

**ANALYSE D'UNE COURBE ENVIRONNEMENTALE DE  
KUZNETS AXEE SUR LE NIVEAU DE  
DEVELOPPEMENT  
Version préliminaire**

Sabine GARABEDIAN  
MCF Economie du développement durable  
CEMOI, Université de La Réunion

**RESUME :** L'hypothèse de l'existence d'une courbe environnementale de Kuznets a été éprouvée depuis les travaux pionniers de Grosmann et Krueger (1995). Cependant, traditionnellement, une telle courbe relie les dommages à l'environnement au niveau de revenu par tête. Or, dans le cadre d'un développement durable, il n'est plus possible de restreindre le développement aux seuls indicateurs de croissance comme le PNB par habitant. L'objectif de cet article est donc d'étudier l'existence d'une courbe environnementale de Kuznets qui lierait les dommages à l'environnement aux niveaux de développement mesuré par l'Indice de Développement Humain (IDH), lequel étend la notion de développement aux « capacités » au sens de Sen (1990). Nous intéressent particulièrement aux enjeux du changement climatique sur les processus de développement, une attention particulière est portée aux émissions de CO<sub>2</sub>. Cela nous amène à caractériser l'atteinte à l'environnement par les émissions de CO<sub>2</sub>. Nous avons souhaité tester l'existence d'une telle courbe dans le cadre d'une soutenabilité faible et forte du développement durable, nous avons donc considéré deux types de dommage : les émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB et les émissions de CO<sub>2</sub> par tête. L'analyse menée met en exergue l'existence d'une courbe environnementale de Kuznet correspondant à un principe de soutenabilité faible, en revanche elle ne permet pas de vérifier l'existence d'une telle courbe pour le principe de soutenabilité forte.

**MOTS-CLES :** IDH, soutenabilité, développement durable, émissions de CO<sub>2</sub>.

**CLASSIFICATION JEL :** O13 ; O11 ; O57

## 1. INTRODUCTION

La mesure du niveau de développement et du bien-être d'une économie fait partie aujourd'hui, plus que jamais, des thèmes de recherche fondamentaux de l'économie du développement qui s'étend désormais au développement durable. Jusqu'au début des années 1990, les indicateurs traditionnels de la comptabilité nationale, dont la pierre angulaire est le Produit Intérieur Brut (PIB), se sont imposés dans le domaine, aussi bien au niveau des gouvernements nationaux, pour la conduite de la politique économique du pays, qu'au niveau des grandes institutions internationales, pour la sélection des économies en développement nécessitant une aide financière. Cependant, le PIB se focalise essentiellement sur la production marchande et se prête donc davantage à la mesure des économies sous l'angle global de l'offre qu'à celle des niveaux de vie. Comme le soulignent les rapports Duharcourt (2007) et, très récemment, Stiglitz *et al.* (2009), le PIB souffre de multiples imperfections ne lui permettant d'approcher le développement que de manière très partielle.

Devant l'évidence de telles limites, les initiatives se sont multipliées, afin de proposer des indicateurs alternatifs de mesure de la richesse de l'économie, en rupture avec le cadre méthodologique gouvernant la construction du PIB.

D'un côté, avec l'élaboration du nouveau concept de « développement humain » initié par A. Sen, un ensemble d'indicateurs, dont l'objectif est de replacer l'être humain au centre des débats sur le développement, voit le jour grâce aux travaux du Programme des Nations-Unies pour le Développement [PNUD] (PNUD, 1990). Au fil des années, ces travaux vont être affinés pour déboucher sur ce qu'on appelle aujourd'hui l'« indicateur de développement humain » (PNUD, 2008), ainsi que sur diverses extensions.

D'un autre côté, sous l'impulsion du travail pionnier de Nordhaus et Tobin (1973), du célèbre rapport Brundtland (CMED, 1987) et des recommandations issues du sommet de Rio de 1992, de nombreuses propositions se sont intéressées à l'importance du concept de soutenabilité dans le processus de développement. Ces dernières, issues à la fois du monde académique (Pierce et Atkinson, 1993 ; Cobb et Cobb, 1994 ; Atkinson *et al.*, 1997 ; Osberg et Sharpe, 1998 ; Nourry,

2008 ; Pierce *et al.*, 2008) et du milieu institutionnel (l'agence Redefining Progress, la Banque Mondiale, Global Footprint Network, les Nations-Unies, *etc.*) tentent de couvrir les trois dimensions du développement durable telles que définies par la commission Brundtland (1987), à savoir les volets économique, social et environnemental, tout en s'efforçant de les regrouper pour obtenir une mesure scalaire unique (l'Indicateur de Bien-Être Economique [IBEE], l'Indicateur d'Épargne Véritable [IEV], l'Empreinte Ecologique [EE], ...).

Parmi les entraves à la soutenabilité du développement, le programme des nations unies pour le développement insiste fortement sur les incidences en termes de développement du changement climatique depuis son rapport de 2007/2008 intitulé « la lutte contre le changement climatique : un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé ». En effet, un « développement classique », qui ne prendrait pas en considération les risques et opportunités découlant du changement climatique, ne permettra pas de faire face aux *Objectifs du millénaire pour le développement* arrêtés au Sommet du millénaire (ONU, 2010). Même si de nombreuses activités de développement contribuent à réduire la vulnérabilité aux divers effets du changement climatique, dans certains cas, elles risquent de l'accroître. Par exemple, des plans d'aménagement des zones côtières qui omettraient de prendre en compte l'élévation du niveau des mers exposerait des populations, des industries et des infrastructures de base à des menaces significatives et risqueraient de ne pas se révéler viables sur le long terme. En outre, les considérations liées au changement climatique peuvent accroître l'importance de soutenir des secteurs tels que l'agriculture, le développement rural et la gestion des ressources en eau.

Les risques suscités par le changement climatique doivent donc être pris en considération systématiquement dans la planification du développement à tous les niveaux, de manière à y intégrer des mesures d'adaptation. En effet, les théories du développement supposent l'existence d'un cercle vertueux étant censé mener de la compétitivité à la protection de l'environnement laquelle devrait à son tour engendrer de la compétitivité. Or, la vérification d'un tel enchaînement nécessite une évaluation qui passe par la construction d'un indicateur transcrivant non seulement le niveau de développement atteint mais également la capacité que ce développement perdure dans le temps. Dépassant le clivage entre mesure du développement et mesure de la soutenabilité,

nous avons donc construit un Indicateur de Développement Humain Soutenable (IDHS) qui intègre la dimension soutenable à l'évaluation du développement.

La suite de cet article est organisée de la manière suivante. Dans une deuxième section nous exposons les impacts du changement climatique sur le développement dans une première partie afin de mettre en évidence la nécessité d'intégrer des attributs environnementaux dans l'indice de développement humain que nous présentons dans une seconde partie. Dans une troisième section nous interrogeons sur la validité du cercle vertueux Compétitivité-Revenu-Environnement (CRE) sous un principe de soutenabilité forte et faible. Pour cela nous présentons dans une première partie les deux approches de la soutenabilité qui sous-tendent la théorie du développement durable, et dans une seconde partie, nous présentons chacune des hypothèses qui sous-tendent l'enchaînement de ce cercle CRE. Ainsi à travers l'hypothèse de Porter (1991) sur les stratégies « win-win » nous pourrions voir comment une forte réglementation environnementale peut conduire les entreprises à être plus compétitive, et à travers la courbe environnementale de Kuznets, nous verrons comment une amélioration du revenu par tête engendre une amélioration de l'environnement. Ces deux aspects font alors émerger deux attributs différents pour rendre compte de l'impact du développement sur l'environnement en termes de changement climatique : les émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB et les émissions de CO<sub>2</sub> par tête. Ces deux attributs sont alors intégrés, dans une quatrième section, à l'Indice de Développement Humain pour donner lieu à l'Indice de Développement Humain Soutenable (IDHS), dont nous présentons, dans une première partie une méthodologie générale qui permette son extension, et dans une seconde partie nous étudions les résultats de cet IDHS dans sa forme faible et dans sa forme forte dans le cas général. Cette étude fait apparaître des faits stylisés qui sont par la suite appliqués au cas plus particulier des Petites Economies Insulaires (PEI).

## **2. Développement et changement climatique**

Les objectifs de développement humain ne peuvent plus aujourd'hui être séparés des objectifs de développement durable. Or, en ce qui concerne le pilier environnemental du développement durable, la problématique du changement climatique tient une place prépondérante. Le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) parle du changement climatique

comme « *le problème critique du développement humain pour notre génération. Le développement consiste en fin de compte à accroître le potentiel humain et à étendre notre liberté. [...] Le changement climatique menace d'éroder les libertés humaines et de limiter nos choix.* ». En effet, les répercussions de ce changement ne concernent pas exclusivement des aspects biophysiques mais elles touchent de façon plus profonde l'organisation mondiale, notamment le développement social et économique de tous les pays.

## **2.1. L'impact du changement climatique sur le développement**

Depuis plus de quinze ans, le changement climatique s'est imposé comme l'une des problématiques majeures du siècle à venir. En effet, le changement climatique ferait peser pour longtemps une menace grave, susceptible de toucher toutes les parties du globe. D'après les prévisions, le phénomène aura des conséquences infiniment plus lourdes dans les pays en développement, en particulier dans les pays les moins avancés et dans les petits États insulaires en développement, ainsi que sur les populations pauvres et vulnérables de ces pays. Sous l'effet du changement climatique, des manifestations comme les sécheresses, les inondations, les événements météorologiques extrêmes et l'élévation du niveau des mers risquent de s'aggraver, entraînant des pénuries alimentaires, une détérioration des infrastructures et une dégradation de ressources naturelles indispensables à la subsistance de certaines populations. Cela pourrait aussi remettre en question les acquis du développement obtenus grâce à la coopération et rendre plus difficile la réalisation des objectifs fixés dans ce domaine, notamment ceux arrêtés au Sommet du millénaire, les *Objectifs du millénaire pour le développement*. Il est donc capital de s'adapter aux incidences du changement climatique. Il ne s'agit pas que d'un problème d'environnement, mais bien d'une question qui concerne aussi les dimensions économiques et sociales du développement durable.

Selon la Banque Mondiale (2010), un réchauffement de seulement 2°C par rapport aux températures de la période préindustrielle, qui est le réchauffement minimum que le monde peut compter enregistrer, pourrait provoquer des réductions permanente du PIB de 4 à 5% en Afrique et en Asie du sud. Or, il est peu probable que la croissance économique à elle seule, puisse être suffisamment rapide ou équitable pour contrer les menaces du changement climatique, en particulier si elle est gourmande en carbone et accélère le réchauffement de la planète. Il paraît

alors nécessaire de revoir les modes de développement sinon des opportunités seront perdues et les coûts augmenteront parce que le monde se sera engagé dans un processus à très forte intensité de carbone et que les températures suivront des trajectoires à la hausse, pour l'essentiel irréversible. Or, il ne sera toutefois possible de maîtriser le changement climatique que si les pays riches comme les pays pauvres adoptent des modes de fonctionnement à moindre intensité en gaz à effet de serre.

