

CROISSANCE ET ENVIRONNEMENT: LA PENSEE ET LES FAITS

Bertrand Hamaide

Facultés universitaires Saint-Louis, Bruxelles, Belgique

Sylvie Faucheux

Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines, et Université de Paris Grand Ouest, France

Martin Neve

Facultés universitaires Saint-Louis, Bruxelles, Belgique

Martin O'Connor

Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines, France

Résumé

Cet article aborde brièvement la relation entre croissance et environnement dans l'histoire de la théorie économique (des physiocrates aux néo-classiques) et situe cette relation comme un thème dans le développement de la littérature en économie environnementale. Il expose ensuite de manière comparative deux paradigmes de l'économie environnementale (économie de l'environnement au sens large versus économie écologique) et donc les approches faible et forte de la soutenabilité. Il confronte ensuite ces deux paradigmes à propos de la croissance et de la courbe environnementale de Kuznets et réalise une analyse empirique de cette courbe et des découplages éventuels qu'elle pourrait induire pour le dioxyde de carbone en Belgique et dans d'autres pays, pour en tirer des conclusions contemporaines quant à la relation entre croissance et environnement.

Abstract

This paper briefly describes the relation between growth and environment in the history of economic theory (from physiocrats to neo-classical economists) and situates this relation as a theme in the development of the environmental economics literature. It then compares two paradigms of the economics of the environment (environmental economics broadly defined versus ecological economics) and the resulting approaches of weak and strong sustainability. It confronts these two paradigms about growth and the Environmental Kuznets Curve and undertakes an empirical analysis of that curve and the resulting presence or absence of decoupling for carbon dioxide in Belgium and in various other countries, so as to draw contemporary conclusions about the growth and environment relation.

JEL classification: Q00, Q01, Q54, Q56, Q57

1. Histoire de l'environnement en économie

Du temps des physiocrates, la terre était l'actif, le facteur de production essentiel pour l'économie. Quesnay, le chef de file du mouvement, estimait que seule la production agricole permet de dégager un produit net, ou un surplus, ou encore une multiplication spontanée des quantités physiques produites (Faucheux et Noël, 1995) grâce au don gratuit de la nature que procure la terre. Le produit social annuel d'une nation n'est donc autre que ce que l'on appellerait aujourd'hui le Produit National de l'agriculture; ni l'industrie ni le commerce ne peuvent ajouter quoi que ce soit à la richesse nationale car ces activités, qualifiées de stériles, ne font que transformer des biens sans création de surplus. Pour les physiocrates, la richesse nationale était donc foncière, l'agriculture était la seule créatrice de richesse, la terre était un input critique et l'environnement - limité à la protection et à l'exploitation de la terre - revêtait une place centrale dans l'économie.

Plus tard, à partir du dernier quart du 18^e siècle, l'avènement de l'Ecole Classique et le manuel d'Adam Smith "Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations", publié en 1776, furent souvent considérés comme le moment de la naissance de l'économie politique moderne. Pour Smith, la terre est une ressource naturelle marchande - donc appréhendée par l'analyse économique - puisqu'elle est limitée en quantité et peut être appropriée. Elle garde un rôle moteur dans l'économie, à la fois dans le secteur agricole et dans le secteur industriel. Contrairement aux physiocrates, la richesse n'est plus foncière, mais elle est produite, et elle est réelle car la valeur d'échange d'un bien est déterminée par la quantité de travail nécessaire à sa production.

Un dénominateur commun chez les économistes classiques est la croyance dans un état stationnaire à long terme: autrement dit, la croissance économique ne peut perdurer à long terme et tendra irrémédiablement vers une stabilisation. C'est la terre, encore une fois, qui y joue un rôle prédominant. Malthus avait mis en avant la rareté absolue des terres alors que Ricardo estima plus tard que cette rareté est relative - on commence à cultiver les terres les plus fertiles avant d'aller vers des terres moins fertiles. Cela dit, le maintien du salaire à long terme à un niveau de subsistance, proposé par Malthus, couplé à la croissance de la rente différentielle - différence entre le prix de production déterminé par les conditions de production sur les plus mauvaises terres et le prix de production sur les terres les plus fertiles - sous l'effet des rendements décroissants en agriculture, réduit le profit à long terme. L'accumulation de capital décroît alors au fur et à mesure du temps et de l'utilisation des terres de moins en moins fertiles. On arrive alors vers un état stationnaire de long terme où l'investissement net est nul, le capital et la population constantes, et le taux de croissance de l'économie tombe donc à zéro.

Si l'état stationnaire est perçu comme un échec inéluctable chez les Classiques, Mill, au contraire, n'est pas loin d'en faire l'apologie puisqu'il relève que la croissance de la population et de la production - donc la croissance économique - entraîne avec elle des coûts sociaux et environnementaux (O'Connor, 1997); la société idéale s'évertuerait alors à se diriger vers cet état stationnaire inéluctable avant d'y être contrainte. On est ici très proche des thèses développées par le Club de Rome, mentionnées plus loin dans cette section.

Autant les économistes classiques ont insisté sur l'importance des relations entre économie - et donc croissance économique - et environnement - matérialisé par les ressources naturelles,

et essentiellement, par la terre - autant l'école néoclassique, jusque récemment, accorde une bien moindre importance à la relation économie-environnement.

En économie néoclassique, la terre apparaît comme pouvant aisément être remplacée par le travail et/ou le capital. La fonction de production standard qui sert de fondement à la théorie de la croissance, la Cobb-Douglas, n'utilise d'ailleurs plus que deux facteurs de production: le travail et le capital. Comme expliqué par Faucheux et Noël (1995), cet état de fait est dû à deux raisons majeures: tout d'abord, l'abondance de la majorité des ressources naturelles est telle qu'elles ne sont pas considérées comme des biens économiques et encore moins comme des facteurs de production; ensuite, les ressources naturelles telles que la terre, dotées d'un prix qui ne tient pas seulement aux coûts d'extraction et qui font l'objet de transactions sur le marché foncier, sont déjà contenues dans le facteur capital.

