $t$
- Exemple :  $s = 4\%$   $t = 50$ , i.e. coefficient d'actualisation pour un gain ou une perte se produisant au courant de la 50<sup>ième</sup> année →  $w^{50} = 0,14$  i.e. le gain ou la perte ne « vaudrait » que 14% de sa valeur actuelle
- Le problème : plus le taux d'actualisation  $s$  retenu est élevé et plus  $t$  est grand (donc loin dans le temps), moins forte sera la valeur actuelle des gains ou pertes obtenus/subis en  $t$ .



## Problèmes liés aux ACBe : actualisation

### *Exemple 1 : bénéfices actualisés d'une mesure de gestion avec 5% de taux d'actualisation*

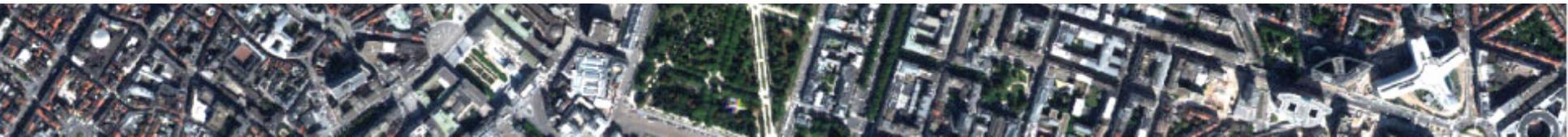
Année	Bénéfices en t	Coefficient d'act.	Valeur actualisée
2011	400.000 €	0,9523	380.920 €
2012	400.000 €	0,907	362.800 €
2013	400.000 €	0,8638	345.520 €
2014	400.000 €	0,8227	329.080 €
2015	400.000 €	0,7835	313.400 €
<b>Total</b>	<b>(2.000.000 €)</b>		<b>1.731.720 €</b>

### *Exemple 2 : bénéfices actualisés d'une mesure de gestion avec 3% de taux d'actualisation*

Année	Bénéfices en t	Coefficient d'act.	Valeur actualisée
2011	400.000 €	0,9708	388.320 €
2012	400.000 €	0,9426	377.040 €
2013	400.000 €	0,9151	366.040 €
2014	400.000 €	0,8888	355.536 €
2015	400.000 €	0,8626	345.040 €
<b>Total</b>	<b>(2.000.000 €)</b>		<b>1.931.976 €</b>

## Problèmes liés aux ACBe : actualisation

- 2 « écoles » s'opposent :
  - *Taux d'actualisation = 0* : gains ou pertes environnementaux qui se produisent aux générations futures doivent avoir la même valeur dans le temps;  $s=0$ ,  $w^t=1$  : chaque génération, chaque année, a le même poids que la génération actuelle → argument moral
  - *Taux d'actualisation > 0* :
    - Aversion du **risque** des agents économiques est une réalité, tout comme **l'impatience**
    - Est-il vrai que nous nous soucions réellement autant des situations qui se passeront dans 1.000 ans que celles que nous vivons aujourd'hui?
    - Mais surtout : plus le taux est proche de 0, plus on donne de l'importance au futur, i.e. à la consommation future. Suppose : un taux d'épargne important et un renoncement important à la consommation aujourd'hui pour disposer de moyens pour consommer dans 2,4,8,20... ans. Implique : renoncement à la consommation actuelle, i.e. plus  $s$  proche de 0, plus important sera le nécessaire sacrifice de bien-être aujourd'hui. Mais aussi : chaque génération ultérieure devra réaliser le même sacrifice p/r à sa propre consommation ! → à la marge : arbitrage d'investissements entre Nord/Sud et présent/futur



## Problèmes liés aux ACBe : actualisation

- On admet donc largement que  $s > 0$ , mais : si  $s$  est **constant** → « tyrannie de la génération actuelle », et une non-consideration de l'incertitude future
- → de plus en plus de demandes pour un  $s$  **variable (décroissant) dans le temps**, *i.e.*  $s_t$
- Basé sur des observations empiriques (encore limitées mais concluantes) :

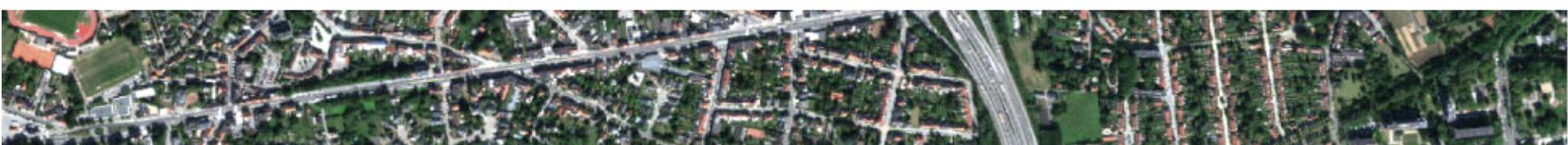
*Taux d'actualisation décroissant à travers le temps dans le domaine de la santé publique (Alberini et al., 2007)*

Time horizon (years)	Mean discount rate
10	0,1597
20	0,105
30	0,0752
40	0,0395
45	0,0386



## Exemple d'une ACBe : « Stern review - *the economics of climate change* »

- Pour illustrer les aléas des ACB environnementales
- Contexte :
  - UK 2005 lancement d'un groupe de travail de 20 personnes au sein du British Government Economics Service sous ordres de Gordon Brown; coordinateur Sir Nicholas STERN, ex-chief economist à la BM, prof. d'économie à la LSE
  - Objectif : rassembler la littérature (state-of-the-art) et réaliser une synthèse relative aux coûts/bénéfices des changements climatiques → d'où : « review »
  - Pas de recherche propre, i.e. Stern review = type GIEC
  - Durée imposée des travaux : 1 an
- Résultat : considéré sur les prochaines 200 années, il devient nettement moins cher à la société d'investir « massivement » tout de suite (pour atténuer les émissions et adapter nos modes de vies aux conséquences des changements climatiques) que de ne rien faire et devoir investir dans le futur à « nettoyer » les effets climatiques
- Massivement = 1% du PIB mondial actuel par an →



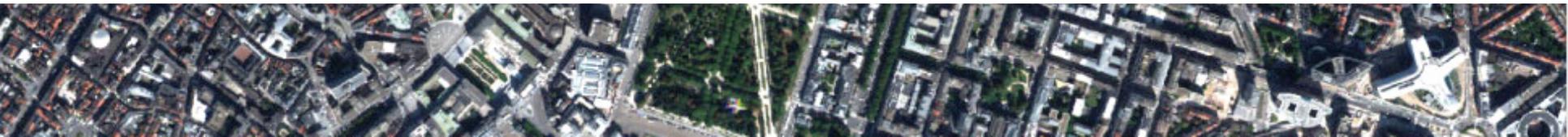
## Exemple d'une ACBe : « Stern review - *the economics of climate change* »

- « *Using the results from formal economic models, the Review estimates that if we don't act, the overall costs and risks of climate change will be equivalent to losing at least 5% of global GDP each year, now and forever. If a wider range of risks and impacts is taken into account, the estimates of damage could rise to 20% of GDP or more.* »
- « *In contrast, the costs of action – reducing greenhouse gas emissions to avoid the worst impacts of climate change – can be limited to around 1% of global GDP each year.* » (Stern et al., 2005)
- Depuis 2008 : Stern admet avoir été trop optimiste quant à l'évolution des changements climatiques. Dans différents interviews, il admet aujourd'hui un coût de l'action de plutôt 2% PIB mondial annuel
- Stern Review n'est pas le premier exercice de ce type, ni même le premier qui arrive à ce résultat. Ses apports sont sur un autre niveau : il revendique un ***particularisme des ACB pour l'économie des CC***



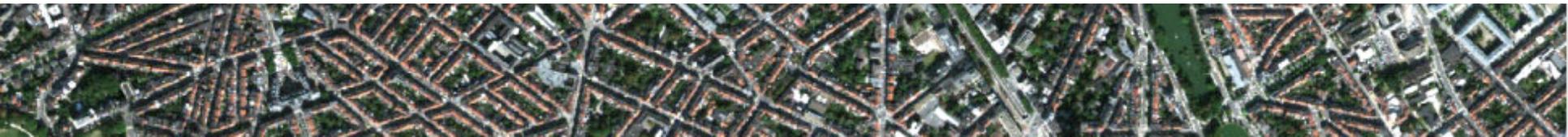
## Exemple d'une ACBe : « Stern review - *the economics of climate change* »

- Stern n'est pas un économiste hétérodoxe (!), mais il saisit l'occasion pour tenter de ramener certaines pensées économiques 'alternatives' vers le 'mainstream'
- Argument principal avancé : les CC sont d'un ordre tout à fait différent d'autres phénomènes accompagnant les échanges économiques → certains principes de l'économie orthodoxe ne s'appliquent pas !
- Le sujet impose des choix et arbitrages que certains considèrent comme trop lourds. Critiques sévères émergent rapidement sur deux flancs :
  - Les « néoclassiques » lui reprochent des choix trop audacieux ou, en d'autres termes, trouvent qu'il a laissé percoler trop profondément les choix de valeurs : normativité
  - Les « hétérodoxes » lui reprochent des erreurs manifestes dans sa démarche de hétérodoxe (qui n'est pas la sienne) et lui reprochent qu'il ne la mène pas au bout
- Controverse court encore et oppose...
  - Pour : A. Sen, Stiglitz, Wolfowitz, J. Sachs, Mirless, Solow...
  - Contre : Nordhaus, Dasgupta, R. Tol, M. Weitzman...
  - Refus catégorique : C. Spash, Singer...



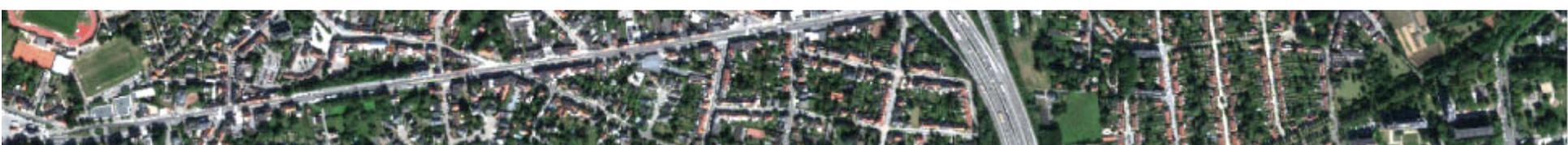
## Exemple d'une ACBe : « Stern review - *the economics of climate change* »

- Stern Review innove sur 3 champs (principalement) :
  - *Prise en compte des effets redistributifs* : Stern utilise un facteur de conversion entre catégories de revenu avec une élasticité de 1, i.e. un dommage de 1€ subi par une personne dont revenu est 100€, compte 10fois plus dans “addition” totale qu’un même dommage sur un revenu de 1000€; ou inversement, une politique reste socialement productive même si elle diminue le revenu d’un revenu haut de 10€ tout en augmentant le revenu bas de 1€
  - *Prise en compte des incertitudes et traitement spécial du risque*
  - *Prise en compte des générations futures* → ...



