

QUATRE ESSAIS SUR L'ÉPARGNE NETTE AJUSTÉE ET LA MESURE DU DÉVELOPPEMENT SOUTENABLE

Yacouba Gnegne

▶ **To cite this version:**

Yacouba Gnegne. QUATRE ESSAIS SUR L'ÉPARGNE NETTE AJUSTÉE ET LA MESURE DU DÉVELOPPEMENT SOUTENABLE. Sciences de l'Homme et Société. Université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I, 2010. Français. NNT : . tel-00504674

HAL Id: tel-00504674

https://theses.hal.science/tel-00504674

Submitted on 21 Jul 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université d'Auvergne Clermont-Ferrand I
Faculté des Sciences Économiques et de Gestion
Centre d'Études et de Recherches sur le Développement International (CERDI)

LE DÉVELOPPEMENT SOUTENABLE

QUATRE ESSAIS SUR L'ÉPARGNE NETTE AJUSTÉE ET LA MESURE DU DÉVELOPPEMENT SOUTENABLE

SUSTAINABLE DEVELOPMENT

FOUR ESSAYS ON ADJUSTED NET SAVING AND SUSTAINABLE DEVELOPPEMENT MEASUREMENT

Thèse Nouveau Régime
Présentée et soutenue publiquement
Pour l'obtention du titre de Docteur ès Sciences Économiques
19 juillet 2010

Yacouba GNÈGNÈ

Sous la direction de
M[me] le Professeur Pascale COMBES MOTEL

Membres du Jury

M. Alain D. AYONG LE KAMA, Professeur à l'Université de Lille I, Rapporteur
M. Olivier BEAUMAIS, Professeur à l'Université de Rouen, Rapporteur
M[me] Pascale COMBES MOTEL, Professeur à l'Université Clermont 1, Directeur
M. Xavier GALIÈGUE, Maître de Conférence-HDR à l'Université d'Orléans, Suffragant
M. Alexandru MINEA, Professeur à l'Université Clermont 1, Suffragant

La faculté n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

A mes parents, à mes sœurs et frères...

A mon pays, dont les défis nourrissent ma soif de comprendre le monde.

Sommaire

Remerciements ix
PRÉFACE xi
INTRODUCTION GÉNÉRALE 1
CHAPITRE I 7
L'épargne nette ajustée: une présentation critique 7
CHAPITRE II 37
L'impact de l'épargne nette ajustée sur la croissance à long terme 37
CHAPITRE III 75
Adjusted net saving and welfare change 75
CHAPITRE IV 107
A constructive survey of sustainability indices: toward a portfolio of indices 107
CONCLUSION GÉNÉRALE 135
BIBLIOGRAPHIE 141
TABLE DES MATIÈRES 161

Remerciements

J'ai réalisé la présente thèse sous la direction du Professeur Pascale Combes Motel. Je lui exprime ma profonde reconnaissance pour l'encadrement exigeant dont j'ai bénéficié. Elle a aussi été pour moi d'un grand soutien à chaque fois qu'il a s'agit de me faciliter des conditions de vie et de travail favorables. Madame Combes est une personne bien.

Merci à tous les membres du jury d'avoir accepté d'en faire partie et pour leurs appréciations.

J'adresse aussi mes remerciements aux Professeurs Sylviane et Patrick Guillaumont. Je leur dois beaucoup d'être parvenu à ce stade crucial de la construction de ma personnalité.

Je voudrais également associer les autres membres du CERDI à ses remerciements. Je pense en particulier au Professeur Jean-Louis Combes. Merci à tous les autres enseignants-chercheurs et administratifs pour leur amitié. J'ai une profonde gratitude à l'endroit de nombre d'entre eux; ils se reconnaîtront.

Je ne saurais oublier l'école et l'université burkinabè et mes enseignants, depuis l'école primaire jusqu'à l'université de Ouagadougou, dont plusieurs sont devenus mes amis.

Roland Kpodar a été d'un soutien précieux à différentes occasions et de diverses façons au cours de ma thèse. Je lui suis profondément reconnaissant et je salue l'excellente qualité de nos relations. J'exprime aussi ma gratitude et mon amitié à Nasser Tanimoune.

Alejandro, Catherine, Xiaoxian, Kelly et le cher Bara ont été mes promotionnaires de Magistère et de thèse. Nous avons beaucoup partagé. Je sais combien est l'amitié, la fraternité et la confiance qui me lie à certains d'entre vous.

Cette thèse vient clore « mes années CERDI ». J'ai noué au sein de cette maison des amitiés dont certaines parmi les plus solides, à coup sûr, demeureront actives. C'est le lieu de citer Jules Tapsoba, Rohen D'aiglepierre, Léandre Bassolé, Calvin Djiofack, Seydou Ouédraogo, Tidiane Kinda, Fousséini Traoré, René Tapsoba, Aminata Kandé Diouf, Maëlan Le Goff, Cécile Batisse, Christian Ebéké, Adama Bah, Linguère Mbaye. Je suis très heureux de l'amitié, voire de la fraternité qui nous lie.

Je tiens aussi à exprimer mon amitié à Gaoussou Diarra, Alassane Drabo, Thierry Kangoyé, Félix Badolo, Chrystelle Tsafack, Lassana Yougbaré, Romuald Kinda, Stéphanie Cassilde, Gaëlle Balineau, Luc Désiré Omgba, Yohana Dukhan, Paul Gyselinck, Florent Bresson. J'en oublie sans doute.

Je remercie très chaleureusement Johanna Choumert, Maëlan Le Goff, Catherine Korachais et René Tapsoba pour avoir relu la thèse. Je reste le seul responsable d'éventuelles erreurs.

J'ai bénéficié d'une allocation de thèse du Ministère français Délégué à la Recherche; je suis reconnaissant.

PRÉFACE

Cette thèse de doctorat se propose d'évaluer l'épargne nette ajustée ou épargne véritable (en anglais 'adjusted net saving' ou 'genuine saving'). Elle part du constat qu'en dépit de la large prise de conscience environnementale il n'y a pas de consensus sur la notion de développement soutenable, encore moins sur la question d'un indicateur de développement soutenable.

Il est important que les disciplines qui contribuent à la recherche sur le développement soutenable parviennent à fournir des réponses de façon à préciser les menaces, identifier clairement les objectifs, proposer des solutions et apprécier les progrès dans les pays et dans le monde dans son ensemble. Notre contribution, qui consiste essentiellement en une évaluation de l'épargne nette ajustée, s'inscrit dans la recherche d'une mesure des progrès au niveau macro. Nous avons choisi de réaliser un travail essentiellement empirique, tout en faisant une large place à la discussion conceptuelle. La question empirique ainsi posée et le traitement que nous en faisons ont en eux-mêmes tout leur intérêt, le concept de développement soutenable n'ayant pas beaucoup de sens si nous ne sommes pas en mesure de l'apprécier opérationnellement.

La thèse s'organise en quatre chapitres qui s'articulent, mais nous avons essayé de rendre chaque chapitre suffisant en lui-même. Cela explique, sans en être la seule raison, que nous reprenions à chaque fois la présentation de l'épargne véritable.

Le lecteur remarquera aussi que nous utilisons l'expression *développement soutenable* au lieu de *développement durable.* C'est un choix délibéré. Il se justifie par le fait que (*i*) *soutenable* est une meilleure traduction du terme anglais « sustainable »; (*ii*) il existe un vieux terme français « soustenir » qui était alors utilisé pour désigner la gestion soutenable des forêts; (*iii*) « durable » renvoie plutôt à l'idée de faire durer alors que dans la problématique du développement soutenable en cause ici, il est aussi question d'équité inter et intra générationnelle (Vivien, 2005; Damian et Graz, 2001; Harribey, 1998).

Y.G.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La quête d'une mesure de développement soutenable

Si la poursuite d'un développement économique et social équilibré est aujourd'hui un objectif largement partagé, il n'y a pas le même consensus autour de la notion même de développement soutenable, terme pourtant largement consacré, encore moins sur la question d'un indicateur de développement soutenable.

Dans nombre de pays, le développement soutenable occupe une place toujours plus importante dans le débat public. Dans les grandes démocraties, il est devenu une question centrale des campagnes électorales. On l'a vu par exemple au cours de la campagne présidentielle 2007 en France ou dans celle de 2008 aux Etats-Unis. Pour la première fois dans ce dernier pays, et les Démocrates et les Républicains se sont engagés fortement en faveur de la lutte pour la protection de l'environnement et contre le changement climatique. Dans les politiques publiques et aux yeux de l'opinion il apparaît que des progrès importants peuvent être relevés ça et là, qui traduisent le nouvel état d'esprit dans le domaine du développement soutenable. Il reste cependant encore beaucoup à faire en matière de législations nationale et internationale, en particulier dans leur application.

La société civile, dont l'émergence au cours de ces trente dernières années est perçue comme un facteur marquant, continuera sans doute à exercer une pression positive sur les décideurs politiques et les acteurs économiques. Cela permet les conditions du nouveau processus de modernisation sociale et économique sur une base participative, garantissant ainsi une plus grande efficacité. A différents niveaux de ce processus, le rôle des sciences est crucial pour interpeller, sensibiliser et mobiliser les acteurs.

La question de savoir comment mesurer la soutenabilité du développement reste posée, près de deux décennies après la présentation par Pearce et Atkinson (1993) des intuitions qui fondent l'épargne nette ajustée et les premiers résultats empiriques. Gadrey et Jany-

Catrice (2007) notent à juste titre qu'il n'existe aucun indicateur qui ait pu s'imposer comme outil d'évaluation du développement soutenable. Il n'est pas possible d'éluder cette question si nous voulons vérifier la traduction et l'efficacité concrètes des engagements et mesures pris par les décideurs publics en matière environnementale. Des efforts ont cependant été accomplis et des mesures, ou propositions de mesures, existent. Il ressort de ces efforts l'idée que sans doute il faudra tendre vers le choix d'un ensemble d'indicateurs (plutôt qu'un seul) pour apprécier les performances d'ensemble de développement soutenable. Nous soutenons ce point de vue plus loin dans cette thèse. Dans cette optique, l'épargne nette ajustée (ENA), ou épargne véritable, semble se poser comme l'un des indices autour desquels pourraient s'organiser les autres (Atkinson et Hamilton, 2007; CMEPSP-Rapport Stiglitz, 2009).

Le concept d'épargne nette ajustée et le développement soutenable

L'épargne nette ajustée (ENA), aussi appelée *épargne véritable*, mesure l'investissement net dans l'ensemble (physique, humain et naturel) de la base productive d'un pays. Elle étend la mesure conventionnelle de l'épargne (nette) en y ajoutant l'accumulation du capital humain et y déduisant la diminution des ressources naturelles. On cherche ainsi à appréhender les dimensions du capital physique, capital humain et capital naturel. Elle est plus connue sous l'appellation anglo-saxonne 'genuine saving' (nommée aussi 'adjusted net saving', qui est en réalité le nom formel que la Banque mondiale lui donne).

D'un point de vue intuitif, l'ENA repose sur l'idée que s'il nous est possible d'identifier les déterminants du bien-être et de mesurer leur évolution, alors nous sommes en mesure d'apprécier ce que sera le bien-être futur. A l'échelle d'un pays, ces déterminants représentent la richesse, elle-même définie comme la valeur de tous les actifs ayant une valeur économique. Il nous arrivera de désigner cette richesse par l'expression « richesse inclusive » pour refléter son approche élargie (en particulier pour tenir compte de l'environnement de façon plus formelle) de la richesse.

Aussi, la littérature sur le développement soutenable met l'accent sur l'ENA (l'accroissement de la richesse) plutôt que sur le revenu, ou même le « revenu véritable » (Bolt et Hamilton, 2007). En effet, même ajusté de la dépréciation de la richesse inclusive, le revenu en lui-même n'est pas en mesure de renseigner sur la soutenabilité. Calculer le

revenu véritable est toutefois utile, car il met en exergue le fait que la consommation des éléments de la richesse ne correspond pas à du revenu. La richesse d'une nation est la valeur sociale de l'ensemble de ses avoirs en capital. Elle consiste à évaluer l'ensemble des actifs (manufacturés, humains, naturels, connaissances, etc.) à leur prix comptable (ou prix implicite)[1] et à en faire la somme.

Quatre essais

La présente thèse soumet l'épargne nette ajustée à un examen critique et pose la question de savoir si empiriquement cet indice est en accord avec les prédictions de la littérature théorique. Cette théorie établit que la soutenabilité (un bien-être social qui ne baisse pas) revient à maintenir un niveau non déclinant de la valeur de l'ensemble des actifs, comprenant les ressources naturelles. Le bien-être social est défini comme la valeur présente du flux d'utilités (comprenant la consommation et bien d'autres actifs valorisés, y compris les indésirables). Le niveau de l'épargne nette ajustée à une date donnée est égal au changement dans le bien-être social mesuré en termes monétaires (la valeur présente des consommations présentes et futures). Cependant, notre étude ne teste pas directement cette prédiction théorique. En effet, comme mesure du bien-être nous utilisons plutôt des variables non (ou moins) monétaires qui sont le taux de mortalité infantile et l'Indice de Développement Humain (IDH). Ces derniers ont l'avantage de mieux renseigner sur l'état de bien-être. Ce choix constitue une des originalités de notre recherche parmi les rares travaux qui ont tenté de répondre à cette question.

Pour répondre à la question principale que se pose la présente thèse, à savoir si empiriquement l'épargne nette ajustée est en accord avec les prédictions théoriques qui soutiennent qu'elle cause le bien-être, nous utilisons les données produites par la Banque mondiale sur l'épargne nette ajustée. Ce faisant, notre étude est aussi un test de la

[1]Le prix comptable ou prix implicite d'un actif est la pondération attribuée à une unité de ce dernier par la société, il reflète la valeur sociale d'un bien ou service. Il mesure la variation de la qualité de la vie qui résulterait de la variation d'une unité du bien ou du service considéré. Les prix du marché sont une bonne approximation du prix implicite. Mais pour les biens pour lesquels de tels prix n'existent pas il y a pour nombre d'entre eux, y compris les ressources naturelles, des propositions de mesure. Pour d'autres, comme le capital social, cette question reste beaucoup plus difficile.

pertinence de cette base de données que la Banque mondiale s'efforce de populariser depuis près d'une décennie maintenant, notamment à travers le World Development Indicators (World Bank, 2008). Au total, la thèse se décline à travers quatre essais. Le premier (chapitre I) propose une étude critique de l'ENA à travers une discussion de la littérature théorique et des données empiriques. Nous mettons en évidence les nombreuses questions conceptuelles et empiriques que l'indice suscite. En particulier, les cadres théoriques de l'ENA reposent sur la soutenabilité faible et souvent l'hypothèse d'économie inter temporellement efficiente. Très souvent cela ne correspond pas à la réalité et peut poser des problèmes de mise en pratique de ces modèles normatifs. Nous distinguons les caractéristiques régionales et confrontons les données à des mesures de bien-être. Cependant, ce sont là des résultats issus de statistiques descriptives, que nous examinerons davantage (pas à titre principal) dans les chapitres II et III suivants.

L'épargne véritable est présentée comme un bon critère de développement soutenable. Le chapitre II en propose un premier niveau de test en étudiant son impact sur la croissance économique. Ce chapitre est principalement motivé par la littérature sur la soutenabilité et la comptabilité nationale verte et par la prémisse qu'en tant qu'indice de développement soutenable (économique), l'épargne véritable doit expliquer la croissance économique. Nous trouvons un impact positif de l'épargne véritable sur la croissance du PIB par tête. A partir de ce résultat, qui est une sorte de condition nécessaire au test de la théorie de l'épargne véritable proprement dite, nous passons au troisième chapitre de la thèse. Dans ce chapitre (chapitre III), nous développons une analyse visant à tester le résultat théorique établissant que l'épargne véritable prédit parfaitement les variations du bien-être (entre autres, Hamilton et Clemens, 1999 et Dasgupta et Mäler, 2001). Un des apports importants de cette étude est de se fonder sur des mesures de bien-être moins critiquables que la consommation présente. La conclusion du chapitre est que l'épargne véritable explique les variations du bien-être, mais ce de façon non-substantielle.

Le quatrième et dernier chapitre (chapitre IV), est une discussion critique des progrès réalisés concernant la mesure du développement soutenable. Nous y rappelons notamment pourquoi les indicateurs actuels de performances économiques ne sont pas appropriés pour mesurer la soutenabilité du développement, et nous introduisons les deux principales approches économiques de la mesure du développement soutenable.

Nous sélectionnons et discutons des indices qui semblent correspondre le mieux avec la définition de la soutenabilité du développement et/ou prennent en compte les questions de soutenabilité faible et de soutenabilité forte. Nous les évaluons surtout selon leur capacité à informer sur la satisfaction des besoins de l'homme de façon soutenable. Nous défendons l'idée que plutôt que d'être mesurée par un indice unique, l'évaluation du développement soutenable nécessite une combinaison d'indices. Nous soulignons que ce portefeuille doit respecter le triptyque: bien-être courant - soutenabilité du bien-être - soutenabilité de l'environnement. A cet égard, des indices comme l'Indice de Développement Humain (IDH), l'épargne nette ajustée et l'empreinte carbone pourraient constituer le portefeuille.

L'apport de la présente thèse se situe à plusieurs niveaux. D'abord, elle est la première à suggérer, sur la base d'un travail empirique, une intégration entre l'épargne nette ajustée et des indicateurs de bien-être non monétaires. La voie du succès pour la soutenabilité faible et l'épargne nette ajustée se trouve sans doute de ce côté. Ensuite, cette thèse représente la seule étude connue à ce jour qui examine l'impact de l'ENA sur la croissance avec des données en panel et cela dans le cadre d'une approche empirique qui se veut rigoureuse. De plus, et c'est peut-être là aussi une contribution substantielle, cette thèse soutient qu'avec l'ENA, les rendements ne sont plus nécessairement décroissants, offrant ainsi une autre perspective pour l'analyse de la croissance économique et la conduite des politiques de développement. De même, nous sommes allés dans le même sens que d'autres travaux en suggérant que le développement soutenable doit être mesuré à l'aide d'un portefeuille restreint d'indicateurs, au lieu d'un seul. Cependant, nous nous sommes distingués ici aussi en insistant sur le fait que ce portefeuille doit respecter, à travers des indicateurs séparés, le triptyque suivant: bien-être courant – soutenabilité du bien-être courant – soutenabilité environnementale. Nous présentons également des recommandations afin qu'aboutissent le long et complexe processus de génération des nouveaux indicateurs de développement soutenable. Enfin, nous versons au crédit de la présente thèse, d'être la première consacrée à l'épargne nette ajustée.

CHAPITRE I

L'épargne nette ajustée: une présentation critique

1. Introduction

La Banque mondiale a produit une base de données sur l'épargne nette ajustée (ENA), aussi connu sous l'appellation « épargne véritable ». En anglais, ces appellations correspondent respectivement à '*Adjusted net saving*' et '*genuine saving*'. Cette base de données, qui est à ce jour la plus importante sur l'ENA, fait suite aux travaux théoriques (Pearce et Atkinson, 1993; Hamilton et Clemens, 1999; Dasgupta et Mäler, 2001, etc.) soutenant qu'une telle mesure est un indicateur pertinent du caractère soutenable ou non du développement.

En effet, traditionnellement les mesures d'épargne et d'investissement, tout comme d'ailleurs la comptabilité nationale dans son ensemble, ne prenaient pas en compte les variables environnementales. Or, l'importance de la dimension environnementale, à la fois pour l'économie et le développement, est aujourd'hui unanimement reconnue. Aussi, la Banque mondiale a travaillé depuis à mettre en place une base de données qui non seulement vise à pallier l'absence des données environnementales dans la comptabilité nationale publique, mais aussi et surtout à fournir un indice de développement soutenable.

La construction de ces données repose sur les théories de la croissance optimale et la soutenabilité dite faible (entre autres, Solow, 1974; Hartwick, 1977; Hamilton et Clemens, 1999; et Dasgupta et Mäler, 2000) qui placent la gestion du portefeuille de ressources dont disposent les pays au centre des politiques de développement. Ces théories suggèrent que

les pays, en particulier ceux riches en ressources naturelles et qui ont le souci d'assurer un développement équilibré, devraient investir de manière optimale la rente issue de l'extraction des ressources naturelles dans d'autres formes de capital.

Les données d'ENA de la Banque mondiale sont utilisées dans différentes études, soit pour être soumises à un examen critique (exemple: Pillarisetti, 2005), soit pour servir à tester la théorie sous-jacente (exemples: Ferreira et Vincent, 2005; Ferreira et al., 2008), soit encore pour aider à répondre à des questions connexes (exemples: Neumayer, 2004; Dietz et al., 2007; Hamilton et Ruta, 2009). Cela dit, comme le soulignent Atkinson et Hamilton (2007), des questions se posent encore; par exemple celle de la capacité de l'épargne nette ajustée à prédire le bien-être social ou celle du niveau des élasticités de substitution entre capital produit et capital naturel.

Nous proposons ici une présentation critique de l'ENA à travers une discussion de la littérature et des données. Nous verrons en particulier que les cadres théoriques de l'ENA reposent sur la soutenabilité faible et souvent l'hypothèse d'économie inter temporellement efficiente. Très souvent cela ne correspond pas à la réalité et peut poser des problèmes de mise en pratique de ces modèles normatifs. Nous mettons en évidence les caractéristiques régionales et confrontons les données à différentes mesures de bien-être.

Le reste du chapitre s'organise comme suit: dans la section 2 nous présentons la théorie de l'épargne nette ajustée; la section 3 aborde la discussion critique de l'indice; dans la section 4 nous analysons l'ENA sous l'angle de la soutenabilité faible; la section 5 présente l'ENA en pratique; enfin, la section 6 dresse les conclusions.

2. Les fondements théoriques de l'ENA

Plusieurs auteurs ont contribué à établir les fondations de l'épargne nette ajustée comme mesure de la soutenabilité. Les contributions de Hamilton et Clemens (1999), Dasgupta et Mäler (2000) et Asheim et Weitzman (2001) mettent clairement en évidence le lien entre la variation de la richesse (inclusive), l'épargne véritable, l'évolution du bien-être et le

développement soutenable. Hamilton et Clemens (1999) montrent cela dans le cadre d'une économie optimale, tandis que Dasgupta et Mäler (2000) l'analysent dans le cas d'économies non optimales. Asheim et Weitzman (2001) établissent que la croissance du Produit national net réel est un indicateur de l'évolution du bien-être social. Afin de donner un aperçu plus formel de la théorie de l'épargne nette ajustée nous nous basons principalement dans les lignes suivantes sur Dasgupta et Mäler (2000, 2001).