Les années soixante-dix, avec les deux chocs pétroliers et la preuve d'une raréfaction d'un nombre croissant de ressources, vont remettre les préoccupations environnementales au goût du jour. Bien évidemment, cela ne signifie nullement qu'*aucun* économiste néoclassique ne considérerait les problèmes environnementaux avant cette époque. En effet, dès les années trente, deux personnes ont contribué à créer ce qui sera appelé plus tard l'économie des ressources naturelles - Hotelling, via l'analyse de l'exploitation des ressources épuisables (Hotelling, 1931) - et l'économie de l'environnement - Pigou, via l'économie du bien-être et l'internalisation des externalités (Pigou, 1920). Cela dit, force est de constater que les problèmes environnementaux et les ressources naturelles ont été éludés jusqu'à ce que les ressources naturelles marchandes (épuisables, mais aussi renouvelables) retrouvent la place qu'elles avaient dans la théorie classique et soient considérées comme un capital spécifique, qualifié par Solow (1991) de capital naturel. C'est donc à partir des années soixante-dix que l'économie environnementale devient un domaine d'analyse à part entière. C'est également à cette époque que Passet (1979) publie son livre devenu "classique" et qui traite de la réinsertion de l'analyse économique dans une pensée systémique de la biosphère et de la régulation des systèmes complexes. Cela donnera naissance à deux écoles différentes, deux philosophies différentes, que l'on pourrait qualifier d'un côté d'"optimiste" et de l'autre côté, de "pessimiste", qui contribueront toutes deux à des visions différentes et au débat sur le développement soutenable jusqu'à ce jour (Vivien, 2005).

Des chercheurs, regroupés au sein du Club de Rome, ont publié en 1972 le livre "The Limits to Growth" (Meadows et al., 1972), ainsi que sa suite "Beyond the Limits" vingt ans plus tard (Meadows et al., 1992) et une mise à jour supplémentaire une trentaine d'années après la parution du manuel original (Meadows et al., 2004). Ils y affirment que si les tendances actuelles (économiques et environnementales) se perpétuent, beaucoup de ressources naturelles seront épuisées à moyen terme, ce qui limitera, voire empêchera, toute croissance future. En d'autres termes, une croissance exponentielle conduit le système à un effondrement à terme puisqu'un nombre de plus en plus important d'individus interagissent économiquement et environnementalement (en exploitant les ressources dont certaines sont épuisables et d'autres, renouvelables, voient leur capacité de régénération dépassées) dans un monde qui, lui, est fini. Comme les Classiques, il y a, pour ces "pessimistes", un mouvement inéluctable vers un état stationnaire. Ces chercheurs parlaient donc déjà de croissance économique non soutenable sans utiliser ces termes.

Au contraire de ce courant de pensée, des "optimistes" comme Simon (1981) ou Lomborg (2001) notent que les problèmes environnementaux actuels sont de moindre gravité que par le passé et/ou de moindre gravité que ce qui est généralement rapporté par les adeptes du Club

de Rome. Ils affirment également que la rareté des ressources va s'inverser, grâce aux ressources alternatives qui pourront économiquement se développer en cas d'augmentation du prix des ressources épuisables, et que la croissance économique favorise la qualité de l'environnement au-delà d'un certain niveau de développement. En cela, ils adoptent le comportement néoclassique standard et prolongent les travaux d'Hotelling et Pigou via la création des deux branches de l'économie environnementale au sens large que sont l'économie des ressources naturelles et l'économie de l'environnement, et qui insèrent toutes deux les problématiques environnementales dans le cadre des méthodes d'analyse de l'économie néoclassique.

L'autre école, celle des "pessimistes", contribuera à la création d'une troisième branche, l'économie écologique, qui a vu le jour dans les années quatre-vingt et dont l'histoire des idées a été résumée pour la première fois en 1987 (Martinez-Alier, 1987). Cette discipline part du principe que l'environnement ne peut qu'être étudié de manière transdisciplinaire en incluant l'économie et les sciences naturelles (essentiellement l'écologie et la thermodynamique). Le cadre d'analyse dépasse celui de l'économie néo-classique puisque le système économique est maintenant perçu comme faisant partie d'un système plus large, la terre, ou la biosphère. Cela ne remet pas en cause toute l'économie de l'environnement et l'économie des ressources naturelles mais seulement sa mise en perspective.

La relation théorique et empirique entre croissance et environnement, selon les deux écoles de pensée, est abordée aux Sections 4 et 5. Les deux prochaines sections, quant à elles, traitent de la manière dont les "optimistes" (Section 2) et les "pessimistes" (Section 3) abordent le développement durable et la croissance ou le développement économique. Comme dans Fauchaux et O'Connor (1998), les approches "faible" et "forte" du développement durable sont abordées de manière comparative, mais on se concentrera exclusivement sur un aspect quantitatif : la croissance et le développement économique sont synonymes d'augmentation du PIB (Produit Intérieur Brut) et, tout comme la décroissance d'ailleurs, n'induisent donc rien de précis par rapport aux attentes d'objectifs sociaux et environnementaux (Vivien, 2010). Par contre, le développement est un processus plus qualitatif impliquant des transformations économiques, sociales et politiques (Demazières, 2007). Si, pour les "pessimistes", il existe des limites à la croissance, il n'y en a pas nécessairement pour le développement puisqu'il reste possible d'améliorer sa santé, son éducation, son niveau d'instruction et sa qualité de vie dans une logique différente de la logique de croissance économique.