En ce qui concerne les petits états insulaires, l'OCDE prévoit que le changement climatique aura comme incidences que :

- L'agriculture de subsistance et l'agriculture commerciale seront mises en difficulté. Des effets dommageables sont également attendus sur la pêche.
- Beaucoup d'îles des Caraïbes connaîtront probablement un stress hydrique plus marqué. Le changement climatique réduira les quantités d'eau douce disponibles et aggravera la salinisation de ces ressources.
- Selon toute vraisemblance, l'élévation du niveau des mers amplifiera les inondations, ondes de tempête, érosions et autres risques côtiers, en menaçant des infrastructures, agglomérations et installations vitales pour les populations insulaires.
- La dégradation de l'état des zones côtières, notamment l'érosion des plages et le blanchissement corallien, influera vraisemblablement sur les ressources locales.
- D'ici au milieu du siècle, il est à craindre que le changement climatique réduira les ressources en eau d'un grand nombre de petites îles (des Caraïbes et du Pacifique, par exemple) à tel point que la demande ne pourra plus être satisfaite pendant les périodes de faible pluviosité.
- D'ici à 2050, dans le Pacifique, une baisse de 10 % des précipitations moyennes ira probablement de pair avec une réduction de 20 % de la lentille d'eau douce sous l'atoll de Tarawa dans les Kiribati.
- Dans un délai de 30 à 50 ans, voire avant, le blanchissement corallien pourrait survenir une ou deux fois par an.
- D'ici à 2050, faute de mesures d'adaptation, une île élevée telle que Viti Levu, dans l'archipel des Fidji, pourrait subir des dommages représentant 23 à 52 millions USD par an (soit 2 à 3 % du PIB affiché par les Îles Fidji en 2002).

Afin de prendre en compte les risques liés aux impacts de ce changement climatique dans l'évaluation du développement, il est nécessaire d'avoir à disposition des indicateurs qui reflètent la soutenabilité des niveaux de développement atteint par les pays. Nous avons donc choisis de modifier l'indicateur de développement humain pour qu'il retranscrive au-delà du niveau de développement atteint, la soutenabilité de ce développement aux vues des émissions engendré par les modes de développement des pays.

## **2.2. L'indicateur de développement humain**

L'introduction de l'indice de développement humain (IDH) par le Programme des Nations Unis pour le Développement (PNUD) en 1990 a constitué un véritable tournant dans l'évaluation du développement des pays. La valeur de l'IDH de chaque pays est publiée tous les ans dans le rapport mondial sur le développement édité par le PNUD. En effet, contrairement à l'évaluation du niveau de développement par le PIB, l'IDH s'appuie sur la notion de « *capabilities* » élaborée par Sen (1983, 1993) qui insiste sur l'importance que l'amélioration du niveau de vie permette d'une part, la construction de capacités humaine (en terme de santé, de savoir et de compétence) et d'autre part, l'amélioration des possibilités de conversion de ces capacités acquise en réalisation concrète (loisir, activité productives, action dans le domaine culturel social et politique). Selon le rapport de 1990 :

*« Le développement humain est un processus qui conduit à l'élargissement de la gamme des possibilités qui s'offrent à chacun. En principe, elles sont illimitées et peuvent évoluer avec le temps. Mais quel que soit le stade de développement, elles impliquent que soient réalisées trois conditions essentielles : vivre longtemps et en bonne santé, acquérir un savoir et avoir accès aux ressources nécessaires pour jouir d'un niveau de vie convenable. Si ces conditions ne sont pas satisfaites, de nombreuses possibilités restent inaccessibles » (PNUD, 1990, p. 10).*

L'objectif de l'IDH est de transcrire ce concept dans un indice global unique qui permette des comparaisons sur le plan international et inter-temporel.

L'IDH propose une nouvelle voie pour mesurer le développement qui combine des indicateurs de longévité, d'éducation et de niveau de vie<sup>1</sup> afin de mesurer le développement humain d'un pays. La longévité s'exprime à travers l'espérance de vie à la naissance qui donne la capacité des individus à vivre longtemps et en bonne santé. Cette dimension est certainement la plus importante dans la mesure où elle représente l'amélioration de l'opportunité de vie, considéré à la fois comme une finalité à proprement dit mais également comme un moyen d'en réaliser d'autres. L'éducation donne la faculté aux individus d'accroître leur savoir. C'est à la fois un critère social, puisqu'il est impossible de prendre part activement à la vie en société sans une base minimale de connaissances, et un critère économique, l'éducation faisant partie des facteurs fondamentaux de la croissance économique (Lucas, 1988). Cette dimension est mesurée par une combinaison entre le taux d'alphabétisation des adultes et le taux brut de scolarisation. Le niveau de vie, enfin, est censé évaluer l'accès des individus aux ressources économiques nécessaires pour pouvoir bénéficier d'un niveau de vie décent. Il est approché par le PIB réel par habitant en PPA, ajusté de manière à prendre en compte les rendements décroissants du revenu sur le développement et le bien-être.

D'un point de vue technique, la construction de l'IDH repose globalement sur deux étapes (PNUD, 2008). En premier lieu, il s'agit de déterminer un indice dimensionnel pour chacune des variables présentées ci-dessus. Cet indice de dimension, noté  $X_i$ , pour chaque variable  $i$  ( $i = 1$  pour la longévité,  $i = 2$  pour l'éducation,  $i = 3$  pour le revenu) et pour un pays donné se déduit de :

$$(1) \quad X_i = \frac{\text{valeur observée de } x_i - \text{valeur minimale de } x_i}{\text{valeur maximale de } x_i - \text{valeur minimale de } x_i}$$

Pour chaque dimension, on obtient donc un indice prenant une valeur comprise entre 0 et 1 (ou 0 et 100). Chaque dimension admet une valeur minimum et maximum, la valeur maximum représentant la valeur la plus forte qu'un pays peut atteindre dans cette dimension, de ce fait, elle représente en quelque sorte, l'objectif à réaliser à terme.

---

<sup>1</sup> Il convient de noter que le PNUD est tout à fait conscient que l'IDH ne mesure pas de manière exhaustive le développement humain. Il n'inclut pas volontairement des dimensions importantes comme par exemple le respect des droits de l'Homme, la démocratie et l'égalité. Il fournit simplement une grille de lecture élargie pour l'examen du progrès humain et de la relation complexe entre revenu et bien-être.



Ces bornes inférieures et supérieures, fixées par le PNUD, s'appuient sur les données suivantes :

- L'indice d'espérance de vie est calculé en prenant 25 ans comme valeur minimum et 85 ans comme valeur maximum de tel sorte que 55 représente une valeur de 0,5
- L'indice d'éducation comprend pour un tiers du taux d'alphabétisation des adultes et pour deux tiers du taux de scolarisation. Ces taux étant déjà compris entre 0 et 1, la construction de l'indice d'éducation est l'agrégation pondérée de ces deux taux.
- Enfin, l'indice de niveau de vie admet un minimum de 100\$ en Parité Pouvoir d'Achat (PPA) et un maximum de 40 000\$ PPA. La construction de cet indice passe par la forme logarithmique afin de rendre compte des rendements décroissants du revenu c'est à dire qu'une augmentation du revenu améliore plus fortement le développement humain pour des niveaux initiaux de revenu faibles. En d'autres termes, plus le revenu augmente et moins il contribue à la progression du bien-être (PNUD, 2008).

Les différentes valeurs minimum et maximum sont résumées dans le Tableau 1.

**TABLEAU 1 - Les valeurs minimales et maximales pour les dimensions de l'IDH**

<b>Dimensions</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Espérance de vie	25 ans	85 ans
Taux d'alphabétisation des adultes	0%	100%
Taux brut de scolarisation	0%	100%
PIB réel par tête (PPA)	100\$	40000\$

Source : PNUD (2008)

En second lieu, il est possible de déduire l'IDH comme la moyenne arithmétique des trois indicateurs de dimension telle que donnée par l'équation (2). Dans la mesure où chaque indice dimensionnel est compris entre 0 et 1, l'IDH sera lui-même toujours compris entre 0 et 1. Par ailleurs, plus l'IDH se rapproche de l'unité et plus le développement humain est important.

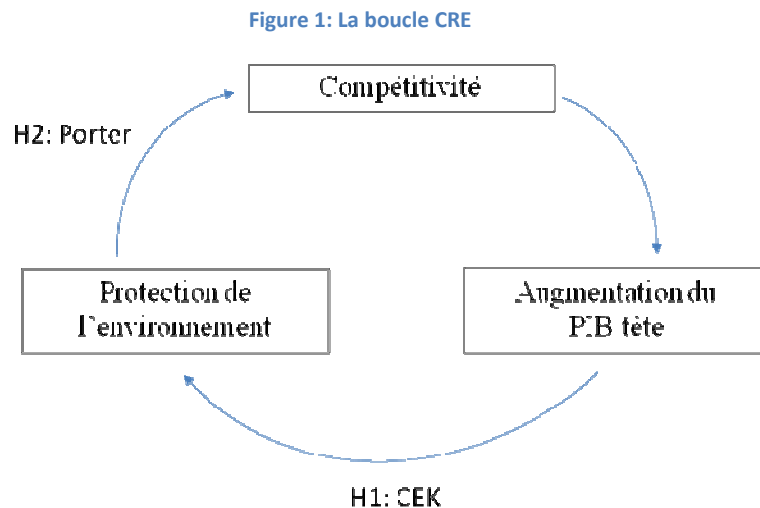
$$(2) \quad IDH = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}$$

Cependant, depuis sa création, l'IDH a fait l'objet de nombreuses critiques dans la littérature. Au vu de notre problématique, la principale critique que nous lui apportons est de ne pas rendre compte de la soutenabilité du mode de développement en cours, et notamment de ne pas prendre en compte les impacts en termes de changement climatique (et donc en termes d'émission) de ce développement. En effet, l'IDH n'est qu'une vision spontanée du développement qui permet certes, des comparaisons inter-temporelles mais qui ne permet en revanche pas, de rendre compte du potentiel de soutenabilité du mode de développement adopté par les pays.