## Exemple d'une ACBe : « Stern review - *the economics of climate change* »

- Utilisation d'un taux d'actualisation constant de 1,4%, ce qui est très faible
- Pourquoi 1,4%? → taux d'actualisation a plusieurs composantes :
  - *Taux de préférence temporelle*: dimension 'préférence pour le présent' chez Stern = 0,1% (Nordhaus 3%; Weitzman 2%). Ce qui en retour implique que: taux d'épargne réel de +90% du revenu disponible (empiriquement : 15%). Stern répond : vous avez raison ssi changements climatiques sont considérés être du même ordre que l'achat d'une commodité. Stern prône taux de préférence temporelle de 0, et admet 0,1% pour rendre compte d'une éventualité de 9,5% sur 100ans d'une catastrophe majeure exogène anéantissant l'humanité (météorite p.ex.)
  - *Taux de développement économique*: le futur amène croissance économique, donc croissance de revenus, donc plus riches; par la loi des rendements marginaux décroissants, les unités supplémentaires de biens consommés dans le futur vont amener proportionnellement moins de bien-être que la même unité supplémentaire consommée aujourd'hui → moins logique de vouloir préserver toutes ses capacités à consommer pour le futur → à adapter aux rendements décroissants → taux chez Stern = 1,3%
- Contre-argument (calculs modélisés d'après Weitzman) : Stern induit d'accepter une réduction potentielle de revenu aujourd'hui de 10.000\$ à 4.400\$ pour garantir une réduction des dommages futurs dans 200 ans de 130.000\$ à 129.870\$.



## Exemple d' une ACBe :

### Stern review : *the economics of climate change*

#### *Economics of climate change damages :*

- En ligne avec les modèles IPCC, Stern adopte que sans action, l'augmentation de la température liée aux CC sera de 2 à 3°C avec concentrations CO<sub>2e</sub> autour de 550ppm → baseline model +/- 2060
- Cette augmentation temp. générera une perte irréversible, annuelle et permanente de la consommation globale per capita de 5% à 20% :
  - si uniquement les pertes brutes sur commerce et production, alors total de 5%
  - Si on ajoute les impacts sanitaires et environnementaux, alors total de 11%
  - Si on intègre les probables boucles de rétroaction positives (renforcement des CC), alors total de 14%
  - Si on prend en compte le coefficient de correction des inégalités, les migrations, les conflits..., alors le total approche les 20%
- Equivaut aux pertes induites par 1929, ou par les 2 WW du 20<sup>ième</sup> siècle



## Exemple d' une ACBe : Stern review : *the economics of climate change*

### *Economics of climate change* damages :

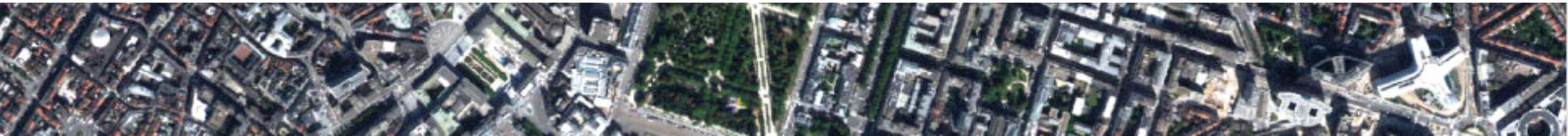
- Problèmes principaux invoqués :
  - Avant l' augmentation des dommages, les modèles montrent un effet global bénéfique à court terme
  - Boucles de rétroaction invoquées semblent refléter une évaluation conservatrice, surtout que des causes uniques auront des effets multiples
  - Quid des effets post-2060 des dommages occasionnés avant 2060 ?
  - Distribution des effets sera fortement inégale spatialement, menant potentiellement à des situations de non-retour dans certaines régions du monde



## Exemple d' une ACBe : Stern review : *the economics of climate change*

*Seconde étape : Economics of climate change avoidance&prevention :*

- Objectif : garder la variation température en-dessous du seuil des 550ppm, i.e. émissions en 2050 de 25% en-dessous des niveaux actuels
- Coûts d'action annuels dans une fourchette entre -3% (effet positif) et +3%, avec moyenne probable autour de +1% PIB global annuel en 2050
- → Le modèle utilisé donne un coût global irréversible (dommages + prévention) de 2% per capita consommation
- Parmi les conditions nécessaires : Peak émissions globales en 2020, et suivi par une diminution de 1% à 3% annuelle.
- Stern se veut réaliste : les 450ppm visés politiquement demanderont un peak émissions en 2010 (!), puis réduction de 7% annuelle pour arriver à un niveau 2050 de 2/3 en-dessous du niveau actuel



## Exemple d' une ACBe : Stern review : *the economics of climate change*

- Conclusion (bizarrement) partagée par beaucoup de critiques :  
« ***Stern review may be right for the wrong reasons !*** »
- Surtout les débats autour du taux d' actualisation, et de ses composantes principales, amènent effectivement à des propositions ponctuelles différentes de la part des critiques. Mais: si on agence les recommandations d' adaptation on arrive à des constats relativement proches des choix faits par Stern
- Est-ce que la Stern review est donc « correcte »?
  - Non, car il y a une contradiction formelle importante :
    - Le réflexe de construire une économie des changements climatiques normative est juste: le CC ne peut se mesurer avec les hypothèses économétriques classiques (orthodoxes)
    - La façon dont la Stern review le fait est formellement une application pure de l' orthodoxie économique (ex. manipulation d' un modèle; mesure du bien-être par la croissance...)
  - illustration : Stern adopte taux de croissance PIB de 1,3% annuel moyen sur 200 ans, i.e. la génération 2200 sera 10-12 fois plus riche que nous. Ils risquent 20% max de pertes si nous ne faisons rien, donc au pire seront 8fois plus riche que nous
  - il faut aussi changer d' outils, voire de discipline, face à ces problèmes

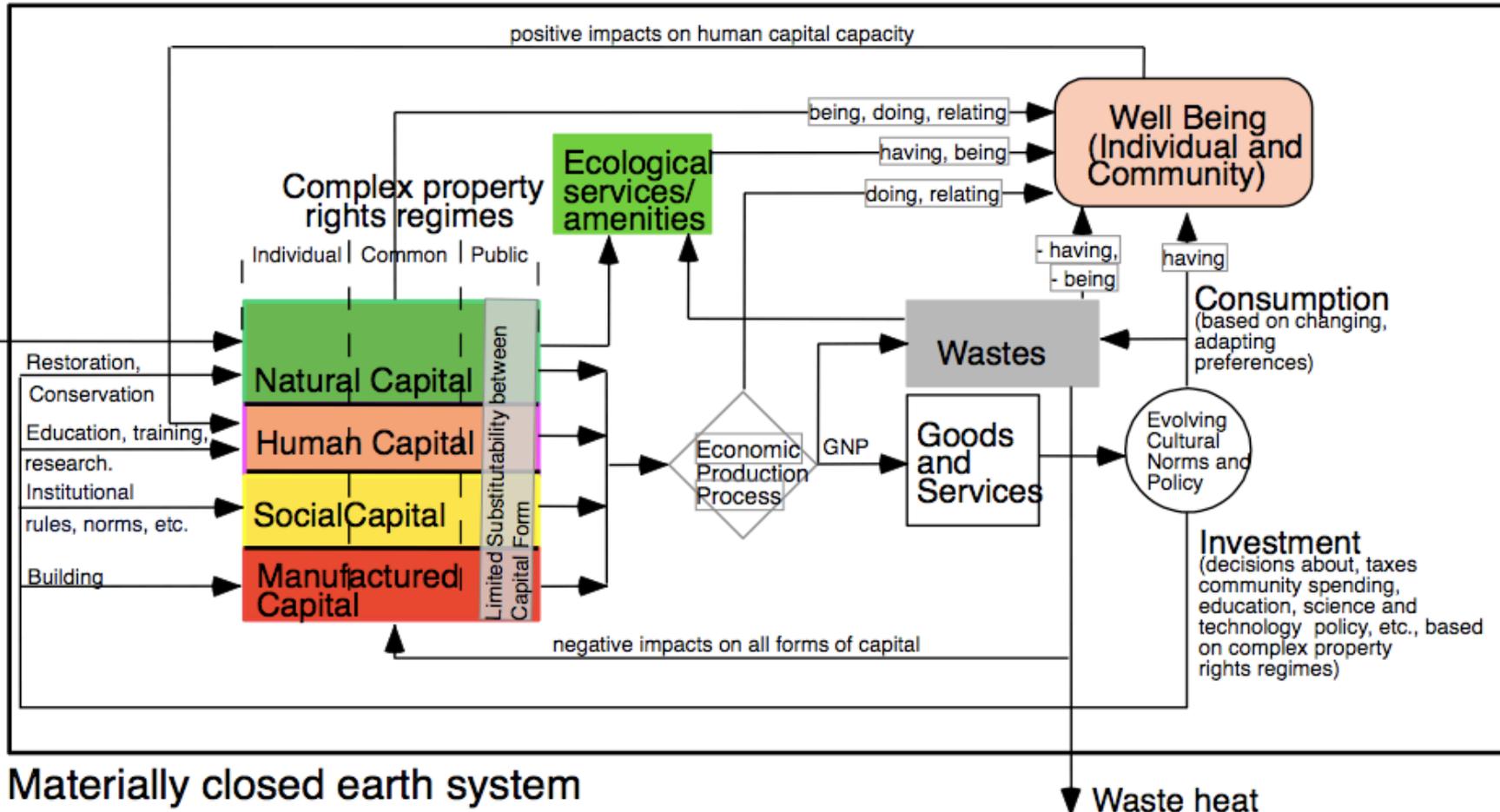


## ***Chapitre 5 : Le développement (économique) et l'environnement***

Croissance économique et environnement : Kuznets curves. Rebound effects – Jevons Paradox. Au-delà de la croissance : steady-state, décroissance, prospérité. Au-delà du développement : Sen, Nussbaum, Alkyre... .