2. Economie de l'environnement, soutenabilité faible et croissance économique

Suite à la raréfaction des ressources naturelles et aux crises pétrolières des années soixante-dix, l'économie néo-classique a considéré, après les "trente glorieuses", les biens et services écologiques comme issus des stocks existants de capital naturel. Daly (1994) définit le capital naturel comme "le stock qui est produit du flux des ressources naturelles: la population des poissons dans l'océan qui génère le flux de pêche allant dans le marché; la forêt sur pied à l'origine du flux d'arbres coupés; les réserves de pétrole dans le sol dont l'exploitation fournit le flux de pétrole à la pompe."

Intégrer le capital naturel dans les modèles de "croissance à la Solow" a permis de déterminer un choix "optimal" pour la société, un sentier de "croissance optimale" appelé la soutenabilité faible et visant la non décroissance dans le temps du bien-être individuel mesuré par le niveau d'utilité, de revenu ou de la consommation. En d'autres termes, pour que le bien-être

économique des générations futures soit au minimum équivalent à celui de la génération actuelle, il importe que le stock de capital à disposition de la société (capital physique *et* capital naturel) ne se réduise pas dans le temps. Cette proposition implique donc un échange temporel entre les deux formes de capital: la génération présente consomme du capital naturel et en contrepartie, elle transmet la capacité de produire des biens et services répondant aux besoins des générations futures (Solow, 1991) en leur léguant une capacité de production créée par l'homme (stock d'équipements, compétences, ...).

La non décroissance dans le temps du stock de capital afin de maintenir le niveau de bien-être des générations futures se base sur deux hypothèses et une condition. La première hypothèse implique que les différentes formes de capital sont substituables entre elles puisque la réduction de l'une doit être compensée par un accroissement de l'autre afin de maintenir l'agrégat au moins constant. La seconde hypothèse se réfère aux "backstop technologies", ou technologies de secours, considérées comme des solutions technologiques à l'épuisement ou la raréfaction des ressources naturelles. Elle stipule que l'augmentation du prix de certaines ressources naturelles en fonction de leur rareté croissante doit permettre la mise sur marché de ces technologies de secours, plus chères à l'origine, mais devenant plus rentables dans le temps (et cela présuppose encore une substitution entre ces différentes formes de capital, comme le précise Vivien(2005)).

La condition de durabilité de la consommation ou du bien-être est communément appelée Règle de Hartwick. Selon Hartwick (1977), il suffit que l'investissement soit au moins aussi important que la dépréciation du capital naturel le long du sentier. Ceci est assuré, sous certaines hypothèses, si à chaque moment, les rentes associées à l'utilisation de la ressource naturelle sont entièrement réinvesties dans la formation du capital économique. Sur base de cette règle, Solow (1986) démontre qu'un sentier de consommation non-décroissant (dit soutenable) obtenu comme sentier de valeur présente actualisée maximum, est conforme à cette règle dite de Hartwick. En effet les rentes économiques, issues de l'usage du capital naturel par la génération présente, doivent être réinvesties sous forme de capital économique reproductible qui sera transmis aux générations futures dans des proportions permettant de maintenir les niveaux de consommation réels constants au cours du temps. La règle d'Hartwick est ainsi censée réguler le transfert de capital entre les générations de manière à ce que la soutenabilité soit assurée. D'où le célèbre "indicateur de la soutenabilité faible" qui prétend que, si pendant une année donnée l'épargne investie dans le capital économique est au moins aussi important que la dépréciation du capital naturel, le niveau de consommation de l'année en question s'avère soutenable à long terme (Faucheux et O'Connor, 2003).

En résumé, dans l'optique de la soutenabilité faible, l'environnement est intégré dans l'analyse économique, la réduction de capital naturel dû à la production et à la pollution doit être compensée par une augmentation proportionnelle de capital créé par l'homme afin de garder, à disposition des générations futures, un stock de capital au moins équivalent au stock actuel et par là même, garantir leur bien-être. La croissance économique, sous cette hypothèse de substituabilité entre les différentes formes de capital, permet donc d'accroître, ou à tout le moins, de garder constant, le bien-être de la population.

3. Economie écologique, soutenabilité forte et limites à la croissance

Si les "optimistes", tenants de l'économie environnementale classique, estiment que la non décroissance du capital permet la durabilité de la consommation et du bien-être, ainsi qu'une croissance économique positive dans le temps, il n'en est pas de même pour les "pessimistes", partisans de l'économie écologique. Ces derniers intègrent l'économie dans l'écosystème terrestre, qui est fini, non croissant et matériellement fermé. Autrement dit, le système économique peut croître jusqu'à ce qu'il atteigne les limites de l'écosystème, mais il ne peut les dépasser. La croissance n'est donc pas reniée, mais elle ne peut se faire au détriment de l'environnement et est contrainte par l'écosystème. En prenant en compte les risques d'irréversibilité et l'incertitude, le principe de précaution impose à la croissance de véritables contraintes écologiques absolues; à long terme, l'état stationnaire est donc inéluctable.

Dans cette optique, l'environnement, ou le capital naturel, est donc le facteur limitant le développement économique et dont le bien-être humain dépend. Le principe de soutenabilité, dénommé soutenabilité forte, est dès lors plus contraignant que pour l'analyse néo-classique. Pour maintenir le bien-être des générations futures à un niveau au moins équivalent à celui de la génération présente, il stipule que le stock de capital naturel ne peut décroître dans le temps.

Cette définition rejette l'hypothèse de substituabilité généralisée entre capital naturel et capital économique. Vivien (2005) rappelle d'ailleurs que le capital physique est fabriqué avec de la matière et de l'énergie mais nécessite aussi de la matière et de l'énergie pour fonctionner, ce qui rend impossible une substitution complète du capital physique au capital naturel.