### **3. Développement durable et Compétitivité**

Un développement humain durable doit prendre en compte le développement humain et la soutenabilité de ce développement. Or, la protection de l'environnement peut apparaître de prime abord, comme un frein à la compétitivité d'un pays. Généralement classé dans les biens de luxe, la protection de l'environnement doit apparaître seulement dans la deuxième étape du développement. Le cercle vertueux qui est avancé repose alors sur une boucle Compétitivité-Revenu-Environnement (CRE) qui est illustré par la figure 1. En effet, l'amélioration de la compétitivité doit mener à une augmentation du PIB par tête qui permet une protection de l'environnement accrue laquelle permettrait à son tour, l'amélioration de la compétitivité. Or, cet enchaînement trouve son fondement dans deux hypothèses. La première hypothèse est la courbe environnementale de Kuznets (CEK) qui postule qu'une augmentation du niveau de revenu par tête permet à terme de réduire les impacts négatifs sur l'environnement. La seconde hypothèse, est celle avancée par Porter (1991) selon laquelle des normes environnementales fortes permettraient d'améliorer la compétitivité des entreprises d'un pays. Cependant, cette boucle CRE qui permettrait de tendre vers un développement durable n'est pas empiriquement vérifiée. C'est ce que nous cherchons à tester ici, en faisant une distinction entre une vision faible et forte de la soutenabilité. En effet, les théories du développement durable se distinguent en deux approches de la soutenabilité : une approche dite de soutenabilité faible où le progrès technique incorporé au processus productif est prépondérant puisqu'il prône l'efficacité, et une approche

dite de soutenabilité forte qui prône, quant à elle, la suffisance et intègre les modes de vie dans leur globalité dans les changements nécessaires. Nous présentons ces deux approches de la soutenabilité avant d'exposer les deux hypothèses du cercle vertueux CRE : CEK et Porter.



### 3.1. Les deux différentes approches de la soutenabilité : soutenabilité forte vs soutenabilité faible

L'analyse du développement durable dans son pan environnemental s'appuie essentiellement sur la notion macroéconomique de « soutenabilité environnementale » (Goodland, 1995 ; Bontems et Rotillon, 2007). Cette dernière vise alors à réconcilier la poursuite d'objectifs de croissance et de développement économiques avec les préoccupations de préservation de l'environnement. Globalement, il existe deux façons de concevoir la soutenabilité environnementale, à savoir dans ses dimensions « faible » et « forte ».

La soutenabilité faible qui est l'approche dominante au près des économistes, peut être traduite par un principe d'équité intergénérationnel. L'article fondateur est celui de Hotelling (1931) qui montre que le prix des ressources non renouvelables doit comporter une « rente de rareté » et doit croître à un taux d'intérêt permettant à chaque période de conserver l'équilibre :

$$p = p_0 e^{rt}$$

Où  $p$  représente le prix de la ressource à une date  $t$ ,  $P_0$  le prix de cette ressource à une date  $t_0$  ( $t_0 \leq t$ ), et  $r$  le taux d'intérêt invariant dans le temps.

L'objectif se présente alors comme le reformule Passet, comme une maximisation sur un horizon de  $T$  années la fonction suivante :

$$\int_0^T [P_t Q_t - C_t] e^{rt} dt$$

Avec  $P_t$  le prix de vente d'une unité de ressource épuisable,  $Q_t$  la quantité utilisée chaque année, et  $C_t$  le coût de la production globale sous contrainte que toute la production vienne en déduction du stock et que le total des productions sur la période  $T$  soit égal au montant du stock.

Ainsi, la règle de Hotelling d'Hotelling signifie deux choses : D'une part, à l'équilibre le prix comporte une rente de rareté, et d'autre part, au cours du temps, tandis que le stock de ressources s'épuise, le prix doit croître de telle manière qu'à l'épuisement (en  $T$ ), le prix ( $P_0 e^{rT}$ ) atteigne un niveau où la demande s'annule.

La règle d'Hotelling sera par la suite complétée par la règle d'Hartwick-Solow qui stipule que d'équité intergénérationnelle passe par la stabilité intertemporelle de la consommation par tête. Or, cela exige l'investissement en ressource reproductible des rentes et des profits obtenus par l'exploitation des ressources épuisables. La fonction d'investissement s'écrit alors comme suit :

$$D_k = (f_y - c)y(t)$$

Avec  $f_y$ , la productivité marginale de la ressource naturelle épuisable,  $c$  le coût d'extraction d'une unité de facteur épuisable exprimé en unités de l'unique marchandise produite par l'économie, et  $y(t)$  la ressource épuisable.

De ce fait, selon la règle d'Hartwick-Solow (1986) la condition de soutenabilité réside dans l'obligation de compenser en permanence l'utilisation du capital naturel par un investissement en capital reproductible. Cependant, cette approche sous entend que la génération présente convertit des ressources épuisables en machine et vit des flux courants provenant des machines et du travail. Or, si cela peut être crédible en ce qui concerne les ressources épuisables non vitales, il convient toute fois, d'être prudent sur la pertinence de cette théorie en ce qui concerne les ressources épuisables vitales comme l'eau ou l'air.

De ce fait, une autre approche c'est développé, en parallèle, qui s'oppose à cette notion de substituabilité parfaite entre capital naturel et capital construit. En effet, la conception de la substituabilité entre facteurs de production est formalisée dans le modèle de Stiglitz (1974) grâce à des fonctions de production à rendements constants de type Cobb-Douglas. Or, l'utilisation de telles fonctions pour intégrer l'environnement auquel pourrait se substituer du capital manufacturé pose un problème méthodologique important. En effet, il paraît difficile de retenir l'hypothèse habituelle inhérente à ces fonctions selon laquelle les élasticités partielles de la production par rapport à chacun des facteurs sont invariables au fur et à mesure que la substitution s'opère. En fait, la qualité de l'eau ou de l'air diminuant ou la qualité d'une autre ressource s'abaissant proportionnellement à sa dégradation, il faudra une plus grande quantité de ressources pour obtenir la même production ou encore, la même quantité de ressource ne permettra d'obtenir qu'une production plus faible.

En réfutant l'hypothèse d'élasticité de substitution constante, cette approche récuse l'hypothèse de substituabilité entre capital naturel et capital construit. Il s'ensuit que la soutenabilité exige le maintien dans le temps du capital produit et, séparément, celui du capital naturel renouvelable et non renouvelable. Une définition du stock total de capital  $K$  a été donnée par Pearce et Warford (1993) comme suit :

$$K = K_m + K_n + K_r + K_n^*$$

Où  $K_m$  représente le capital construit,  $K_h$ , le capital humain,  $K_n$ , le capital naturel auquel on peut substituer du capital construit, et  $K_n^*$ , le capital naturel auquel on peut pas, ou difficilement, substituer du capital construit.

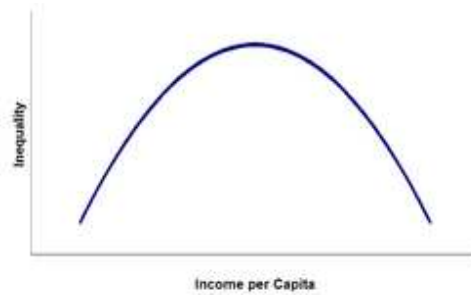
Le capital construit est produit grâce à l'utilisation de ressources naturelles. Cela aboutit à la conclusion de l'existence de limites de l'extension possible de ce capital construit. Certains auteurs de ce courant parlent alors de « *capital naturel critique* » pour signifier que l'utilisation des ressources doit s'arrêter en deçà des seuils limites.

### **3.2. Les hypothèses du cercle vertueux CRE: CEK et Porter (1991)**

L'enjeu des questions relatives au développement durable concerne notamment l'impact sur la compétitivité. Or, selon le cercle vertueux CRE qui vient d'être présenté une amélioration de la compétitivité devrait mener selon l'hypothèse macroéconomique d'une courbe environnementale de Kuznets, à la protection de l'environnement via l'augmentation du revenu par tête, puis une protection de l'environnement accru devrait mener à une amélioration de la compétitivité selon l'hypothèse microéconomique de Porter selon laquelle la recherche de l'avantage comparatif dans une configuration de normes environnementale forte incite les entreprises au progrès technique.

#### La courbe environnementale de Kuznet (CEK)

La première étape de cette boucle est donc l'hypothèse avancée par Grossman et Krueger (1995) selon laquelle la courbe de Kuznets peut être observée dans le domaine de l'environnement. Cette courbe suggère donc que le niveau de développement d'un pays (le plus souvent exprimé en termes de revenu moyen par habitant) est susceptible d'avoir un effet positif sur l'environnement. La donnée d'entrée est donc le PIB/hab, et la donnée de sortie (résultante) le degré de pression sur l'environnement (l'environnement étant le plus souvent entendu ici comme « cadre de vie »).



Cela indique qu'initialement la qualité environnementale se détériore avec la hausse du revenu et qu'à partir d'un certain niveau de richesse la croissance économique s'accompagnerait d'une amélioration de l'état de l'environnement. Cela induit que la société aura les moyens et la volonté de réduire le niveau de pollution. Pour cela, une série des facteurs doivent être réunis pour que lorsqu'un certain niveau de développement est atteint, cela engendre une amélioration relative de la qualité environnementale. Parmi ces facteurs Selden et Song (1994) cite :

- Une élasticité-revenu positive pour la qualité de l'environnement.
- Des changements dans la composition de la consommation et de la production (exemple : 'verdissement' de la demande ; augmentation de la part du secteur des services, c'est-à-dire tendance vers une économie immatérielle ; etc.).
- Une amélioration du niveau d'éducation et de sensibilisation environnementale.
- Les systèmes politiques soient plus ouverts et les lobbies environnementaux exercent plus de pression.

Dans une perspective d'échange extérieur, Grossman et Krueger (1993) montrent que les gains de l'échange, en d'autres termes l'effet richesse de la libéralisation, deviennent la condition permissive de l'amélioration de l'environnement. Cependant, non seulement, le point de retournement, se situe aux alentours des de 8000\$ par tête, mais de plus, deux autres conditions doivent être remplies, à savoir, la libéralisation des échanges doit effectivement engendrer une augmentation des revenus, et la répartition des gains de l'échange doit être égalitaire pour rendre accessible à tous le dividende environnemental de la libéralisation.

De plus, beaucoup d'études ont montré l'existence d'une monotonie croissante ou décroissante entre la pollution et le revenu par tête. Meunié A. (2004) montre par exemple, que « *non seulement cette courbe n'est décelée que pour quelques polluants aux effets localisés, mais même dans ce cas, de nombreuses critiques méthodologiques fragilisent sa portée* ». La relation de

Kuznets est, généralement vraie pour des polluants aux effets locaux, comme le dioxyde de soufre, mais, en revanche, pour les polluants aux effets globaux sur l'environnement elle n'a pas pu vraiment être validée sur de longues périodes<sup>2</sup>.

Dans cette logique, le niveau de vie, au sens large, permis par un accroissement du revenu par tête, serait une des clés de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Or, la validité du cercle vertueux CRE passe alors par une vérification de cette courbe lorsqu'on prend en compte non pas exclusivement les émissions polluantes issues du système productif mais l'intégralité des émissions engendré par l'activité économique d'un pays. Ainsi, pour savoir si une telle courbe répond aux objectifs de soutenabilité forte, nous devons prendre comme indicateur les émissions de CO<sub>2</sub>/tête.