Rappelons d'abord qu'il s'agit de donner une traduction formelle à la position éthique consistant à vouloir s'assurer que le bien-être des générations futures n'est pas inférieur à celui de la génération présente. Elle implique que, tenant compte de sa démographie, chaque génération devrait transmettre aux suivantes une base productive au moins égale à celle dont elle a héritée. En clair, à une date donnée, le développement sera dit soutenable si l'évolution du bien-être social est positive. Ici, il faut noter que la fonction d'utilité courante (U), qui est une fonction croissante du flux de consommation et d'autres biens (positivement ou négativement valorisés), ne mesurera pas le développement soutenable. Par exemple, en cas de surexploitation des ressources naturelles à des fins d'accroissement de la consommation ($C_{t+1} \geq C_t$), on pourrait conclure à une augmentation du bien-être ($U(C_{t+1}) \geq U(C_t)$). Il s'agit pourtant d'un trompe l'œil dans la mesure où cela mine les possibilités futures de développement.[2] Il convient donc de considérer la mesure du bien-être social (V).

On désigne par C_t la consommation agrégée et $U(C_t,\ldots)$ le bien-être courant (à la date t).[3] U est un flux et on suppose qu'il est une fonction croissante de C. Soit un flux de consommation à partir de la date t. On dénote le bien-être intergénérationnel au moment t par V_t. V_t est une fonction de (C_t, C_{t+1},…). On admet que V_t est la valeur présente du flux d'utilité:

[2] C'est ce qui peut arriver avec l'IDH.

[3] Irving Fisher (1906) est à l'origine (alors qu'il cherchait à mesurer la richesse totale) de l'idée selon laquelle la richesse courante est égale à la valeur présente de la consommation future, à condition toutefois que la mesure de la richesse prenne en compte tous les facteurs pertinents dans la détermination du bien-être.

$$V_t = \sum_{t}^{\infty} \theta^{(T-t)} \quad U(C_T) \tag{I.1}$$

avec $t \geq 0$ et $\theta \equiv 1/(1+\delta)$, $\delta > 0$.

$\theta^{(T-t)}$ est le facteur d'escompte et δ est le taux d'escompte correspondant.

On soutient alors que le développement à la date t est soutenable si $V_{t+1} \geq V_t$. Il s'agit d'une comparaison intergénérationnelle de bien-être. La démonstration consiste ensuite à relier la condition $V_{t+1} \geq V_t$ à l'épargne nette ajustée.

Le stock de capital peut être rangé sous cinq formes (plus ou moins faciles à définir et à mesurer) dont la présentation suit celle de Hamilton (2007).

Le capital construit qui comprend les machines, les bâtiments et les infrastructures physiques qui sont des composantes de la base productive et permettent ainsi un flux de biens et services pour satisfaire le bien-être. Il nécessite des investissements annuels pour le maintenir et le développer.

Les actifs financiers peuvent générer des revenus pour financer les biens et services dans un pays dans le cas de placements productifs. Ils peuvent aussi permettre de financer l'accumulation s'ils prennent la forme de dettes étrangères finançant des investissements productifs. Si de telles dettes financent de la consommation alors le bien-être futur en sera négativement affecté.

Le capital naturel prend deux formes: le stock de ressources renouvelables et de ressources non renouvelables utilisées comme intrants dans la production (sols, combustibles fossiles, minerais, etc.); et la fonction d'épuration des déchets réalisée par l'environnement naturel et qui permet de dissiper les déchets nuisibles.

Le capital humain qui représente l'accumulation par les personnes de santé, d'aptitudes, de connaissances, d'expérience, d'une partie de la technologie, les rendant ainsi plus productives que des travailleurs à l'état brut.

Le capital social mesure la réalité dans une nation de l'état de santé et de la stabilité des institutions politiques, de l'état du système légal et commercial, et du niveau de cohésion, de soutien et de confiance au sein de la communauté nationale. Une nation qui présente un haut niveau de capital social à de meilleures chances de réussir.

Avec W le stock de richesse totale définit comme étant la valeur sociale de tous les actifs en capital, W_{it} le stock à la date t d'un actif i rentrant dans la composition de la richesse et p le prix implicite, on peut écrire pour une date t donnée:

$$W_t = \sum_1^N p_{it} W_{it} \qquad \text{(I.2)}$$

Cette mesure soulève plusieurs questions. Jusqu'où aller dans la prise en compte des actifs? Que sera-t-il possible de prendre en compte dans la réalité? Comment distinguer des actifs donnés (W_i) les uns des autres ? Comment prendre en compte les propriétés physiques et chimiques des actifs, les coûts de transports où les institutions (un actif n'aura pas la même valeur selon qu'il est une propriété collective ou privée)? Pour prendre l'exemple des institutions, on sait combien leur rôle peut être crucial dans la capacité d'un pays à valoriser le capital en possession de ses citoyens (De Soto, 2005). Ce sont là des questions à traiter sur un plan opérationnel. Nous revenons sur nombre d'entre elles dans les discussions critiques ultérieures.

La richesse d'une période donnée est la somme de la richesse de la période antérieure et de l'investissement de la période antérieure. Pour que la richesse augmente à la période suivante il faut alors qu'il ait un investissement net positif au cours de la période courante. C'est ce que mesure l'épargne nette ajustée (que nous désignons dans les équations par *ANS*). En supposant que le temps est continu (et non discret comme cela a été présenté jusqu'ici) on peut écrire:

$$ANS_t = \sum_1^N p_{it} \frac{dW_{it}}{dt} \qquad \text{(I.3)}$$

Dasgupta et Mäler (2000, 2001) désignent cet investissement sous l'appellation *d'investissement véritable* (genuine investment). Cet investissement net qui mesure l'augmentation de la richesse, à prix implicites, traduit sous certaines conditions la valeur

sociale du changement dans le stock d'avoirs. Il peut être montré (exemple: Dasgupta et Mäler (2001, p. 34), en effet que:

$$ANS_t = \frac{dV_t}{dt} \qquad \text{(I.4)}$$

Cette équation s'interprète de la façon suivante: l'épargne (investissement) nette ajustée est égale au changement dans le bien-être social (monétairement évalué) entre deux dates.

Hamilton et Clemens (1999), Dasgupta et Mäler (2000), Asheim et Weitzman (2001), montrent que des niveaux négatifs d'épargne nette ajustée engendrent un niveau de bien-être futur (sur une certaine période) moins élevé que le niveau courant. Cela signifierait que le développement n'est pas soutenable. Pezzey (2004) soutient que si l'épargne nette ajustée est négative, alors l'utilité future devrait décroître, mais qu'en général le contraire n'est pas vrai. Ainsi, l'épargne nette ajustée ne permettrait qu'un test unilatéral de la soutenabilité. Cependant, des travaux tels que Hamilton et Hartwick (2005) et Hamilton et Withagen (2007) considèrent que, dans certaines conditions, des taux positifs d'épargne véritable sont nécessaires à la soutenabilité.

La taille de la population ou son évolution relativement à la richesse affectera la capacité d'amélioration du bien-être. De ce fait, c'est l'épargne nette ajustée par tête qui est l'indicateur pertinent de la soutenabilité. En effet, en désignant par *W* la richesse totale en valeur et *P* la taille de la population, une différenciation de la richesse par tête donne ceci:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{W}{P}\right) = \frac{\frac{dW}{dt}}{P} - \frac{W \times \frac{dP}{dt}}{P^2} \qquad \text{(I.5)}$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{W}{P}\right) = \frac{\frac{dW}{dt}}{P} - \frac{W}{P} \times \frac{\frac{dP}{dt}}{P} \qquad \text{I.6)}$$

D'après (I.6), l'ENA par tête est égale à la variation de la richesse totale par tête moins le produit de la richesse par tête et du taux de croissance de la population. Arrow et al. (2003) s'intéressent aussi à la prise en compte de la variation de la population dans le calcul de l'épargne véritable. Selon eux, la solution consiste à considérer la population comme une forme de capital (une variable d'état), ce qui n'exclut pas qu'elle puisse avoir

une valeur négative. Ils proposent alors d'établir et de tenir compte dans l'épargne véritable du prix implicite de la population.

3. Eléments de critiques de l'ENA

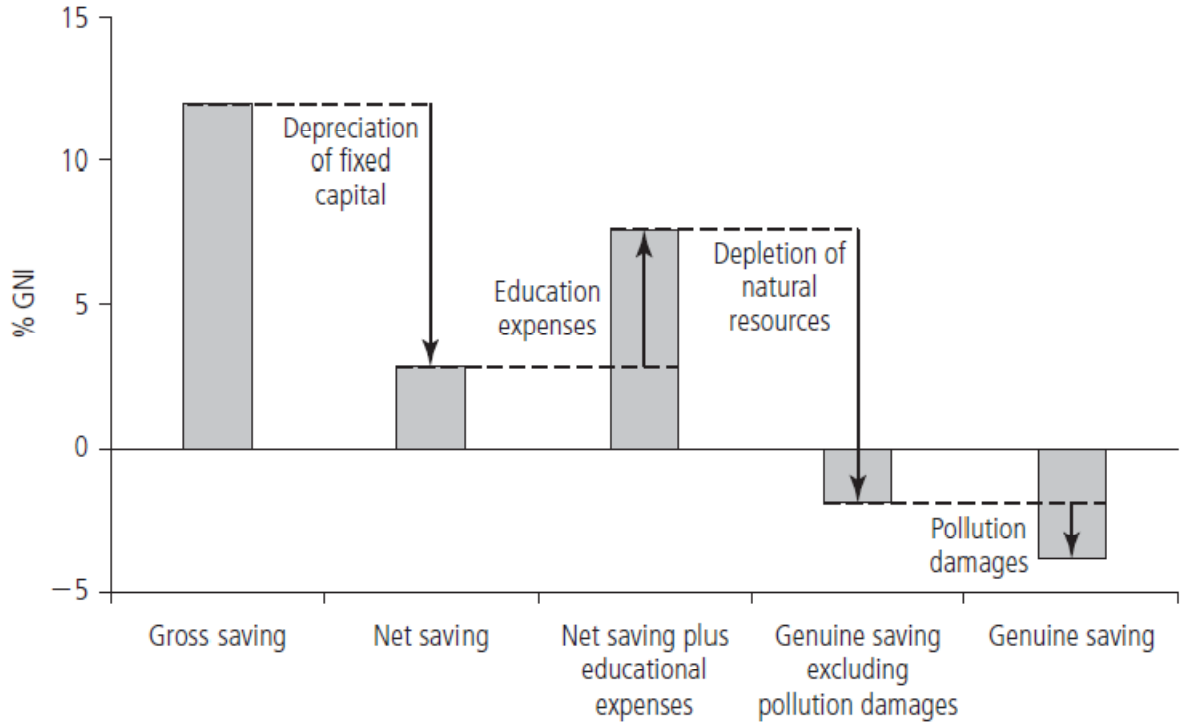
Rappelons que l'ENA étend le concept d'épargne au capital humain et au capital naturel (World Bank, 1999). C'est un indice qui renseigne sur l'investissement en vue du bien-être présent et futur. Le calcul proposé par la Banque mondiale est le suivant:

$$ENA = EN + Education - Rente - Pollution \quad \text{(I.7)}$$

EN est l'épargne nette qui représente le capital physique, *Education* sont les dépenses courantes d'éducation (non prise en compte des dépenses en capital) qui représentent le capital humain, *Rente* représente la réduction des stocks de ressources naturelles, et *Pollution* mesure les dommages engendrés par les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) et de particules polluantes.[4] La Figure I.1 ci-dessous illustre ce calcul: partant de l'épargne brute, on se retrouve avec une épargne plus faible une fois que la consommation de capital fixe est déduite. L'addition des dépenses d'éducation relève la valeur du stock de capital et, finalement la déduction de la valeur de l'épuisement des ressources naturelles et celle des dommages causés par la pollution ont un effet de diminution.

[4] Quand on s'en tient à la position même de la Banque mondiale et/ou de ses chercheurs, on n'est pas sûr de ce que reflètent réellement ces dommages, du moins cela a-t-il évolué. En effet, pour les chercheurs de la Banque, ces dommages recouvriraient à la fois les dommages causés aux cultures agricoles, aux infrastructures et à la santé humaine, tandis que les dommages des émissions de particules représentaient des dommages à la santé humaine (World Bank, 2006). On peut aussi voir dans les émissions de CO_2 un problème de dommages causés aux autres pays ou de dommages subis avec l'idée sous-jacente de l'existence de droits de propriété, en l'occurrence celui de ne pas être pollué par ses voisins (Hamilton, 2000). Toutefois, Bolt et Hamilton (2007) reconnaissent la difficulté à prendre en compte cette variable, tout en insistant sur le problème de droits de propriété. Ces auteurs représentent alors les dommages à la santé par les seules émissions de particules polluantes.
Notons enfin que les émissions de particules polluantes ne sont prises en compte que récemment et ce de façon non systématique.

Figure I.1. Illustration du calcul de l'épargne nette ajustée (cas de la Bolivie, 2003)



Source: World Bank (2006, p. 40)

Les World Development Indicators de la Banque mondiale fournissent pour la première fois des données sur l'ENA pour une centaine de pays (World Bank, 1999). Dès lors, que ce soit avec les travaux de la Banque elle-même ou d'autres chercheurs, ces données ont fait l'objet d'analyses, à la fois sur les questions conceptuelles, de calcul et de fiabilité des données (par exemple: Everett et Wilks, 1999; Neumayer, 2000, 2003), voire sur leur pertinence structurelle (Hamilton, 2005; Ferreira et al., 2008). En effet, des questions se posent concernant certaines des données de la Banque mondiale qui rentrent dans le calcul de l'épargne nette ajustée. Nous présentons dans le tableau ci-dessous les travaux empiriques qui utilisent des données d'épargne véritable. Pour l'essentiel, il s'agit de tests de l'ENA.

Tableau I.1. Etudes empiriques ayant recours à des données d'épargne véritable

Référence de l'étude	**Objectif**	**Dimension des données**	**Conclusion(s)**
Atkinson et Hamilton (2007)	Evaluation des progrès dans les mesures de l'ENA : mesure des réductions des ressources épuisables et de la dégradation de l'environnement	21 pays producteurs de pétrole pour les données de l'ENA, année 2000. Les données sur les prix et la réduction des stocks de pétrole sont issues du WDI, World Bank (2005)	Les évaluations restent imparfaites et des progrès restent à faire
Atkinson et Hamilton (2003)	Examinez la malédiction des ressources naturelles avec l'ENA	91 pays, coupe transversale sur la période 1980-95, données World Bank (1997, 1999)	La malédiction des ressources naturelles est associée à des niveaux faibles de l'ENA.
Dietz et al. (2004)	Impact des institutions sur l'épargne véritable	90-118 pays entre 1970-01. Données World Bank (2003)	La corruption réduit le niveau de l'épargne véritable
Ferreira et Vincent (2005)	Test de l'ENA	93 pays, pooling avec des horizons de 10, 20 ans entre 1971-2000	L'ENA ne passe pas le test
Ferreira et al. (2008)	Test de l'ENA avec prise en compte de la croissance de la population	Données de panel, 64 pays en développement, 1970-82	Impact positif et significatif de l'ENA

Suite

Pillarisetti (2005)	Critiques conceptuelle et empirique (méthode descriptive)	122 pays, année 1999 excepté pour les émissions de carbone (1998). Source : WDI (2001) et Rapports sur le développement humain (PNUD, 2000, 2001, 2002)	Les implications politiques sont erronées : l'ENA est basée sur la soutenabilité faible et les données dépendent beaucoup de la composante éducation.
Neumayer (2003)	Examinez la malédiction des ressources naturelles avec le revenu véritable à la place du revenu comme critère d'appréciation	1970-1998, 20 pays riches en ressources naturelles. Données World Bank (2003)	Les résultats atténuent la malédiction des ressources naturelles mais supportent l'idée que celle-ci serait due au sous-investissement

Source: auteur

3.1. Un cadre théorique qui reste discuté

Dietz et Neumayer (2006) rappellent que les conclusions sur l'épargne nette ajustée dépendent notamment de l'hypothèse d'une économie inter temporellement efficace évoluant en permanence sur un sentier optimal. Une telle économie se caractérise par un système complet de droits de propriété (absence d'externalités), la concurrence, l'information parfaite, des agents rationnels, des ménages qui tiennent pleinement compte

du bien-être de leurs descendants immédiats et lointains. Dans la mesure où le monde réel offre rarement toutes ces conditions, les prix et les mesures de l'ENA (même positives) pourraient ne pas refléter le caractère soutenable ou non du développement. Les conclusions sur l'ENA dépendent aussi de l'absence ou non de chocs exogènes (effets des termes de l'échange, progrès technique exogènes, taux d'escompte non constant). La présence de chocs affecterait l'optimalité des prix et les différentes mesures de l'ENA, qui ne refléteraient alors plus correctement les raretés relatives des ressources.

Cette critique doit cependant être nuancée dans la mesure où ce reproche ne saurait s'appliquer pleinement à toutes les contributions théoriques sur l'ENA. En effet, le résultat associant l'ENA à la variation du bien-être social (équation I.4) établi par Dasgupta et Mäler (2000) porte sur une économie non optimale (contrairement à Hamilton et Clemens, 1999). On peut alors penser qu'il se prête plus facilement à une application dans le monde réel, sauf que les prix comptables qui ont été nécessaires à leur démonstration exigent de définir le sentier non optimal.[5]

Il est cependant possible que les prix internationaux des ressources naturelles reflètent, dans une certaine mesure, leur rareté relative, permettant ainsi d'aboutir à des prix implicites proches des coûts d'usage correspondants. Il est vrai que cette question reste très discutée. Hamilton et Bolt (2007) pensent que mesurer l'épargne nette ajustée de cette façon peut refléter l'évolution du bien-être. Ils se fondent sur la littérature qui traite de l'analyse coût-bénéfice des projets et qui est favorable à l'utilisation de tels prix. Mais de façon plus intéressante, Hamilton et Bolt (2007) voient dans les travaux qui traitent des règles d'épargne dans les économies concurrentielles (économies où le producteur maximise son profit et le consommateur son utilité) de meilleures chances de régler la question de l'évaluation des coûts d'usage associés aux ressources. En effet, les cadres théoriques concernés ne reposent pas sur une condition d'optimalité et, par ailleurs, ce n'est pas une hypothèse trop forte que de penser que la plupart des économies actuelles

[5] En effet, ces prix sont définis comme les dérivées partielles de la fonction de valeur (de bien-être) du sentier non optimal.

sont concurrentielles. La règle d'épargne stipule alors de maintenir une épargne nette ajustée positive et qui ne croisse pas plus vite que le taux d'intérêt.[6]

3.2. Mesurer la réduction du stock de ressources naturelles

La réduction des stocks de ressources naturelles est mesurée à partir de la rente tirée de leur exploitation. Dans l'évaluation de cette rente la Banque mondiale prend en compte des ressources énergétiques, minérales et forestières. Les dommages liés à la pollution sont évalués à 20$ (de 1995) la tonne de CO_2 émis, représentant la valeur présente d'un coût marginal sur 100 ans (durée de vie du CO_2 dans l'atmosphère). Cela est largement contesté (un exemple récent étant Dasgupta, 2007). Et le choix de cette composante pose bien d'autres problèmes qui font qu'elle n'est pas toujours prise en compte dans le calcul de l'ENA. Nous revenons sur ces problèmes dans la section 2 du chapitre II suivant.

Ensuite, la dépréciation des stocks de ressources épuisables est estimée en multipliant la rente unitaire de chaque ressource par la quantité extraite. Le problème qui se pose ici est que pour estimer la rente unitaire la Banque mondiale fait la différence entre le prix et le coût total moyen d'extraction:

$$(P - CM) \times Q \qquad \text{(I.8)}$$

avec *P* le prix de la ressource, *CM* son coût moyen et Q sa quantité extraite. La théorie (Hotelling, 1931; Hartwick, 1990; Hamilton, 1994; Neumayer, 1999, 2003, etc.) suggère en effet de calculer la rente de la façon suivante:[7]

$$(P - cm) \times Q \qquad \text{(I.9)}$$

[6] C'est une généralisation de la règle de Hartwick proposée par Hamilton et Hartwick (2005). Elle se fonde sur une économie de type Dasgupta-Heal (1979): technologie fixe, un seul bien de capital produit, un stock fini de ressource nécessaire à la production. La relation suivante est ainsi établie entre l'épargne nette ajustée *G*, la consommation *C* et le taux d'intérêt *r* (qui est fonction du temps):

$\dot{C} = \dot{G}\,(r - \frac{\dot{G}}{G})$

[7] Cela dit, le principe de valorisation découlant de la règle de Hotelling (Hotelling Valuation Principle tel qu'il a été testé par Miller et Upton, 1985) n'est pas unanimement accepté (Adelman, 1990).

où *cm* représente le coût marginal. Cependant, le problème général qui se pose ici est celui de la prévision des prix et des quantités permettant de calculer la valeur des actifs et le coût d'usage, c'est-à-dire le changement, sur la période considérée, de la valeur de la ressource du fait de son extraction (Hall et Hall, 1984; Atkinson et Hamilton, 2007).

En pratique, différentes solutions sont proposées dans la littérature[8] dont celle retenue par la Banque mondiale (équation I.8) qui fait le choix du calcul à partir du coût moyen. Cette méthode de calcul a l'avantage de ne pas utiliser les coûts marginaux plus difficiles à réunir, mais elle repose notamment sur l'hypothèse de coûts marginaux constants et de prix efficients et croissants suivant la règle de Hotelling. Autant de choses qui ne correspondent pas aux données historiques (Dietz et Neumayer, 2005; Atkinson et Hamilton, 2007). Parmi les méthodes alternatives il y a celle très populaire dite d'El Serafy (1989, 1981) qui n'impose aucune optimisation du sentier d'exploitation de la ressource et suppose que la rente totale est constante à chaque période. Selon cette méthode, en considérant *n+1* périodes d'exploitation jusqu'à épuisement et *r* le taux d'escompte, la dépréciation du capital naturel se calcule comme suit:

$$(P - CM) \times Q \times \frac{1}{(1+r)^{n+1}} \qquad \text{(I.10)}$$

Ce résultat provient du raisonnement selon lequel les revenus de l'exploitation des ressources naturelles ne doivent pas être considérés en totalité comme un *revenu soutenable,* dans la mesure où l'exploitation de la ressource entraîne la dépréciation de son stock. Le *revenu soutenable* est défini comme la part des revenus d'extraction qui si elle était reçue indéfiniment permettrait d'égaliser sa valeur présente à celle du flux fini des revenus provenant de la ressource au cours de sa durée de vie. C'est un revenu perpétuel qui comme tel subsiste à l'extinction de la ressource. Ainsi, la dépréciation du capital naturel est la différence entre la rente et le *revenu soutenable.*[9] Comparée à (I.8), l'équation (I.10)

---

[8] Atkinson et Hamilton (2007) en fournissent une discussion.