L'idée de maintien du stock de capital naturel exige que l'utilisation des ressources naturelles renouvelables n'excèdent pas leur taux de renouvellement, que les ressources épuisables soient extraites à un taux permettant leur remplacement par des ressources renouvelables et que les émissions de déchets soient inférieures à la capacité d'assimilation de l'environnement. Certains font un pas de plus et estiment que des services ou écosystèmes environnementaux puissent être uniques et irremplaçables, ce qui nécessiterait alors de maintenir un seuil minimal de ce capital naturel particulier. Ce capital naturel "critique" est alors défini comme l'ensemble des ressources environnementales qui, à une échelle géographique donnée, remplit d'importantes fonctions environnementales et pour lesquelles aucun substitut en termes de capital manufacturé ou humain ou même naturel n'existe (O'Connor, 2006; Faucheux et O'Connor, 2003).

En résumé, dans l'optique de la soutenabilité forte, plutôt que de vouloir intégrer l'environnement dans la sphère économique, c'est l'activité économique qui est intégrée dans la biosphère. Le capital naturel ne peut décroître dans le temps afin que les générations futures bénéficient d'un niveau au moins aussi important de ressources environnementales qu'aujourd'hui. Le capital physique n'est pas généralement substituable au capital naturel qui devient donc le facteur limitant la croissance et garantissant le bien-être des générations futures. Puisque la sphère économique est limitée par la biosphère, une croissance infinie dans le temps et dans un système fini n'est pas possible et l'état stationnaire est inéluctable à long terme.

4. Croissance et environnement ou la courbe environnementale de Kuznets

Il y a plus d'un demi siècle, Kuznets (1955) établit un lien entre le niveau des inégalités dans un pays et le développement économique de ce pays. Selon sa théorie, la relation entre revenu et inégalité de revenus suit une courbe en U inversé. Les inégalités de revenus augmentent fortement durant la première phase de développement économique d'un pays, pour ensuite diminuer une fois qu'un certain niveau de vie est atteint. Plus tard, Grossman et Krueger (1991, 1995) analysèrent les relations entre les dégradations environnementales et le revenu par habitant afin de déterminer si elles obéissent à une relation similaire. L'hypothèse est que, durant la première phase de développement économique d'un pays, il y a peu d'émissions polluantes car la production est faible, puis la pollution va s'accroître car l'industrialisation impose une pression importante sur l'environnement. Enfin, à partir d'un certain niveau de revenu, les agents commencent à prendre conscience de la valeur d'un environnement sain et la conjugaison de la modification des préférences individuelles, de l'implication du pouvoir exécutif dans les problématiques environnementales et de l'augmentation relative de l'importance des services dans le PIB des économies les plus développées tend à diminuer les dégradations environnementales. Une telle relation, lorsqu'elle existe, porte le nom de courbe environnementale de Kuznets.

Dans cette optique, la croissance devient donc la solution aux problématiques environnementales, ce qui fait référence aux thèses défendues par certains "optimistes" et ce qui va à l'encontre de la vision de certains "pessimistes". Durant ces vingt dernières années, de nombreuses recherches empiriques se sont donc attelées à déterminer si une courbe environnementale de Kuznets existait vraiment, si c'était le cas pour tous les polluants ou certains d'entre eux, si c'était le cas dans tous les pays ou certains d'entre eux et si de manière plus large, la croissance profitait réellement à l'environnement.

La plupart des études empiriques analysant la relation croissance-environnement utilisent des données en panel intégrées dans un modèle en forme réduite, quadratique ou cubique (Dinda, 2004) tel que :

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

où y est l'indicateur environnemental du pays i au temps t , x représente le revenu, z est un vecteur d'autres variables pouvant influencer les dégradations environnementales, α est la constante et ε le terme d'erreur. Les paramètres β sont estimés par la méthode des moindres carrés et déterminent la forme qu'aura la relation entre dégradations environnementales et revenus. Si $\beta_2 = \beta_3 = 0$, la relation est monotone (croissante si β_1 est positif, décroissante sinon). Si $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ et $\beta_3 = 0$, on obtient la courbe environnementale de Kuznets. Finalement, si $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ et $\beta_3 > 0$, la courbe est alors en forme de N, où l'environnement se détériore au départ, s'améliore après le revenu charnière, puis se re-détériore enfin pour un niveau de revenu suffisamment élevé.

Grossman et Krueger (1991) furent les premiers à observer la relation entre indicateurs environnementaux, essentiellement la concentration d'un polluant particulier, et niveau de revenu par habitant pour les Etats-Unis. Ils étendirent ensuite leur analyse à d'autres pays ainsi qu'à d'autres indicateurs (Grossman et Krueger, 1995). Dans cette seconde étude, les auteurs conduisent des régressions entre revenu par habitant et quatre types d'indicateurs environnementaux : un type d'indicateur pour la qualité de l'air (pollution urbaine) et trois autres sur l'état des rivières (l'oxygène présent dans l'eau, les contaminations fécales et les contaminations par métaux lourds). Leurs résultats démontrent l'existence d'une courbe environnementale de Kuznets pour la plupart des indicateurs, avec un revenu charnière aux

alentours de \$8000 par habitant. En d'autres termes, ils estiment que, dans la plupart des cas, la croissance économique ne détériore pas la qualité de l'environnement. Ils tempèrent toutefois leurs conclusions en stipulant i) que la croissance empire parfois la situation environnementale, par exemple pour les déchets et les émissions de CO₂ et ii) que si la cause majeure de la courbe en U inversé est due à l'importation de biens intensifs en pollution dans les économies plus développées, il sera difficile de dupliquer ce même comportement pour les pays actuellement en développement.

D'une part, des études empiriques suivirent et obtinrent en général des résultats semblables pour la qualité de l'air, principalement dans le cas de polluants locaux ayant un impact direct sur la santé comme le dioxyde de soufre, les particules fines ou le monoxyde de carbone (entre autres Selden et Song, 1994). Mais d'autre part, des critiques concernant tant les types de polluants analysés que la méthodologie même d'analyse se firent de plus en plus fortes et précises.