### L'hypothèse de Porter

La seconde étape du cercle vertueux CRE repose sur la théorie « win-win » proposée par Porter (1991) puis par Porter et Van Der Linde (1995) selon laquelle dans une configuration de normes environnementale forte, une recherche d'un avantage comparatif amène à protéger l'environnement. Cette théorie s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle les entreprises soumises à une réglementation environnementale stricte risquent à priori d'augmenter leurs coûts de dépollution, cependant, dans une perspective dynamique, ces coûts supplémentaires (ou leur simple perspective) vont pousser les entreprises à une révision générale de leur processus de production et donc à l'innovation. Ainsi, les efforts d'innovation peuvent non seulement aboutir à réduire les coûts de dépollution, mais également à augmenter la productivité de l'entreprise. Cet accroissement de la productivité résulte soit d'une amélioration de la qualité des biens offerts, soit d'une meilleure utilisation des intrants. Porter et Van Der Linde s'appuient sur une multitude d'études empiriques et en concluent que dans une perspective de concurrence entre pays, une réglementation environnementale stricte serait une source d'avantage comparatif. Cependant, Palmer, Oates, et Portney (1995) soulignent que les études empiriques ne permettent pas de justifier une théorie générale d'accroissement profitable de la productivité, notamment du fait que certaines de celles-ci vont à l'encontre de l'hypothèse de Porter. Cette théorie met l'accent sur le principe d'efficacité prôné par le courant de la soutenabilité faible en faisant de l'innovation et

---

<sup>2</sup> Depuis 1994-1995, il existe une masse de publications qui élargissent le champ des polluants retenus, des données étudiées, et qui amendent ou rejettent l'hypothèse d'une telle courbe.



du progrès la pierre angulaire d'un développement soutenable. Ainsi, dans le cadre de l'analyse de la validité du cercle vertueux CRE et dans le cadre de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, nous devons nous intéresser aux émissions engendrées par le système productif. Nous allons donc retenir comme indicateur l'intensité carbone qui dans ce domaine rend compte du progrès technique intégré au système productif.

#### **4. Indice de développement humain et environnemental : proposition de méthode**

Le cercle vertueux est censé mener à un développement humain soutenable. Mais si ce cercle existe, existe-t-il pour une version faible de la soutenabilité ou pour une vision forte. Pour évaluer le lien entre développement et émissions de CO<sub>2</sub>, il était donc nécessaire de construire un indicateur de développement humain qui puisse rendre compte des impacts environnementaux comme les émissions de CO<sub>2</sub> à côté des traditionnelles *capabilities*. Nous avons donc proposé un indice de développement soutenable à partir de la méthodologie proposée par Chakravarty (2003) permettant de construire un indice de développement humain généralisé. Cette méthodologie permet d'étendre l'IDH traditionnel à d'autres dimensions comme l'environnement en intégrant d'autres attributs comme les émissions de CO<sub>2</sub>.

##### **4.1. Méthodologie**

Un indice général de développement humain décrit par Chakravarty (2003) pour k attribut de bien-être donne une grille théorique dans laquelle l'IDH peut être étendu à des composantes environnementales. Les propriétés suggérées par l'auteur garantissent que la méthodologie de l'IDH ne remet en cause les objectifs de la mesure originale.

Soit  $x_i$  la valeur d'un attribut  $i$  pour un pays donné où  $i=1,2,\dots,k$ . On note les bornes minimum et maximum de  $x_i$  respectivement par  $m_i$  et  $M_i$ . L'intervalle  $[m_i ; M_i]$  est un sous-ensemble de  $\mathbb{R}$ . sous l'hypothèse que  $m_i < M_i$ , l'intervalle ouvert  $(m_i ; M_i)$  est non vide et si  $m_i = M_i$  alors l'intervalle  $[m_i ; M_i]$  est un singleton (Chakravarty, 2003).

Selon Chakravarty, un indicateur de  $i$  est une fonction réelle  $A$  qui associe des valeurs  $A(x_i, m_i, M_i)$  pour chaque  $x_i \in [m_i, M_i]$ . Il suppose pour des raisons techniques que cet indicateur est deux fois différentiable, ce qui implique la continuité de  $A$ . Il suggère alors

plusieurs propriétés qui doivent être satisfaites pour généraliser l'IDH si et seulement si il peut être écrit sous la forme :

$$A(x_i, m_i, M_i) = f\left(\frac{x_i - m_i}{M_i - m_i}\right)$$

Où  $f: [0,1] \rightarrow \mathbf{R}$  est deux fois différentiable, croissante, strictement concave, avec  $f(0) = 0$  et  $f(1) = 1$ .

Cinq propriétés sont alors proposées :

- i. Normalisation : 
$$A(x_i, m_i, M_i) = 0 \text{ if } x_i = m_i$$
  
$$= 1 \text{ if } x_i = M_i$$
- ii. Monotonie : à  $m_i$  et  $M_i$  donnés, une augmentation de  $x_i$  induit une augmentation de  $A$ .
- iii. Invariance par translation :  $A(x_i, m_i, M_i) = A(x_i + c, m_i + c, M_i + c)$  avec  $c$ , tout scalaire tel que  $m_i + c \geq 0$
- iv. Homogénéité : pour tout  $c > 0$ ,  $A(x_i, m_i, M_i) = A(cx_i, cm_i, cM_i)$
- v. Faible gain de l'indicateur pour les différences concernant les valeurs hautes : soit  $x_i \in [m_i, M_i]$  pour tout niveau atteint par l'attribut  $i$ . Pour tout  $\delta > 0$  tel que  $\delta \in [m_i, M_i]$ , l'ampleur du gain de l'indicateur  $A(x_i + \delta, m_i, M_i) - A(x_i, m_i, M_i)$  est une fonction décroissante de  $\delta$ .

La normalisation signifie que le niveau d'un indicateur pour un attribut  $i$  est 0 et 1 dans les cas extrêmes quand l'attribut admet une valeur minimum et maximum. Sous la propriété de monotonie, une augmentation de la valeur pour toute dimension augmente la valeur de l'IDH. Invariance par translation répond quand à elle directement aux critiques de l'IDH avant 1994 (Costantini et Monni, 2008). Il dit que si la valeur actuelle d'un attribut ainsi que ses bornes inférieure et supérieure sont augmenté de la même valeur absolue, alors il n'y a pas de changement dans la valeur de l'indicateur. La propriété d'homogénéité requière l'insensibilité d'un indicateur à l'unité de mesure de l'attribut. Ainsi, un faible gain de l'indicateur pour les hauts niveaux de différences atteints signifie que l'augmentation de l'indicateur à des niveaux faible est supérieure à une augmentation équivalente à des niveaux plus élevés.

Sous ces axiomes, la forme fonctionnelle de l'IDH pour  $k$  attribut peut être écrite comme suit :

$$IDH = \sum_{i=1}^k \frac{[x_i - m_i]}{[M_i - m_i]}$$

Pour intégrer à l'IDH des considérations environnementales, nous adoptons un attribut environnemental qui remplit quatre de ces cinq conditions. En effet, pour avoir un attribut qui découle des stratégies écologique, nous avons opté pour un attribut mesuré en unité physique. Or, dans ce cas, si les quatre premières propriétés sont pertinentes, ce n'est pas le cas de la cinquième propriété qui traduit la loi de l'utilité marginale. En effet, si cette loi s'applique aux considérations humaines, elle n'est en revanche pas significative pour ce qui concerne les considérations physiques. Par exemple, une augmentation de CO2 de 0,5 tonne à 1 tonne a le même impact environnemental qu'une augmentation de 1 tonne à 1,5.

Pour construire un Indicateur de Développement Humain Soutenable (IDHS), nous utilisons la forme fonctionnelle proposé par Chakravarty (2003) comprenant les trois attributs traditionnel que sont la longévité, l'éducation, et le niveau de vie ( $k = 1,2,3$ ) auxquels nous adjoignons un attribut environnemental ( $k = 4$ ). L'IDHS est alors la moyenne arithmétique de ces quatre index. Soit  $X_1$ , l'index de longévité,  $X_2$ , l'index d'éducation,  $X_3$ , l'index de niveau de vie, et  $X_4$ , l'index environnemental, nous pouvons écrire :

$$IDHS = \frac{1}{4} (X_1 + X_2 + X_3 + X_4)$$

#### 4.2. IDHE fort vs IDHE faible

Le choix des attributs du pilier environnemental devait donc permettre de faire la différence entre une forme faible et une forme forte de la soutenabilité dans le but de savoir si le cercle vertueux CRE s'applique à l'une ou l'autre des visions. Nous avons déjà mentionné que l'hypothèse de Porter traite exclusivement du système productif ce qui induit qu'elle répond à une vision faible de la soutenabilité. En revanche pour que le cercle CRE soit véritablement efficace en termes de développement humain soutenable, l'hypothèse de la CEK devrait répondre à une soutenabilité forte c'est à dire s'appliquer à l'ensemble des émissions engendré par l'activité économique. Ainsi, en comparant les niveaux de développement atteint par les pays lorsqu'il est mesuré par un indicateur de développement humain soutenable faible et un indicateur de développement humain

soutenable fort, nous pourrions voir si le cercle CEK est validé sous le principe de soutenabilité faible et/ou forte.

Si les attributs traditionnels ne portent pas à discussion, en revanche les attributs exprimant les impacts environnementaux en termes d'enjeux du changement climatique doivent respecter les propriétés énoncées. Ainsi, pour construire l'indicateur de développement humain soutenable dans sa version faible, nous avons retenu comme attribut environnemental, l'intensité carbone qui exprime les émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB, et pour construire l'indicateur de développement humain soutenable dans sa version forte, nous avons retenu les émissions de CO<sub>2</sub> par tête. Dans un premier temps nous avons transformé ces deux attributs en indice compris entre 0 et 1, en suivant la méthodologie présentée précédemment. Pour cela, nous avons choisis pour les émissions par unité de PIB une valeur maximum de 2,07 kt qui correspond à la valeur maximum pour 2005 atteinte par un pays (soit le Kazakhstan), et 40 pour les émissions par tête qui correspond à la borne incluant l'ensemble des niveaux d'émissions par tête hors Qatar, le Koweït étant le second plus gros émetteur de CO<sub>2</sub> par tête avec 37,5t (pour exemple, le Luxembourg atteint 25t/tête). Dans un second temps, nous avons effectué les calculs pour l'IDHS dans sa forme forte et faible pour l'ensemble des pays (la liste complète des pays est présentée en annexe). Nous avons par la suite observé des groupes de pays particuliers afin d'en observer les particularités.