[9] En désignant par RR la rente provenant de la ressource ((P – CM) x Q), la valeur présente du flux de rente s'écrit: $\sum_{i=0}^{n} \frac{RR}{(1+r)^i} = \frac{RR\left[1-\frac{1}{(1+r)^{n+1}}\right]}{1-\frac{1}{1+r}}$ (a)

minimise le niveau de dépréciation de la ressource (voir aussi Davis et Moore, 2000). De ce point de vue, l'approche de la Banque mondiale est plutôt conservatrice dans la mesure où elle tend à signaler un rythme de dépréciation rapide, donc à favoriser les politiques de sauvegarde de la ressource. Ces deux méthodes sont plutôt des approximations de l'évaluation exacte de la rente extraite (équation I.9) sans que l'on puisse dire que l'une l'emporte sur l'autre en pratique (Atkinson et Hamilton, 2007). Cela dit, la méthode d'El Serafy (méthode de la valeur présente simple) a l'avantage de pouvoir justifier l'utilisation des coûts moyens, mais la question du choix du taux d'actualisation[10] et de la durée de vie de la ressource reste posée, de même que l'hypothèse d'absence d'optimisation du sentier d'extraction de la ressource. Cette hypothèse suppose implicitement que le détenteur de la ressource n'en retire aucun rendement et qu'il serait rationnel pour lui d'en extraire autant que possible à la date courante. Ce reproche peut cependant être nuancé car rien ne permet de soutenir que les prix des ressources naturelles sont efficients, de même que la Banque mondiale ne va pas au bout de sa logique en ne prenant pas en compte les effets

---

En désignant ensuite par RS le revenu soutenable, on peut écrire la valeur présente de son flux comme suit:

$$\sum_{i=0}^{\infty} \frac{RS}{(1+r)^i} = \frac{RS(1+r)}{r} = \frac{RS}{1-\frac{1}{1+r}} \qquad \text{(b)}$$

En égalisant (a) et (b) on arrive à ceci:

$$RS = RR\left[1 - \frac{1}{(1+r)^{n+1}}\right]$$

La mesure de la dépréciation de la ressource selon la méthode d'El Serafy s'obtient alors:

$$RR - RS = RR\left[\frac{1}{(1+r)^{n+1}}\right], \text{ soit } (P - CM) \times Q \times \left[\frac{1}{(1+r)^{n+1}}\right]$$

[10] A propos de l'actualisation, disons qu'elle est souvent discutée. Cependant, elle s'impose en économie et dans la conduite et l'évaluation des politiques environnementales parce qu'elle permet d'obtenir la valeur présente d'actifs ou de bénéfices nets futurs. Le problème général qui se pose ici avec l'actualisation est du au fait que l'horizon temporel pour les investissements environnementaux, comparés aux investissements économiques, est bien plus long et peut s'exprimer en termes de centaines d'années. Les investissements économiques, eux, se mesurent généralement entre 5 et 10 ans. Du coup, l'actualisation tend à minimiser la valeur des effets environnementaux qui se présenteront dans le futur (état du climat, de la préservation des forêts). Dans la mesure où cet exercice reste important, en particulier pour décider de l'affectation des ressources dans la conduite des politiques, il est alors difficile d'y renoncer malgré les critiques nombreuses qui se concentrent sur le taux d'actualisation. Plus généralement, l'application de l'actualisation doit s'adapter à chaque fois au problème environnemental traité. Le taux d'actualisation devrait s'adapter et peut ainsi s'aligner par exemple sur les bons du Trésor à long terme. On peut même les imaginer négatifs (Portney et Weyant, 1999). Il existe maintenant une abondante littérature sur le choix du taux d'actualisation. Beaucoup s'accordent maintenant sur un taux d'actualisation décroissant (voir par exemple Weitzman, 2001) alors que d'autres auteurs montrent que la sous-estimation des dommages environnementaux futurs peut avoir d'autres explications qu'un taux d'actualisation faible (e.g.: Sterner et Persson, 2008).

des termes de l'échange (Dietz et Neumayer, 2005). Cela dit, Hartwick (2004) soutient, à propos du pétrole, que dans la littérature l'attention s'est déplacée de la question de la façon dont la limitation de l'offre future des ressources pétrolières est reflétée dans leur prix, à celle de la prise en compte des effets de la pollution provenant de la combustion de ces combustibles fossiles dans leur prix.

La réduction nette des forêts est calculée en multipliant la valeur estimée de la rente unitaire de la ressource par la différence entre les niveaux de prélèvement et d'accroissement des forêts. Les taux d'accroissement nets régionaux correspondants sont basés sur l'opinion des experts de la Banque mondiale. Da Motta et Do Amaral (2000) estiment la dépréciation liée à l'exploitation du bois dans l'Amazonie brésilienne. En général, ils trouvent des valeurs de dépréciation faibles et suggèrent alors que soient pris en compte les autres services associés à la forêt. Les travaux de Hassan (2000) et Haripriya (2000) soutiennent l'importance de la prise en compte des ressources forestières dans l'élaboration des comptes nationaux. De plus, les ressources prises en compte ne comprennent que la bauxite, le cuivre, l'or, le minerai de fer, le plomb, le nickel, l'argent, l'étain, le charbon, le pétrole brut, le gaz naturel, le phosphate et le bois. Beaucoup d'autres ressources, en particulier les composantes biophysiques de l'environnement, ne sont pas prises en compte parce qu'elles sont plus difficiles à évaluer. Les composantes biophysiques sont la quantité et la qualité de l'eau (souterraine et de surface), la qualité de l'air, les sédiments et les nutriments du sol, la faune, l'habitat naturel et la végétation, les espèces en danger, l'environnement acoustique, etc. L'épargne nette ajustée est basée sur l'idée de substituabilité entre différents facteurs formant les bases fondamentales de l'existence humaine (la section suivante discute plus largement cette question). Les composantes biophysiques sont des éléments critiques de l'environnement. Comme nous l'avons déjà noté, elles ne sont pas exprimées dans le calcul de l'épargne nette ajustée, et sont dans tous les cas difficiles à approximer dans une comptabilité basée sur le PIB.[11]

[11] Evidemment, les estimations de la Banque mondiale excluent beaucoup d'autres facteurs entrant dans une définition large de la richesse d'un pays. Nous pensons cependant qu'il serait trop ambitieux de chercher à tout prendre en compte. Par exemple, la localisation (qui compte beaucoup pour les coûts de transport) ou les actifs qui

3.3. La prise en compte du capital humain

Les données sur l'investissement en capital humain ne prennent pas compte les pertes occasionnées par l'obsolescence et les décès, ni encore le fait qu'une unité monétaire dépensée ne produit pas nécessairement une unité monétaire de capital humain (par exemple, El Serafy, 1997).[12] Surtout, les dépenses d'éducation ne doivent pas se limiter aux dépenses publiques d'éducation (comme le fait la Banque mondiale). Il faut aussi prendre en compte la dépense privée en la matière. Celle-ci représente souvent une part importante de l'effort total des pays dans la formation du capital humain. De même, toujours à propos du capital humain, nous relevons que les dépenses de santé sont absentes des calculs (voir par exemple Grigoriou et Rota-Graziosi (2008) qui suggèrent une complémentarité entre dépenses d'éducation et de santé).[13] Même s'il est vrai que l'absence ou la fiabilité des statistiques en la matière, du moins sur les périodes moins récentes, peut être une explication de cette non prise en compte, il convient de pallier cette lacune ne serait-ce que pour les périodes pour lesquelles cela est possible.

Sur ce point, il n'existe pas vraiment de méthode satisfaisante et le travail doit être poursuivi afin de trouver des solutions. Il y a une méthode qui évalue le capital humain en calculant la valeur actualisée du flux de revenus qu'il génère au fil du temps. Cette approche a le mérite d'être conforme à l'approche de la mesure de la richesse de Fisher (1906).[14] Mais elle pose, comme on l'a vu avec la mesure de la dépréciation du stock de ressources naturelles, la question de la prévision des niveaux et des rémunérations du capital humain.

---

sont spécifiques à des sites précis devraient être pris en compte. C'est le cas des forêts, des lacs et des espèces végétales et animales qui ont une importance symbolique pour certaines communautés humaines.

[12] Mais ce problème de rentabilité vaut également pour les autres formes de capital et pose plus généralement la question de leur qualité.

[13] Même si l'aspect santé peut être pris en compte à travers les émissions de CO_2 et de particules.

[14] La recherche d'une mesure de la richesse totale a conduit Fisher à l'intuition selon laquelle la valeur d'un actif est la capitalisation de ses flux de services futurs.

3.4. Les questions posées par l'agrégation des composantes de l'ENA

L'épargne véritable est un indice synthétique qui combine des indicateurs économiques et environnementaux en une seule grandeur. Tout en faisant l'intérêt de cet indice, son caractère agrégé peut aussi en constituer la principale critique. Everett et Wilks (1999) soutiennent que l'épargne véritable est susceptible de détourner notre attention de sujets importants qui nécessitent d'être discutés sur le plan politique. Ils pensent que l'épargne véritable ne permet pas de répondre à des questions plus larges sur la nature du développement. En fait, une telle mesure peut participer à minimiser des questions importantes comme celles de l'existence ou non de seuils environnementaux critiques, les droits de propriété, les valeurs intrinsèques de certaines ressources naturelles pour des groupes indigènes ou religieux, et le droit reconnu aux futures générations à disposer d'une panoplie d'actifs, d'espèces, de paysages, etc.

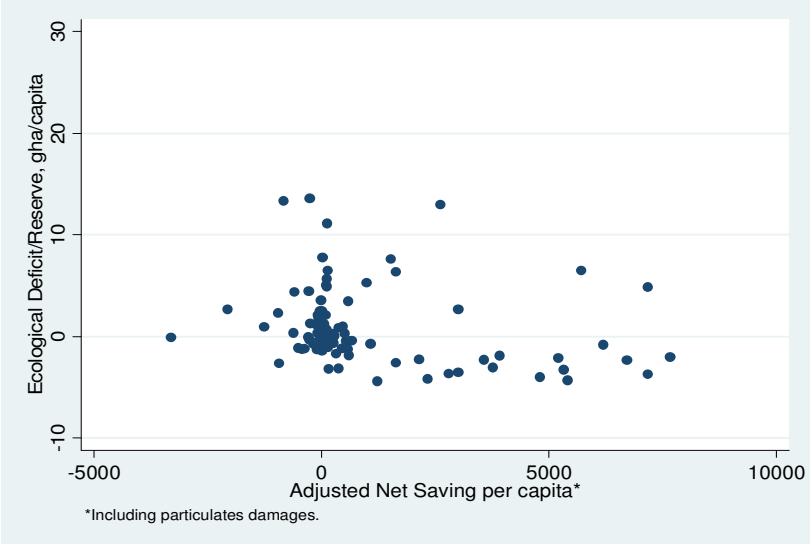
Subséquemment, un autre point de préoccupation, vieux et bien connu, est l'évaluation monétaire de ressources " non économiques " dans l'économie néoclassique. Cela est souvent présenté comme une des raisons majeures au fait que l'environnement est aujourd'hui en danger Cette pratique contribuerait en effet à produire une perception fallacieuse de l'état de l'environnement (Everett et Wilks, 1999). Dans tous les cas, la question de la substitution des différentes formes de capital reste difficile. La substituabilité entre capital produit et capital naturel est peut-être la plus contestée dans la littérature sur le développement soutenable. Dasgupta et Heal (1979) et Hamilton (1995) montrent que la règle de Hartwick ne tient plus lorsque l'élasticité de substitution entre capital physique et capital naturel est inférieure à 1. Dans un tel cas de figure le développement n'est plus soutenable car la production et la consommation finissent par décroître. D'un point de vue plus concret, il y a trois classes de ressources naturelles pour lesquelles on peut penser que le capital produit ne peut être un substitut complet (Hamilton, 2007): (i) des ressources naturelles telles que les sols et l'eau douce sont irremplaçables et essentielles à l'activité productive; (ii) des ressources naturelles, comme par exemple l'atmosphère (enveloppant le système climatique et la couche d'ozone), qui assurent une fonction d'épuration des déchets en absorbant ou en transformant les

déchets et les rendant inoffensifs; et (iii) des ressources environnementales qui produisent des services bénéficiant directement au consommateur final et qui tiennent leur valeur de leur caractéristiques uniques, par exemple les forêts naturelles et les récifs coralliens. Cette discussion sur la substituabilité entre les différentes formes de ressources est sans doute la principale critique adressée à l'ENA, c'est cela que nous examinons dans la section suivante.

4. L'Epargne nette ajustée: un concept de soutenabilité faible

Une critique évidente qui s'adresse à l'ENA est le fait que cet indice relève de la soutenabilité faible. La Graphique I.1 ci-dessous montre que l'ENA et l'emprunte écologique, qui se veut un indicateur de soutenabilité forte, n'évoluent pas dans la même direction.

Graphique I.1. Relation entre l'Epargne nette ajustée et l'emprunte écologique, 2005



Source: auteur

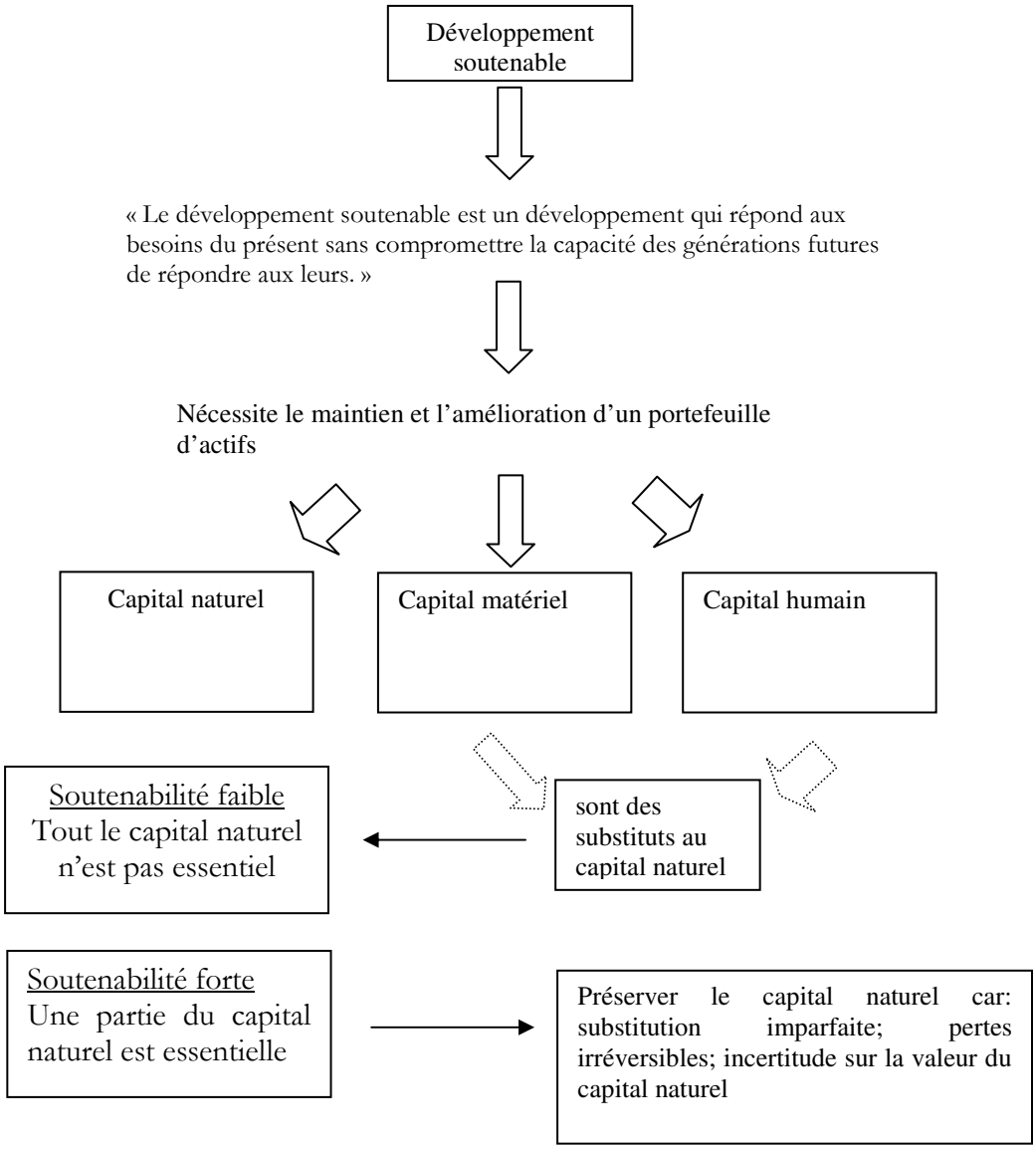
Les économistes envisagent la question de la soutenabilité en termes d'utilité. Ainsi, Solow (1993, pp. 167-8) écrit-il: « Si la durabilité est un engagement émotionnel et vague de conserver quelque chose dans le long terme, il est très important de comprendre la nature de ce quelque chose: je pense que c'est une capacité générale à produire du bien-être ». D'où la règle intergénérationnelle qui voudrait que le développement soit dit soutenable dès lors qu'il ne réduit pas la capacité d'assurer un niveau d'utilité par tête non déclinant à l'infini (par exemple: Neumayer, 2003). Or, sur le plan conceptuel, la capacité à produire de l'utilité est déterminée par quatre formes de capital: physique, social, humain et naturel. C'est l'approche « capital » du développement soutenable. A l'origine de cette approche se trouvent les travaux qui dès les années 1970 ont élargi le modèle néoclassique de la croissance économique aux ressources non-renouvelables (Dasgupta et Heal, 1974; Solow, 1974; Hartwick, 1977). Ces travaux cherchaient à savoir à quelles conditions la croissance, ou le développement, tel que défini ci-dessus, était possible. S'agissant, en particulier, des économies qui dépendent de ressources non-renouvelables, la question était cruciale. C'est ainsi que fut établie la règle connue sous le nom de règle de Hicks-Solow-Hartwick. D'après cette dernière, le développement est soutenable dans les économies riches en ressources non-renouvelables à condition que la rente issue de l'exploitation de la ressource soit réinvestie sous forme de capital physique (produit). C'est cette idée de réinvestir la rente en capital physique qui, généralisée à toutes les autres formes de capital, conduit à la règle de soutenabilité faible: gérer l'ensemble des richesses (physiques, naturelles, humaines, sociales) de sorte que ce stock total ne se réduise pas. L'intuition, ici, est que si la richesse, considérée comme la valeur de tous les actifs économiques, est ce qui détermine le bien-être futur, alors il convient de la préserver. Le lien entre variation de la richesse nette (épargne nette), bien-être social et développement soutenable a été clairement établi par la théorie de la croissance (Hamilton et Clemens, 1999; Dasgupta et Mäler, 2000; Asheim et Weitzman, 2001).

Cependant, derrière ces résultats se trouve l'hypothèse d'un degré élevé de substitution entre le capital naturel et les autres formes de capital, ou que le stock de ressources naturelles ne risque pas de s'épuiser de façon critique, soit parce que les réserves sont inépuisables du fait de leur extrême abondance ou de leur accroissement net positif rendu possible grâce au progrès technique ou encore aux économies d'échelle (Stiglitz, 1974).

Or, à l'opposé, la soutenabilité forte soutient l'idée d'une substituabilité du capital naturel plus ou moins limitée et commande de préserver son niveau au cours du temps de façon à garantir l'intégrité globale du système écologique (Figure I.2).

Ainsi, Dietz et Neumayer (2007) détaillent ce que l'on entend par capital naturel dans ce cadre. Suivant Ekins et al. (2003) et Pearce et Turner (1990), ils rappellent que le capital naturel remplit quatre catégories de fonctions: fournir des matières premières pour la production et la consommation directe; assimiler les déchets issues de la production et la consommation; offrir des équipements naturels; enfin, assurer les fonctions vitales sur lesquelles reposent à la fois la vie et les trois fonctions précédentes. Si ces trois fonctions se prêtent à une substitution élevée entre elles, cela ne concerne que difficilement, voire pas du tout, les fonctions vitales sur lesquelles repose toute vie. Même dans le cadre de la soutenabilité faible, la substitution au sens économique, s'effectue plutôt à la marge et ne peut être considérée comme étant complète (Pillarisetti, 2005). Par ailleurs, si comme certaines études le suggèrent (par exemple: Wackernagel et al., 2002), les limites environnementales sont déjà dépassées, alors la soutenabilité faible perd tout intérêt.

Figure I.2. Le rôle du capital dans un développement soutenable



Source: Barbier (2003, p.257)

Enfin, comme le soulignent Dietz et Neumayer (2007), plusieurs autres raisons peuvent plaider en faveur de la soutenabilité forte (relativement à la soutenabilité faible). Parmi ces raisons il y a que: l'incertitude sur nos connaissances des questions liées à l'écosystème incite à la prudence; la perte de certaines ressources naturelles peut être irréversible, voire irrémédiable; les hommes seraient très sensibles aux pertes d'utilité que pourrait occasionner la perte de certaines fonctions environnementales y compris celles qui ne

sont pas vitales; des raisons éthiques voudraient que l'on ne substitue rien au capital naturel, y compris une consommation future plus élevée.