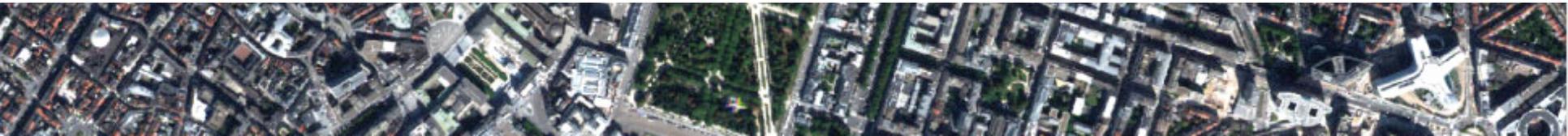
# Le monde "plein" : conception *ecological economics*





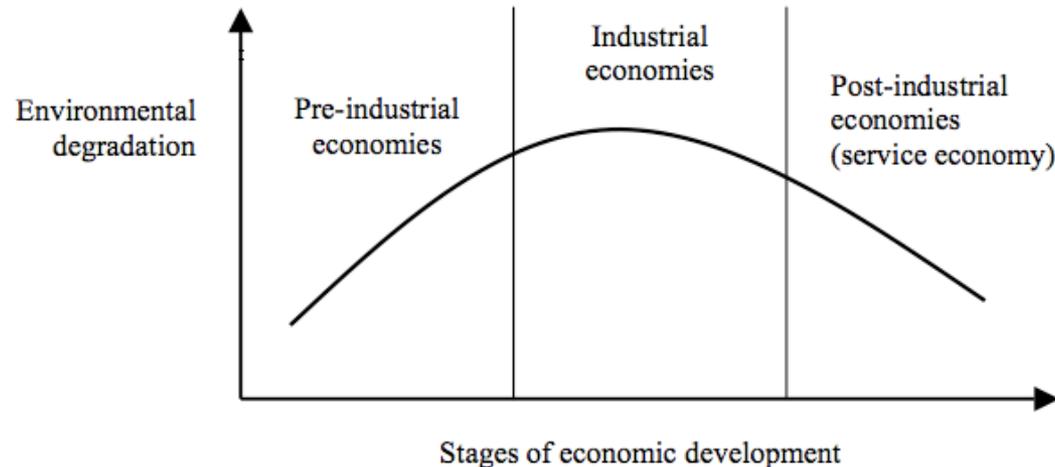
## Croissance et environnement : Environmental Kuznets Curve

- 1950 : Simon Kuznets spécule → les inégalités socio-économiques sont corrélées négativement au niveau moyen de PIB/capita d'un pays (malheureusement difficile à vérifier empiriquement)
- 1985-90 : premières régulation environnementales font effets dans les pays de l'OCDE : et si EKC se vérifierait pour les impacts environnementaux? (+) Développement → (+) Environnement
- *World Development Report 1992* rassemble pour la première fois les données pour une série de pollutions (eau potable, sanitaires, particules fines urbaines, SO<sub>2</sub> urbain, CO<sub>2</sub> émissions, déforestation, DBO, E.Coli)
- Depuis : 100aines d'études construisent et déconstruisent les relations
- *??? Est-ce que la croissance économique va induire « automatiquement » une réduction des pollutions??? Peut-on généraliser pour tous les pays, pour toutes les formes de pollutions, pour toutes les échelles... les phénomènes d'amélioration de l'environnement constatés dans les pays de l'OCDE ces 20-30 dernières années???*



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

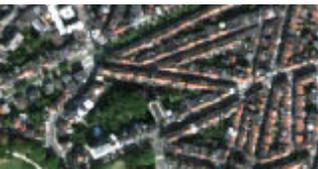
- *Kuznets curve* prend un aspect particulier : pas une corrélation linéaire
- Passage par une hausse de la pollution, un pic, puis une diminution
- Idée principale : *leapfrogging, tunneling through*



**Figure 1: The graphical interpretation of the Environmental Kuznets Curve.**

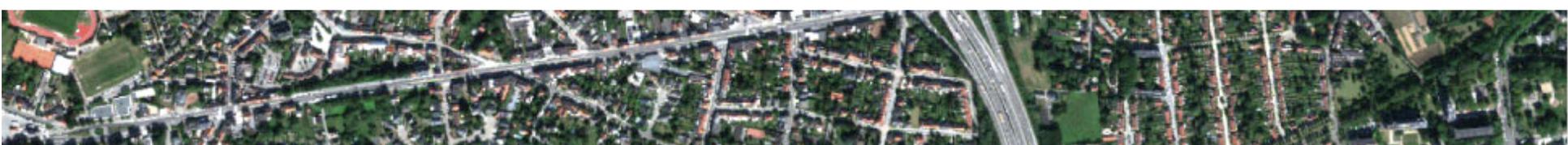
Source: Panayotou (2003)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Panayotou, T. *Economic Growth and the Environment*. Paper prepared for and presented at the Spring Seminar of the UN Economic Commission for Europe, Geneva, March 3, 2003, <<http://www.unece.org/ead/sem/sem2003/papers/panayotou.pdf>>



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

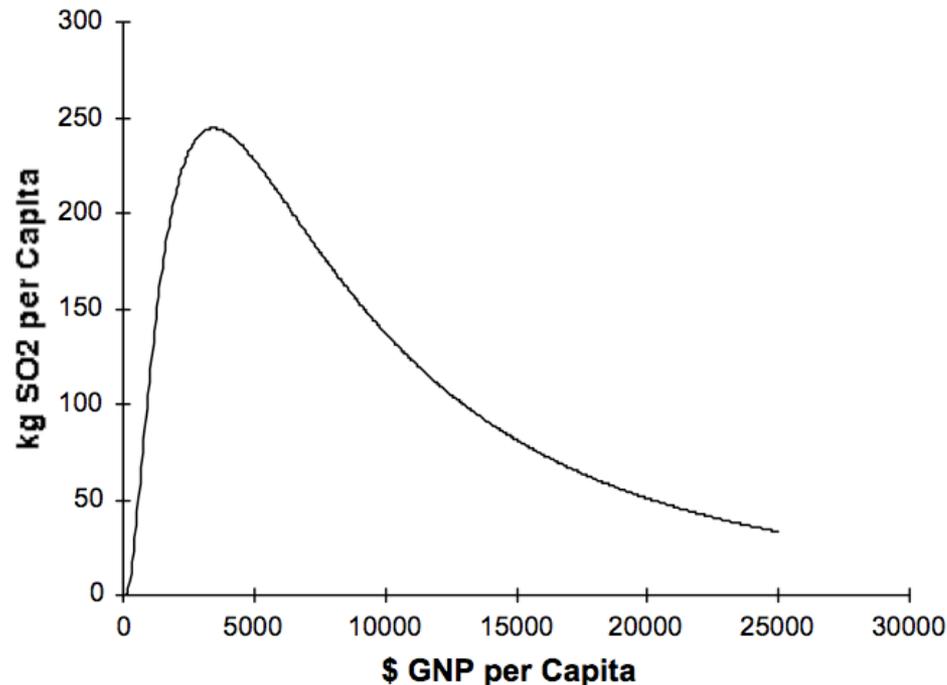
- Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer l'aspect de la EKC:
  - Évidemment que la croissance économique va induire une hausse de consommation de biens et services, donc de leur production, donc d'utilisation de matière première, d'énergie... . Économétriquement on parle de ***l'effet d'échelle***
  - Passage d'une économie industrielle à une économie post-industrielle dont richesse dépend de plus en plus des secteurs tertiaires (i.e. économie des services).  
Économétriquement : ***effet de composition*** d'une économie nationale
  - Augmentation des revenus des citoyens augmente la demande pour un environnement de qualité, i.e. la volonté augmente pour payer pour un environnement plus sain, i.e. la capacité financière à investir dans des technologies de dépollution augmente.  
Économétriquement : ***élasticité des revenus p/r à la demande pour qualité environnementale***  $> 1$ , i.e. la qualité environnementale suit les caractéristiques d'un bien de luxe
  - L'industrie manufacturière restant active dans les pays à hauts revenus ne manipule plus des ressources premières, mais opère plutôt dans des secteurs à haute technologie et valeur ajoutée. Économétriquement : ***effet technologique***
- Or : il existerait un seuil à partir duquel les effets de composition et de technologie combinés à l'élasticité/revenu iront contrebalancer l'effet d'échelle



# Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- !! → Corrélation négative pour  $\text{SO}_2$  et particules fines; puis en 1993, corrélation négative trouvée aussi pour déforestation et  $\text{No}_x$  !!

**Figure 1: Environmental Kuznets Curve for Sulfur Emissions**



Source: Panayotou (1993), Stern *et al.* (1996).

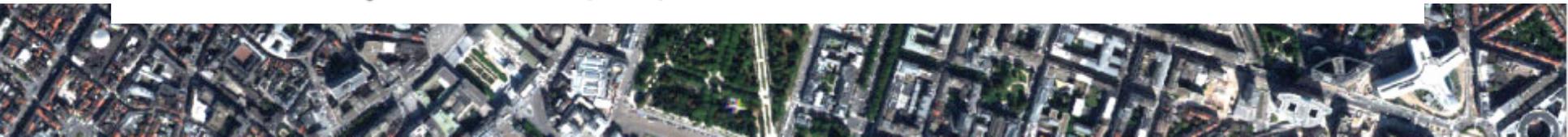
## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Seuils EKC p/r au PIB per capita

Pollutant	EKC Turning Point	
	1985 US\$	2003 US\$
Carbon Dioxide	\$ 22,500 – \$ 34,700	\$ 37,000 – \$ 57,000
Carbon Monoxide	9,900 – 10,100	16,300 – 16,600
Nitrates	15,600 – 25,000	25,600 – 41,000
Nitrogen Oxide (industrial)	14,700 – 15,100	24,800 – 25,500
Nitrogen Oxide (transport)	15,100 – 17,600	25,500 – 29,700
Sulfur dioxide	5,700 – 6,900	9,600 – 11,600
Sulfur dioxide (transport)	9,400 – 9,800	15,800 – 16,500
Suspended particulates (nontransport)	7,300 – 8,100	12,300 – 13,600
Suspended particulates (transport)	15,000 – 18,000	25,300 – 30,400

Note: The values in 2003 U.S. dollars are estimated by multiplying by 1.69. One 1985 US\$ would be worth about \$1.69 in 2003.

Source: Cole, Rayner, and Bates (1997).