#### Vue globale :

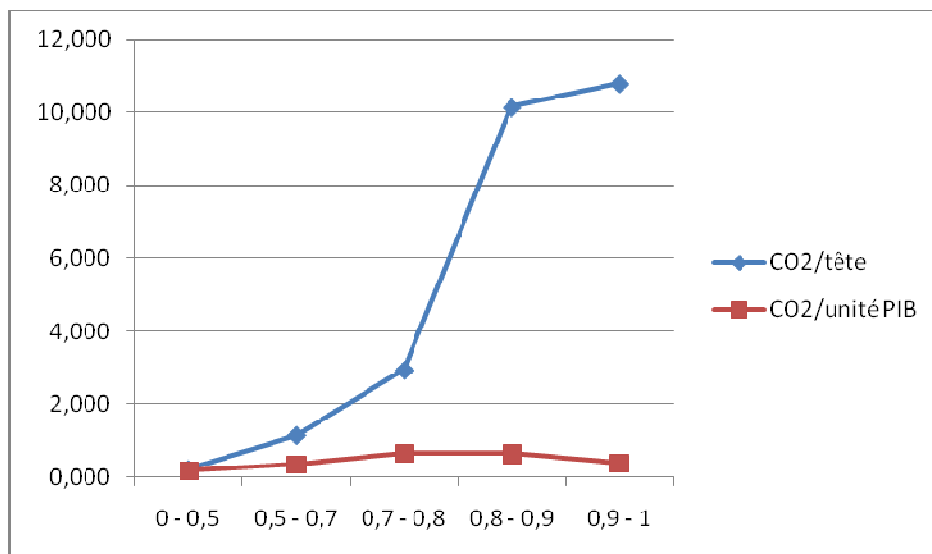
Afin d'avoir une vue d'ensemble, nous avons regroupé les pays par tranche de valeur de leur IDH. Ainsi le tableau 1 présente les cinq tranches, avec les valeurs moyennes par tranche pour l'IDH, les émissions de CO<sub>2</sub> par tête, les émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB, l'IDHS dans sa version forte et faible, la différence entre ces deux IDSH, et la variation entre l'IDHS version forte et faible avec l'IDH traditionnel.

gr	Tranche	IDH	CO <sub>2</sub> /tête	CO <sub>2</sub> / PIB	IDHS Fort	IDHS Faible	Fort - Faible	IDHS Fort - IDH	IDHS Faible - IDH
1	0,9-1	0,945	10,796	0,383	0,891	0,912	-0,021	-0,054	-0,032
2	0,8-0,9	0,842	10,138	0,645	0,827	0,802	0,025	-0,153	-0,174

3	0,7-0,8	0,755	2,942	0,656	0,799	0,738	0,061	-0,009	-0,066
4	0,5-0,7	0,586	1,152	0,356	0,684	0,648	0,036	0,013	-0,019
5	0-0,5	0,420	0,226	0,183	0,566	0,542	0,023	0,069	0,049

Ainsi nous pouvons observer que les pays ayant des niveaux d'IDH élevé ont affiché des meilleures performances en termes d'IDHS faible que fort. En effet, les pays dont l'IDH est compris entre 0,9 et 1 (groupe 1) affichent, en moyenne, une perte de 0,021 lorsque leur niveau de développement est évalué par un IDHS forte (0,891) par rapport à un IDHS faible (0,912). Nous pouvons noter que c'est la seule tranche pour laquelle l'évaluation par l'IDHS fort est moins importante que celle pour l'IDHS faible. Cela vient du fait que si les émissions de CO2 par unité de PIB ont été réduites grâce à l'incorporation du progrès technique dans le processus productif et au développement d'activités économiques moins polluantes comme le secteur des services, en revanche, les émissions de CO2 par tête sont très élevées du fait d'un mode de vie très énergivore. La tendance que l'on observe est que le processus de développement entraîne effectivement une diminution des émissions de CO2 par unité de PIB comme le postule le cercle CRE mais en parallèle, il entraîne une augmentation des émissions de CO2 par tête dans des proportions considérables, comme le montre le graphique 2.

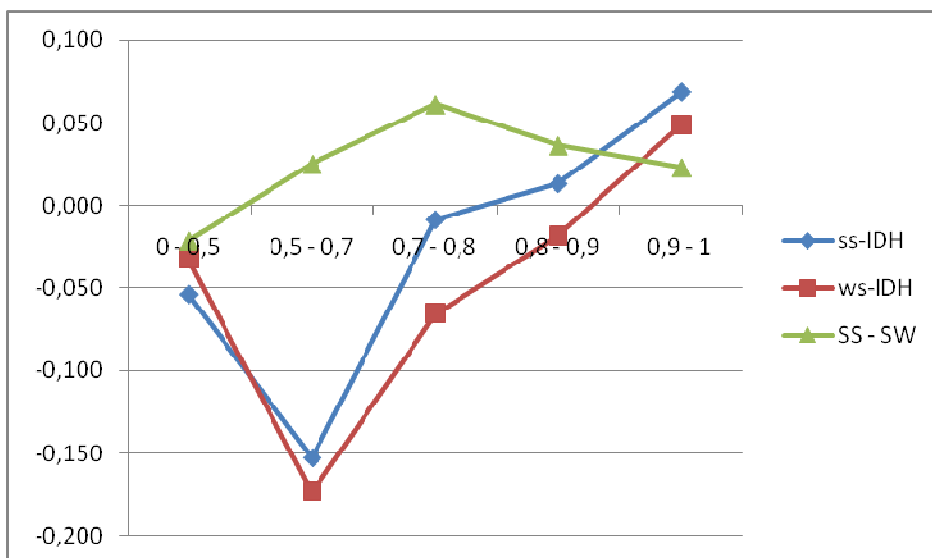
Figure 2 - Emissions de CO2 par tête et par unité de PIB en fonction des niveaux de développement



Cependant, ce groupe n'est pas le plus sensible à l'introduction de la soutenabilité environnementale via les émissions de CO2. En effet, la tranche des pays dont l'IDH est compris

entre 0,8 et 0,9 (groupe 2) est celle qui perd le plus de point en termes d'évaluation du développement. En effet, si la différence entre l'introduction de la soutenabilité forte et faible n'est pas remarquable, en revanche la perte engendrée par cette introduction par rapport à l'IDH est des plus importantes avec -0,153 pour la soutenabilité forte et -0,174 pour la soutenabilité faible. En effet, pour ces pays, les émissions de CO2 par tête atteignent déjà des niveaux importants, voir semblables à ceux du groupe 1 alors qu'ils gardent également des émissions de CO2 par unité de PIB importante n'ayant à priori pas incorporé de progrès technique ou transférer leur activité économique vers des activités peu polluante. Ce pic apparaitre sur la figure 3 où l'on peut observé que la diminution de l'évaluation du développement lorsqu'il intègre la dimension environnementale est la plus importante par rapport à l'évaluation de l'IDH traditionnel.

Figure 3 - impact de l'introduction de la soutenabilité forte et faible dans l'évaluation du développement par rapport à l'IDH



Nous pouvons également observer pour les pays dont l'IDH est compris entre 0,7 et 0,8 (groupe 3) qu'il existe une différence importante (la plus importante) entre une évaluation du développement intégrant une soutenabilité forte et une soutenabilité faible (0,061) en faveur de la soutenabilité faible cette fois. En effet, si les émissions de CO2 par unité de PIB sont élevées au même niveau que celles du groupe 2, en revanche les émissions de CO2/tête sont bien en deçà des groupes précédents. Cela indique que si le système productif est dans la phase haute des émissions n'incorporant que de façon limité le progrès technique, comme le groupe 2,

revanche les modes de vie ne se sont pas encore modifier dans un sens « trop » polluant. Cependant, quel que soit la version de la soutenabilité qui a été intégrée, l'évaluation du développement des pays de ce groupe entraîne une diminution par rapport à l'IDH.

Pour le groupe de pays ayant des niveaux d'IDH compris entre 0,7 et 0,5 (groupe 4), nous pouvons voir que, comme pour le groupe 3, l'intégration d'une soutenabilité forte est meilleure en termes d'évaluation que l'introduction d'une soutenabilité faible. En effet, ces pays gagnent en moyenne des points dans l'évaluation de leur développement par l'IDHS forte par rapport à l'IDH (0,013) alors qu'ils en perdent dans l'évaluation de leur développement par l'IDHS faible par rapport à l'IDH (-0,019).

Enfin pour les pays dont l'IDH est inférieur à 0,5 (groupe 5), l'intégration de la soutenabilité dans sa version forte comme faible entraîne une meilleure évaluation de leur développement du fait de la faiblesse des émissions de CO<sub>2</sub> que ce soit par unité de PIB ou par tête. Cela traduit un faible développement du système productif ainsi que des modes de vie peu émetteur. Cependant puisque ces pays sont amenés à ce développé, il est fort probable qu'il suive le schéma de développement des pays des autres groupes en termes d'émissions.

A partir de cette analyse nous avons établi un rapport entre le niveau de développement et le niveau des émissions par tête et par unité de PIB. Ce rapport, présenté sur la figure 3, est exprimé à travers les indices dimensionnels construit pour chaque type d'émissions. Nous pouvons alors décomposer en trois phases le processus de développement soutenable.

- Premièrement, il existe une phase de transition qui apparaît lorsque le niveau d'IDH se situe entre 0,7 et 0,8. Durant cette phase les émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB augmentent fortement<sup>3</sup> du fait du développement du système productif lequel n'incorpore le progrès technique que de façon limitée. En revanche, les émissions par tête restent faibles.
- Cette première phase est suivie d'une seconde phase, lorsque le niveau de développement est compris entre 0,8 et 0,9. Durant cette phase, les émissions de CO<sub>2</sub> par tête augmentent fortement et les émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB restent inchangées par rapport à la

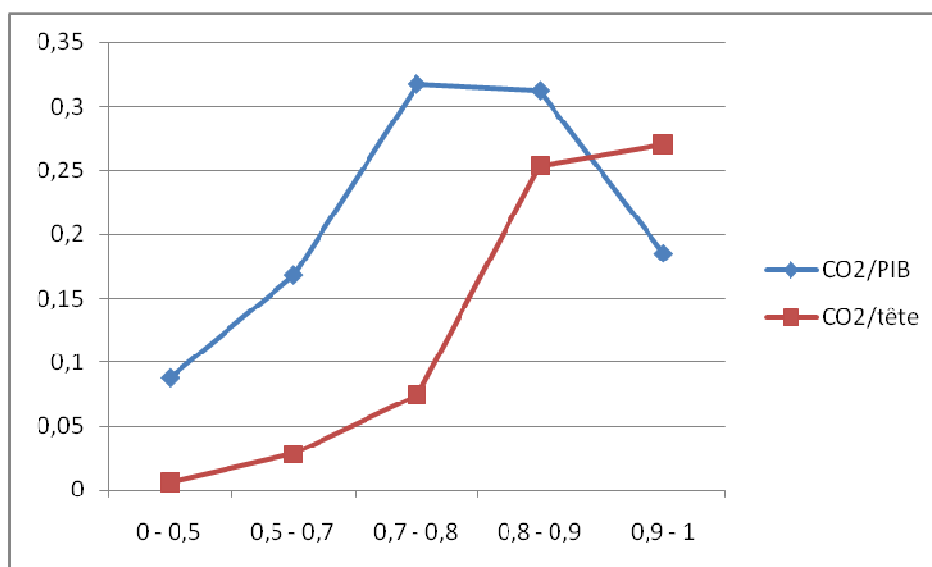
---

<sup>3</sup> L'indice de CO<sub>2</sub> par unité de PIB double, passant de 0,168 à 0,317.

première phase. L'augmentation des émissions par tête vient du transfert des gains de compétitivité. Or, ces transferts induisent des modifications des modes de vie plus émettrices de CO<sub>2</sub>. Cette phase peut être qualifiée d'« explosion polluante ».