Atkinson et al. (2007) soutiennent qu'en réalité ces deux approches sont plus complémentaires qu'elles n'y paraissent. En effet aucune des deux ne semble davantage s'accorder à la réalité. Comme nous l'avons indiqué plus haut dans cette section, la soutenabilité faible a été développée à l'origine dans le cadre d'économies reposant sur l'exploitation de ressources naturelles non renouvelables. Sa pertinence dans un tel cadre n'est pas contestée. Là où des questions se posent, c'est quand on en vient à vouloir généraliser cela à l'ensemble des ressources environnementales et à considérer ainsi qu'elles se prêtent toutes à la substitution. On nierait ainsi l'existence de ressources *critiques*-pour désigner ces ressources qui sont indispensables à la vie humaine et qui ne sont pas remplaçables. De même, on ne peut nier que le cadre de la soutenabilité faible peut être utile afin de savoir si le développement économique et humain est soutenable ou non, en particulier dans les pays riches en ressources naturelles non renouvelables. Il peut même permettre de mieux préserver l'environnement, selon que les investissements (promus par la soutenabilité faible) sont favorables à l'environnement et à la réduction de la pauvreté. Il paraît ainsi difficile d'ignorer les critères de la soutenabilité faible si le but est la soutenabilité forte. Finalement, il semble donc là aussi, comme pour les approches du développement soutenable, qu'une voie intermédiaire semble mieux indiquée: promouvoir la soutenabilité faible tout en s'efforçant de prendre en compte la nécessité d'une stricte préservation des ressources qui ont un rôle vital dans les équilibres des écosystèmes.[15] Mais en disant cela, nous ne sommes pas pour autant au bout de nos peines: tant que la science, notamment celle du climat, n'aura pas identifié les ressources vitales avec exactitude, il restera difficile d'établir cette ligne médiane.

Il y a donc des efforts à faire en matière de recherche empirique, à la fois du côté de la soutenabilité faible que du côté de la soutenabilité forte. Plus on éliminera les incertitudes

[15] Cela correspond à une interprétation modérée de la soutenabilité forte car considérant que toutes les ressources naturelles ne sont pas vitales.

de part et d'autre, plus il sera possible d'avancer plus rapidement dans la quête d'un indice de développement soutenable.

5. L'épargne nette ajustée en pratique

L'épargne nette ajustée a été développée avec dès le départ le souci d'en faire un indice opérationnel de développement soutenable. Ainsi Pearce et Atkinson (1993) proposent une première illustration empirique de l'épargne nette ajustée et Hamilton et Clemens (1999) sont les premiers à en offrir le calcul pour les pays en développement. Dans cette section nous analysons l'épargne nette ajustée (les données) à travers les différentes régions du monde. Nous terminons cette discussion en confrontant l'ENA à d'autres variables en rapport avec les prédictions théoriques présentées plus haut.

5.1. Caractéristiques régionales

La Banque mondiale (World Bank, 2006) offre une caractérisation des différentes régions du monde sur la base de l'épargne nette ajustée pour la période 1970-2003 (Figure I.3). La région Moyen Orient et Afrique du Nord affiche des taux négatifs d'épargne véritable en raison de sa dépendance vis-à-vis du pétrole. Les mesures d'ENA y atteignent -30% du Revenu national brut (RNB) à la fin des années 1970 et oscillent autour de -10% sur l'essentiel de la période 1970-2003. L'ampleur de ces chiffres suscite des interrogations, et Neumayer (2000) de se demander s'ils correspondent à la réalité, ce qui aurait déjà donné à voir un déclin économique dans certains de ces pays. Van der Ploeg (2010) se penche sur cette question. Il soutient que de faibles taux d'épargne nette ajustée dans les pays riches en ressources naturelles ne sont pas nécessairement sous optimaux. Il montre qu'il serait optimal d'investir moins que la rente de Hotelling sur les ressources épuisables si on anticipe une hausse du prix des ressources, une hausse des taux d'intérêt sur les actifs internationaux ou une baisse des coûts d'extraction. Il insiste par ailleurs sur le fait qu'un cadre institutionnel et des droits de propriété défaillants peuvent aussi expliquer cela. En Afrique subsaharienne, la moyenne du taux d'épargne véritable est autour de zéro. Des pays comme le Kenya, la Tanzanie et l'Afrique du Sud s'y distinguent favorablement,

contrairement aux pays exportateurs de pétrole comme le Nigéria et l'Angola. En Amérique latine les taux d'épargne véritables sur la période sont généralement restés au-dessus de 0, dépassant parfois les 10% du RNB. Les meilleurs performeurs y sont le Brésil et le Mexique, contrairement au producteur de pétrole qu'est le Venezuela. Les taux d'épargne véritable sont passés de 7,7% en 1995 (date à partir de laquelle les chiffres existent) à 1,7% en 2003 dans la région Europe de l'Est et Asie centrale. On y compte en effet de nombreux pays pétroliers (plus la rente est élevée, plus le désinvestissement est important) tels que la Russie, l'Azerbaïdjan, le Kazakhstan, l'Ouzbékistan et le Turkménistan. En Asie du Sud les taux d'épargne véritable varient entre 10 et 15% depuis 1995 et l'Inde s'y distingue particulièrement. Enfin, en Asie de l'Est et pacifique, l'épargne nette ajustée est très élevée et avoisine les 30%. Elle est tirée par l'épargne nationale et par la Chine. La tendance a été marquée par le boom de la seconde moitié des années 1980 et la crise financière de 1997. Le Tableau I.2 présente les moyennes pour les différentes régions du monde en 2000. On remarque que l'ENA par tête correspond à la présentation ci-dessus et les écarts-type sont très marqués.

Tableau I.2. ENA par tête et par région, année 2000

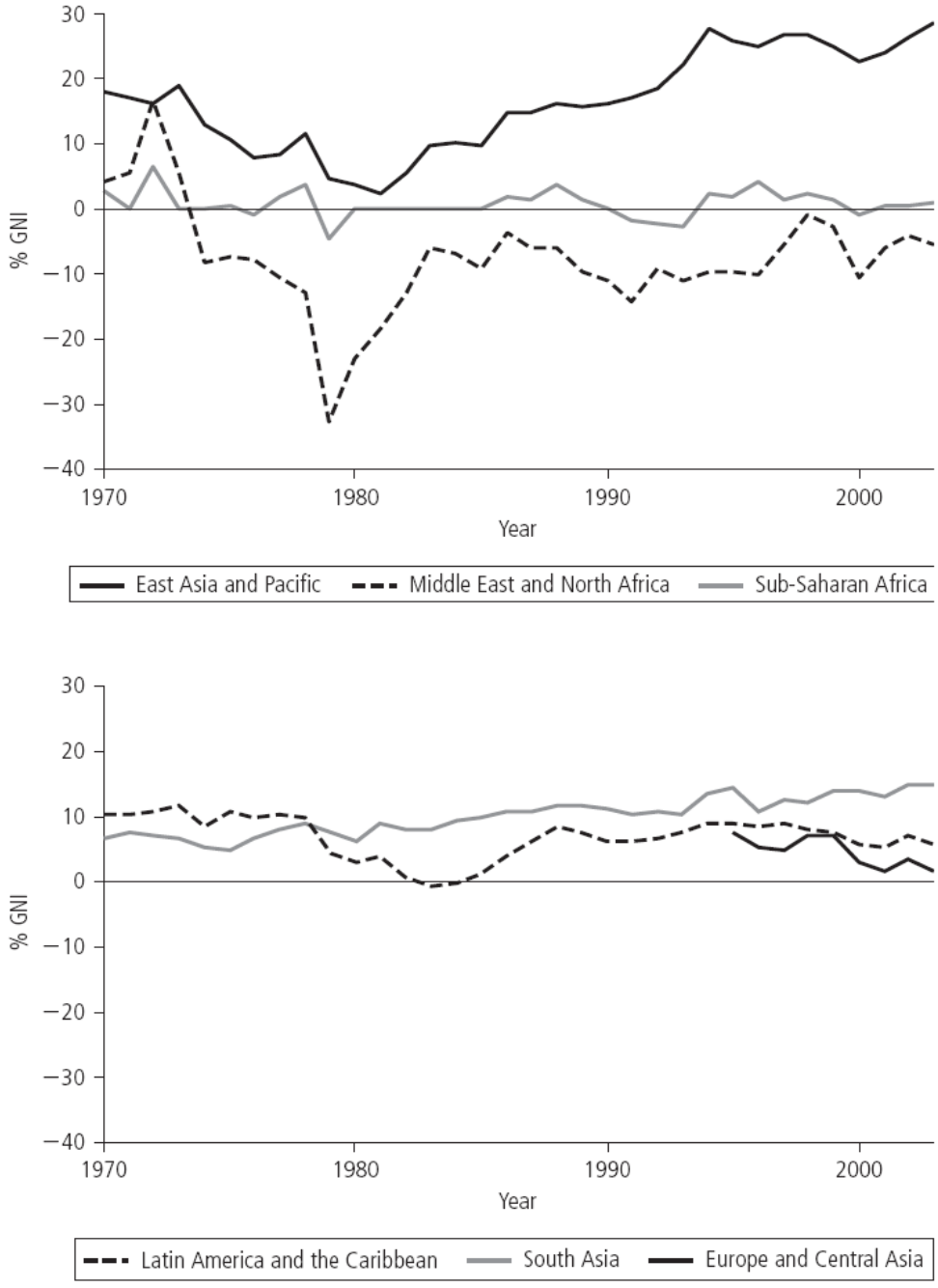
Régions	Moyenne	Ecart-type.	Fréquence
Asie de l'Est & Pacifique	167,44006	202,58278	10
Europe & Asie centrale	8,3956331	335,34783	21
Haut revenu	2786,2204	2006,315	26
Amérique latine & Caraïbes	136,95546	314,20644	24
Moyen O. & Afrique du Nord	-87,96858	391,90726	8
Asie du Sud	169,2381	220,30098	7
Afrique subsaharanienne	-7,045082	128,21072	37
Total	584,95955	1416,3682	133

Chiffres en dollar EU, courant.
Source: calculs de l'auteur, avec des données World Bank (2009)

D'une façon générale, l'étude de la Banque (World Bank, 2006) montre bien que les taux d'épargne véritable sont négativement corrélés avec la dépendance vis-à-vis des ressources naturelles, particulièrement le pétrole. La boîte à moustache (Figure I.4) présente la distribution de l'ENA par tête (en dollar EU) dans les différentes régions du monde. Les

limites à gauche et à droite de la boîte représentent les premiers et troisième quartiles et la ligne au milieu la médiane.

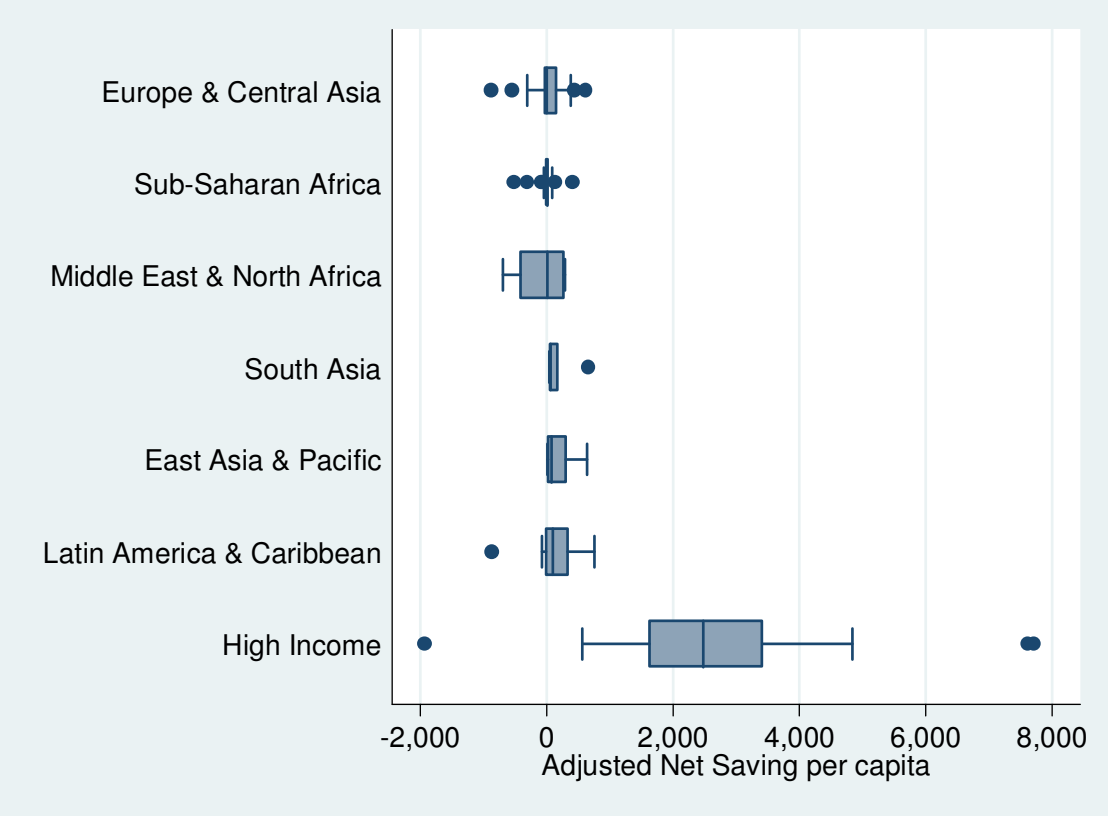
Figure I.3. Taux d'épargne nette ajustée par région



Source: World Bank (2006, p.41)

En plus de l'hétérogénéité régionale, la figure révèle une hétérogénéité intra région. On peut y voir combien les pays riches se distinguent nettement avec une ENA par tête élevée et une distribution assez normale autour de la médiane. Toutefois, on note pour ces pays des valeurs adjacentes et des valeurs extrêmes très marquées. Pour les autres régions du monde, on relève aussi plusieurs valeurs extrêmes. Le Tableau I.3 confirme les observations concernant l'hétérogénéité (toujours avec les données World Bank, 2009). Le test d'égalité des variances conduit à rejeter cette hypothèse. Il indique que 59% de la variance de l'ENA par tête provient de la variance entre les régions, le reste provenant des différences au sein des groupes.

Figure I.4. Taux d'épargne nette ajustée par tête (par région, année 2000)



Source: construction de l'auteur, avec des données World Bank (2009)

Tableau I.3. Analyse de variance de l'ENA selon les régions*, année 2000

Source	Variance	DDLiberté	Stat. Fisher	Prob > F
Inter groupes	157325234	6	30,74	0
Intra groupes	107479814	126		
Total	264805047	132		

Test d'égalité des variances (Bartlett): chi2(6) = 242,2860 Prob>chi2 = 0,000.

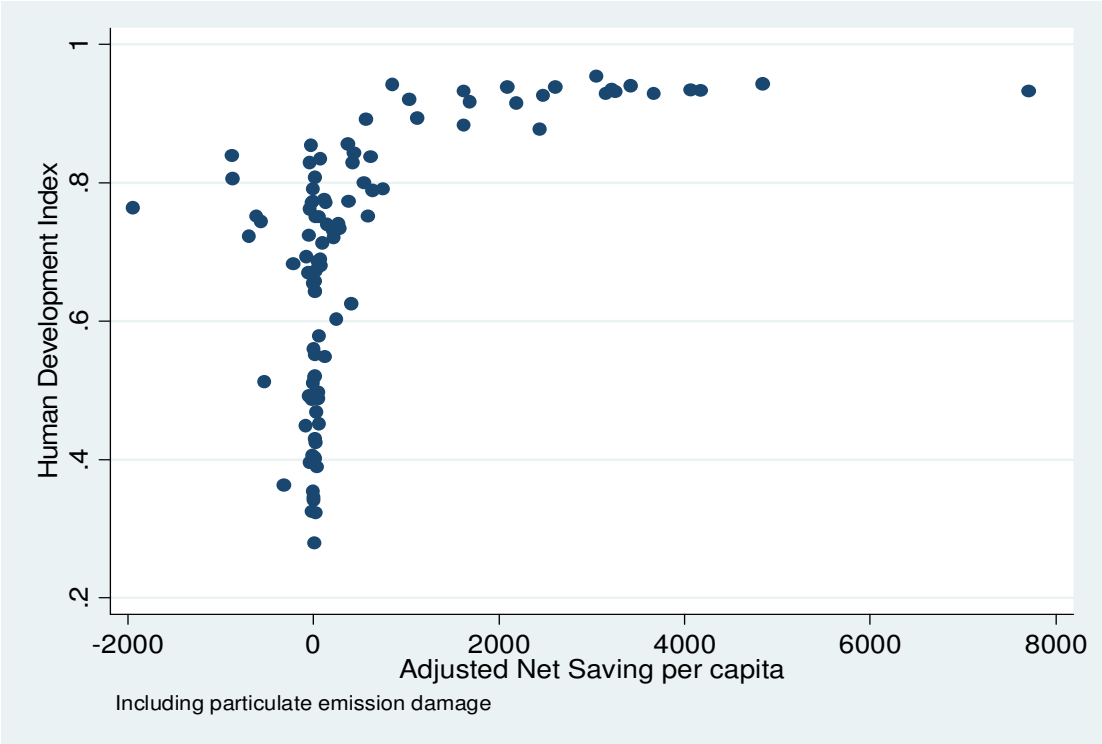
*Ce sont l'Asie de l'Est et Pacifique, l'Europe et l'Asie centrale, les pays à haut revenu, l'Amérique latine et les Caraïbes, le Moyen Orient et l'Afrique du Nord, l'Asie du Sud et l'Afrique subsaharienne

Source : calculs de l'auteur, avec des données World Bank (2009).

5.2. Quelle relation entre l'ENA et les constituants du bien-être?

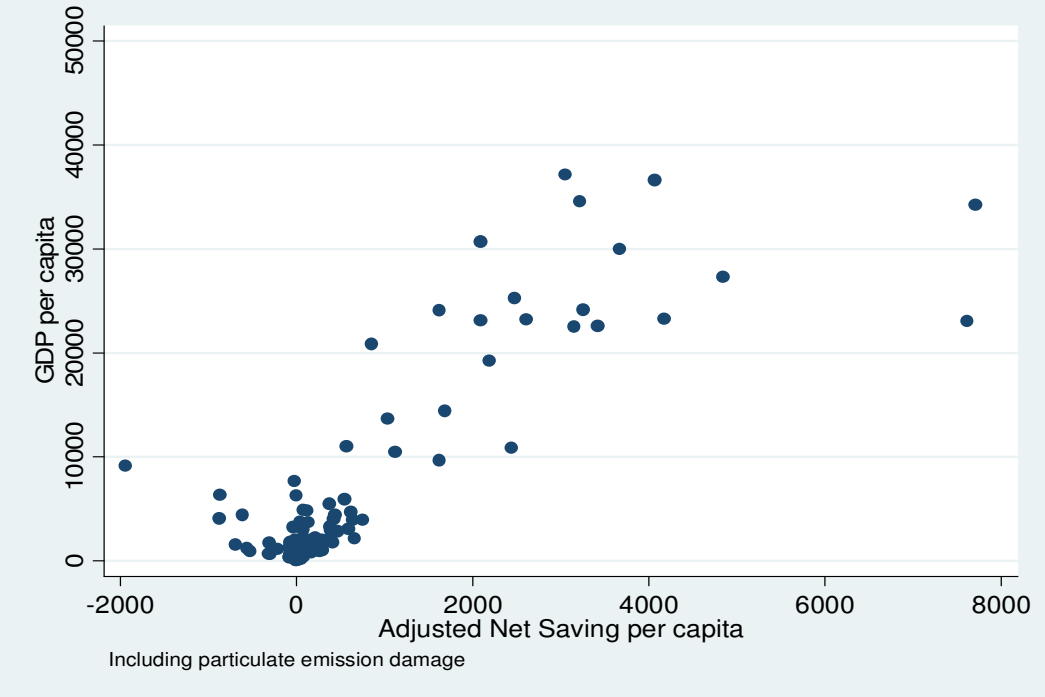
Rappelons que ces prédictions soutiennent que l'ENA détermine la variation du bien-être social. Cela a déjà fait l'objet d'un test empirique (Ferreira et Vincent, 2005). Dans cette dernière étude, le bien-être est mesuré par la valeur présente du flux de consommations futures. Le problème ici, ainsi que le souligne depuis le début Fisher (1906), est que la consommation doit être mesurée de façon complète en s'assurant que tous les actifs nécessaires pour générer le bien-être sont pris en compte. En pratique cela est difficile et ce n'est pas ce qui est fait chez Ferreira et Vincent (2005). Ensuite, pour des raisons bien connues et que nous exposons au chapitre III, la consommation est une mesure de bien-être relativement plus contestable. Et plus généralement, nous savons que le développement soutenable vise à préserver un niveau de bien-être non déclinant. Alors, toute mesure de développement soutenable doit pouvoir nous renseigner sur l'évolution du bien-être. Nous faisons alors le choix de confronter l'ENA à des mesures alternatives de bien-être tels que l'Indice de développement humain (IDH). Le Graphique I.2 présente le nuage de points entre l'ENA par tête et l'IDH. La relation décrite présente une pente légèrement positive mais les deux variables semblent indépendantes autour de zéro (pour l'ENA). Ensuite, nous observerons une relation positive entre l'ENA par tête et le revenu par tête (Graphique I.3). Cette dernière relation nous donne une idée du lien qui peut exister entre l'ENA et le revenu qui est à la fois un déterminant du bien-être et un canal emprunté par l'ENA. Ce sont là de premières indications qui font l'objet d'un traitement complet dans les chapitres II et III.

Graphique I.2. Taux d'épargne nette ajustée par tête et Indice de développement humain (année 2000)



Note : À cause des données manquantes seuls 77 pays sont pris en compte.
Source : construction de l'auteur, avec des données World Bank (2009)

Graphique I.3. Taux d'épargne nette ajustée par tête et PIB par tête (année 2000)



Note : À cause des données manquantes seuls 113 pays sont pris en compte.
Source : construction de l'auteur, avec des données World Bank (2009)

6. Conclusions

Dans ce chapitre nous soumettons l'épargne nette ajustée (ou épargne véritable) à un examen critique. La théorie de l'épargne véritable (approche capital de la soutenabilité) a été établie par une série de travaux: Hamilton and Clemens (1999), Dasgupta et Mäler (2000) et Asheim and Weitzman (2001), etc. Elle se décline dans le cadre des théories néoclassiques de la croissance et repose sur l'idée que c'est l'ensemble des actifs d'une économie, y compris ceux qui produisent des effets négatifs, qui constituent la base du bien-être futur. La variable pertinente en termes de perspectives de bien-être est alors l'épargne véritable. Cette théorie établit que la soutenabilité (un bien-être social qui ne baisse pas) revient à maintenir un niveau non déclinant de la valeur de l'ensemble des actifs, y compris les ressources naturelles.