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Réalisation des EKC, plus particulièrement via l'effet de composition, dépend de 2 conditions qui permettent que la pollution soit partiellement déplacée vers d'autres endroits/pays/régions :
- Réalisation de l'hypothèse du déplacement de la pollution (*displacement hypothesis*)
  - La structure de production va changer (effet de composition), mais pas nécessairement la structure de consommation. Les biens polluants doivent donc être produits ailleurs. Migration des industries polluantes vers les pays/régions à niveau de richesse plus bas, i.e. à revenus plus bas, i.e. à élasticités/revenu p/r à l'environnement plus bas. Problème : que si tous les pays ont atteint le seuil EKC? Vers où exporter la pollution?
- Réalisation de l'hypothèse des paradis de pollution (*pollution haven hypothesis*)
  - Délocaliser les productions polluantes dans des pays à bas niveau de réglementation environnementale pour réduire les coûts de production
- Attention : si intuitivement, on tend à croire que ces conditions se réalisent dans les économies réelles, économétriquement/empiriquement l'existence de ces 2 conditions est encore peu certaine (ex. shipwrecking en Inde)



Études ayant confirmé ou infirmé EKC :  
 pollutions de l'air (1)  
 Source : Webber. Allen

**Table 1: Air Pollutants**

Case Study	Author(s)	Shape	Turning Point(s) [\$ per capita (1985)]
Nitrogen Oxides	Seldon and Song (1994)	Inverted-U	\$21,800
	Panayotou (1993)	Inverted-U <sup>X</sup>	\$5,500
	Cole <i>et al.</i> (1997)	Inverted-U	\$14,700
	Carson <i>et al.</i> (1997)	Linear with negative slope <sup>X</sup>	N/A
Carbon Monoxide	Seldon and Song (1994)	No Significant Shape	N/A
	Cole <i>et al.</i> (1997)	Inverted-U	\$9,900
	Carson <i>et al.</i> (1997)	Linear with negative slope <sup>X</sup>	N/A
Carbon Dioxide	Shafik and Bandyopadhyay (1992)	Linear with positive slope	N/A
	World Bank (1992)	Linear with positive slope	N/A
	Shafik (1994)	Linear with positive slope	N/A
	Moomaw and Tullis (1994)	Inverted-U (for France)	\$10,763
	Tucker (1995)	Increases at a decreasing rate	N/A
	Holtz-Eakin and Seldon (1995)	Inverted-U	\$35,428 (1986 \$US)
	Sengupta (1996)	Cubic	\$8,740 and \$15,300.
	Cole <i>et al.</i> (1997)	Inverted-U	\$25,100
	Roberts and Grimes (1997)	Inverted-U, though increasingly curvilinear	\$8,000
	Moomaw and Unruh (1997)	Cubic	\$12,800
	Unruh and Moomaw (1998)	Inverted-U (for many individual countries) <sup>X</sup>	Range from \$8,884 (Austria) to \$15,425 (USA)
	Agras and Chapman (1999)	No significant shape <sup>D</sup>	N/A
	Galeotti and Lanza (1999)	Inverted-U <sup>DPM</sup>	\$15,073 and \$21,757 (1990 PPP)
Sulphur Dioxide	Grossman and Krueger (1991)	Inverted-U	\$4,000-\$5,000
	Shafik and Bandyopadhyay (1992)	Inverted-U	\$3,670
	Panayotou (1993)	Inverted-U <sup>X</sup>	\$2,894
	Shafik (1994)	Inverted-U	\$3,670
	Seldon and Song (1994)	Inverted-U	\$8,916
	Panayotou (1993)	Inverted-U <sup>X</sup>	\$5,000
	Grossman and Krueger (1995)	Inverted-U	\$4,053
	Panayotou (1997)	Inverted-U (negatively sloped once the income effect is decomposed into constituent scale, structure and abatement) <sup>X</sup>	Just under \$5,000
	Cole <i>et al.</i> (1997)	Inverted-U	\$6,900
	Carson <i>et al.</i> (1997)	Linear with negative slope <sup>X</sup>	N/A
	Torras and Boyce (1998)	Cubic (excluding inequality)	\$3890 and \$15425
	Torras and Boyce (1998)	Cubic (including inequality)	\$3360 and \$14034
	Stern <i>et al.</i> (1998)	Inverted-U	\$78,703
	Kaufmann <i>et al.</i> (1998)	Inverted-U between economic activity and atmospheric concentration of SO <sub>2</sub>	\$12,346
	Kaufmann <i>et al.</i> (1998)	Quadratic between GDP per capita and atmospheric concentration of SO <sub>2</sub>	\$12,500



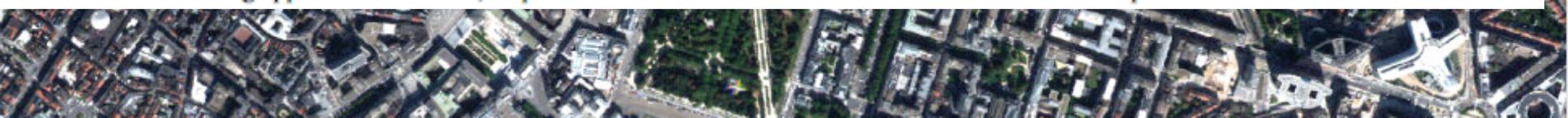
## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Études ayant confirmé ou infirmé EKC : pollutions de l'air (2)

Source : Webber, Allen

<b>Suspended Particulate Matter</b>	Grossman and Krueger (1991)	Linear with negative slope	N/A
	Shafik and Bandyopadhyay (1992)	Inverted-U	\$3,280
	Seldon and Song (1994)	Inverted-U	\$9,600
	Shafik (1994)	Inverted-U	\$3,280
	Grossman and Krueger (1995)	Cubic	\$10,000-\$15,000
	Panayotou (1993)	Inverted-U <sup>X</sup>	\$4,500
	Cole <i>et al.</i> (1997)	Inverted-U	\$7,300
	Carson <i>et al.</i> (1997)	Linear with negative slope <sup>X</sup>	N/A
	Vincent (1997)	Cubic	Never has a negative slope
<b>Smoke</b>	Grossman and Krueger (1995)	Inverted-U	
	Torras and Boyce (1998)	Cubic (excluding inequality)	\$4350 and \$10510
	Torras and Boyce (1998)	No significance shape (including inequality)	N/A
<b>Air Toxins</b>	Carson <i>et al.</i> (1997)	Linear with negative slope	N/A
<b>Heavy Particles</b>	Grossman and Krueger (1995)	Linear with Negative Slope	N/A
	Torras and Boyce (1998)	Linear with positive slope (excluding inequality)	N/A
	Torras and Boyce (1998)	No significant relationship (including inequality)	N/A
<b>CFCs</b>	Cole <i>et al.</i> (1997)	Inverted-U (log quadratic function) <sup>X</sup>	\$12,600
<b>Dark Matter</b>	Grossman and Krueger (1991)	Inverted-U	
<b>VOC</b>	Carson <i>et al.</i> (1997)	Linear with negative slope <sup>X</sup>	N/A
<b>Greenhouse Gasses</b>	Carson <i>et al.</i> (1997)	Linear with negative slope <sup>X</sup>	N/A

Notes: X after shape implies cross-sectional estimations. LF implies the use of an econometric method that permits non-linear feedback in a dynamical system. DPM implies the use of a dynamic price model. D implies dynamic modelling approach. Otherwise, empirical estimations are either time-series-cross-sections or panel.



# Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Études ayant confirmé ou infirmé EKC : déforestation

Source : Webber, Allen

**Table 3: Deforestation**

Author(s)	Shape	Turning Point(s) [\$ per capita (1985)]
Shafik and Bandyopadhyay (1992)	No Significant Shape	N/A
Panayotou (1993)	Inverted-U <sup>x</sup>	\$823
Cropper and Griffiths (1994)	Inverted-U	\$4,760 (Africa) \$5,420 (Latin America)
Antle and Heidebrink (1995)	Inverted-U	\$2,049
Koop and Tole (1999)	No significant shape	N/A

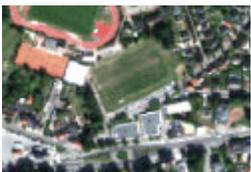


# Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Études ayant confirmé ou infirmé EKC : pollutions de l'eau