- Enfin, la troisième phase, s'observe alors lorsque le niveau de développement est compris entre 0,9 et 1. Les émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB diminuent car le système productif incorpore un plus fort progrès technique et car l'activité économique se développe autour de secteur moins polluant comme le tertiaire. En revanche, durant cette phase, les émissions de CO<sub>2</sub> par tête continu d'augmenter même si cette augmentation est plus modérer que durant la phase 2 puisque les modes de vie restent inchangés.

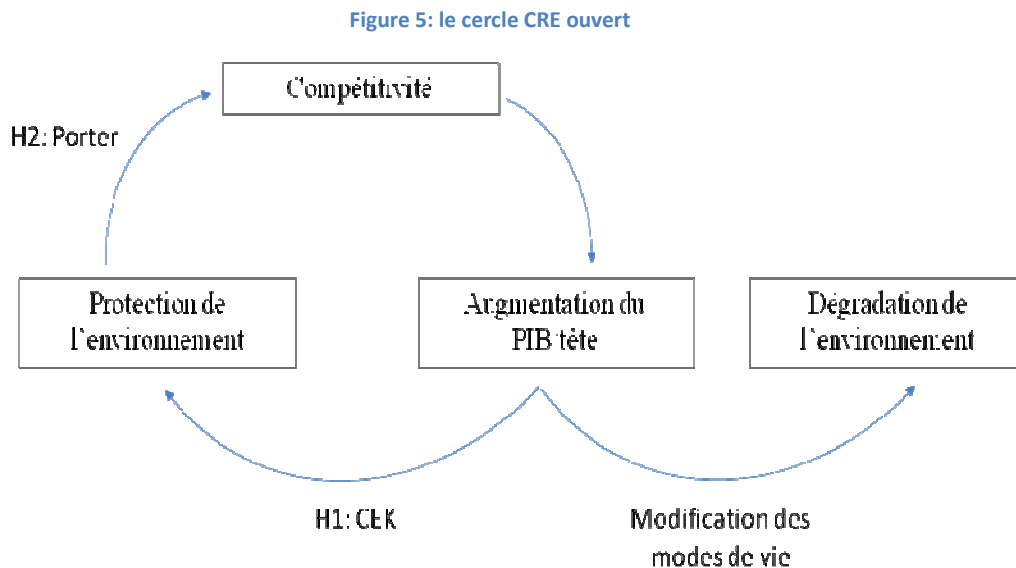
Figure 4 - indice d'émission par tête et par unité de PIB en fonction du niveau de développement



A partir de cette analyse globale, nous pouvons conclure que si le cercle CRE semble être validé dans ce cas d'une soutenabilité faible, en revanche il ne l'est pas dans le cas d'une soutenabilité forte. En effet, l'introduction des émissions de CO<sub>2</sub> par tête vise ici à pointer la non soutenabilité des modes de vie de ces pays qui ont pourtant accès à un fort niveau de développement. Ces résultats nous permettent de conclure qu'une forte compétitivité de la part des pays qui permet d'accéder à un fort niveau de développement n'induit pas une protection de l'environnement forte en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>, comme le supposait la courbe environnementale de Kuznets. En effet, si l'amélioration du niveau de vie permet d'obtenir des meilleurs résultats en termes



d'émissions issues du système productif, en revanche, il a pour conséquence d'augmenter les émissions par tête du fait de la modification des modes de vie au profit d'activités plus polluantes. Ainsi, il existe un certain seuil de développement où le cercle CRE connaît une « fuite » comme l'illustre la figure 2.



### Les Petites Economies Insulaires

Si on s'intéresse maintenant plus particulièrement aux petits espaces insulaires (PEI) tel que définit par la CNUCED (liste complète en annexe). Nous pouvons remarquer sur le tableau 3, que 10 sur 24 PEI se situent dans le groupe 3 ( $0,7 < IDH < 0,8$ ) et que 7 sur 24 dans le groupe 2 ( $0,8 < IDH < 0,9$ ). Au total, la majeure partie d'entre eux (70%) sont dans les phases 1 et 2 c'est-à-dire ayant de fortes émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB et sont amenés à augmenter leurs émissions de CO<sub>2</sub> par tête lors de leurs développements. Ce constat est d'autant plus inquiétant que 10 d'entre eux appartiennent au groupe 3 c'est à dire au groupe allant commencer sa phase d'« explosion polluante ».

**Tableau 3**

<b>Pays</b>	<b>IDH</b>	<b>IDHS Fort</b>	<b>IDH Faible</b>	<b>Phase de dév.</b>
Singapore	0,922	0,865	0,884	3
Bahrain	0,866	0,750	0,742	2
Seychelles	0,843	0,840	0,829	2
Saint Kitts and Nevis	0,821	0,846	0,839	2
Tonga	0,819	0,857	0,845	2
Antigua and Barbuda	0,815	0,824	0,806	2
Trinidad and Tobago	0,814	0,705	0,613	2
Mauritius	0,804	0,837	0,824	2
Dominica	0,798	0,839	0,817	1
Saint Lucia	0,795	0,833	0,800	1
Samoa	0,785	0,834	0,819	1
Dominican Republic	0,779	0,821	0,794	1
Grenada	0,777	0,816	0,798	1
Fiji	0,762	0,814	0,793	1
Saint Vincent and the Grenadines	0,761	0,810	0,786	1
Guyana	0,750	0,801	0,756	1
Jamaica	0,736	0,777	0,674	1
Cape Verde	0,736	0,798	0,789	1
Vanuatu	0,674	0,753	0,737	0
Sao Tome and Principe	0,654	0,737	0,703	0
Solomon Islands	0,602	0,700	0,676	0
Comoros	0,561	0,670	0,660	0
Papua New Guinea	0,530	0,645	0,625	0
Haiti	0,529	0,646	0,630	0
Réunion <sup>4</sup>	0,870	..	..	2

Enfin, avec un niveau d’IDH de 0,870, La Réunion est à l’étape charnière où l’amélioration de son intensité carbone doit s’accompagner d’une réduction des émissions de CO2 par tête si elle souhaite s’encren durablement dans un processus de développement soutenable.

<sup>4</sup> Les calculs sont également en cours en ce qui concerne la région de La Réunion. En effet, si les données sont disponibles en ce qui concerne les émissions de CO2 par tête, les bilans de l’intensité carbone sont en cours de finalisation par l’ARER.

## 5. Conclusion

La construction d'un indicateur de développement humain soutenable à pour but de rendre compte, au-delà du niveau de développement atteint, la soutenabilité potentielle de ce développement. Cet indicateur permet notamment de moduler à la baisse l'évaluation des pays dont le mode de production et le mode de vie engendrent des fortes émissions de CO<sub>2</sub> malgré un niveau de développement fort. Cet outil, trouve un intérêt particulier lors de la comparaison avec l'IDH traditionnel. En effet, les différences qu'ils font apparaître apportent une information sur les impacts en termes d'émission des processus de fonctionnement des pays. De plus, l'utilité d'un tel outil, aux vus des enjeux environnementaux notamment du changement climatique, est d'effectuer un suivi temporel visant à instaurer des politiques de développement permettant de réduire les impacts en termes d'émission des modes de production et de consommation. Enfin, la possibilité d'avoir deux types d'IDHS reposant tout deux sur des types de soutenabilité différente, permet d'observer l'origine des risques de non soutenabilité, s'ils attrahent plutôt aux choix de développement du système productif ou plus globalement à ceux des modes de vie.

L'analyse qui a été menée met en exergue que le cercle vertueux Compétitivité-Revenu-Environnement répond au principe de la soutenabilité faible, mais ne répond pas, en revanche, au principe de soutenabilité forte. En effet, à partir des données globales, nous avons identifié trois phases liant le processus de développement et les émissions de CO<sub>2</sub>. Cela fait apparaître qu'il existe bien une diminution des émissions de CO<sub>2</sub> par unité de PIB montrant l'existence d'une amélioration de l'intensité carbone comme le postule la courbe environnementale de Kuznets. En revanche, les modifications de mode de vie engendrées par le développement augmentent les émissions de CO<sub>2</sub> par tête ce qui vient infirmer la possibilité d'un développement soutenable à terme.

En s'intéressant plus particulièrement aux implications pour les PEI, nous pouvons constater que la majeure partie de ces pays se situe dans la phase 1 du processus de développement c'est à dire qu'ils n'ont pas encore commencé leur explosion polluante. Cela signifie que des politiques de sensibilisation devront être mises en place afin d'éviter une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> par tête. Les autres pays, comme la Réunion, se situent dans la phase 2, c'est à dire que l'amélioration de son intensité carbone doit s'accompagner d'une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par tête si elle souhaite s'enraciner durablement dans un processus de développement soutenable.

La question subséquente porte alors sur les moyens de rétablir le cercle CRE. Cette question peut se décliner en deux temps : A quelle niveau de développement se situe exactement le seuil où apparait la fuite ? Et auquel des piliers du développement (niveau de revenu, niveau d'éducation, niveau de vie) ce seuil est-t-il corrélé ?