L'ENA suscite des controverses nombreuses même si jusque-là elle a relativement bien résistée à la critique. Premièrement, les cadres théoriques sur lesquels repose l'ENA se

fondent sur des hypothèses d'optimalité des prix qui soulèvent des questions d'opérationnalité car très souvent la réalité n'offre pas les conditions requises par les modèles. De même que la présence de chocs exogènes affecterait l'optimalité des prix et les mesures de l'ENA qui se basent sur ces derniers devraient alors être révisées ou interprétées avec précaution. Deuxièmement, les données proposées ne mesurent certainement pas la richesse de façon complète. Troisièmement, même quand les ressources sont prises en compte, très souvent la façon dont elles sont mesurées est imparfaite et sujette à polémique. Il en est ainsi des ressources du sous sol (minerais notamment) et de la dégradation de l'environnement (pollution, biodiversité, etc.). Quatrièmement, la question de la substituabilité entre actifs et celle des non linéarités probables resteront difficiles, voire impossible à résoudre dans le cadre de l'épargne véritable.

Cependant, ce sont là des résultats issus de discussions théoriques et de statistiques descriptives. Nous les examinons alors davantage (du moins pour certains d'entre eux) dans les chapitres suivants.

CHAPITRE II

L'impact de l'épargne nette ajustée sur la croissance à long terme

1. Introduction

La littérature sur le développement soutenable et la comptabilité nationale verte soutient que l'épargne véritable (que nous désignerons aussi par ENA pour Epargne Nette Ajustée) est un bon indicateur de développement soutenable dans la mesure où elle mesure l'investissement net dans l'ensemble (physique, humain et naturel) de la base productive d'un pays. L'épargne véritable étend la mesure conventionnelle de l'épargne (nette) en y additionnant l'accumulation du capital humain et déduisant la diminution des ressources naturelles.

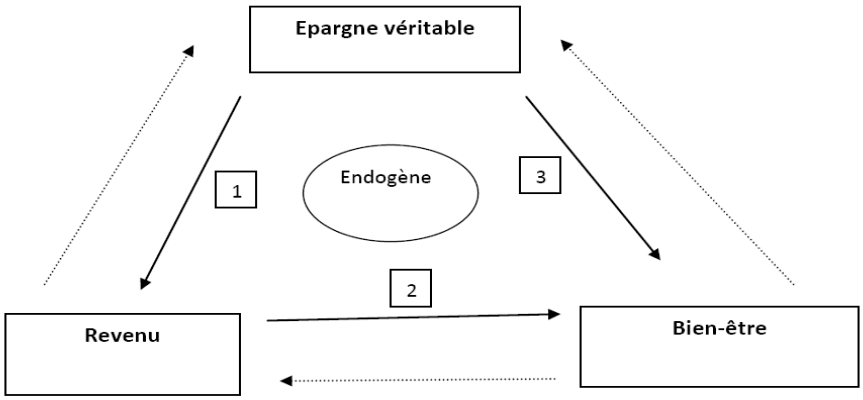
A ce jour, plusieurs facteurs ont été identifiés comme contribuant à la croissance économique de long terme. Il est observé que les pays riches en ressources naturelles tendent à avoir des performances économiques moins bonnes que les autres. Cela a conduit à l'hypothèse de la « malédiction » des ressources naturelles. A côté de ces travaux, un courant influent de la recherche théorique et une vague émergente de résultats empiriques sur le lien entre les ressources naturelles et le développement mettent l'accent sur l'importance d'une gestion des ressources naturelles, du capital humain et des actifs physiques comme étant tous des éléments d'un même portefeuille. C'est alors qu'on aboutit à l'épargne véritable. La théorie établit alors que l'épargne véritable prédit parfaitement les variations de la consommation (entre autres, Hamilton et Clemens, 1999; Dasgupta et Mäler, 2001).

Cela dit, deux points principaux distinguent la théorie de la croissance de celle de l'épargne véritable. Cette dernière considère la croissance de la consommation plutôt que celle du PIB et est basée sur une mesure plus large de l'épargne, incluant capital physique, humain et naturel. Des études empiriques ont alors testé la relation entre l'ENA et la variation de la valeur présente de la consommation (Ferreira et Vincent, 2005; Ferreira et al., 2008).

Dans la mesure où le revenu est le principal déterminant direct de la consommation, la théorie de l'ENA soutient implicitement que l'épargne véritable explique substantiellement la croissance économique. Nous nous proposons donc d'étudier cette relation. Mais plus que l'examen de ce lien, nous présentons une analyse comparative des effets de la mesure traditionnelle de l'épargne et de l'ENA sur la croissance. En effet, toutes ses composantes ont déjà été étudiées dans le cadre de la croissance où elles apparaissent souvent comme des déterminants importants. On devrait alors s'attendre à ce que cet indice soit fortement corrélé avec la croissance économique. Mais l'agrégation de ces différents facteurs conduit-elle effectivement à ce que l'ENA produise un effet différent de celui de l'épargne? Nous montrons alors qu'en termes d'effets sur la croissance économique l'ENA, est une mesure d'épargne qui est économiquement supérieure à l'épargne nationale nette. Le présent travail se base sur la littérature de la soutenabilité et de la comptabilité nationale verte. La Figure 1 donne une illustration de la relation entre l'épargne véritable, le revenu et le bien-être. L'épargne véritable explique le bien-être via son effet sur le revenu (flèche (1), puis (2)). Les variations de l'épargne véritable déterminent l'accroissement net du flux de revenu, en vertu notamment de la définition du revenu de Hicks (1946): montant maximum qui peut être consommé au cours d'une période de temps donnée sans que la richesse en fin de période soit différente de celle du début. Il existe aussi une relation directe entre l'épargne véritable et le bien-être (flèche (3)). C'est cette dernière qu'établit la théorie de l'épargne véritable. Les relations mises en évidence ici sont toutes endogènes (les flèches en pointillées marquent ces relations). Dans cette étude, seule la relation représentée par la flèche (1) nous préoccupe. La relation décrite par la flèche (3) fait l'objet du chapitre 3. Celle que traduit la flèche (2) ne fait pas l'objet d'un traitement particulier. Elle sert surtout à justifier notre intérêt pour la relation (1).

La suite du chapitre s'organise comme suit: la Section 2 présente l'épargne véritable; la Section 3 discute comment l'ENA influe sur la croissance à travers ses composantes que sont le capital physique, le capital humain et le capital naturel; la Section 4 introduit l'épargne nette ajustée comme déterminant des performances économiques; la Section 5 développe l'approche économétrique; la Section 6 présente et discute les résultats économétriques; la Section 7 conclut.

Figure II.1. L'épargne véritable : déterminant du revenu et du bien-être



Source : auteur

2. L'ENA : un indice qui renseigne sur le futur?

Le mode de calcul de l'épargne véritable dans la présente étude est inspiré de la Banque mondiale (World Bank, 2004) et du débat empirique.[16] Dans cette étude le calcul de l'épargne véritable a été fait à partir des données de la Banque mondiale (World Bank,

[16] Il y a en effet dans la littérature des problèmes liés à l'inclusion des dommages causés par les émissions de dioxyde de carbone, ce qui conduit souvent à ne pas les prendre en compte (par exemple: Hamilton, 2005 et Ferreira et al., 2008). Les estimations des dommages de la pollution faites par la Banque les évaluent à 20 dollars la tonne de dioxyde de carbone, ce qui est selon toute probabilité une sous-estimation importante (Dasgupta, 2007). En plus du problème de leur estimation, on ne sait pas ce qu'il faut imputer à un pays car il y a ce qu'un pays émet, mais il y a aussi ce qu'il subit.
Ensuite, même si certaines variantes de l'épargne véritable prennent en compte les émissions de particules (disponibles seulement à partir de 1990), les autres dommages de pollution ne sont pas pris en compte. C'est le cas pour les dommages liés à l'eau, à l'air local, etc.

2009).[17] Le but principal est de reproduire la méthode appliquée par la Banque mondiale en excluant cependant les émissions de dioxyde de carbone:

$$ENA = ENN + E - R \quad \text{(II.1)}$$

où:
ENA = Epargne Nette Ajustée
ENN = Epargne Nationale Nette
E = Dépenses Courantes d'Education
R = Rente des Ressources (épuisement de l'énergie des minerais et des forêts)

$$ENN = ENB - CCF \quad \text{(II.2)}$$

où:
ENB = Epargne Nationale Brute
CCF = Consommation de Capital Fixe

Le calcul de l'ENA, proposé ici, cherche à refléter les trois formes de capital que sont le capital physique, le capital humain et le capital naturel. Ainsi, le capital physique est mesuré par l'investissement net (mesure conventionnelle) qui est approximé par l'épargne nationale nette (y compris les revenus nets des facteurs et les transferts nets). Le capital naturel est mesuré par la réduction des stocks d'énergie, de minerais et de forêt (le stock d'énergie, mesuré ici, concerne le pétrole, le charbon et le gaz naturel, celui de minerais est la somme de la réduction des stocks de bauxite, de cuivre, de fer, de plomb, de nickel, de phosphate, d'étain, de zinc, d'or et d'argent). Les dépenses courantes d'éducation (manuels scolaires, salaires des enseignants, etc.) représentent le capital humain (son accroissement brut). La pollution au CO_2 participe aussi au capital humain par le biais des dommages de santé, mais elle pose plus généralement un problème de droit de propriété : celui de ne pas être pollué par ses voisins. Les émissions de particules polluantes permettent également de prendre en compte les dommages causés à la santé. La Banque mondiale

[17] Les données de l'ENA étant fournies en pourcentage du Revenu national brut (RNB), nous les avons recalculées à l'aide du RNB de sorte à pouvoir construire différentes variantes de la mesure de l'ENA.

estime ces dommages par le consentement à payer pour réduire les risques de mortalité liés à ces polluants (par exemple: World Bank, 2006). Cependant nous ne considérons pas systématiquement la pollution (CO_2 et particules) dans le calcul de l'ENA. Pour ce qui est des dommages liés au CO_2, que nous ne prenons pas du tout en compte, les effets apparaîtraient sur le long terme et le lien avec la santé n'est pas très évident (Hamilton, 2005). Et, surtout, en l'absence de compensations nettes reçues/versées par les pays pollués/pollueurs cela n'a pas d'effet évident sur le revenu et la consommation. Dans le cas des particules les données sont insuffisantes et n'existent pas avant 1990. Comme la Banque mondiale, nous considérons une variante du calcul de l'ENA avec les émissions de particules polluantes.

L'épargne véritable a été créée pour être un indice de développement qui renseigne sur l'avenir. En cherchant à additionner les variations nettes de tous les éléments essentiels qui déterminent le développement, elle vise à informer sur les perspectives de croissance et de bien-être. Bien estimée, l'ENA peut être un indice de développement « d'avant-garde ». Elle ne se contente pas de nous dire ce que peuvent être le revenu et la consommation de demain, elle peut aussi nous renseigner, dans une certaine mesure, sur l'évolution probable des inégalités de revenu. La raison étant que l'intervention publique dans le secteur de l'éducation vise généralement à soutenir les plus pauvres et/ou a un impact plus important sur les pauvres. Cet effet sur les pauvres est aussi susceptible de favoriser encore plus la croissance et le développement.

La croissance rapide des tigres asiatiques est attribuée à leurs investissements élevés dans le capital humain et le capital physique (Young, 1995; Krugman, 1994). Pour être plus précis, ajoutons qu'il y a un autre point de vue qui, se fondant sur Solow (1956), soutient que la productivité globale des facteurs est la principale source de la croissance dans cette région (par exemple: Romer, 1993; Pack, 1992). A l'opposé, une région comme l'Afrique subsaharienne a connu des performances économiques mauvaises sur l'essentiel des quarante dernières années, avec, entre autres facteurs, des niveaux d'épargne et d'investissement trop faibles pour soutenir une croissance économique rapide (Arbache et al., 2008).

De 1971 à 2000, et en considérant deux sous intervalles identiques, une comparaison entre les pays en développement et les pays développés montre que les derniers ont connu des taux de croissance du PIB par tête élevés associés à des taux d'épargne véritable bien meilleurs et des taux de croissance de la population plus faibles (Tableau 1). Tout comme l'épargne véritable, leurs taux d'épargne et d'investissement sont aussi élevés. Le Tableau 1 montre aussi que l'écart épargne-investissement s'est accentué dans les pays en développement, nombre d'entre eux dépendant davantage de l'épargne étrangère. Cependant, la différence entre les ratios (moyens) d'épargne et d'investissement n'est pas très importante, en particulier dans les pays développés. Différents facteurs contribuent à la forte corrélation entre épargne et investissement. Parmi ces facteurs, il y a les chocs tels que les chocs de productivité qui affectent l'épargne et l'investissement dans la même direction, même en présence d'une mobilité élevée du capital; le fait qu'une épargne plus élevée induise des investissements plus élevés, et plus un pays est grand plus cet effet est important; le contrôle des mouvements de capitaux pour des raisons macroéconomiques; les coûts et risques variés associés aux investissements à l'étranger; et les restrictions à l'entrée des marchés internationaux du crédit (Mwega, 1997).

Tableau II.1. Investir dans le développement, 1971-2000

Tableau 1. Investir dans le développement, 1971-2000

Pays	Période	ENA (RNB,%)	Epargne (PIB,%)	Inv. (PIB,%)	Pop. (crois.,%)	PIB/tête (crois.,%)
Développés	1971-1985	14.81	24.15	26.31	0.78	2.78
en Dév.		3.83	16.10	22.92	2.29	1.58
Développés	1986-2000	13.70	24.56	23.10	0.81	2.75
en Dév.		5.73	14.49	22.90	1.82	1.39

Note: RNB = Revenu national brut
Source: auteur à partir des données WDI (2009)

3. Composantes de l'épargne véritable et performances économiques

Dans la présente section nous présentons les arguments qui font de l'ENA un déterminant de la croissance. Notre approche est double. La première consiste à rappeler, à travers les théories de la croissance, le lien qui existe entre chacune des composantes individuelles de l'ENA (capital physique, capital humain, capital naturel) et la croissance. La seconde insiste sur la substituabilité et la complémentarité qui peut exister entre ces composantes. Notre argument de la substituabilité repose sur la règle de Solow-Hartwick et de sa généralisation à toutes les ressources. Cela fait de l'ENA un indicateur qui appréhende l'effort d'investissement dans le stock de capital inclusif. Mais plus que cela, nous soutenons que désormais il faut aussi prendre en compte le fait que le capital physique et le capital humain puissent eux aussi servir à la formation du capital naturel. Cela aide à garantir l'équilibre global favorable à la croissance. En particulier, les ressources naturelles étant elles aussi un facteur de production, on peut ainsi maintenir un portefeuille de ressources qui assure une certaine part de chacune d'elles, de sorte qu'il soit possible de venir à bout des rendements décroissants.

3.1. Epargne, investissement et croissance

Dans l'analyse traditionnelle de la croissance, la relation entre épargne, investissement et croissance à long terme occupe une place importante. En termes d'épargne et d'investissement, on s'intéresse au lien qui existe entre ces deux au niveau national. Solow (1956) suggère que l'épargne n'a aucun effet de long terme sur la croissance. A long terme, le taux de croissance d'équilibre dépend exclusivement des deux facteurs, supposés exogènes, que sont le progrès technique et la croissance de la main d'œuvre.

Cependant, avec les modèles de la croissance endogène, par exemple Romer (1986), il est possible de neutraliser les rendements décroissants en investissant simultanément dans le capital physique, le capital humain, ou en réalisant des dépenses de Recherche & Développement. Ainsi, les taux d'épargne et d'investissement ont un effet sur le taux de

croissance de long terme. Des études comme celle de Levine et Renelt (1992), De Long et Summers (1993), et Easterly et Rebelo (1993) soutiennent l'idée que l'investissement joue un rôle clé dans la croissance économique. C'est un facteur important de la croissance de la productivité. On observe que les pays qui investissent le plus tendent aussi à connaître une croissance économique plus rapide. Dans nombre des pays caractérisés par une faible croissance au cours des dernières décennies, les taux d'épargne et d'investissement ont été faibles (moins de 10%), alors que ces taux sont élevés dans les pays émergents (20-50% du PIB). Il semble donc qu'il ait une corrélation entre l'épargne et l'investissement, mais en réalité ce n'est pas toujours le cas.

Dans une économie ouverte, l'investissement national est financé à la fois par l'épargne nationale et l'épargne étrangère, et les économies des agents résidents peuvent aussi être investies à l'étranger. Cela est vrai en particulier dans le cadre d'une mobilité parfaite du capital. Ainsi, l'épargne et l'investissement peuvent être découplés, de sorte que l'on peut aboutir à des situations dans lesquelles le taux d'investissement d'un pays ne dépend pas unité-pour-unité de son taux d'épargne. Ensuite, la question de la corrélation entre épargne et investissement est une question empirique.

La question est alors la suivante: que disent les observations empiriques sur la relation entre épargne et investissement? Elles suggèrent que cette corrélation est élevée (Feldstein et Horioka, 1980; Feldstein et Bacchetta, 1991; Bosworth, 1993). Dès lors, il convient de considérer les taux d'épargne et d'investissement si nous voulons comprendre les sources essentielles de la croissance économique. Young (1995) a été le premier à soutenir que la croissance rapide des « tigres » d'Asie de l'Est était due à l'investissement. Pour le cas particulier de Singapour, Young (1995) conclut que la croissance économique était due à l'épargne et l'accumulation du capital physique, contrairement au point de vue alors dominant qui soutenait que le progrès technique était le principal facteur explicatif du « miracle » économique en Asie de l'Est. Collins et Bosworth (1996), parmi d'autres, soutiennent cependant l'idée qu'en Asie du Sud-Est la croissance sera de plus en plus tirée par la productivité totale des facteurs.

3.2. Capital humain et croissance économique

Au plan macroéconomique, il y a de nombreuses études qui mettent en évidence un lien positif entre le capital humain et le revenu. Parmi ces études, une première catégorie relève de la comptabilité de la croissance. A l'exception de quelques unes, dont les conclusions sont défavorables ou mitigées (par exemple: Benhabib et Spiegel, 1994), ces études trouvent un impact positif (par exemple: Jorgenson et al., 1987; Englander et Gurney, 1994; Kruger et Lindahl; 2001). L'autre catégorie de travaux repose sur les modèles et les régressions de croissance, depuis notamment Barro (1991) et Mankiw et al. (1992) qui prennent en compte explicitement les effets du capital humain sur la croissance et trouvent un lien positif. Par la suite, plusieurs autres auteurs abonderont (en termes de résultat) dans le même sens, cette fois-ci dans le cadre d'études qui portent clairement leur intérêt sur le capital humain (Barro et Lee, 1993; Gemmell, 1996; Judson, 1998; Baldacci et al., 2004; Seetanah, 2009). Ces résultats conduisent à préconiser que les gouvernements des pays peuvent promouvoir la croissance économique à long terme dans la mesure où les rendements sociaux des dépenses de capital humain (éducation, formation), dans un contexte d'accroissement du capital physique et/ou de progrès technique, peuvent dépasser les rendements privés. Cela dit un certain nombre d'études arrivent à des conclusions plutôt défavorables, soit parce que l'impact de l'éducation sur la croissance est faible, soit parce qu'il est négatif (pour un exemple relativement récent, voir Temple, 2001). De même, les travaux qui s'intéressent à l'effet du changement dans le stock de capital humain (d'éducation) sur la croissance économique trouvent un effet faible. Mais des études dont Krueger et Lindahl (2001) mettent en doute ces conclusions en raison de possibles biais d'erreurs de mesure dans les études concernées.[18] Guillaumont (2009, Chapter 5, pp. 130-134) discute cette question et identifie trois sources possibles pour expliquer le fait qu'on ne retrouve pas toujours au niveau macroéconomique les prédictions théoriques qui disent que le capital humain est une source de croissance.

[18] Rappelons que l'ENA mesure aussi le changement dans le stock de capital.

Parmi les explications retenues, il y a des difficultés à saisir à travers une mesure ce qui représente le capital humain (état de santé, connaissance, etc.), des problèmes d'endogénéité et, surtout, de spécification des modèles. Ce dernier point est relatif à la distinction entre des variables de stock et des variables de flux et aux différences de rendement de l'éducation en raison de l'hétérogénéité entre les pays.

3.3. Ressources naturelles et performances économiques

L'hypothèse de la « malédiction » des ressources naturelles soutient que les pays riches en ressources naturelles tendent à croître moins bien que les autres (par exemple, Sachs et Warner, 1995).[19] En accord avec cela, les données de la Banque mondiale sur l'épargne véritable indiquent aussi que les taux d'épargne véritable ont été faibles et même en dessous de zéro dans certains pays, et parmi eux il y a une majorité de pays riches en ressources naturelles. Ce résultat contraste avec le fait que, ne serait-ce qu'en théorie, les pays riches en ressources ont les moyens d'investir dans des formes productives de capital.

Dans la littérature, les thèses qui expliquent la malédiction des ressources naturelles peuvent être séparées en explications qui ont un lien direct avec l'économie et en mécanismes qui relèvent davantage de l'économie politique (Auty, 2001a). Ces derniers se présentent comme les facteurs cruciaux de la sous performance des pays riches en ressources naturelles. Cela signifie que les défaillances politiques et/ou institutionnelles sont les causes profondes de la malédiction des ressources (Auty, 2001a; Gylfason, 2001; Atkinson et Hamilton, 2003; Isham et al., 2003; Sala-i-Martin et Subramanian, 2003).

Le fait que les pays riches en ressources naturelles soient généralement moins performants s'explique globalement par l'effet négatif de la rente des ressources naturelles sur l'équilibre économique et les incitations d'un point de vue d'économie politique. En effet, les revenus provenant des ressources naturelles encouragent l'émergence de la corruption

[19] Il y a des exceptions à cette réalité empirique, par exemple entre 1970 et 1993 (Auty, 2001a).

et d'une course pour la rente (Lane et Tornell, 1995; Torvik, 2002; Sala-i-Martin et Subramanian, 2003). Cela à son tour conduit à des institutions nationales de mauvaise qualité, à de faibles investissements et à une croissance économique médiocre à long terme. Il y a au moins trois raisons qui expliquent cela. Premièrement, la course pour la rente détourne les ressources des investissements qui ont les meilleurs effets sociaux (Auty, 2001b); deuxièmement, la corruption réduit les profits[20] et, ainsi, le montant de ressources qui financent de nouveaux biens, services et technologies (Romer, 1994); troisièmement, un environnement où il règne la corruption est un environnement incertain. Une dernière série d'explications vient d'Isham et al. (2003). Ces auteurs indiquent que les effets de rente,[21] le retard de modernisation et les inégalités de revenu sont trois autres canaux à travers lesquels l'abondance des ressources naturelles affecte la qualité de l'économie politique dans les pays concernés. L'effet de rente signifie que le pays a facilement accès à une source de revenus qui peut être importante selon la nature des ressources naturelles et d'autres facteurs tels que le niveau des prix. Cela vaut à la fois pour le gouvernement et les citoyens.