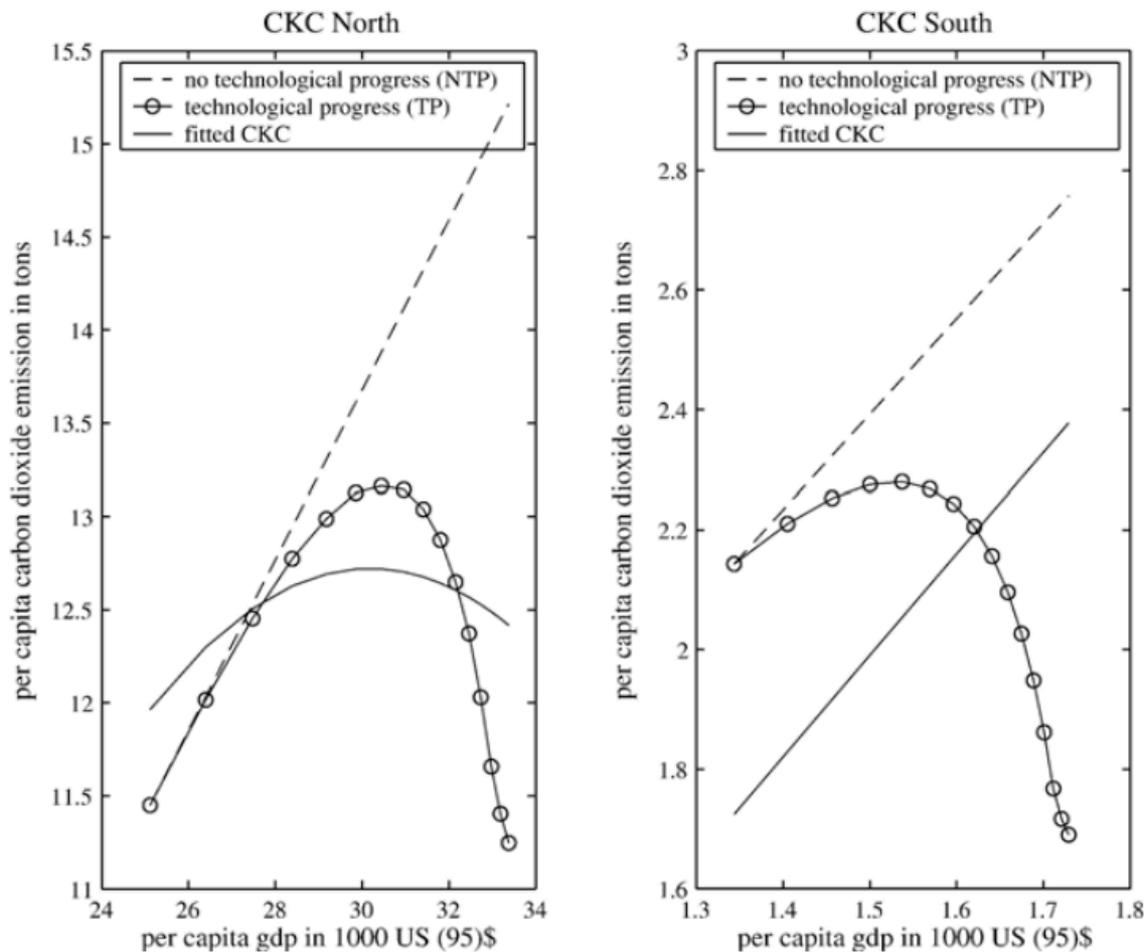
**Table 2: Water Pollutants**

Case Study	Author(s)	Shape	Turning Point(s) [\$ per capita (1985)]
Dissolved Oxygen in Rivers	Shafik and Bandyopadhyay (1992)	Linear with positive slope	N/A
	Torras and Boyce (1998)	Monotonic increase (excluding inequality)	N/A
	Torras and Boyce (1998)	Cubic (including inequality)	\$19,865 and \$5,085
Access to Clean (safe) Water	Shafik and Bandyopadhyay (1992)	Linear with positive slope	N/A
	Shafik (1994)	Linear with negative slope	N/A
	Torras and Boyce (1998)	Cubic (excluding inequality)	\$11,255 and \$14,925
	Torras and Boyce (1998)	Cubic (including inequality)	\$6900 and \$20,215
pH	Vincent (1997)	Linear with positive slope	N/A
Ammoniacal Nitrogen in Water	Vincent (1997)	No trend in aggregate; Linear with positive slope at state level	N/A
Chemical Oxygen Demand	Vincent (1997)	Quadratic	Not given
	Grossman and Krueger (1995)	Inverted-U	\$7,853
Bio-chemical Oxygen Demand	Vincent (1997)	Falls rapidly with middle-income and then flattens out	N/A
	Grossman and Krueger (1995)	Inverted-U	\$7,623
Industrial Water Pollution	Hettige <i>et al.</i> (2000)	Rises rapidly through middle-income and then flattens out <sup>x</sup>	N/A
Faecal Coliforms <sup>4</sup>	Shafik and Bandyopadhyay (1992)	Cubic	\$1,375 and \$11,400
	Shafik (1994)	Cubic	\$1,375 and \$11,400
	Grossman and Krueger (1995)	Inverted-U	\$7,955
	Torras and Boyce (1998)	Linear with positive slope (excluding inequality)	N/A
	Torras and Boyce (1998)	No significant trend (including inequality)	N/A
Total Coliforms	Grossman and Krueger (1995)	Cubic	
Cadmium	Grossman and Krueger (1995)	Constant	N/A
Lead	Grossman and Krueger (1995)	Linear with negative slope	N/A
Nitrates	Grossman and Krueger (1995)	Inverted-U	\$10,524
	Cole <i>et al.</i> (1997)	Inverted-U	\$15,600
Arsenic	Grossman and Krueger (1995)	Inverted-U	\$4,900
Urban Sanitation	Shafik and Bandyopadhyay (1992)	Linear with positive slope	N/A
	Shafik (1994)	Linear with negative slope	N/A
Access to Sanitation	Torras and Boyce (1998)	Cubic (excluding inequality)	\$10,957 and \$16,852
	Torras and Boyce (1998)	Linear with positive slope (including inequality)	N/A



# Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- EKC pour les émissions de CO<sub>2</sub>? Simulations montrent que le pic se trouverait qqpart à 30000\$ (1995), pour les pays développés, et 16000\$ (1995) pour les PVD.



Source : Müller-Fürstenberger et Wagner, 2007



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Mais les EKC pour la **consommation d'énergie au niveau mondial** (la principale source des émissions CO<sub>2</sub>) ne se vérifient pas...

T. Luzzati, M. Orsini

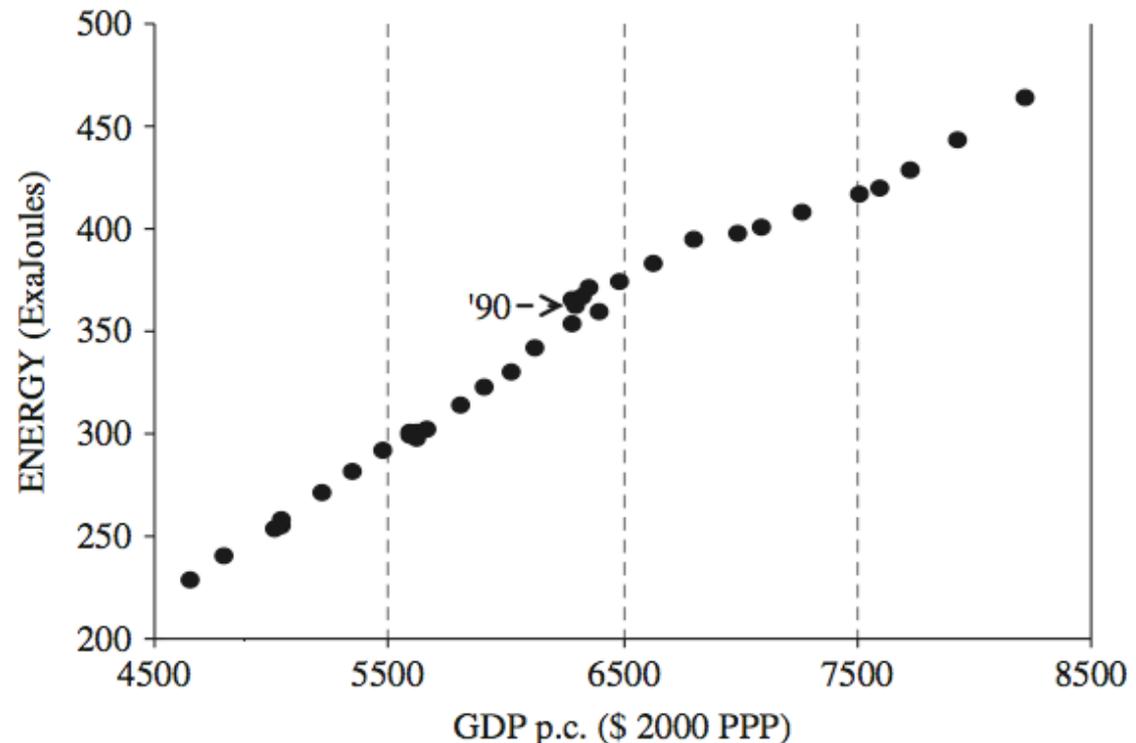


Fig. 5. Energy vs. GDP p.c. for the World.



# Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Ni pour la *consommation d'énergie au niveau de pays individuellement*