## ANNEXE

### Annexe 1

Rang IDH	Pays	IDH	CO2/ tête	CO2/ PIB	IDH Fort	IDH Faible	Variation IDHS Forte-Faible	Variation IDHS Fort- IDH	Variation IDHS Faible-IDH
1	Iceland	0,968	7,60	0,240	0,929	0,947	-0,019	-0,040	-0,021
2	Norway	0,968	19,10	0,530	0,857	0,912	-0,055	-0,111	-0,056
3	Australia	0,962	16,20	0,580	0,870	0,901	-0,031	-0,092	-0,061
4	Canada	0,961	20,00	0,690	0,846	0,887	-0,042	-0,115	-0,074
5	Ireland	0,959	10,50	0,310	0,904	0,932	-0,028	-0,055	-0,027
6	Sweden	0,956	5,90	0,210	0,930	0,942	-0,012	-0,026	-0,014
7	Switzerland	0,955	5,40	0,170	0,933	0,946	-0,013	-0,023	-0,009
8	Japan	0,953	9,90	0,360	0,903	0,921	-0,018	-0,050	-0,032
9	Netherlands	0,953	8,70	0,300	0,910	0,929	-0,018	-0,043	-0,024
10	France	0,952	6,00	0,230	0,927	0,936	-0,010	-0,026	-0,016
11	Finland	0,952	12,60	0,450	0,885	0,910	-0,024	-0,067	-0,042
12	United States	0,951	20,60	0,560	0,835	0,896	-0,061	-0,117	-0,055
13	Spain	0,949	7,60	0,330	0,914	0,922	-0,008	-0,035	-0,027
14	Denmark	0,949	9,80	0,330	0,901	0,922	-0,021	-0,049	-0,027
15	Austria	0,948	8,60	0,290	0,907	0,926	-0,019	-0,041	-0,022
16	United Kingdom	0,946	9,80	0,340	0,898	0,918	-0,020	-0,048	-0,028
17	Belgium	0,946	9,70	0,340	0,899	0,918	-0,020	-0,047	-0,028
18	Luxembourg	0,944	25,00	0,480	0,802	0,900	-0,098	-0,142	-0,044
19	New Zealand	0,943	7,70	0,350	0,909	0,915	-0,006	-0,034	-0,028
20	Italy	0,941	7,80	0,300	0,907	0,920	-0,013	-0,034	-0,021
21	Hong Kong, China (SAR)	0,937	5,50	0,190	0,918	0,930	-0,011	-0,019	-0,007
22	Germany	0,935	9,80	0,380	0,890	0,905	-0,015	-0,045	-0,030
23	Israel	0,932	10,40	0,470	0,884	0,892	-0,008	-0,048	-0,040

24	Greece	0,926	8,80	0,430	0,890	0,893	-0,003	-0,037	-0,033
25	Singapore	0,922	12,30	0,480	0,865	0,884	-0,019	-0,057	-0,038
26	Korea (Republic of)	0,921	9,70	0,510	0,880	0,879	0,001	-0,041	-0,042
27	Slovenia	0,917	8,10	0,430	0,887	0,886	0,001	-0,030	-0,031
28	Cyprus	0,903	9,20	0,450	0,870	0,873	-0,003	-0,033	-0,030
29	Portugal	0,897	5,60	0,310	0,888	0,885	0,002	-0,009	-0,012
30	Brunei Darussalam	0,894	24,00	„				-0,894	-0,894
31	Barbados	0,892	4,70	„				-0,892	-0,892
32	Czech Republic	0,891	11,40	0,660	0,847	0,839	0,008	-0,044	-0,052
33	Kuwait	0,891	37,10	1,810	0,686	0,700	-0,013	-0,205	-0,191
34	Malta	0,878	6,10	0,360	0,870	0,865	0,005	-0,008	-0,013
35	Qatar	0,875	79,30	„				-0,875	-0,875
36	Hungary	0,874	5,60	0,370	0,871	0,861	0,010	-0,004	-0,013
37	Poland	0,870	8,00	0,680	0,853	0,820	0,032	-0,018	-0,050
38	Argentina	0,869	3,70	0,310	0,879	0,864	0,014	0,010	-0,005
39	United Arab Emirates	0,868	34,10	1,570	0,688	0,711	-0,024	-0,180	-0,157
40	Chile	0,867	3,90	0,380	0,876	0,854	0,022	0,009	-0,013
41	Bahrain	0,866	23,90	1,300	0,750	0,742	0,008	-0,116	-0,124
42	Slovakia	0,863	6,70	0,510	0,855	0,836	0,020	-0,008	-0,027
43	Lithuania	0,862	3,80	0,320	0,873	0,858	0,015	0,011	-0,004
44	Estonia	0,860	14,00	1,120	0,808	0,760	0,048	-0,053	-0,100
45	Latvia	0,855	3,00	0,280	0,873	0,857	0,015	0,018	0,002
46	Uruguay	0,852	1,60	0,190	0,879	0,866	0,013	0,027	0,014
47	Croatia	0,850	5,30	0,480	0,854	0,830	0,025	0,004	-0,020
48	Costa Rica	0,846	1,50	0,170	0,875	0,864	0,011	0,029	0,018
49	Bahamas	0,845	6,70	„				-0,845	-0,845
50	Seychelles	0,843	6,70	0,440	0,840	0,829	0,011	-0,003	-0,014
51	Cuba	0,838	2,30	„				-0,838	-0,838
52	Mexico	0,829	4,20	0,460	0,846	0,816	0,029	0,017	-0,013
53	Bulgaria	0,824	5,50	0,720	0,834	0,781	0,053	0,010	-0,043
54	Saint Kitts and Nevis	0,821	3,20	0,220	0,846	0,839	0,007	0,025	0,018
55	Tonga	0,819	1,10	0,160	0,857	0,845	0,012	0,038	0,026
56	Libyan Arab Jamahiriya	0,818	9,30	„				-0,818	-0,818
57	Antigua and Barbuda	0,815	6,00	0,460	0,824	0,806	0,018	0,009	-0,009
58	Oman	0,814	13,60	0,880	0,776	0,754	0,021	-0,039	-0,060
59	Trinidad and Tobago	0,814	24,90	2,050	0,705	0,613	0,092	-0,109	-0,201
60	Romania	0,813	4,20	0,540	0,834	0,795	0,039	0,021	-0,018
61	Saudi Arabia	0,812	13,60	1,020	0,774	0,736	0,038	-0,038	-0,076
62	Panama	0,812	1,80	0,280	0,848	0,825	0,023	0,036	0,013
63	Malaysia	0,811	7,50	0,760	0,811	0,766	0,045	0,000	-0,045

64	Belarus	0,804	6,60	1,030	0,812	0,729	0,083	0,008	-0,075
65	Mauritius	0,804	2,60	0,240	0,837	0,824	0,013	0,033	0,020
66	Bosnia and Herzegovina	0,803	4,00	„				-0,803	-0,803
67	Russian Federation	0,802	10,60	1,170	0,785	0,710	0,075	-0,017	-0,092
68	Albania	0,801	1,20	0,260	0,843	0,819	0,024	0,042	0,018
69	Macedonia (TFYR)	0,801	5,10	0,830	0,819	0,751	0,068	0,018	-0,050
70	Brazil	0,800	1,80	0,240	0,839	0,821	0,018	0,039	0,021
71	Dominica	0,798	1,50	0,260	0,839	0,817	0,022	0,041	0,019
72	Saint Lucia	0,795	2,20	0,380	0,833	0,800	0,032	0,038	0,005
73	Kazakhstan	0,794	13,30	2,070	0,762	0,596	0,167	-0,032	-0,199
74	Venezuela (Bolivarian Republic of)	0,792	6,60	1,200	0,803	0,699	0,104	0,011	-0,093
75	Colombia	0,791	1,20	0,190	0,836	0,820	0,015	0,045	0,029
76	Ukraine	0,788	7,00	1,180	0,797	0,698	0,099	0,009	-0,090
77	Samoa	0,785	0,80	0,160	0,834	0,819	0,014	0,049	0,034
78	Thailand	0,781	4,20	0,560	0,810	0,768	0,041	0,029	-0,013
79	Dominican Republic	0,779	2,20	0,330	0,821	0,794	0,026	0,042	0,015
80	Belize	0,778	2,90	0,440	0,815	0,780	0,035	0,037	0,002
81	China	0,777	3,80	0,700	0,809	0,748	0,061	0,032	-0,029
82	Grenada	0,777	2,70	0,290	0,816	0,798	0,018	0,039	0,021
83	Armenia	0,775	1,20	0,310	0,824	0,794	0,030	0,049	0,019
84	Turkey	0,775	3,20	0,450	0,811	0,777	0,034	0,036	0,002
85	Suriname	0,774	5,20	0,780	0,798	0,736	0,062	0,024	-0,038
86	Jordan	0,773	2,90	0,660	0,812	0,750	0,062	0,039	-0,023
87	Peru	0,773	1,10	0,220	0,823	0,803	0,020	0,050	0,030
88	Lebanon	0,772	4,20	0,920	0,803	0,718	0,085	0,031	-0,054
89	Ecuador	0,772	2,20	0,600	0,815	0,757	0,059	0,043	-0,015
90	Philippines	0,771	1,00	0,220	0,822	0,802	0,020	0,051	0,031
91	Tunisia	0,766	2,30	0,320	0,810	0,786	0,024	0,044	0,020
92	Fiji	0,762	1,20	0,240	0,814	0,793	0,021	0,052	0,031
93	Saint Vincent and the Grenadines	0,761	1,70	0,290	0,810	0,786	0,024	0,049	0,025
94	Iran (Islamic Republic of)	0,759	6,40	0,930	0,779	0,707	0,072	0,020	-0,052
95	Paraguay	0,755	0,70	0,180	0,812	0,795	0,017	0,057	0,040
96	Georgia	0,754	0,80	0,320	0,811	0,777	0,034	0,057	0,023
97	Guyana	0,750	1,90	0,470	0,801	0,756	0,045	0,051	0,006
98	Azerbaijan	0,746	3,80	1,060	0,786	0,681	0,104	0,040	-0,065
99	Sri Lanka	0,743	0,60	0,150	0,804	0,789	0,014	0,061	0,046
100	Maldives	0,741	2,50	„				-0,741	-0,741
101	Jamaica	0,736	4,00	1,060	0,777	0,674	0,103	0,041	-0,062
102	Cape Verde	0,736	0,70	0,110	0,798	0,789	0,009	0,062	0,053