Avec des ressources « faciles », le gouvernement a peu d'incitations à améliorer les institutions économiques, à développer par exemple son système fiscal. Et, de la même façon, des ressources faciles peuvent constituer un frein au développement de la société civile en réduisant la demande d'une gouvernance transparente et responsable qui produit des résultats, retardant ainsi l'avènement d'une société démocratique (Putnam, 1993). Le développement démocratique peut aussi être freiné par les gouvernements qui se servent de la rente pour corrompre les opposants politiques et d'autres dirigeants de la société civile (transferts en espèces, promotion de carrières, projets d'infrastructures en « éléphants blancs », etc.) et/ou pour exercer des pressions sur eux, même violemment si nécessaire (Dietz et al., 2007). Le secteur public d'un Etat rentier concentre en lui seul l'essentiel des activités économiques et des opportunités, si bien que se développent

[20] Même si certains investissements individuels peuvent bénéficier de la corruption, à long terme et pour l'ensemble de l'économie, l'effet final devrait être négatif.

[21] L'existence de revenus provenant de ressources naturelles qui peuvent être facilement extraites freine le développement en modifiant les incitations à développer la fiscalité, les mécanismes de contrôle et d'exercice d'activités publiques citoyens, en favorisant la corruption et en rendant la répression plus facile (Ross, 2001).

difficilement un secteur privé et une classe moyenne indépendants. De même, la modernisation est retardée parce que l'élite politique travaille à maintenir le contrôle sur l'économie en résistant à la diversification (en particulier dans la manufacture) aussi longtemps que possible (Acemoglu et al., 2001). Ainsi, l'économie est exposée au déclin au cours du temps parce qu'elle est alors plus vulnérable aux prix bas dans le secteur des ressources primaires (Dietz et al., 2007). Les inégalités s'enracinent par une sorte de schéma de reproduction car le modèle de captation des élites crée une concentration du capital et des opportunités. Nous essayons dans la section suivante d'établir le lien entre ces effets des ressources naturelles sur la croissance et l'ENA. Ces effets passent souvent par le sous-investissement dans les autres formes de capital. Nous suggérons également qu'un faible niveau de ressources naturelles peut freiner la croissance.

4. L'ENA une variable composite de détermination de la croissance économique

Nous avons rappelé dans la section précédente le rôle de chacune des composantes de l'ENA comme déterminant de la croissance. Nous allons à présent tenter de montrer en quoi l'agrégation de ces trois facteurs offre une autre perspective en matière d'analyse des déterminants de la croissance.

4.1. Substituabilité entre les différentes formes de capital et croissance économique

L'ENA est une variable qui capte l'effort de réinvestissement de la rente issue des ressources naturelles sous d'autres formes de capital. Le point de vue que nous soutenons dans cette sous-section est que les pays riches en ressources naturelles doivent réussir à substituer une part de leur capital naturel par du capital physique et du capital humain afin de réussir de bonnes performances économiques. Cette substitution permettrait, par

exemple, de développer des manufactures et de diversifier l'économie et ainsi réduire la dépendance à l'égard des ressources naturelles.

La discussion sur le lien entre les ressources naturelles et la croissance économique a mis en évidence les mécanismes qui peuvent relier ces deux variables. Cela dit, pour compléter cette discussion, nous devons souligner que l'abondance de ressources naturelles n'est pas une malédiction en soi. Neumayer (2004) calcule un revenu véritable en déduisant du PIB la dépréciation du capital produit et du capital naturel (provenant des données d'épargne nette ajustée de la Banque mondiale). Il étudie alors l'existence de la « malédiction » des ressources naturelles. Ses conclusions atténuent l'existence de la malédiction des ressources naturelles. Plusieurs travaux explorant à la fois le canal macroéconomique direct et le canal institutionnel soutiennent le point de vue selon lequel la malédiction des ressources naturelles ne va pas de soi (Gylfanson, 2001; Sala-i-Martin et Subramanian, 2003; Atkinson et Hamilton, 2003). Pour en donner un exemple concret, il est de notoriété qu'en Norvège la qualité des institutions permet une gestion de la rente qui cherche à éviter le « syndrome hollandais ». Des travaux récents vont plus loin dans leurs conclusions et remettent en cause l'existence de cette théorie. Ainsi, Brunnschweiler et Bulte (2008) contestent l'utilisation des exportations de ressources primaires comme mesure de l'abondance des ressources naturelles dans un pays. Ils distinguent ainsi la dépendance à l'égard des ressources naturelles (mesurée par la part de ces ressources naturelles et minérales dans les exportations) et l'abondance des ressources naturelles (mesurées par le stock de ressources naturelles par tête à partir des données d'ENA de la Banque mondiale). Leur analyse conclut que l'abondance des ressources naturelles contribue à la dépendance vis-à-vis des ressources naturelles. Mais cette dernière n'affecte pas la croissance économique, alors que l'abondance des ressources impacte favorablement l'économie et les institutions. Dans la même veine, Brunnschweiler (2008) arrive à des conclusions similaires. Van der Ploeg et Poelhekke (2009) contestent la stratégie empirique de Brunnschweiler et Bulte (2008). Cependant, ils soulignent aussi que l'existence de la « malédiction » des ressources naturelles n'est pas établie. D'une façon générale, ces résultats sont favorables à l'idée qui veut qu'en principe l'abondance des ressources naturelles soit une opportunité dans la mesure où elle offre des revenus pour financer le développement.

La section 3 précédente a mis en évidence le fait que le sous-investissement dans les autres formes de capital, en l'occurrence le capital physique et le capital humain étaient des facteurs explicatifs-clefs des mauvaises performances des pays riches en ressources naturelles (Costantini et Monni, 2008). Birdsall et al. (2001) et Gylfason (2001) soutiennent ainsi que les pays riches en ressources naturelles ne réussissent pas à diversifier leurs économies à cause du « syndrome hollandais » et l'absence d'incitations à investir dans le capital humain.[22] L'effet total de ce sous-investissement est encore plus important dans la mesure où la bonne qualité des investissements physiques et du capital humain est favorable au développement de bonnes institutions et d'un meilleur climat des affaires. De plus, on sait que les performances du secteur manufacturier sont meilleures que celles du secteur des ressources naturelles où la tendance des prix est historiquement déclinante (Prebisch, 1962). Ces prix sont aussi volatiles et la croissance de la demande est limitée, comparés aux produits manufacturés. De même, on peut penser que l'abondance de capital physique et de capital humain puisse aussi favoriser les investissements dans la préservation ou la constitution du capital naturel. C'est ce que suggèrent les travaux sur la Courbe de Kuznets Environnementale (exemples: Shafik, 1994; Grossman et Krueger, 1995; Hill et Magnani, 2002; Tisdell, 2001). Du coup le réinvestissement peut ne plus s'envisager dans un seul sens (des ressources naturelles vers les autres formes de capital), il peut aussi aller en sens inverse. C'est une forme de substituabilité: on renonce à (on se sert) du capital physique et à du capital humain pour préserver des ressources naturelles (y compris, dans une certaine mesure, des ressources critiques). C'est une sorte de *règle de Hicks-Solow-Hartwick inversée.*

A la suite de ces discussions et au regard de ce qu'elle représente de par sa composition, d'un point de vue causal, on s'attend à un effet positif de l'ENA sur la croissance économique. Les pays, qu'ils soient pauvres ou riches en ressources naturelles verront la qualité de leur politique de développement se refléter dans leur épargne véritable. Les pays qui conduisent de bonnes politiques de développement, en investissant suffisamment en

[22] L'appréciation de la monnaie peut réduire le rendement de l'investissement dans l'éducation, de même que la situation de rente.

capital physique, en capital humain et en capital naturel (ou en le préservant simplement), connaîtront une croissance élevée et un bien-être futur meilleur. En particulier, si les pays sont riches en ressources naturelles et s'ils adoptent une politique de développement soutenable, ils devraient pouvoir financer des investissements élevés en capital humain et en capital physique.

4.2. L'ENA: une source de rendements non décroissants?

Nous présentons dans les lignes qui suivent un autre argument qui nous permet de défendre l'utilisation de la variable agrégée épargne véritable dans un cadre empirique de croissance économique. La presque totalité de la littérature de la croissance économique et celle qui étudie les effets macroéconomiques des ressources naturelles traitent séparément chacun des déterminants importants de la croissance que sont le capital physique, le capital humain et le capital naturel. Mais si elle procède ainsi c'est parce que les cadres théoriques sur lesquels ses travaux s'appuient justifient cela. Mais quand on en vient à la théorie qui fonde l'épargne véritable, il est question de l'effet d'un agrégat unique (l'accroissement net de la richesse totale) et pas de celui de variables considérées indépendamment. Il est question d'un agrégat mesurant la variation de la richesse totale et capable de donner un signal unique. Cela n'est pas sans conséquence dans l'analyse de la croissance.

Une conséquence immédiate de l'introduction de cet agrégat unique dans l'analyse de la croissance est que les rendements ne sont plus nécessairement décroissants. En effet, Barro et Sala-i-Martin (1995) et Knight (1944) soutiennent que si le capital est mesuré de façon large, alors les rendements ne sont plus nécessairement décroissants. Cela est plausible dans le cadre de l'ENA qui est une mesure du flux de capital élargi. Elle a vocation à prendre en compte, en plus du capital physique, du capital naturel et du capital humain, des éléments comme le capital intangible. On devrait alors s'attendre à ce qu'en moyenne, l'effet marginal de l'ENA sur la croissance soit plus important que celui d'une mesure traditionnelle d'investissement.

Justement, les théories de la croissance endogène soutiennent l'idée qu'il est possible de vaincre la loi des rendements décroissants en investissant en même temps (que le capital

physique) dans le capital humain. De même, les ressources naturelles sont un facteur de production et déterminent alors dans une certaine mesure la croissance économique potentielle (Thorvaldur et Gylfi, 2006). Chaque type de capital étant plus ou moins nécessaire à la croissance, il y a donc une certaine complémentarité entre eux.

5. Approche économétrique

La discussion ci-dessus suggère que les pays riches en épargne véritable, connaissent une croissance plus rapide que leurs homologues qui en sont pauvres. Cela dit, il est important de poursuivre l'analyse en vue d'identifier si cette relation prévaut sur le plan causal et s'il s'y dégage une caractéristique propre à l'épargne véritable. Ainsi, dans la suite nous conduisons une analyse économétrique de la relation entre épargne véritable et croissance. Nous confrontons ces résultats à ceux de la relation directe entre l'épargne et la croissance.

Cependant, les approches empiriques qui ont permis d'établir certains des résultats dans la littérature sur la croissance économique sont discutées (Levine et Renelt, 1992). La plupart des études empiriques sur la croissance est menée sur une période de temps très longue (20 ans et plus) et consiste alors en analyses en coupes transversales. Ces études ignorent alors la variabilité liée au temps contenue dans les données. D'autres études utilisent des intervalles de temps plus courts, tels que des sous-périodes de 5 ou 10 ans. En procédant ainsi, elles combinent les variations intra-pays et inter-pays présentes dans les données. En raison de la disponibilité des données, nous avons choisi ici des sous-périodes de 5 ans.

Le niveau de l'ENA peut avoir un effet sur la croissance du revenu par tête à travers ses composantes capital humain, capital physique et capital naturel. Mais on s'attend aussi à ce que la croissance du revenu, ou les anticipations de revenus futurs plus élevés, affectent l'accumulation de la richesse. On peut aussi s'attendre à ce que les politiques publiques contribuent de façon importante à l'accroissement net de la richesse. Et à mesure que le revenu national et les recettes fiscales augmentent, les pouvoirs publics seront à même de

contribuer de façon encore plus importante dans les différentes composantes de la richesse inclusive. Dans la mesure où ces investissements permettent de meilleures infrastructures, des travailleurs plus productifs, etc., ils favoriseront de nouveaux investissements (nationaux et étrangers) et alors davantage de croissance. Aussi, nous devons prendre en compte la causalité inverse (ainsi que l'illustre la Figure 1), de même que la dimension dynamique de la relation entre l'accroissement du stock de richesse et celui du revenu. Cela dit, l'endogénéité pourrait empêcher de capter les effets dynamiques. Nous choisissons alors d'adopter une méthode d'estimation qui permette de prendre en compte ces différentes questions.

Pour évaluer l'impact de l'épargne véritable sur la croissance à long terme, et voir si cet impact est différent de celui de l'épargne, nous utilisons un modèle empirique de croissance dynamique.

Nous pouvons écrire notre modèle empirique de croissance du PIB par tête comme suit:

$$lny_{i,t} - lny_{i,t-1} = (\sigma - 1)lny_{i,t-1} + \rho ENA_{i,t} + \beta' X_{i,t} + \theta_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \qquad \text{(II.3)}$$

soit la forme dynamique:

$$lny_{i,t} = \sigma lny_{i,t-1} + \rho_1 ENA_{i,t} + \beta' X_{i,t} + \theta_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \qquad \text{(II.4)}$$

où $lny_{i,t-1}$ est le revenu par tête (en log) du pays *i* à la période *t* retardé d'un intervalle de *j* années (*j* = 5 dans la présente application, avec des données quinquennales), il représente le revenu initial. $ENA_{i,t}$ est le ratio de l'épargne véritable par rapport au Revenu national brut (RNB). $X_{i,t}$ est une série de variables de contrôle mesurées sur des sous-périodes de 5 ans entre *t-j* et *t*. θ_i représente les effets fixes individuels, φ_t représente les effets fixes temporels et ε_{it} est un terme d'erreur.

Le groupe de variables *X* comprend des variables institutionnelles et des variables de politique économique qui sont généralement prises en compte comme des déterminants de la croissance dans les analyses en coupe transversale (Barro et Sala-i-Martin, 1995). Par ailleurs, nous ne prenons pas en compte d'autres variables de capital dans la mesure où nous avons déjà l'épargne véritable. La croissance de la population est son taux annuel. La variable de la qualité des institutions est la mesure Polity2 de Polity IV. Cette mesure est

fortement corrélée avec les mesures alternatives comme par exemple l'indice de Gastil (Jaggers et Gurr, 1995). Les données de Polity (Jaggers et Gurr, 1995; Marshall et Jaggers, 2002) sont les plus populaires des données institutionnelles dans les sciences sociales (Pluemper et Neumayer, 2007). Ces données ont la plus large couverture de tous les indicateurs démocratiques. La variable est construite à partir d'une définition de la démocratie, comprenant les règles électorales et des mesures de l'ouverture des institutions politiques.[23]

La mesure de l'ouverture est le ratio de la somme des importations et des exportations sur le PIB. Les dépenses publiques de consommation sont le ratio par rapport au PIB des dépenses publiques courantes sur biens et services. Dans les régressions, nous excluons les dépenses d'éducation de cette variable, dépenses déjà contenues dans l'épargne véritable. Rappelons que dans le calcul de l'épargne véritable, les dépenses d'éducation sont les dépenses de fonctionnement dans l'éducation, y compris les salaires et traitements mais sans les dépenses de capital dans les bâtiments et les équipements. Lorsque nous utilisons dans les régressions des mesures alternatives d'épargne/investissement, plutôt que l'épargne véritable, nous contrôlons alors séparément pour l'éducation. Les taux d'inflation concernent l'indice des prix à la consommation.

Pour tester les effets de l'épargne véritable sur la croissance économique, nous estimons le modèle de croissance à l'aide de deux méthodes de régression. La première est un pooling, avec les moindres carrés ordinaires (MCO). Bien que les MCO traitent toutes les variables comme exogènes, ils peuvent être utiles pour une première approche et donner une idée des corrélations partielles et du biais introduit par le caractère endogène de l'ENA et de l'endogène retardée. Ensuite, dans la mesure où l'un des régresseurs (en l'occurence $lny_{i,t-1}$) et la perturbation (qui contient les variables omises invariantes dans le temps) sont corrélés, il faut recourir à la méthode des variables instrumentales et à celle des moments généralisés car l'application des MCO conduirait à des estimateurs non

[23] Cependant, les travaux récents de Pluemper et Neumayer (2007) déconseillent l'utilisation de ces données sur les périodes d'instabilité politique.

convergents sur notre panel à dimensions (temporelle et individuelle) finies. Plus généralement, des problèmes d'endogénéité peuvent apparaître pour trois raisons : erreurs de mesure, causalité inverse, variables omises. L'instrumentation nous permet aussi de traiter l'endogénéité de l'ENA.

Ainsi l'estimateur de la méthode des moments généralisés en système, (Blundell et Bond, 1998), qui combine l'équation en niveau (en l'occurrence, l'équation 6) et l'équation en première différence, est utilisé à cet effet. Dans l'équation en niveau les instruments sont des retards des premières différences des variables. Dans l'équation en différences premières les instruments sont des retards des variables en niveau. La méthode *system* GMM (Generalized Method of Moments) fournit un cadre pour faire face aux effets d'inertie, à l'endogénéité des régresseurs, à l'hétéroscédasticité, aux erreurs de mesure et à l'omission de variables. Nous utilisons l'estimateur *system* GMM à deux étapes qui est asymptotiquement plus efficace. Cependant, des simulations de Monte Carlo montrent que cet estimateur peut produire d'importants biais vers le bas sur les écarts-type estimés sur de petits échantillons (exemple: Arellano et Bond, 1991). Les estimations appliquent la correction de Windmeijer (2005) qui permet d'estimer le biais et de le corriger.

6. Résultats économétriques

Dans cette section nous conduisons une série de régressions. Nous procédons à une analyse de la relation entre l'épargne véritable et la croissance économique. Nous menons ensuite diverses analyses de sensibilité des résultats. En particulier, nous reportons à chaque fois le nombre d'instruments dans les régressions et testons la sensibilité de nos résultats à la variation de ce nombre (Roodman, 2009). Ensuite, nous examinons davantage le sens de cette relation et sa stabilité à l'aide de variantes de l'épargne et des groupes de pays (classés selon leurs revenus). La base de données provient du CD-ROM WDI de la Banque mondiale (Word Bank, 2009). Les données couvrent la période 1971-2005, soit 7 sous-périodes de 5 ans. En pratique, nous nous retrouvons avec 126-130 pays et un nombre d'observations limité selon les estimations, en raison des données manquantes.

6.1. Prise en compte des non-linéarités et choix de la forme fonctionnelle

Afin d'introduire davantage de flexibilité dans notre modèle empirique, nous recourrons à une forme polynômiale. Cela nous permettrait de prendre en compte l'existence éventuelle de non-linéarités entre l'ENA et la croissance du PIB par tête. Wooldridge (2003, p. 194) soutient que bien que le terme de degré 2 soit le plus utilisé, les termes de degré 3 et 4 sont de plus en plus d'usage.

La question est alors d'identifier le degré du polynôme. En pratique la procédure de détermination du rang du polynôme consiste à partir d'un rang *r* suffisamment élevé et à estimer la fonction polynômiale. A l'aide du t-statistique on teste si le coefficient associé au polynôme de rang *r* est significatif. Si oui, on utilise le polynôme de rang *r*, sinon on passe au rang *r-1* et on conduit le même test; ainsi de suite jusqu'à déterminer le rang le plus élevé à partir duquel le t-statistique est significatif. Bourbonnais (2002, pp. 164-5) suggère qu'en pratique le degré du polynôme doit être limité à 4, car même si l'ajustement peut être excellent, il y a des risques de difficulté d'interprétation économique.

Nous utilisons alors la procédure de choix du rang du polynôme en partant du polynôme de rang 4. Nous faisons des régressions simples en MCO sur la base des trois variables d'épargne utilisées dans notre étude, à savoir l'ENA, l'ENA avec prise en compte des particules et l'épargne nationale nette (ENN). Nous régressons le taux de croissance du PIB par tête sur les formes polynômiales de chacune des variables d'épargne. Le Tableau 6 en Annexe présente les résultats de cette analyse. Aucune conclusion nette ne s'en dégage: on y retrouve les trois possibilités (rangs 2, 3 et 4). Du coup nous avons choisi la solution intermédiaire, c'est-à-dire le polynôme de rang 3. Mais surtout, *a posteriori*, c'est ce choix qui permet les estimations les plus robustes, du point de vue en particulier des tests de suridentification et d'autocorrélation. Le modèle standard estimé est donc le suivant:

$$lny_{i,t} - lny_{i,t-1} = (\sigma - 1)lny_{i,t-1} + \rho_1 ENA_{i,t} + \rho_2 ENA_{i,t}^2 + \rho_3 ENA_{i,t}^3 + \beta' X_{i,t} + \theta_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \qquad \text{(II.5)}$$

6.2. Impact de l'épargne véritable sur la croissance

Nous analysons d'abord l'effet de l'épargne véritable sur la croissance du PIB par tête, en estimant le modèle économétrique (équation II.5). Le Tableau 2 présente les premiers résultats à l'aide de la méthode des MCO. Notons pour commencer, qu'en cohérence avec ce que prévoit le cadre théorique, le PIB initial ne semble pas être un déterminant du rythme de la croissance mais on sait que d'après la théorie économétrique ce coefficient est négativement biaisé (Sevestre, 2002), de même que les écarts-type sont biaisés en présence d'autocorrélation des erreurs dans le modèle autorégressif à effets fixes. Les régressions successives de la colonne (1.1) à la colonne (1.4), montrent que l'ENA ne devient significative qu'à partir de la colonne (1.3) une fois que son terme au carré est pris en compte. Les termes ENA et ENA carré restent significatifs lorsque nous introduisons l'ENA puissance cubique qui lui n'est pas significatif. Néanmoins, dans la mesure où nous sommes en présence de termes de polynôme pour la même variable, nous ne devons pas observer les coefficients individuellement et tirer alors des conclusions sur la base des écarts-type individuels (voir par exemple, Wooldridge, 2003, pp. 142-8). Il n'est plus approprié de recourir à la significativité individuelle, car un t-statistique particulier ne met aucune restriction sur les autres coefficients. Nous nous intéressons alors au test de l'hypothèse jointe selon laquelle chacun des coefficients associés aux termes polynômiaux vaut zéro. Nous sommes donc en présence de trois restrictions d'exclusion que nous devons tester conjointement. En effet, l'interprétation de l'effet de l'ENA sur la croissance impliquera tous ces trois termes conjointement. Ainsi, bien que le terme cubique ne soit pas individuellement significatif (régressions (1.3) et (1.4)) les p-values associées au F-test valent 0,00 dans les deux cas. Nous rejetons donc au seuil de 1% l'hypothèse nulle selon laquelle les coefficients estimés associés aux trois termes polynômiaux valent conjointement 0. Autrement dit, le groupe de variables formé par les trois termes polynômiaux a un effet positif sur le taux de croissance du PIB par tête.