En effet, en ce qui concerne le type de polluant, de nombreux chercheurs admettent qu'une courbe environnementale de Kuznets ne peut être généralisée pour le CO₂. Holtz-Eakin et Selden (1995) proposent une analyse empirique portant sur 130 pays entre 1951 et 1986 et déduisent que les émissions de dioxyde de carbone suivraient une sorte de courbe en U inversé, mais leurs résultats sont toutefois assez peu robustes étant donné que le point d'inflexion figurerait à un niveau de revenu par habitant très élevé (\$35.428 par habitant, 1986 U.S. dollars) et hors de l'échantillon. La même analyse utilisant des données logarithmiques impliquerait même un revenu par habitant supérieur à \$8 million. De même, Aldy (2005) questionne la robustesse d'une telle courbe pour le CO₂ et affirme que dans un contexte globalisé, toutes les économies ne peuvent pas converger vers une faible intensité de carbone et un accroissement du secteur des services important des biens intensifs en carbone d'autres économies (comme l'avaient déjà suggéré Grossman et Krueger). Les courbes visibles dans certains pays ou états développés pourraient alors n'être que temporaires.

Par ailleurs, la méthodologie même est parfois remise en compte. Stern (2004) détaille pourquoi l'analyse statistique et économétrique sur laquelle se base la courbe environnementale de Kuznets n'est pas robuste, en revenant sur des soucis d'hétéroscédasticité, de simultanéité, de cointégration ou de biais dus aux variables omises. À côté de ces considérations, d'autres problèmes découlent de l'analyse en forme réduite. Le choix de la forme fonctionnelle de l'analyse empirique (quadratique ou cubique) affecte évidemment le résultat obtenu et détermine combien de points d'inflexion apparaissent (Kijima et al., 2010); pour autant que les paramètres β soient significatifs et qu'ils aient le signe attendu, une forme quadratique implique l'existence d'une courbe environnementale de Kuznets et la forme cubique impose la courbe en N.

Azar et al. (2002) et Jackson (2009) quant à eux insistent sur l'importance de dissocier découplage relatif et découplage absolu dans l'analyse de la relation entre croissance et environnement. Le découplage évoque la cassure entre dommage environnemental et croissance économique. Il est relatif lorsque les émissions d'un polluant (ou sa concentration) augmentent à un taux plus faible que la croissance économique et absolu lorsque les émissions se réduisent quand l'économie croît. Jackson (2009) montre que le Produit Mondial Brut de ces trente dernières années a bien augmenté plus vite que les émissions de CO₂, mais que le découplage est relatif et non absolu. Azar et al. (2002) arrivent à la même conclusion sur une période d'analyse similaire: dans la plupart des pays développés, les émissions de CO₂ se sont réduites par rapport au PIB mais elles ont augmenté en valeur absolue. Il en résulte

donc un niveau d'émissions globales trop élevées et croissantes dans le temps qui rendent alors le découplage relatif insuffisant si l'objectif est de stabiliser les émissions mondiales et de limiter la concentration de CO₂ à un niveau acceptable et non dangereux.

5. CO₂, croissance et environnement: analyse empirique

Les données relatives au PIB et à la population (Maddison, 2010) et les émissions historiques de CO₂ dans différents pays provenant de l'Oak Ridge National Laboratory (Boden et al., 2011) et disponibles entre 1946 et 2008 pour la Belgique, permettent d'évaluer la relation entre émissions de CO₂ et PIB par habitant (en dollars US de 1990) pour plusieurs régions, et par là même, de confirmer ou d'infirmer l'existence d'une Courbe environnementale de Kuznets ainsi que de confirmer ou d'infirmer un découplage relatif ou absolu.

Suivant la méthode de Holtz-Eakin et Selden (1995), nous opérons une régression sur un modèle en forme réduite semblable à celui spécifié à l'équation (1). L'indicateur environnemental considéré peut être, par exemple, les émissions de CO₂, les émissions par habitant ou leur logarithme, pour un pays défini, ainsi que la concentration de CO₂ pour le monde entier (puisque la concentration dépend de l'atmosphère et est donc une donnée qui ne peut être qu'agrégée mondialement). La Figure 1 illustre le cas de la Belgique avec les émissions de CO₂ (en milliers de tonnes métriques de carbone) comme indicateur environnemental. La tendance générale des données semble montrer une relation d'abord fortement croissante, qui tend ensuite à se stabiliser, voire à décroître, après qu'un certain niveau de revenu par habitant soit atteint. Afin d'analyser plus finement cette tendance, il semble intéressant d'une part, d'ajouter des courbes de tendance pour en déduire des conclusions et d'autre part, d'examiner le découplage potentiel lors de l'évolution temporelle des émissions de CO₂ et du PIB par habitant.

L'ajout d'une courbe de tendance à ces données démontre bien les problèmes rencontrés par d'autres auteurs en terme d'ajustage de courbe. Le choix d'un modèle quadratique (Figure 1a) ou cubique (Figure 1b) implique soit une courbe environnementale de Kuznets en U-inversé, soit une courbe en N. Si l'on prend en compte la forme quadratique (Figure 1a), le revenu charnière de la courbe de Kuznets se situe à \$14.885 par habitant. En remplaçant les émissions par les émissions par habitant ou leur logarithme, le revenu charnière reste similaire, respectivement à \$14.097 et \$12.194. Des conclusions similaires peuvent être tirées, entre autres, pour la France, le Royaume-Uni et les USA. L'analyse des paramètres de l'équation (1) révèle néanmoins que, outre β_1 et β_2 , β_3 est significatif et différent de zéro ($\beta_3=1e-8$). Ceci implique donc que la forme cubique, ou courbe en N (Figure 1b), doit être retenue, bien que β_3 soit très faible, et donc que la Courbe environnementale de Kuznets ne puisse être confirmée.