T. Luzzati, M. Orsini / Energy (■■■■) ■■■-■■■

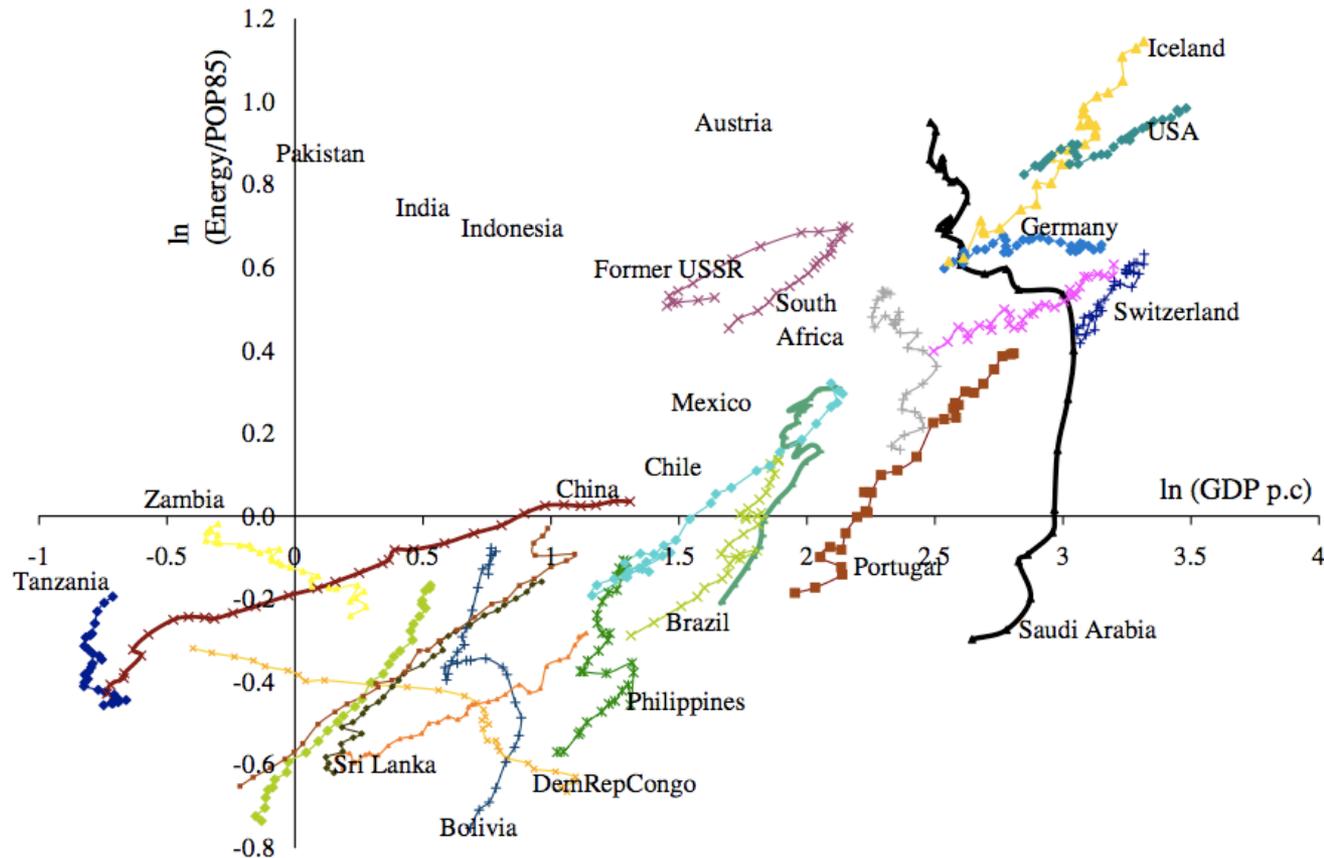


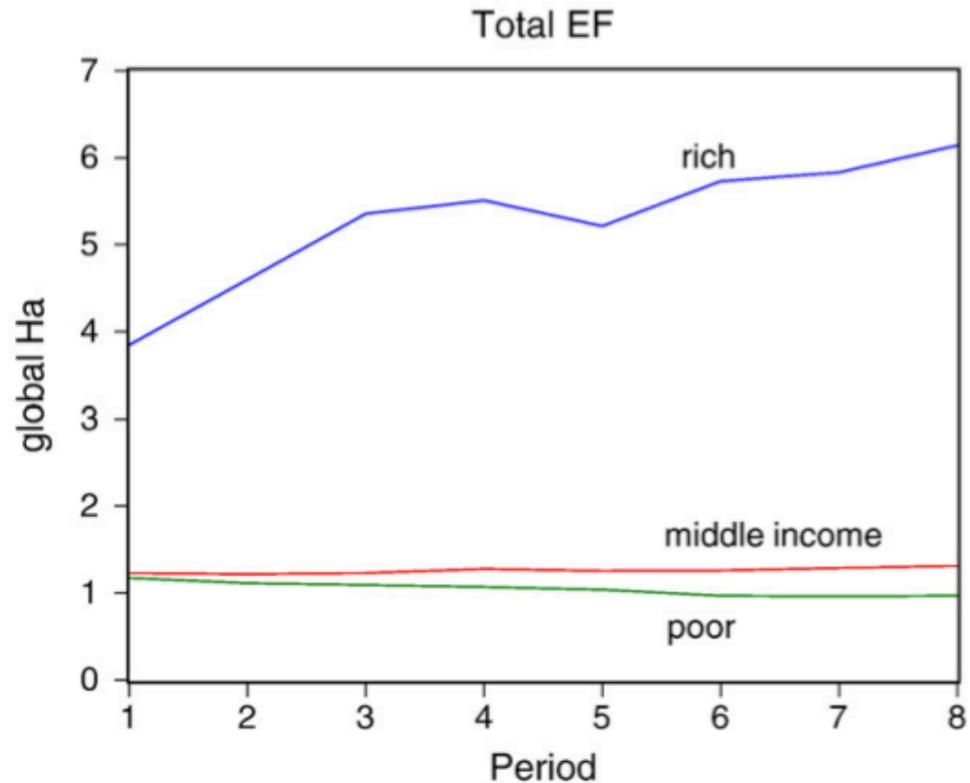
Fig. A.3. A sample of patterns.



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- EKC par rapport à l'empreinte écologique ?

- Caviglia-Harris et al. (2009) : aucune évidence d'une EKC pour des impacts environnementaux totaux en utilisant l'empreinte écologique comme indicateur



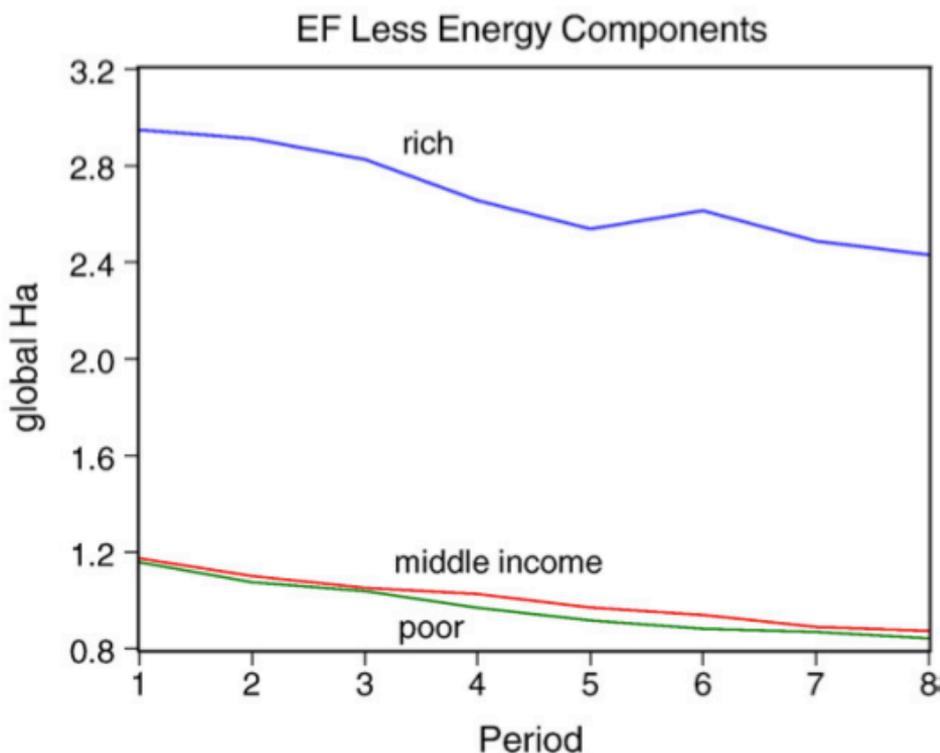
**Fig. 2– Total footprint by income group. Note: The periods are 5 years in length, beginning with period 1 which spans the years 1961 to 1965, and continuing in this manner ends with period 8, which spans the years 1996 to 2000.**



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- EKC par rapport à l'empreinte écologique ?

- Caviglia-Harris et al. (2009) : si on enlève le déterminant principal de l'empreinte, i.e. l'énergie, on trouve une courbe descendante pour tous les pays qui fait état des gains d'efficience réalisés depuis 1960



**Fig. 3 – Total footprint net of energy consumption by income group. Note: The periods are 5 years in length, beginning with period 1 which spans the years 1961 to 1965, and continuing in this manner ends with period 8, which spans the years 1996 to 2000.**



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- EKC par rapport à l'empreinte écologique ?
- Caviglia-Harris et al. (2009) hypothétique : il faut réduire l'impact « énergie » sur l'empreinte environnementale d'au moins 50% pour trouver une relation qui suit une forme de type EKC
- Justifierait donc poursuite et la très forte intensification de la réduction de l'utilisation d'énergie

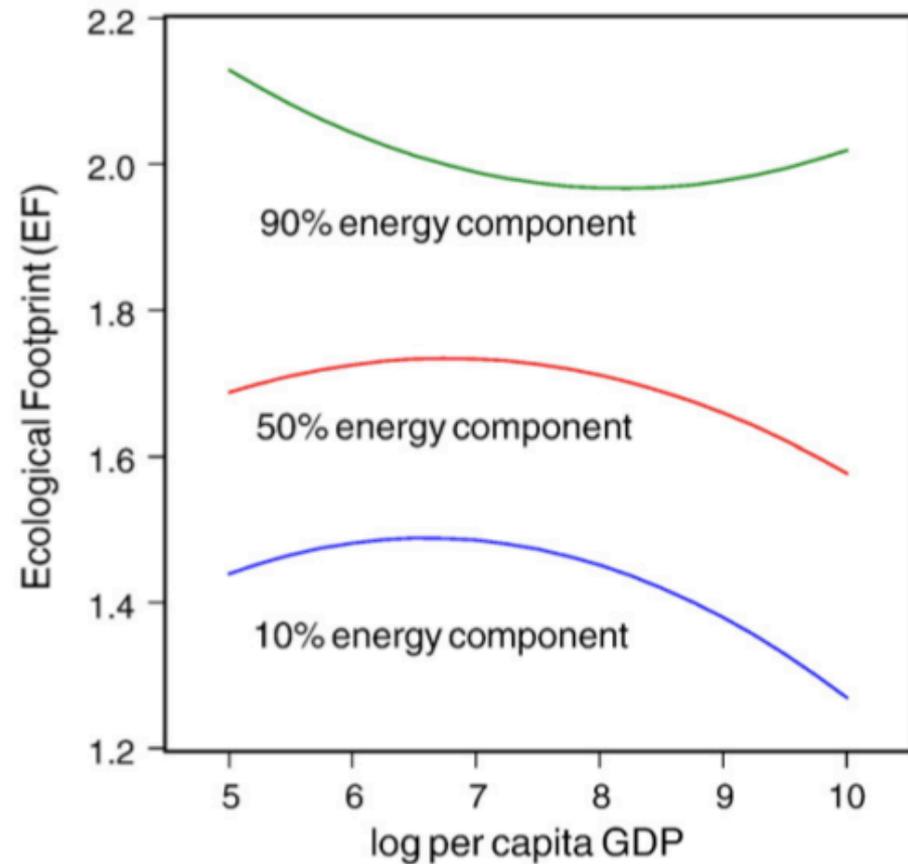
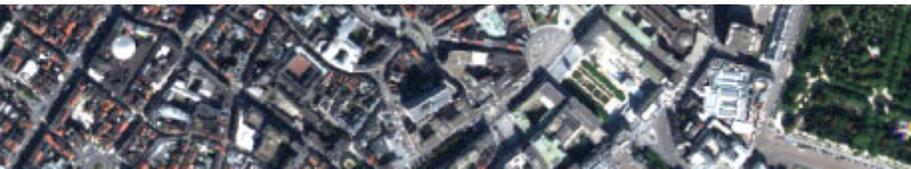


Fig. 4– Estimated relationship between the EF and log per capita output.



# Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Hypothèse nouvelle : EKC pour la biodiversité, aspects théoriques des EKC?