La discussion du modèle économétrique montre que les MCO ne sont pas appropriés pour nos estimations. Le recours à la méthode *system* GMM fait qu'il est possible d'estimer les paramètres sans biais. Ainsi, les résultats du Tableau 3 sont-ils plus intéressants, nous y appliquons cette dernière méthode (GMM). Le PIB initial à un signe négatif mais il n'est

pas significatif dans les régressions avec l'ENA, alors qu'il l'est avec l'ENA prenant en compte les émissions de particules polluantes. Cependant, l'examen de la convergence n'est généralement pas pertinent quand le groupe de pays est assez hétérogène. Nous revenons sur ce point dans la suite lorsque nous distinguerons des sous-groupes de pays selon leur niveau de développement. Les colonnes d'intérêt sont les colonnes (2.1) et (2.3) où sont présentées les régressions de croissance avec respectivement l'ENA et l'ENA avec prise en compte des émissions de particules polluantes. Les F-tests associés aux coefficients des variables d'ENA sont respectivement F(3, 129)=2,65 avec Prob>F=0,05 et F(3, 129)=2,81 avec Prob>F=0,04. Dès lors, nous rejetons l'hypothèse nulle de nullité jointe des coefficients associés aux variables de l'ENA. Nous remarquons que les résultats sont robustes à l'inclusion des variables de politiques économiques et des autres variables de contrôle. Cela suggère que l'épargne véritable ne capte pas en réalité la qualité globale de l'environnement économique. En effet, dans la mesure où nous attendons un effet positif de l'ENA sur la croissance, une corrélation positive (négative) entre l'ENA et les variables de qualité de l'environnement économique globale risquerait d'entraîner un biais positif (négatif) sur le coefficient de l'ENA en l'absence des variables d'environnement économique dans la régression. Les tests de Hansen pour les restrictions de suridentification, avec une stratégie d'instruments internes, indiquent que l'hypothèse nulle selon laquelle les instruments sont valides n'est pas rejetée, avec des seuils (21 et 41%) bien au-dessus des seuils habituels. De même, les tests d'Arellano-Bond pour l'autocorrélation d'ordre 2 (AR(2)) ne permettent pas de rejeter l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation de second ordre. Les seuils correspondants sont respectivement 40 et 38%.

En somme, les résultats confortent l'idée qu'une gestion macroéconomique basée sur le critère de l'épargne véritable est favorable à la croissance économique. Toutes choses égales par ailleurs, des niveaux élevés d'épargne véritable assurent de bonnes performances économiques. Les résultats laissent penser que l'effet marginal de l'ENA sur la croissance reste positif ainsi que le suggère les signes positifs des coefficients estimés du polynôme. La pente de la relation entre l'ENA et la croissance dépend du niveau de l'ENA et est donnée par: $\widehat{\rho_1} + 2\widehat{\rho_2}ENA + 3\widehat{\rho_3}ENA^2$. Si nous prenons ENA = 0, alors $\widehat{\rho_1}$ représente une approximation de la pente entre 0 et 1, soit 0,0122 en taux de

croissance du PIB par tête si nous considérons la régression (2.2). Au-delà de ce point, nous devons tenir compte des autres termes de la pente. Ainsi, en partant de la moyenne de l'ENA (en % du RNB) dans notre échantillon, 6,93 que nous arrondissons à 7 pour faire simple, on calcule qu'une augmentation d'un point de pourcentage de ce ratio augmente le taux de croissance du PIB par tête d'environ 0,02 point. Le calcul est le suivant: $0{,}0122 + 2 \times (0{,}000506) \times 7 + 3 \times (0{,}00000261) \times (7)^2$. Sur la base de ce résultat, nous pouvons affirmer que si l'ENA augmente de 10 points de pourcentage à partir d'un ratio ENA sur RNB égale à 7%, alors le taux de croissance augmenterait de 0,2 point de pourcentage. Dans les colonnes (2.3) et (2.4), les estimations indiquent qu'avec l'ENA comprenant les émissions de particules il est possible de tirer des conclusions comparables. Quelques rares travaux se sont aussi intéressés d'une façon ou d'une autre à cette question du lien entre l'ENA et la croissance. Par exemple, Atkinson et Hamilton (2003) cherchent à savoir si l'épargne véritable aide à mieux appréhender les déterminants de la croissance. Ils trouvent une relation positive et significative entre l'épargne véritable et la croissance économique. Dans leur étude, 10% supplémentaires en ratio de l'épargne véritable par rapport au PIB conduisent à une augmentation de 0,3% de la croissance du PIB. Ils montrent que les pays riches en ressources naturelles qui ont de mauvais résultats en termes de taux d'épargne véritable sont aussi ceux qui sont en proie au syndrome hollandais.

Pour ces premières régressions en *system* GMM, nous avons proposé une analyse de sensibilité à la variation (réduction) du nombre d'instruments (régressions (2.2) et (2.4) du Tableau 3). Dans les régressions avec l'ENA nous avons 592 observations et 130 pays, et dans celles avec l'ENA et prise en compte des émissions de particules polluantes il y a 443 observations et 126 pays, le tout sur 7 sous-périodes de 5 ans. Le nombre d'instruments que nous utilisons oscille entre 29 et 15. A titre de comparaison, Roodman (2009) conduit des études de sensibilité des estimations en *system* GMM de Levine et al. (2000) en faisant varier le nombre d'instruments entre 75 et 19, et cela sur un panel plus réduit (que le notre) de 77 pays et 353 observations. Nos résultats restent stables à la réduction des instruments si nous admettons le seuil de 10% pour les F-tests dans les régressions (1.2) et (1.4), les p-values des F-tests passent respectivement à 0,12 et 0,07.

Tableau II.2. Impact de l'ENA sur la Croissance, 1971-2005, MCO

Tableau 2. Impact de l'ENA sur la croissance, 1971-05

Echantillon total				
		MCO		
Régression No.	1.1	1.2	1.3	1.4
PIB initial	0.0138***	0.0101	0.00279	0.00282
par tête (log)	(0.00420)	(0.00674)	(0.00552)	(0.00552)
ENA (% RNB)	0.00106	0.000360	0.00335***	0.00342***
	(0.00136)	(0.00142)	(0.000704)	(0.000826)
ENA^2			8.29e-05***	7.60e-05**
			(1.09e-05)	(3.14e-05)
ENA^3				-6.67e-08
				(2.26e-07)
Population		-0.00109	-0.00124	-0.00122
croiss.(%)		(0.00161)	(0.00149)	(0.00151)
Consommation		-0.00452**	-0.00339**	-0.00332**
publiq. (% PIB)		(0.00187)	(0.00143)	(0.00146)
Ouverture (% PIB)		0.000724**	0.000187	0.000198
		(0.000292)	(0.000193)	(0.000186)
Inflation (%)		-0.000118***	-0.000119***	-0.000119***
		(4.03e-05)	(4.42e-05)	(4.40e-05)
Polity2		0.000710	0.00118	0.00113
		(0.00122)	(0.00110)	(0.00109)
Constante	-0.0706**	-0.00419	0.0392	0.0376
	(0.0319)	(0.0552)	(0.0491)	(0.0499)
Observations	703	592	592	592
R-carré	0.097	0.190	0.333	0.333
F-test (p value)			0.00	0.00

Données de panel, estimations en pooling ; sous-périodes de 5 ans ; 1971-2005. Variable dépendante : croissance du PIB par tête. Epargne Nette Ajustée (ENA), dont "partic. incl." pour particules polluantes incluses. ENA^2 = ENA au carré ; ENA^3 = ENA au cube. Revenu national brut (RNB). Muettes temporelles. Ecarts-type robustes entre parenthèses ; F-test sur ENA, ENA^2 et ENA^3 ; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Tableau II.3. Impact de l'ENA sur la Croissance, 1971-2005, GMM

Tableau 3. Impact de l'ENA sur la croissance, 1971-05

	Echantillon total			
	GMM			
Régression No.	2.1	2.2	2.3	2.4
		Sensibilité (2.1)		Sensibilité (2.3)
PIB initial	-0.0746505	-0.2396255	-0.1084892**	-0.2551616 *
par tête (log)	(0.0666222)	(0.1477484)	(0.0442211)	(0.1540251)
ENA (% RNB)	0.0122	0.0305**		
	(0.00774)	(0.0143)		
ENA^2	0.000506*	0.000693*		
	(0.000270)	(0.000365)		
ENA^3	2.61e-06*	3.10e-06		
	(1.54e-06)	(2.30e-06)		
ENA (% RNB)			0.0123*	0.0157**
(partic. Incl.)			(0.00638)	(0.00767)
ENA^2			0.000347**	0.000198
			(0.000166)	(0.000406)
ENA^3			2.87e-06	2.52e-06
			(1.80e-06)	(4.49e-06)
Population	-0.00470	0.0327	-0.0150	0.00687
croiss.(%)	(0.00924)	(0.0210)	(0.0152)	(0.0327)
Consommation	-0.0202**	-0.0236	-0.0129	0.0749
publiq. (% PIB)	(0.00989)	(0.0150)	(0.0120)	(0.0453)
Ouverture (% PIB)	0.000644	-0.00325	0.00186	0.00994**
	(0.00273)	(0.00388)	(0.00177)	(0.00436)
Inflation (%)	-0.000934**	-0.00123**	-0.000623*	-8.52e-05
	(0.000461)	(0.000487)	(0.000362)	(0.00281)
Polity2	0.0215*	0.0198	0.0228	-0.0161
	(0.0128)	(0.0181)	(0.0153)	(0.0406)
Constante	0.782	1.862*	0.928***	-0.0953
	(0.498)	(1.065)	(0.325)	(1.441)
Observations	592	592	443	443
Pays	130	130	126	126
Hansen (p value)	0.21	0.62	0.41	0.69
AR(2) (p value)	0.40	0.22	0.38	0.28
Instruments	29	22	29	15
F-test (p value)	0.05	0.12	0.04	0.07

Données de panel, estimations en system GMM ; sous-périodes de 5 ans ; 1971-2005. Variable dépendante : croissance du PIB par tête. Epargne Nette Ajustée (ENA), dont "partic. incl." pour particules polluantes incluses. ENA^2 = ENA au carré ; ENA^3 = ENA au cube. Revenu national brut (RNB). Muettes temporelles. Ecarts-type robustes entre parenthèses ; F-test sur ENA, ENA^2 et ENA^3 ; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Hypothèse nulle (H0) du test de Hansen : les instruments sont valides. Test d'autocorrélation d'ordre 2, H0 : absence d'autocorrélation des erreurs de l'équation en différence.

6.3. Epargne nationale nette (ENN) versus ENA et croissance

Les estimations ci-dessous dans le Tableau 4 permettent une comparaison des effets de l'épargne véritable sur la croissance avec ceux de l'épargne nationale nette (ENN). La colonne (3.1) présente l'estimation de l'impact de l'ENN sur la croissance, et la colonne (3.2) l'analyse associée de sensibilité au nombre d'instruments. Dans ces estimations nous contrôlons pour la rente et l'éducation pour une meilleure comparaison avec l'ENA (qui inclut ces éléments). Les régressions de cette sous-section aident à répondre à la question suivante: qu'y a-t-il de nouveau avec l'épargne véritable (comparée à la mesure « traditionnelle » de l'épargne)? L'observation du Tableau 4 et des coefficients des termes polynômiaux suggère qu'il y a un effet décroissant de l'épargne sur la croissance. Entre 0 et 1, l'ENA (en % du RNB) a un effet marginal sur la croissance de 0,0243. Ensuite, en partant d'un ratio ENN sur RNB égal à 7% (niveau correspondant à la moyenne de l'ENA), le taux de croissance augmenterait d'environ 0,01 point, soit 2,4 fois moins que ce que l'on obtient avec l'ENA. Des conclusions similaires peuvent être dressées à partir des autres régressions en GMM avec l'ENA, y compris l'ENA avec prise en compte des émissions de particules polluantes, et l'ENN. Plus généralement, on peut soutenir que l'effet de l'ENA sur la croissance est supérieur à celui de l'épargne nationale nette. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que la composante ressources naturelles de l'épargne véritable est une donnée qui prend en compte l'impact positif d'une bonne gestion des ressources naturelles. Une telle gestion se traduirait par un réinvestissement de la rente avec de possibles effets bénéfiques sur l'économie. Nous avons aussi déjà rappelé le rôle du capital humain dans la croissance dans la sous-section 3.2. Plus généralement, nous pouvons soutenir que l'épargne véritable est une meilleure mesure de l'épargne dans la mesure où elle est plus complète et contient donc plus d'informations sur les diverses approches de l'épargne (physique, naturelle, humaine). Par exemple, l'épargne nationale nette n'est pas en mesure de prendre en compte pleinement la réduction des ressources naturelles, un facteur qui cause un effet de freinage sur l'effet global de l'épargne. De plus, comme nous l'avons vu, avec une mesure inclusive du capital on peut aussi apporter une réponse aux rendements décroissants. Aussi, ce résultat peut-il être le signe d'un

phénomène de complémentarité productive entre les trois formes de capital (capital physique, humain et naturel) qui constituent l'ENA. Cela tendrait à soutenir l'idée d'une gestion sous forme de portefeuille des différents types de capital. Il convient alors d'appréhender le niveau de substitution entre les composantes de l'ENA (question à laquelle tentent de répondre Markandya et Pedroso, 2007). C'est peut-être là un sentier important de recherche. Il pourrait aboutir à définir pour chaque pays, dépendant de sa technologie productive, de ses coûts relatifs pour ces différentes formes de capital et de ses objectifs de croissance, la combinaison optimale du portefeuille de ressources à détenir. Dans la sous-section qui suit, nous explorons la question de la stabilité de ces résultats selon les pays en développement et les pays développés.

Tableau II.4. Impact de l'ENN sur la Croissance, 1971-2005

Tableau 4. Impact de l'ENN sur la croissance, 1971-05

Echantillon total		
	GMM	
Régression No.	3.1	3.2
		Sensibilité
PIB initial	-0.0411924	-0.0592356
par tête (log)	(0.0264)	(0.0467)
ENN (% RNB)	0.0243**	0.0279***
	(0.00940)	(0.00963)
ENN^2	-0.00133**	-0.00175*
	(0.000529)	(0.00102)
ENN^3	2.27e-05**	3.05e-05
	(1.05e-05)	(2.44e-05)
Education (% RNB)	-0.0250	-0.0488
	(0.0490)	(0.0633)
Rente (% RNB	0.00139	0.00394
	(0.00199)	(0.00251)
Population	-0.000431	0.00605
croiss.(%)	(0.0144)	(0.0148)
Consommation	-0.00694	-0.0117
publiq. (% PIB)	(0.0150)	(0.0152)
Ouverture (% PIB)	0.00176	0.00275
	(0.00121)	(0.00278)
Inflation (%)	-0.000371	2.01e-05
	(0.000307)	(0.000561)
Polity2	0.00230	-0.00185
	(0.00365)	(0.0117)
Constante	0.390***	0.558
	(0.149)	(0.350)
Observations	593	593
Pays	130	130
Hansen (p value)	0.17	0.55
AR(2) (p value)	0.29	0.45
Instruments	48	29
F-test (p value)	0.05	0.04

Données de panel, estimations en system GMM; sous-périodes de 5 ans; 1971-2005. Variable dépendante : croissance du PIB par tête. Epargne Nationale Nette (ENN). ENN^2 = ENN au carré ; ENN^3 = ENN au cube. Revenu national brut (RNB). Muettes temporelles. Ecarts-type robustes entre parenthèses; F-test sur ENN, ENN^2 et ENN^3; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Hypothèse nulle (H0) du test de Hansen : les instruments sont valides. Test d'autocorrélation d'ordre 2, H0 : absence d'autocorrélation des erreurs de l'équation en différence.

6.4. Sous-groupes des pays en développement et des pays développés

Dans le Tableau 5A (voir aussi à l'Annexe A le Tableau 5B pour les analyses de stabilité associées.) nous conduisons les mêmes régressions que dans le Tableau 2, mais nous distinguons les pays en développement des pays développés. Cela permet de voir s'il y a des effets propres à chacun de ces sous-groupes. Les deux premières colonnes du tableau présentent les résultats pour les pays en développement. Pour ce groupe de pays, les F-tests nous permettent de rejeter l'hypothèse de non significativité jointe des coefficients de l'ENA au seuil de 1%. On a donc un effet positif de l'ENA sur la croissance, allant dans le sens des résultats du Tableau 2 avec l'échantillon total, mais avec des coefficients plus faibles. En partant comme précédemment de ENA = 7, nous calculons un effet marginal d'environ 0,005 à partir de la régression (4.1). Pour les pays développés (les deux dernières colonnes du tableau) les F-tests permettent de dire que l'ENA a un effet significatif sur la croissance, avec des seuils de 1 et 10% respectivement pour les régressions (4.3) et (4.4). Ces résultats sont encore plus faibles économiquement et l'effet marginal est d'environ 0,0004. Cependant, ces résultats pour les pays développés s'expliquent sans doute par la réduction sensible du nombre d'observations. Dans le cas de la dernière colonne cela s'explique surtout par le fait que l'ENA avec émissions de particules n'est disponible qu'à partir de 1990. On note par ailleurs que la convergence est toujours absente. Mais des travaux antérieurs voisins basés sur l'effet de l'accumulation du capital sur la croissance laissent penser que la différence observée entre pays développés et pays en développement pourrait s'expliquer par l'hétérogénéité dans les sources de la croissance selon ces groupes. Par exemple, Young (1995) et Krugman (1994) soutiennent que la croissance dans les pays en développement trouve sa source dans l'accumulation du capital alors qu'elle proviendrait du progrès technique dans les pays développés.

Les résultats de cette partie économétrique sont globalement favorables, en termes d'effet positif de l'ENA sur la croissance. Nonobstant, le cadre de ces analyses reste sans doute à explorer davantage afin de se faire une meilleure idée de la robustesse de nos premières conclusions. Cela dit, nous pouvons déjà soutenir certains arguments en faveur de notre approche et de nos résultats. En effet, l'analyse de la croissance par l'ENA ne précise pas

les canaux (investissement, éducation, ressources naturelles, etc.) par lesquelles différentes formes de capital impactent le revenu. En agissant ainsi, nous analysons l'effet de l'épargne véritable sur la croissance en faisant comme si le mécanisme économique qui relie ces deux variables macroéconomiques était une sorte de boîte noire dont on ne peut percevoir le mode opérationnel. Elle a l'avantage de n'imposer aucune contrainte *a priori* sur la relation entre l'épargne véritable et la croissance. Le principal reproche que l'on peut faire à cette approche est de traduire une simple corrélation entre l'épargne véritable et la croissance, mais l'analyse économétrique multivariée et le choix de techniques d'estimation permettant de traiter de l'endogénéité y répondent.

Tableau II.5A. Impact de l'ENA sur croissance- Groupes de pays, 1971-05

Tableau 5A. Impact de l'ENA sur la croissance, 1971-05

	Pays développés		Pays en développement	
	GMM			
Régression No.	4.1	4.2	4.3	5.4
PIB initial	0.0099106	-0.2114259	-0.1284404	0.0226056
par tête (log)	(0.0497)	(0.1801024)	(0.1005127)	(0.1687223)
ENA (% RNB)	0.00355		0.00186	
	(0.00320)		(0.0225)	
ENA^2	0.000110**		-0.000312	
	(5.51e-05)		(0.00121)	
ENA^3	3.57e-07		2.03e-05	
	(4.68e-07)		(2.10e-05)	
ENA (% RNB)		0.0170**		0.00372
(partic. Incl.)		(0.00727)		(0.0210)
ENA^2		1.37e-05		-5.14e-05
		(0.000295)		(0.00115)
ENA^3		-8.39e-08		4.90e-06
		(2.94e-06)		(1.74e-05)
Population	0.00542	0.0247	0.00537**	0.00604
croiss.(%)	(0.00539)	(0.0256)	(0.00249)	(0.00494)
Consommation	-0.00563	0.0198	-0.00468*	-0.00537
publiq. (% PIB)	(0.00452)	(0.0215)	(0.00270)	(0.00924)
Ouverture (% PIB)	0.00224***	0.00938**	0.000308	-2.64e-05
	(0.000812)	(0.00402)	(0.000795)	(0.000840)
Inflation (%)	-0.000190***	-0.000888**	0.00271	0.00156
	(4.40e-05)	(0.000436)	(0.00230)	(0.00667)
Polity2	0.00167	-0.00926	0.0194	0.0127
	(0.00248)	(0.0154)	(0.0237)	(0.0227)
Constante	-0.182	0.287	1.104	-0.183
	(0.435)	(1.051)	(0.788)	(1.479)
Observations	454	350	138	93
Pays	105	101	25	25
Hansen (p value)	0.15	0.73	1	0.99
AR(2) (p value)	0.15	0.15	0.20	0.43
Instruments	58	15	49	50
F-test (p value)	0.00	0.00	0.00	0.06

Données de panel, estimations en system GMM ; sous-périodes de 5 ans ; 1971-2005. Variable dépendante : croissance du PIB par tête. Epargne Nette Ajustée (ENA), dont "partic. incl." pour particules polluantes incluses. ENA^2 = ENA au carré ; ENA^3 = ENA au cube. Revenu national brut (RNB). Muettes temporelles. Ecarts-type robustes entre parenthèses ; F-test sur ENA, ENA^2 et ENA^3 ; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Hypothèse nulle (H0) du test de Hansen : les instruments sont valides. Test d'autocorrélation d'ordre 2, H0 : absence d'autocorrélation des erreurs de l'équation en différence.

7. Conclusions

L'épargne véritable (ou épargne nette ajustée) est présentée comme un bon critère de développement soutenable. Elle mesure l'investissement net dans la base productive d'un pays, définie comme la richesse totale au sens large (capital produit, humain et naturel). L'épargne véritable étend la mesure conventionnelle de l'épargne en ajoutant l'accumulation du capital humain et en déduisant les pertes liées à l'exploitation (diminution du stock) des ressources naturelles.