103	El Salvador	0,735	0,90	0,200	0,796	0,777	0,019	0,061	0,042
104	Algeria	0,733	5,50	0,990	0,765	0,680	0,085	0,032	-0,053
105	Viet Nam	0,733	1,20	0,470	0,792	0,743	0,049	0,059	0,010
106	Occupied Palestinian Territories	0,731	0,20	„				-0,731	-0,731
107	Indonesia	0,728	1,70	0,530	0,785	0,732	0,053	0,057	0,004
108	Syrian Arab Republic	0,724	3,80	1,110	0,769	0,659	0,110	0,045	-0,065
109	Turkmenistan	0,713	8,80	„				-0,713	-0,713
110	Nicaragua	0,710	0,70	0,240	0,778	0,754	0,025	0,068	0,044
111	Moldova	0,708	1,80	1,050	0,770	0,654	0,116	0,062	-0,054
112	Egypt	0,708	2,30	0,580	0,767	0,711	0,056	0,059	0,003
113	Uzbekistan	0,702	5,30	3,070	0,743	0,406	0,338	0,041	-0,296
114	Mongolia	0,700	3,10	1,900	0,756	0,546	0,210	0,056	-0,154
115	Honduras	0,700	1,10	0,360	0,768	0,732	0,037	0,068	0,032
116	Kyrgyzstan	0,696	1,10	0,650	0,765	0,693	0,072	0,069	-0,003
117	Bolivia	0,695	0,80	0,310	0,766	0,734	0,032	0,071	0,039
118	Guatemala	0,689	1,00	0,250	0,761	0,737	0,024	0,072	0,048
119	Gabon	0,677	1,00	0,160	0,752	0,738	0,013	0,075	0,061
120	Vanuatu	0,674	0,40	0,150	0,753	0,737	0,016	0,079	0,063
121	South Africa	0,674	9,80	0,990	0,694	0,636	0,058	0,020	-0,038
122	Tajikistan	0,673	0,80	0,680	0,750	0,673	0,077	0,077	0,000
123	Sao Tome and Principe	0,654	0,50	0,310	0,737	0,703	0,034	0,083	0,049
124	Botswana	0,654	2,40	0,230	0,726	0,713	0,013	0,072	0,059
125	Namibia	0,650	1,20	0,190	0,730	0,715	0,015	0,080	0,065
126	Morocco	0,646	1,40	0,340	0,726	0,693	0,032	0,080	0,047
127	Equatorial Guinea	0,642	10,50	1,570	0,666	0,542	0,124	0,024	-0,100
128	India	0,619	1,20	0,440	0,707	0,661	0,046	0,088	0,042
129	Solomon Islands	0,602	0,30	0,210	0,700	0,676	0,023	0,098	0,074
130	Lao People's Democratic Republic	0,601	0,20	0,130	0,700	0,685	0,014	0,099	0,084
131	Cambodia	0,598	(.)	0,020				-0,598	-0,598
132	Myanmar	0,583	0,20	„				-0,583	-0,583
133	Bhutan	0,579	0,20	„				-0,579	-0,579
134	Comoros	0,561	0,10	0,090	0,670	0,660	0,010	0,109	0,099
135	Ghana	0,553	0,30	0,160	0,663	0,645	0,017	0,110	0,092
136	Pakistan	0,551	0,80	0,410	0,658	0,614	0,045	0,107	0,063
137	Mauritania	0,550	0,80	0,440	0,658	0,609	0,048	0,108	0,059
138	Lesotho	0,549	„	„				-0,549	-0,549
139	Congo	0,548	1,00	0,860	0,655	0,557	0,098	0,107	0,009
140	Bangladesh	0,547	0,30	0,150	0,658	0,642	0,016	0,111	0,095
141	Swaziland	0,547	0,80	0,200	0,655	0,636	0,019	0,108	0,089
142	Nepal	0,534	0,10	0,080	0,650	0,641	0,009	0,116	0,107

143	Madagascar	0,533	0,10	0,190	0,649	0,627	0,022	0,116	0,094
144	Cameroon	0,532	0,30	0,120	0,647	0,635	0,013	0,115	0,103
145	Papua New Guinea	0,530	0,40	0,190	0,645	0,625	0,020	0,115	0,095
146	Haiti	0,529	0,20	0,140	0,646	0,630	0,016	0,117	0,101
147	Sudan	0,526	0,30	0,170	0,643	0,624	0,019	0,117	0,098
148	Kenya	0,521	0,30	0,300	0,639	0,605	0,034	0,118	0,084
149	Djibouti	0,516	0,50	0,250	0,634	0,607	0,027	0,118	0,091
150	Timor-Leste	0,514	0,20	,,				-0,514	-0,514
151	Zimbabwe	0,513	0,80	0,420	0,630	0,584	0,046	0,117	0,071
152	Togo	0,512	0,40	0,290	0,632	0,599	0,033	0,120	0,087
153	Yemen	0,508	1,00	1,250	0,625	0,480	0,145	0,117	-0,028
154	Uganda	0,505	0,10	0,050	0,628	0,623	0,005	0,123	0,118
155	Gambia	0,502	0,20	0,120	0,625	0,612	0,013	0,123	0,110
156	Senegal	0,499	0,40	0,280	0,622	0,590	0,031	0,123	0,091
157	Eritrea	0,483	0,20	0,170	0,611	0,592	0,019	0,128	0,109
158	Nigeria	0,470	0,90	0,920	0,597	0,491	0,105	0,127	0,021
159	Tanzania (United Republic of)	0,467	0,10	0,180	0,600	0,579	0,021	0,133	0,112
160	Guinea	0,456	0,10	0,070	0,591	0,584	0,008	0,135	0,128
161	Rwanda	0,452	0,10	0,060	0,588	0,582	0,007	0,136	0,130
162	Angola	0,446	0,70	0,290	0,580	0,549	0,031	0,134	0,103
163	Benin	0,437	0,30	0,290	0,576	0,543	0,033	0,139	0,106
164	Malawi	0,437	0,10	0,140	0,577	0,561	0,016	0,140	0,124
165	Zambia	0,434	0,20	0,230	0,574	0,548	0,027	0,140	0,114
166	Côte d'Ivoire	0,432	0,30	0,200	0,572	0,550	0,022	0,140	0,118
167	Burundi	0,413	(,)	0,050				-0,413	-0,413
168	Congo (Democratic Republic of the)	0,411	(,)	0,060				-0,411	-0,411
169	Ethiopia	0,406	0,10	0,130	0,554	0,539	0,015	0,148	0,133
170	Chad	0,388	0,00	0,010	0,541	0,540	0,001	0,153	0,152
171	Central African Republic	0,384	0,10	0,060	0,537	0,531	0,007	0,153	0,147
172	Mozambique	0,384	0,10	0,110	0,537	0,525	0,013	0,153	0,141
173	Mali	0,380	(,)	0,050				-0,380	-0,380
174	Niger	0,374	0,10	0,130	0,530	0,515	0,015	0,156	0,141
175	Guinea-Bissau	0,374	0,20	0,240	0,529	0,502	0,028	0,155	0,128
176	Burkina Faso	0,370	0,10	0,080	0,527	0,518	0,009	0,157	0,148
177	Sierra Leone	0,336	0,20	0,270	0,501	0,469	0,031	0,165	0,133

## Annexe 2



les PEI au sens de la CNUCED : , à savoir Antigua et Barbuda, Bahamas, Barbade, Bahreïn, Cap Vert, Comores, Dominique, Fidji, Grenade, Haïti, Maurice, Maldives, Iles Salomon, Jamaïque, Papouasie Nouvelle Guinée, République Dominicaine, Saint Kitts-et-Nevis, Saint Vincent et les Grenadines, Sainte Lucie, Sao Tomé-et-Principe, Samoa, Seychelles, Singapour, Timor Oriental, Trinidad et Tobago, Tonga, Vanuatu.

## REFERENCES

Atkinson, G., Dubourg, R., Hamilton, K., Munasinghe, M., Pearce, D et Young, D. (1997). *Measuring sustainable development: macroeconomics and the environment*. Edward Edgar Publishing Limited, Royaume-Uni.

Banque Mondiale (2010), « Développement durable et changement climatique », *Rapport sur le développement dans le monde*, version préliminaire.

Bontems, P. et Rotillon, G. (2007). *Croissance, emploi et développement*. La Découverte, coll. Repères, n°488.

Chakravarty SR. (2003). « A generalized human development index », *Review of Development Economics*,

Cobb, C., et Cobb, J.B. (1994). *The Green National Product: A Proposed Index of Sustainable Economic Welfare*. Lanham, Maryland, University Press of America.

Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (1987). « Notre avenir à tous ». *Rapport Brundtland*, trad. franç., Editions du fleuve, Montreal, 1988.

Constantini V. et Monni S. (2008). « Environment, human development and economic growth » *Ecological Economics*, Elsevier.

Duharcourt, P. (2007). « Croissance potentielle et développement ». *Rapport du Conseil Economique et Social*, République française.

Everett, G. et Wilks, A. (1999). « The world's bank genuine savings indicator: a useful measure of sustainability? ». Bretton-Woods Project (<http://www.bretton-woodsproject.org>).

Godard, O. (2004). « La pensée économique face à la question de l'environnement ». Dans:

Goodland R. (1995), « The concept of environmental sustainability », *Annual Review of Ecology and Systematic*, 26, 1-24.

Gormely, P.J. (1995). « The human development index in 1994: impact of income on country rank ». *Journal of Economic and Social Measurement*, 21, 253-267.

Grossman GM. et Krueger AB. (1995). «Economic growth and the environment », The *Quarterly Journal of Economics*, JSTOR.

Hartwick J.M. (1977), « Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources », *American Economic Review*, Chicago, 67(5), 972-974.

Hotelling H. (1931), « The economics of exhaustible resources », *Journal of Political Economy*, 39 (2), 137-175.

Jany-Catrice, J. et Gadrey, J. (2007). *Les nouveaux indicateurs de richesse*. La Découverte, coll. Repères, n°404.

Lucas, R.E. (1988). « On the mechanisms of economic development ». *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.

Mazumdar, K. (2003). « A new approach to human development index ». *Review of Social Economy*, 61(4), 535-549.

Mc Gillivray, M. (1991). « The human development index: yet another redundant composite development indicator? ». *World Development*, 19, 1461-1468.

Meunié A. (2004). « Controverses autour de la courbe environnementale de Kuznets », *Document de Travail du CED*, Bordeaux.

Murray, J.L. (1993). « Development data constraints and the human development index ». Dans :

Noorbakhsh, F. (1998). « A modified human development index ». *World Development*, 26(3), 517-528.

Nordhaus, W. et Tobin, J. (1973). « Is growth obsolete? », *Cowles foundation's paper*, n°398.

ONU (2010). Rapport sur les objectifs du Millénaire pour le développement.

Palmer K., Oates WE., Portney PR (1995). « Tightening environmental standards: The benefit-cost or the no-cost paradigm? », *The Journal of Economic Perspectives*, JSTOR.

Pearce DW. et Warford JJ. (1993). « World without end: Economics, environment, and sustainable development », Washington, The World Bank, New-York, Oxford University Press.

Porter M. (1991), « American's Green Strategy », *Scientific American*, 264, 168.

Porter M. et Van der Linde C. (1995). « Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship », *The Journal of Economic Perspectives*, JSTOR.

PNUD (1990). *Rapport Mondial sur le Développement Humain 1990*. Oxford University Press, New York.

PNUD (1995). *Rapport Mondial sur le Développement Humain 1995*. Oxford University Press.

PNUD (2008). *Rapport Mondial sur le Développement Humain 2007/2008*. Oxford University Press.

Sagar, A.D. et Najam, A. (1998). « The human development index: a critical review ». *Ecological Economics*, 25, 249-264.

Sen, A.K. (1983). « Development: Which way now? ». *Economic Journal*, 93, 745-762.

Sen, A.K. (1993). « Capability and well-being ». Dans : Sen, A. et Nussbaum, M. (eds), *The Quality of Life*, Clarendon Press, Oxford.

Selden, T.M. et D. Song (1994). « Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 27; pp.147-162.

Solow RM. (1986), « On the intergenerational allocation of natural resources », *The Scandinavian Journal of Economics*, JSTOR.

Stiglitz, J., Sen, A., et Fitoussi JP. (2009). *Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social*.