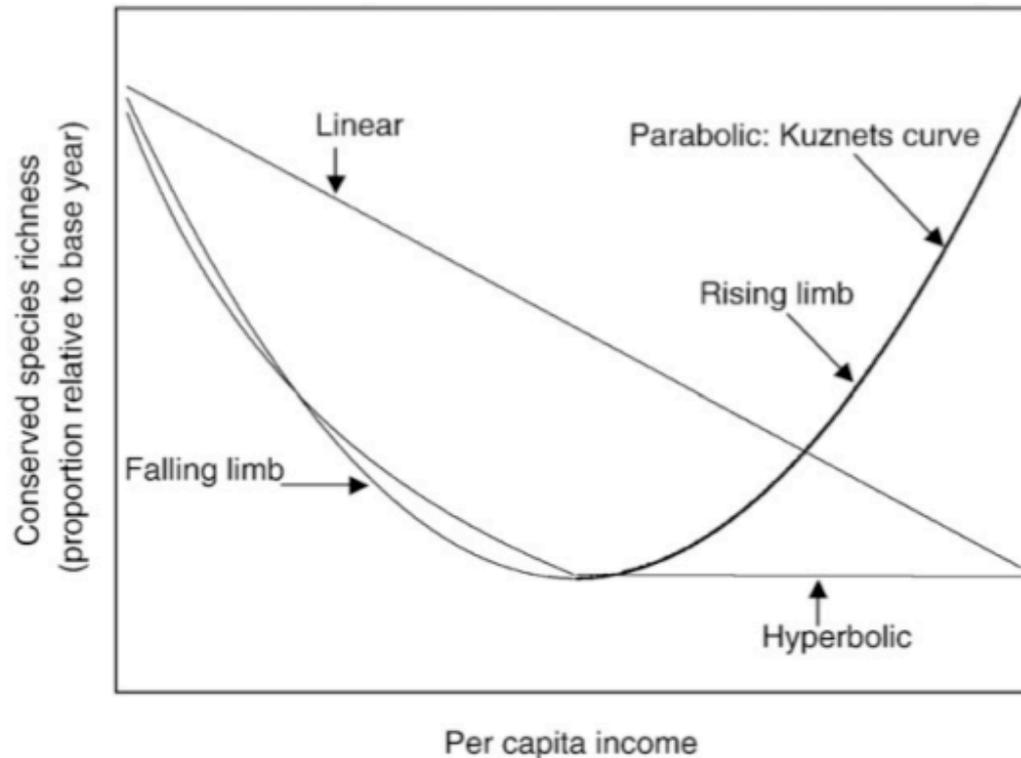


Fig. 1. Three hypothetical forms of the relationship between per capita income and proportion of species conserved within a given country (after Fig. 1 in Dietz and Adger, 2003). Falling and rising limb portions of the parabolic environmental Kuznets curve (EKC) are indicated.

## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Le paradoxe : est-ce vraiment déterminant en termes de qualité environnementale de constater des courbes en U-inversées?

- Admettons l'exactitude des EKC
- 2 cas de figure possibles: U-inversée avec (b) ou sans (a) impact environnemental minimal

→ Prenons le cas simplifié de 2 pays à stades de développement économique divers ('riche' et 'pauvre')

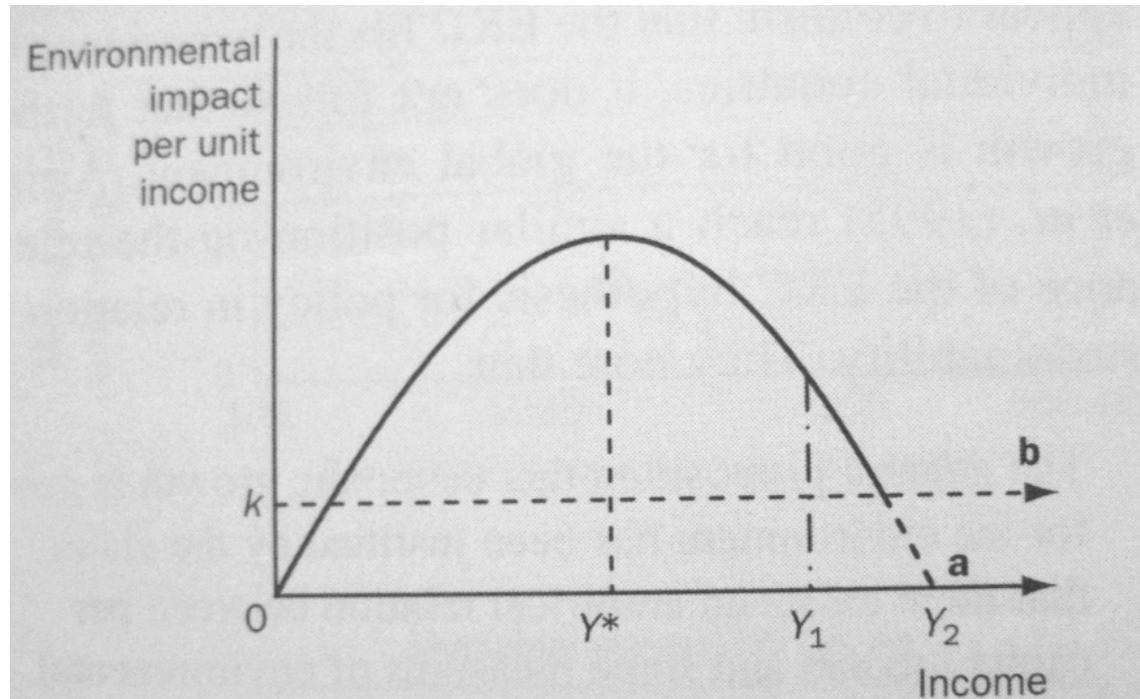
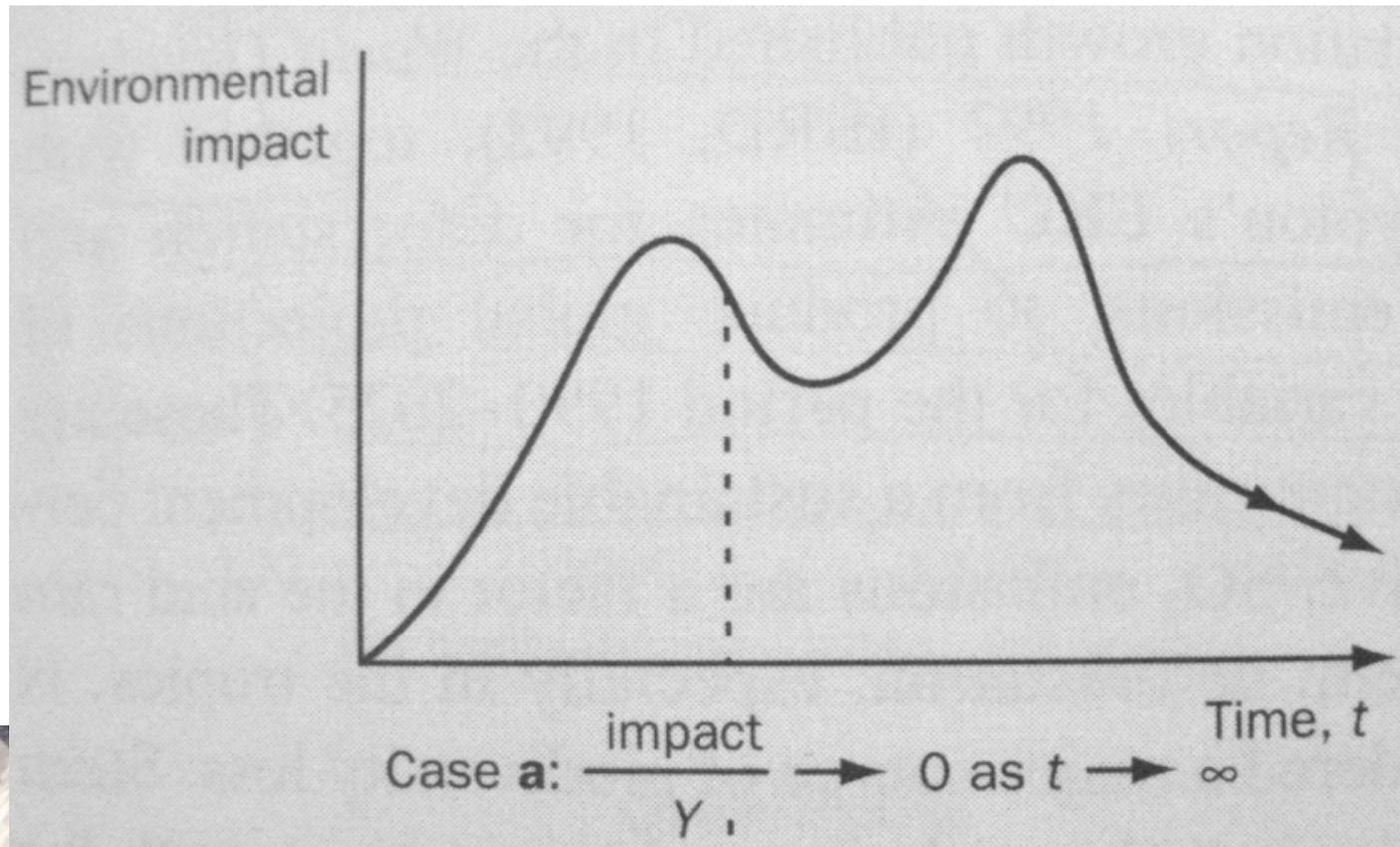


Figure 2.11 Two possible shapes of the environmental Kuznets curve in the very long run  
Source: Adapted from Common (1995)



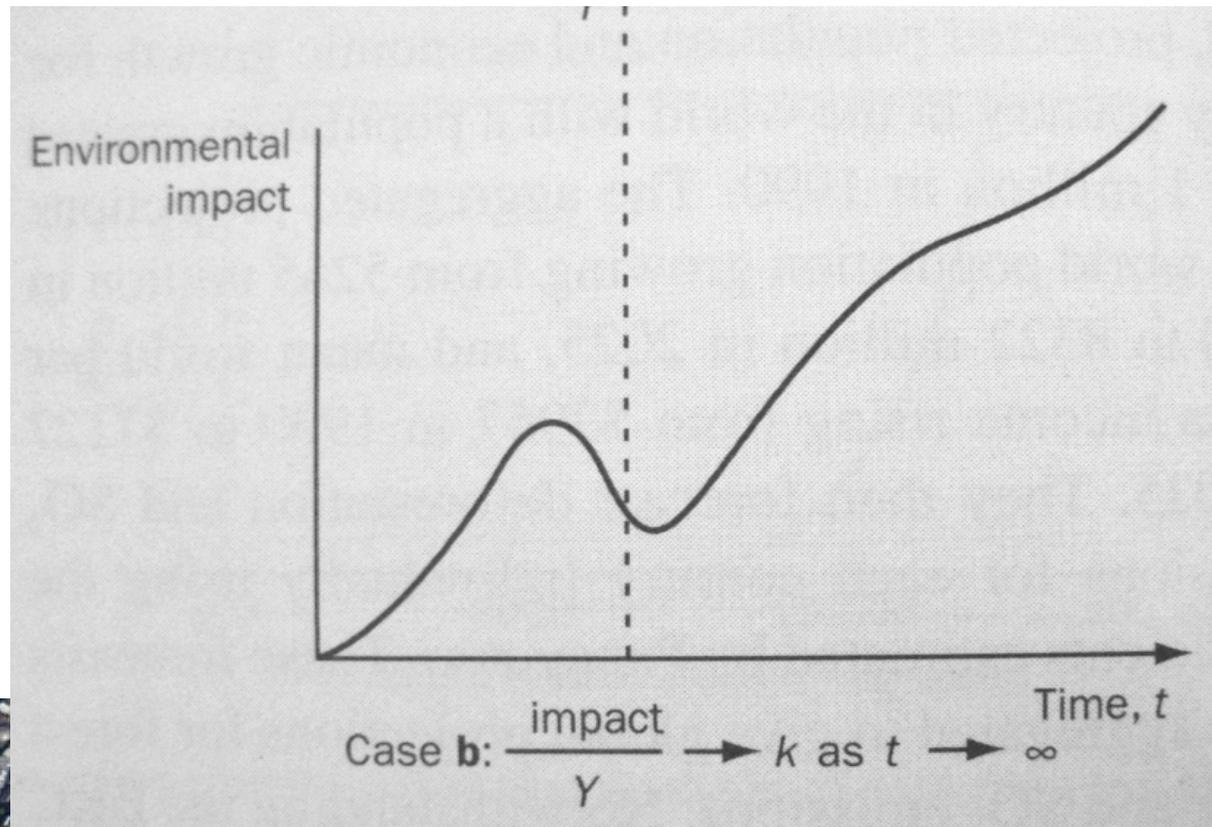
## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Le cas (a) sans impact environnemental minimal pour chaque pays
- Impact total global tend vers 0, en effet, donc EKC se vérifie au niveau global en suivant les EKC au niveau des pays individuels