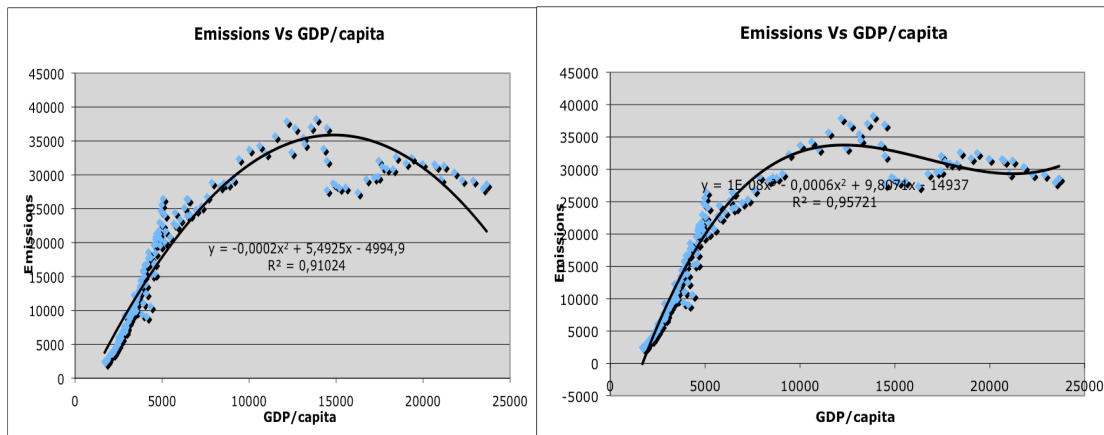


Figure 1: CO₂ en fonction du PIB réel par habitant, Belgique, forme quadratique (1a) et cubique (1b)

En indiquant le PIB belge et les émissions de CO₂ à 100 en 1950, la Figure 2a illustre bien qu'il existe un couplage jusqu'au début des années soixante et ensuite un découplage relatif. Après la seconde crise pétrolière, les émissions de CO₂ chutent pour se stabiliser par la suite. Lorsque le Protocole de Kyoto est signé fin 1997, la Belgique, comme la plupart des autres pays industrialisés, se doit d'atteindre son objectif, pour 2012, de réduction de 7,5% d'émissions de CO₂ par rapport à son niveau de 1990. La Figure 2b détaille cette période et confirme bien le découplage absolu de 1998 à 2007, les émissions ayant légèrement augmenté pour la dernière année de l'échantillon. L'analyse est identique - quoi que légèrement moins marquée - pour l'Angleterre et la France, alors que les USA, qui n'ont pas participé au Protocole de Kyoto, bénéficient d'un découplage relatif, mais *pas* absolu pour les 10 dernières années de l'échantillon (Figure 3a) et que les émissions sont couplées au PIB pour la Chine, sur tout l'échantillon, y compris pour ces dernières années (Figure 3b).

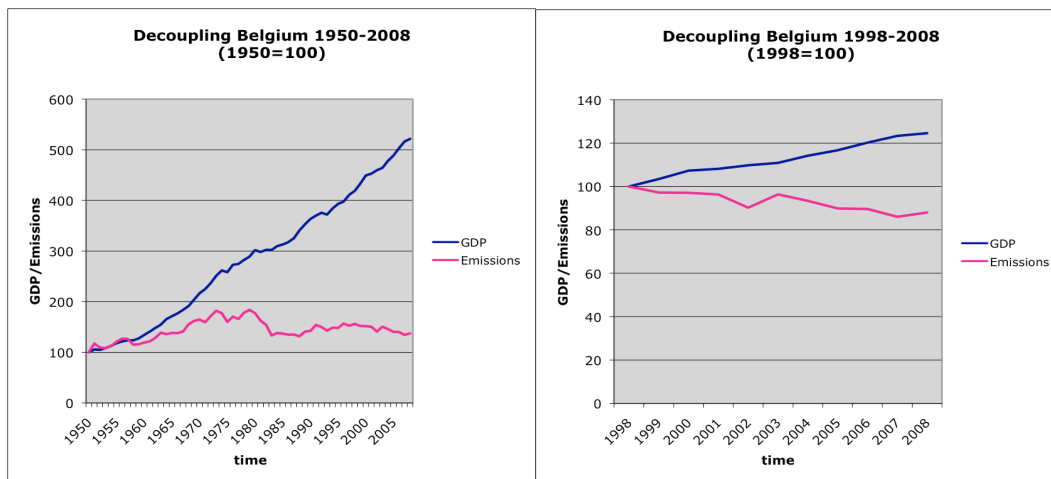


Figure 2: découplage relatif et absolu en Belgique: 1950-2008 (2a) et 1998-2008 (2b)