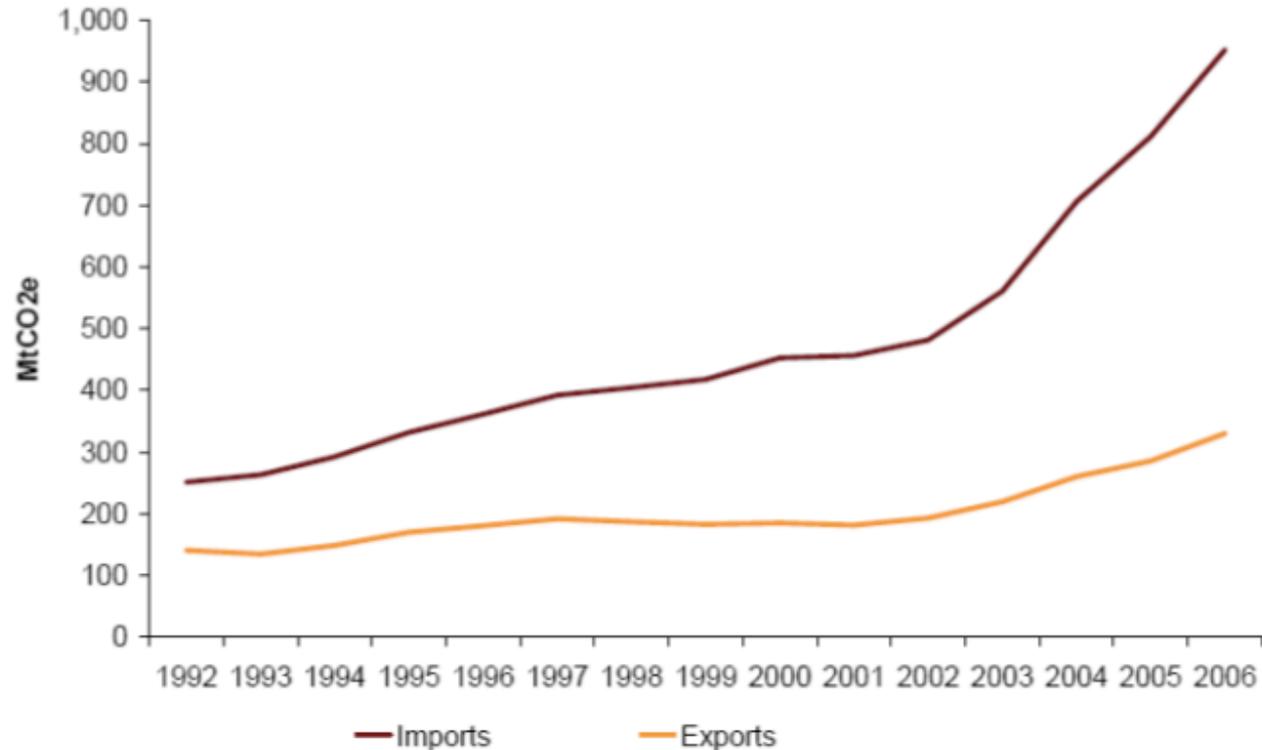
## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- Le cas (b) avec impact environnemental minimal pour chaque pays
- Impact total global tend vers l'infini; EKC ne se vérifie pas au niveau global même si les EKC au niveau des pays individuels seraient vérifiables



# Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

En y incluant les émissions « importées », i.e. émissions réalisées pour produire des produits importés...



**Figure 2: Greenhouse gases associated with UK imports and exports, 1992–2006**

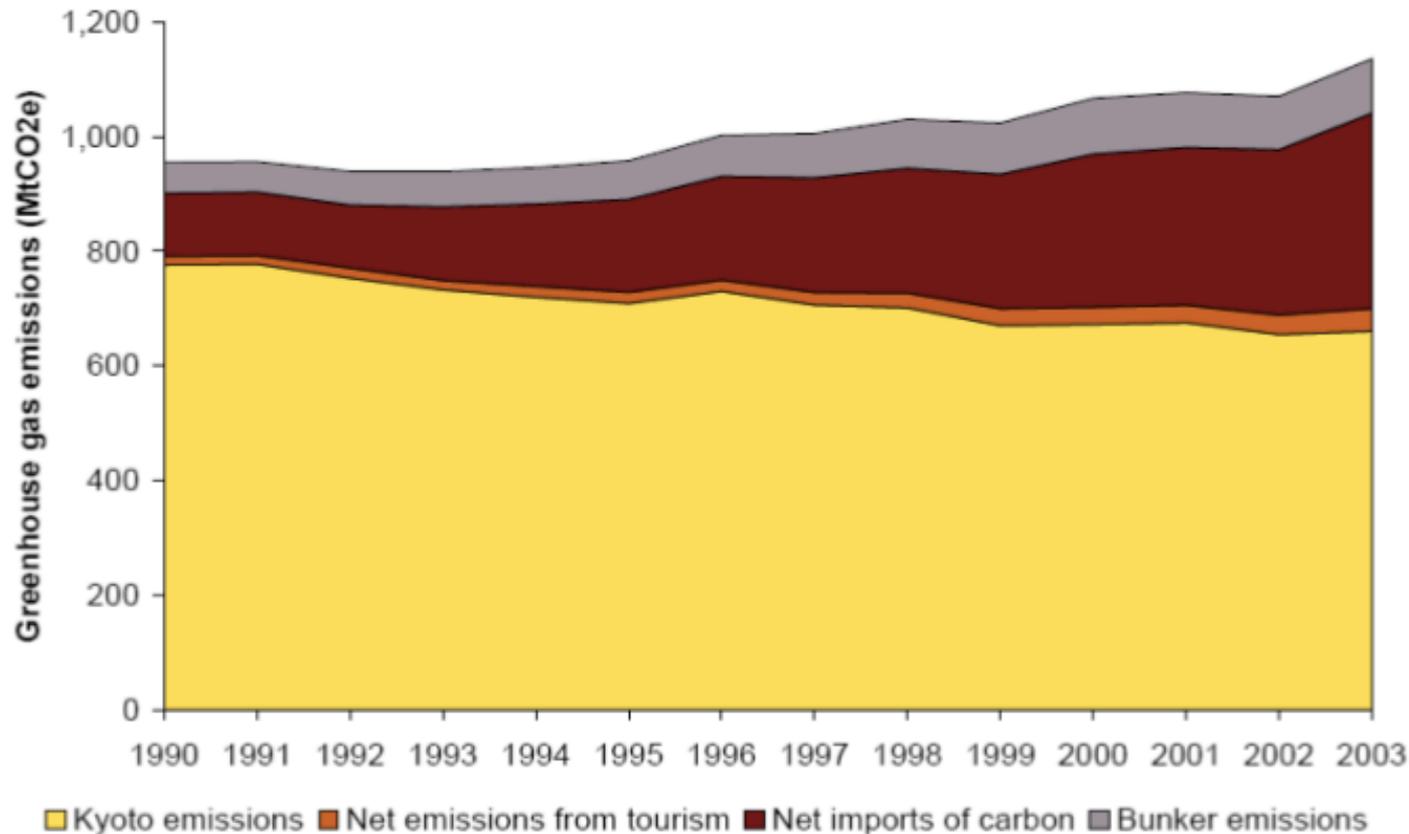
Source : Ekins 2008

Source: Helm et al. 2007, Figure 8, p.20



# Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

On observe les limites des effets de déplacement pour des problématiques environnementales globales, tel que les GHG



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- EKC est vérifiable pour certaines pollutions/problèmes, plus particulièrement pour des pollutions atmosphériques locales, i.e.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , particules fines, CO
- EKC n'est pas permanente, et induira à terme une seconde phase d'augmentation des pollutions (N-shape). Impossible de maintenir constante l'augmentation de l'efficacité; i.e. *relinking* croissance et pollutions
- EKC ne se vérifie pas systématiquement pour tous les pays. Effet inégalités socio-économiques, notamment dans les pays d'Amérique latine/sud
- EKC peut ne pas être un chemin de développement « durable », i.e. le pic de pollution (seuil) peut être trop haut et impliquer des ruptures définitives
- La 3<sup>ème</sup> phase des EKC (i.e. diminutions) ne se vérifie que pour des pollutions qui ont été soumises à une régulation environnementale stricte



## Croissance et environnement – Environmental Kuznets Curve

- **Question principale 1** : comment répondre effectivement aux défis environnementaux ? Soit par end-of-pipe, ecological modernisation, recherche d'efficacité, innovations technologiques... et des approches liées à l'appareil productif; soit par une refonte structurelle de la relation entre consommation et production? En d'autres termes : plans de relance verte, « green growth » ou décroissance?
- **Question principale 2** : quelle voie les pays en développement ou en transition doivent utiliser? Peuvent-ils suivre l'exemple des pays OCDE, i.e. « attendre » que le cercle vertueux combinatoire de conscience environnementale, développement de leur appareil productif, exportation des industries polluantes et mise en place de régulation environnementale s'enclenche? Est-ce que le *leapfrogging* et le *tunneling through* sont possibles et surtout sont-ils une solution à terme?
- **Question principale 3** : quel est le rôle que joue la richesse (i.e. PIB) dans la construction d'un projet de société durable, c'est-à-dire au-delà de l'environnemental?