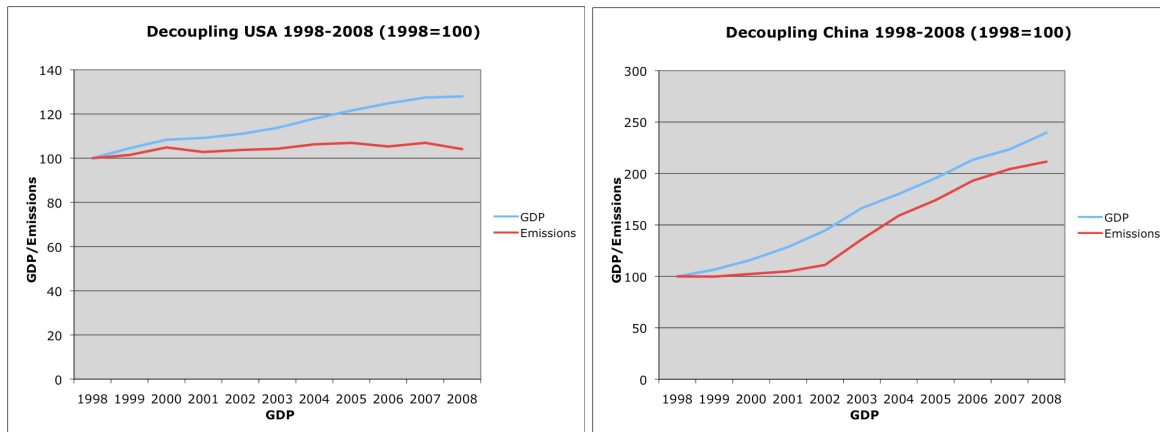


Figure 3: découplage relatif aux USA (3a) et couplage en Chine (3b) 1998-2008

Au niveau mondial, la Figure 4 illustre l'évolution entre les émissions globales de CO₂ et le PIB mondial par habitant entre 1950 et 2008. Les résultats avec les émissions par tête ou le logarithme des émissions comme variable dépendante ne sont pas rapportés ici car ils sont similaires. En ajoutant une courbe de tendance quadratique ($\beta_3=0$), le point de retournement se trouve hors échantillon (et donc non visible) à \$13299 (Figure 4). En d'autres termes, cela impliquerait que la courbe environnementale de Kuznets ne puisse exister, ou que la croissance ne puisse être globalement bénéfique pour les changements climatiques, qu'à un niveau de PIB par habitant qui serait le double de l'année 2004! Il semble donc difficile de justifier une courbe environnementale de Kuznets pour le CO₂ au niveau mondial. Cette affirmation est encore renforcée si on essaie d'appliquer la forme cubique au nuage de points car dans ce cas, β_2 et β_3 sont non significatifs; on obtient donc une relation purement monotone entre émissions de CO₂ et PIB par habitant. Bien évidemment, les données ne sont disponibles que depuis 1950 et une série plus longue aurait sans doute "adouci" ces résultats. Néanmoins, rien ne permet de corroborer l'existence d'une telle courbe de Kuznets au niveau mondial.

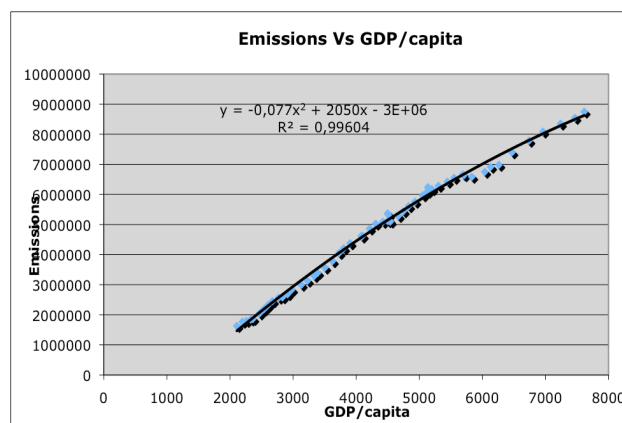


Figure 4: CO₂ en fonction du PIB réel par habitant, monde, forme quadratique

Dans bien des cas, la dégradation environnementale est due aux concentrations de polluants (stock) plutôt qu'à leurs émissions (flux). C'est d'ailleurs la concentration de différents polluants que Grossman et Krueger (1995) utilisent dans leurs analyses empiriques. Une étude mondiale peut donc estimer l'évolution de la concentration de CO₂, dont les données sont disponibles depuis 1959 via le Earth System Research Laboratory (ESRL) de la National

Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/), par rapport au PIB mondial par habitant.

La Figure 5 montre que la concentration de CO₂ semble suivre une relation monotone par rapport au PIB par habitant (courbe gris clair indiquée à 1950=100), ce qui est d'ailleurs conforme aux études du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat) prévoyant une croissance des concentrations jusque 2100 (IPCC, 2001). Si on applique néanmoins la forme quadratique aux valeurs absolues de concentrations, une courbe environnementale de Kuznets n'apparaît qu'à un revenu charnière de \$30.858, bien en dehors de l'échantillon, ce qui semble peu crédible, d'autant que le coefficient β_2 est largement non-significatif.

La possibilité d'un futur découplage absolu au niveau mondial est donc mise à mal, ce qui est confirmé par les autres courbes de la Figure 5, reliant l'évolution temporelle de trois variables indicées à 1959=100: le PIB mondial, les émissions globales de CO₂ et les concentrations de CO₂. Au début de l'échantillon et jusqu'à la seconde partie des années soixante-dix, il existe clairement un couplage entre PIB et émissions. Par la suite, le découplage est devenu relatif, jusqu'à ce jour, mais il n'a jamais été absolu; autrement dit, Le PIB augmente plus vite que les émissions de CO₂ mais les émissions mondiales ne se réduisent pas.

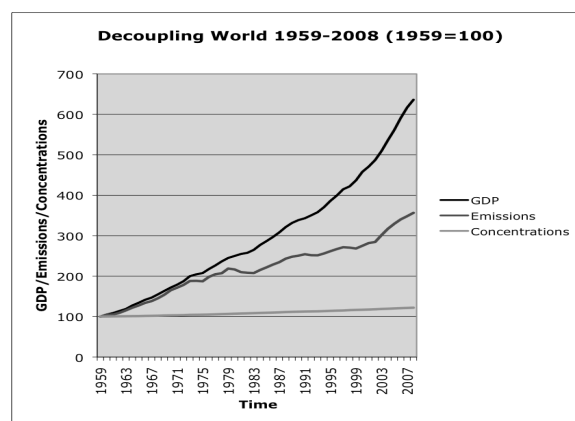


Figure 5: découplage au niveau mondial

En conclusion, affirmer que la croissance et le développement économique permettent d'amoinrir les problèmes environnementaux - ce que montre la courbe environnementale de Kuznets - est un raccourci assez rapide. Cette courbe existe certes pour des polluants locaux mais elle ne peut être généralisée pour le CO₂ au niveau global, alors que les changements climatiques sont considérés comme un des plus gros risques et soucis pour le futur. Des améliorations récentes existent dans de nombreux pays, preuve en est avec le découplage relatif - et même absolu - dans certains pays. Mais force est de constater deux éléments qui viennent tempérer les conclusions positives liant croissance et environnement. Premièrement, un niveau d'émissions trop élevé est potentiellement dangereux pour l'environnement et le découplage relatif seul est alors insuffisant. Deuxièmement, ce sont les politiques environnementales mises en place, bien plus que la croissance, qui permettent d'améliorer l'état de l'environnement, comme le prouve le découplage absolu récent de la plupart des pays qui se sont engagés dans le Protocole de Kyoto.

Bibliographie

Aldy, J. (2005). An Environmental Kuznets Curve Analysis of US State-Level Carbon Dioxide Emissions, *Journal of Environment Development*, 14 (1), 48-72.

Azar, C., J. Holmberg, S. Karlsson (2002). *Decoupling: Past Trends and Prospects for the Future*. Environmental Advisory Council, Stockholm, Suède.

Boden, T.A., G. Marland, et R.J. Andres (2011) : *Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions*. Carbon Dioxide Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001_V2011

Daly H. (1994), Operationalizing Sustainable Development by Investing in Natural Capital, In Jansson A. M., Hammer M., Folke C., Costanza R. (Eds) *Investing in Natural Capital : The Ecological Economics Approach to Sustainability*, Washington D.C., Island Press, 22-37.

Demazières, C. (2007). Trois notions aux relations complexes: un tour d'horizon des controverses, *Cahiers Français*, 337, 3-8.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis : A Survey, *Ecological Economics* 49, 431-455.

Faucheux S. et J-F Noel (1995) : *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*, Armand Collin.

Faucheux, S. et M. O'Connor (1998). *Valuation for Sustainable Development: Methods and Policy Indicators*. Edward Elgar Publishers, Cheltenham, UK.

Faucheux, S. et M. O'Connor (2003). Le capital naturel et la demande sociale pour les biens et services environnementaux. In C. Leveque et S. van Der Leeuw (Ed.), *Quelles natures voulons nous? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*. Elsevier, Paris, 86-109.

Grossman, G.M., Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement. *NBER. Working paper* 3914

Grossman, G.M., Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics* 110 (2), 353-377

Hartwick, J. (1977) : Intergenerational Equity and Investing Rents from Exhaustible Resources, *American Economic Review*, 67(5), 972-974.

Holtz-Eakin, D., Selden, T.M. (1995). Stoking the fires ? : CO₂ emissions and economic growth. *Journal of Public Economics* 57, 85-101

Hotelling, H. (1931): The Economics of Exhaustible Resources, *Journal of Political Economy*, 39(2), 137-175.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

Jackson, T. (2009). *Prosperity Without Growth: Economics for a Finite Planet*. Earthscan, London.

Kijima, M., Nishide, K., Ohyama, A. (2010): Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey. *Journal of Economic Dynamics & Control* 34, pp.1187-1201

Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *American Economic Review* 45, pp. 1-28

Lomborg, B. (2001) : *The Skeptical Environmentalist : Measuring the Real State of the World*, Cambridge University Press.

Maddison, A. (2010): *Statistics on world population, GDP and per capita GDP, 1-2008 AD*, The Groningen Growth and Development Centre, Groningen

Martinez-Alier, J. (1987). *Ecological Economics: Energy, Environment and Society*. Basil-Blackwell, Oxford, UK.

Meadows, D., D. Meadows, J. Randers, W. Behrens (1972), *The Limits to Growth : A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Universe books.

Meadows, D., D. Meadows, J. Randers (1992) : *Beyond the Limits : Global Collapse or a Sustainable Future*, Earthscan.

Meadows, D., J. Randers, D. Meadows (2004). *The Limits to Growth: the 30-Year Update*, Earthscan.

O'Connor, M. (1997). J.S. Mill's Utilitarianism and the Social Ethics of Sustainable Development, *European Journal of the History of Economic Thought*, 4 (3), 478-506.

O'Connor, M. (2006). The "four spheres" framework for sustainability, *Ecological Complexity*, 3, 285-292.

Passet, R. (1979). *L'Economie et le Vivant*, Payot, Paris (Seconde Edition: Economica, Paris, 1996) (Spanish Edition: Principios de Bioeconomia, Argentario, Madrid, 1996).

Pigou, A.C. (2002). *The Economics of Welfare*, Transaction Publishers, New Brunswick, USA, 2002 Edition; Original Edition: 1920.

Selden, T., Song, D. (1994). Environmental quality and development : is there a Kuznets Curve for air pollution emissions ?. *Journal of Environmental Economics and Management* 27, pp. 147-162

Simon, J. (1981) : *The Ultimate Resource*, Princeton University Press.

Solow, R. (1991) : Sustainability : An Economist's Perspective, reprinted in Stavins (Ed) (2000) : *Economics of the Environment*, Norton.

Solow R. (1986), On the Intertemporal Allocation of Natural Resources, *Scandinavian Journal of Economics*, 88, 141-149.

Stern, D. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32 (8), 1419-1439.

Vivien, F-D (2010): Penser l'économie verte: croissance durable ou décroissance soutenable?, *Cahiers Français*, 355, 10-15.

Vivien, F-D (2005). *Le développement soutenable*. Editions La Découverte, Collections Repères - Economie, Paris.