L'analyse que nous avons proposée a été motivée par la littérature sur la soutenabilité et la comptabilité nationale verte et par la prémisse qu'en tant qu'indice de développement soutenable (économique), l'épargne véritable doit expliquer la croissance économique. A l'aide d'une analyse économétrique en panel dynamique, nous trouvons un impact positif de l'épargne véritable sur la croissance du PIB par tête. De plus, les résultats soutiennent que l'ENA est une mesure qui a une significativité (pertinence) économique supérieure à celle de la mesure conventionnelle de l'épargne (investissement). L'épargne véritable est une meilleure mesure de l'effort d'accumulation. C'est une mesure bien plus complète qui va au-delà des mesures traditionnelles de l'épargne et prend donc en compte davantage que l'effet du capital physique.

Un autre point que nous avons pris en compte est l'hétérogénéité des groupes de pays. Dans le cas des pays en développement, même si ils sont plus faibles économiquement, les résultats sont similaires à que ce que l'on trouve avec l'échantillon total. Sur ce point, en raison de limites dans l'analyse, nos conclusions sont plus réservées pour le cas des pays développés, même si elles semblent aussi aller plutôt dans le même sens.

Soulignons que le fait que l'ENA réduise ses trois composantes (capital physique, capital naturel, capital humain) en une seule grandeur impose le cadre de l'analyse. En ce sens, elle ne suggère pas, par exemple, les approches en forme structurelle dans laquelle des équations décrivent les canaux d'investissement, d'éducation et de ressources naturelles qui affectent la croissance (par exemple: Gylfason et Zoega, 2006). Au demeurant, la pertinence des approches par la forme structurelle suppose que le modèle sous-jacent présenté soit correct, que tous les mécanismes de transmission soient bien pris en compte.

Sinon, en l'occurrence on déboucherait sur une mauvaise estimation de l'impact de l'épargne véritable (ses composantes) sur la croissance. De même, comme la revue de littérature le souligne, malgré des progrès évidents dans l'état des connaissances des sources de la croissance économique, il y a toujours des incertitudes. Que ce soit dans sa relation avec le capital humain, le capital naturel, voire même le capital physique, la croissance n'est pas toujours expliquée de façon stable et sans équivoque. Levine et Renelt (1992) soulignent justement que de la pléthore de variables testées dans les analyses empiriques comme des déterminants de la croissance, seul l'investissement lui est relié de manière robuste. Là encore, Villieu (2000) note que même ce résultat est à prendre avec précaution car pouvant provenir d'un renversement de causalité. Et de rappeler Barro (1997) et Chung (1998) qui suggèrent que si la croissance cause l'investissement, l'inverse n'est pas vérifié. Ce qui conduit à explorer différemment les déterminants les plus robustes de la croissance (par exemple, De Long et Summers, 1991; Rodrik et al., 2002). Le choix de l'épargne véritable comme variable unique de capital (qui ne distingue pas de canaux capital naturel, capital humain, capital physique, etc.) se présente alors comme une approche alternative.

Annexes

Annexe A. Analyses de sensibilité-Groupes de pays

Tableau II.5B. Impact de l'ENA sur croissance- Groupes de pays, 1971-05, Analyses de sensibilité

Tableau 5B. Impact de l'ENA sur la croissance, 1971-05

	Pays développés		Pays en développement	
	GMM			
Régression No.	5.1	5.2	5.3	5.4
	Sensibilité (4.1)	Sensibilité (4.2)	Sensibilité (4.3)	Sensibilité (5.4)
PIB initial	-.0437638	-0.0860344*	0.0159062	-0.0188351
par tête (log)	(0.0303)	(0.0469)	(0.136)	(0.204)
ENA (% RNB)	-0.00111		0.0113	
	(0.00219)		(0.0544)	
ENA^2	0.000169***		0.000413	
	(6.08e-05)		(0.00347)	
ENA^3	1.02e-06**		-1.43e-06	
	(4.25e-07)		(6.69e-05)	
ENA (% RNB)		0.00928**		0.0467
(partic. Incl.)		(0.00452)		(0.0360)
ENA^2		0.000308		-0.00252
		(0.000238)		(0.00185)
ENA^3		2.62e-06		3.06e-05
		(2.46e-06)		(2.47e-05)
Population	-0.0101**	-0.0185*	-0.00585	0.0194
croiss.(%)	(0.00401)	(0.00935)	(0.00969)	(0.0283)
Consommation	-0.0223***	-0.00162	-0.00536	-0.0364
publiq. (% PIB)	(0.00592)	(0.0119)	(0.0169)	(0.0292)
Ouverture (% PIB)	0.00149	-0.000216	8.99e-05	-0.00359*
	(0.00132)	(0.00135)	(0.000862)	(0.00188)
Inflation (%)	-0.000564**	-0.000689*	0.00231	-0.0187
	(0.000280)	(0.000368)	(0.00468)	(0.0249)
Polity2	-0.00759	0.000644	0.0389	-0.0664
	(0.00587)	(0.00795)	(0.0293)	(0.0406)
Constante	0.672**	0.793*	-0.527	1.680
	(0.276)	(0.420)	(1.140)	(2.316)
Observations	454	350	138	93
Pays	105	101	25	25
Hansen (p value)	0.08	0.23	0.44	0.87
AR(2) (p value)	0.25	0.36	0.73	0.27
Instruments	49	35	23	21
F-test (p value)	0.00	0.08	0.00	0.56

Données de panel, estimations en system GMM; sous-périodes de 5 ans; 1971-2005. Variable dépendante : croissance du PIB par tête. Epargne Nette Ajustée (ENA), dont "partic. incl." pour particules polluantes incluses. ENA^2 = ENA au carré ; ENA^3 = ENA au cube. Revenu national brut (RNB). Muettes temporelles. Ecarts-type robustes entre parenthèses; F-test sur ENA, ENA^2 et ENA^3; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Hypothèse nulle (H0) du test de Hansen : les instruments sont valides. Test d'autocorrélation d'ordre 2, H0 : absence d'autocorrélation des erreurs de l'équation en différence.

Annexe B. Degré du polynôme

Tableau II.6. Choix du degré du polynôme de la forme fonctionnelle

Tableau 6. Choix du degré du polynôme

Echantillon total					
MCO					
Régression No.	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
	ENA		ENA (part.incl.)	ENN	
ENA	0.00440***	0.00402***			
	(0.00103)	(0.000708)			
ENA^2	6.67e-05***	7.04e-05**			
	(2.21e-05)	(2.89e-05)			
ENA^3	-5.69e-07	-1.76e-07			
	(1.03e-06)	(1.97e-07)			
ENA^4	-2.67e-09				
	(7.65e-09)				
ENA			0.00385***		
			(0.000822)		
ENA^2			8.41e-05***		
			(2.59e-05)		
ENA^3			-6.44e-07		
			(7.67e-07)		
ENA^4			-1.75e-08*		
			(1.01e-08)		
ENN				0.00893***	0.00778***
				(0.00112)	(0.000788)
ENN^2				-5.48e-05	-3.00e-05
				(4.18e-05)	(3.83e-05)
ENN^3				-3.63e-06**	-1.64e-06**
				(1.54e-06)	(7.07e-07)
ENN^4				3.65e-08	
				(2.50e-08)	
Constante	0.0186**	0.0196**	0.0161*	0.00400	0.00702
	(0.00922)	(0.00779)	(0.00956)	(0.00859)	(0.00834)
Observations	703	703	498	788	788
R-carré	0.185	0.184	0.105	0.128	0.126
Choix du rang	2		4	3	

Données de panel, estimations en pooling ; sous-périodes de 5 ans ; 1971-2005. Variable dépendante : croissance du PIB par tête. Epargne Nette Ajustée (ENA), dont "partic. incl." pour particules polluantes incluses. Les variables sont en pourcentage du Revenu national brut (RNB). Ecarts-type robustes entre parenthèses ; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Annexe C. Statistiques des données

Tableau II.7. Statistiques résumés des données

Tableau 7. Statistiques Résumées des données

	Développement			
			Développés	
Variable	**Moyenne**	**(Eca. Typ.)**	**Moyenne**	**(Eca. Typ.)**
ENA (% RNB)	3.29	(38.98)	14.89	(7.53)
ENA (% RNB, + particules)	7.19	(18.41)	21.62	(11.99)
ENN (% RNB)	9.77	(9.97)	10.72	(7.44)
Education (% PIB)	4.07	(1.68)	5.2	(1.55)
Rente (% PIB)	9.35	(16.38)	1.15	(2.43)
PIB (tête, log;%)	7.04	(1.2)	9.73	(0.41)
Population crois. (%)	2	(1.22)	0.79	(0.57)
Consommation pub. (% PIB)	16.47	(6.46)	18.28	(5.31)
Commerce (% PIB)	80.29	(37.35)	87.29	(76.37)
Inflation (%)	62.96	(171.84)	8.19	(9.27)
Polity2	-1.17	(5.59)	8.31	(3.55)

CHAPITRE III

Adjusted net saving and welfare change[24]

1. Introduction

Even though sustainable development is a shared principle today, there is no consensual definition or concept of sustainable development yet (for a recent discussion see e.g. Atkinson and Hamilton, 2007). Economists agree that GDP per head is not a good criterion upon which to judge whether development is sustainable. International organizations and researchers have been engaged in building and popularizing new indices that can give more information on well-being and its progress. This field of discussion will certainly remain very controversial. Therefore, there is a need to make progress which will lead to a consensus about sustainability and operational indices that would assess whether the economy is being managed in the most appropriate way.

In recent years, in the framework of sustainable development, debates on how to measure the quality of life have received particular interest. Adjusted net saving (ANS), also called genuine saving, measures savings in a broad sense to include not only physical capital, but also human capital, natural capital, stock of knowledge, social capital, etc., all (being) monetarily valued. These are all factors that underpin welfare in a sustained way. Thus, this article tries to answer the question: Does ANS explain changes in welfare?

There are two ways to measure welfare (Dasgupta and Mäler, 2001): constituents or determinants. Constituents include health, happiness, and the possibilities to exert one's

[24] This chapter has been published as: Gnègnè, Y., 2009. Adjusted net saving and welfare change. Ecological Economics 68 (4), 1127-39.

abilities to participate in country life. Determinants are commodity inputs which lead to well-being, which include potable water, food, clothes, education and health expenditure, shelter, access to information and culture, security, etc.

Therefore, since Adjusted net saving is an investment (a net change) in the determinants of well-being, if this is true, it must explain at least a substantial part of changes in well-being. Then we turn to examine how much ANS is correlated with changes in welfare over time, assuming that one can get a good measure of the latter.

We retain two indicators or indices of the country level welfare: infant mortality and Human Development Index (HDI). This choice is guided by the fact that these indicators may be well suited as proxies of the "quality" of life (Anand and Sen, 1992; Sen, 1999; Reddy and Pogge, 2002) since they may capture different dimensions of human deprivations.

Some other works seek to assess the validity of sustainable development indicators including ANS. Some contributions concerning ANS are Pillarisetti (2005) based on correlations analysis, Ferreira and Vincent (2005) and Ferreira et al. (2008) with consumption as the social utility measure. In this study we examine how sustainable economic policies or their absence, based on ANS criterion, affect well-being. Our goal is to gain insight into the link between adjusted net savings and the path of aggregate welfare in countries. We recall the theoretical arguments that support ANS and test if ANS is a perfect predictor of changes in well-being. Our results show that ANS impacts positively and significantly on the well-being but fails to be a self-sufficient explanatory variable.

The chapter proceeds as follows: Section 2 is devoted to the relationship between ANS and sustainability; Section 3 presents welfare indicators; Section 4 develops the empirical approach; section 5 discusses the results; and section 6 concludes the paper.

2. Adjusted net saving and sustainability

The idea of sustainable development is:

"... relative to their respective demographic bases, each generation should bequeath to its successor at least as large a productive base as it had inherited from its predecessor. If it were to do so, the economic possibilities facing the successor would be no worse than those it faced when inheriting productive assets from its predecessor."(Dasgupta and Mäler, 2001, p. 23).

This definition implies that welfare should not be allowed to decline, but utility may decrease in a way to ensure higher welfare in the future; where welfare at any time is the present value of future utilities. There are many other definitions of sustainable development, but economists have generally settled on this one. ANS is the change in total wealth, including physical capital, human capital and natural capital, measured in constant shadow prices, or the net change in capital base.

2.1. Wealth and sustainability

The theoretical considerations supporting ANS start from Solow (1974) and Hartwick (1977) who have derived the Solow-Hartwick rule. This rule postulates that to ensure a sustainable path of development, a non-renewable resource-abundant country should invest resource rents in other assets. The rule implies a non-diminishing value of the portfolio of assets. A way to achieve that is to invest rents in other forms of capital.

Subsequently, the International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN, 1980) introduced the phrase "sustainable development", which became popular thanks to the Brundtland Commission Report published by the World Commission on Environment and Development (WCED). In this report sustainable development was defined as "...development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (WCED, 1987, p. 43). After the IUCN (1980) publication, studies have illustrated more the link between the path of total wealth and sustainable development, for example, Pearce et al. (1989).

Then, Pearce and Atkinson (1993) stated that the path of a country's inclusive wealth, i.e. its entire capital base, will inform us if development is sustainable or not. Wealth evolution during a period of time will be determined by net investment in assets. Thus, sustainability implies at least that the country has saved enough to overcome the capital base depletion.

Several authors have participated to give an insight into the relationships between wealth, welfare and sustainable development. A recent paper is by Mäler (2007). Hamilton and Clemens (1999) and Dasgupta and Mäler (2001), for instance, have defined a social welfare function as the present discounted value of a flow of current utilities.[25]

As defined, contrary to the current utility, this social welfare function is the inter-generational welfare function. It measures progress in welfare in a sustainable manner. For instance, a country may raise its current welfare by over depleting its natural assets (using, for example, less costly but dirty technologies). A policy as such will hinder future development possibilities. The intergenerational welfare function takes these cases into account, but a current welfare function fails to do so, and this is, for example, one of the limitations of HDI. Progress in the inter-generational welfare measures the sustainability of the development process between two dates.

The idea here is that changes in the factors that are determinants of welfare inform on this latter point, as well as change in its constituents. The wealth of a country is the social value of its entire capital base. It should span the wider range of assets, including assets

---

[25] For example from Dasgupta and Mäler (2001): let $U(C_t)$ be the current utility function, derived from a composite weighted consumption basket C_t at any date *t*. *U* is a flow, supposed to be a growing function of *C*. Consider a flow of consumptions from the date t and V_t the intergenerational welfare at date *t*. V_t is a function of the stream (C_t, C_{t+1},...).

$V_t = \sum_t^{\infty} \theta^{(T-t)} U(C_T)$, with $t \geq 0$ and $\equiv 1/(1+\emptyset)$, $\emptyset > 0$; $\theta^{(T-t)}$ is the discount factor and $\emptyset$ the discount rate.

with negative shadow prices (Atkinson and Hamilton, 2007). It consists of evaluating all forms of assets (manufactured, human, natural, social, financial, knowledge) at their accounting price. The accounting price of goods is the weight given to one unit of this item. So, measured by wealth, welfare is linear in assets. Hence, it is the net investment of a period which determines the evolution of wealth during the corresponding space of time. This net investment is called ANS or genuine saving. It measures the growth in wealth at accounting prices; and then reflects the social value of changes in the asset's stock. It is shown (Hamilton and Clemens, 1999, for an optimal economy, Dasgupta and Mäler, 2000, for an non-optimal economy) that the net investment in assets (ANS) is equal to the change in social welfare during a given period.[26]

Population level or its evolution relative to wealth will affect capacities to improve welfare (e.g.: Arrow et al., 2003; Dasgupta, 2007). Therefore, since population size will matter, the investment for sustainable development (ANS) is best expressed per head. Then ANS (per head) measures (potential) changes in social welfare. A growing ANS per head means

---

[26] Asheim and Weitzman (2001) argue that growth in real NNP shows change in social welfare but they arrived to this result by using a Divisia index to convert consumption prices. Indeed there are several development indicators in the framework of sustainable development, which cover both weak and strong sustainability (The weak sustainability rule requires that the net investment in the entire capital base is not allowed to be persistently negative. In the strong sustainability, natural capital cannot be entirely substituted by other form of capital because of ecological thresholds.). ANS and the environmental adjusted product (constructed by substracting depreciation of produced and natural capital from gross national product), for example, enter in the first group. Another group of indicators seeks to measure (present) sustainable economic welfare. Their goal is not to ensure that investment in welfare is non-declining but to maintain a non-declining welfare in the current period. It consists of adding up the components of a composite utility. One of these indicators is the Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW), henceforth Genuine Progress Indicator (GPI). This way of measuring sustainability is questionable (see for example Neumayer 2004). Ecological footprints (which is a measure of the amount of carrying capacity appropriated by human activity, with carrying capacity being the maximum population size that can be supported by a given set of resources); Material flow accounts (MFA) sum, with weights and on an annual basis, all the material inputs and outputs of an economy; and other hybrid indicators (combine physical capital and monetary policy) are among the strong sustainable development indicators. Each of these weak and strong sustainable development indicators has its limits. For further discussion, refer to chapter 1 or to Dietz and Neumayer (2007).

that the country is becoming wealthier, in the opposite situation the country's wealth is decreasing. In the cases where this investment is decreasing or negative, not only current welfare may be declining, but the inter-generational welfare may decline too.

Although a country's institutions are part of its productive base, they may be kept out of defining the entire capital base.[27] The reason is that institutions are distinct from capital assets since they decide the allocation of resources. Culture may be treated as an element of institutions and with the premise that institutions may trump culture.

After the theory linking investment in the entire capital base (ANS) to development sustainability it comes down to the practical measurement of this investment. Since the first theoretical developments, this practical issue has been explored by some researchers, among them Solow (1986), Pearce and Atkinson (1993), World Bank (1997), Dasgupta (2007).

2.2. Adjusted Net Saving and the World Bank

Studies in the framework of sustainable development argue that the policy rule for increasing social welfare should be to maintain a positive and non-declining ANS. The World Bank has developed wide country-level estimates of Adjusted net saving that are incorporated in the World Development Indicators (WDI) CD-ROM since 1999. The calculation of ANS in this paper follows the one released by the World Bank (2004) and is based on the crude estimates from World Bank (2003), as follows:

$$ANS = NNS + E - R - P \qquad \text{(III.1)}$$

Where:
ANS: adjusted net saving
NNS: net national saving
E: current education expenditures
R: resource rents (depletion of energy, minerals and forest)

[27] Some researchers do not share this view and treat institutions as part of wealth.

P: carbon dioxide (CO_2) damage

$$NNS = GNS - CFC \quad \text{(III.2)}$$

Where:
GNS: gross national saving
CFC: consumption of fixed capital

In the calculation of ANS, current expenditure on education (books, salaries of teachers, etc.) is treated as saving rather than consumption, since it increases the country's human capital. Pollution damages seek to reflect losses of welfare in the form of human sickness. Energy depletion is the depletion of oil, coal and natural gas. Mineral depletion is the sum of the depletion of bauxite, copper, iron, lead, nickel, phosphate, tin, zinc, gold and silver. Measures of depletion stand for the management of the natural resources.

Table 1 shows the result of the difference of means tests. It helps give an overview of the current World Bank estimates of ANS. ANS figures from the developed countries are higher than those of the developing ones. That suggests that developed countries are doing better than developing ones in terms of sustainability. That is undoubtedly true if we think in terms of economic sustainability. But this is disturbing since the common view is that developed countries are those that are the source of the biggest threats to sustainable development (ozone layer depletion, greenhouse effect). ANS calculations are rooted in GDP and tend to validate the developed countries consumption scheme as their ANS are high because of high GDP (Pillarisetti, 2005). Unsurprisingly, developed countries also have higher education expenditure. Expressed as a ratio of Gross National Income (GNI), spending in education is the third component of ANS (the combined mean is about 4% of GNI). Rent and pollution levels in developing countries are higher. In fact much of the natural resources extraction occurs in developing countries. Finally, for net saving there is no significant difference between the two groups. It is noticeable that the two components of ANS with a larger mean for developing countries (Rent and CO_2) enter into the calculation of ANS with the minus sign, contributing to reduce again their mean ANS.

Table III.1. Tests of Differencies of Means; % GNI ; 1971-2000

Table 1. Tests of Differencies of Means; % GNI; 1971-2000[a]

Variable	Group	Mean	Std. Dev.
NNS	*Developing*	8.107	9.181
	Developed	8.595	5.235
	Combined	8.186	8.652
	Difference	-0.488	
Rent	*Developing*	6.485	10.276
	Developed	0.568	1.022
	Combined	5.529	9.661
	Difference	5.916***	
CO2	*Developing*	0.990	1.175
	Developed	0.267	0.120
	Combined	0.874	1.109
	Difference	0.723***	
Edu	*Developing*	3.717	1.697
	Developed	5.354	1.440
	Combined	3.988	1.761
	Difference	-1.637***	
ANS	*Developing*	3.383	11.721
	Developed	12.718	4.978
	Combined	5.017	11.401
	Difference	-9.334***	

World Bank country classification. All world countries with available data are used in the calculations. Data source: World Bank CD-Rom WDI 2006. *** significant at 1%.

3. Country level indicators of Welfare

Indicators of welfare tend to have strong correlation with poverty measures. These poverty measures such as the headcount index[28] are not reliable for international comparisons (Reddy and Pogge, 2002). What is important is not the income earned but

[28] Defined as the percentage of the population living with less than 1 dollar a day, expressed in terms of purchasing power parity, or the percentage of the population below the national poverty line.

the access to efficient health, education, and other social services (Gomanee et al., 2005). Income is an indicator of what is possible in terms of consumption of goods and services but not of a potential achievement/accomplishment of these possibilities. And what really matters is the "quality" of life (Anand and Sen, 1992). Non-monetary or less monetary indicators such as Infant mortality rate (IMR) and Human development index (HDI) may be best proxies for the "quality" of life (Reddy and Pogge, 2002), compared to indicators such as revenue or consumption expenditure.

IMR is a non-monetary indicator of welfare that may be good in reflecting both non monetary and monetary dimensions of well-being (Reddy and Pogge, 2002). It informs about the general health status, but also captures situations such as women's health, their education and condition. In fact, IMR is correlated with most of the factors that determine particular aspects of welfare such as food, health, education and revenue. Gomanee et al. (2005) find a correlation of 0.75 between infant mortality and poverty ("less than one dollar per day"). IMR informs sufficiently about each of these factors.

A more synthetic measure of welfare is the HDI. HDI has been founded by the United Nations Development Program (UNDP) in response to GDP as an indicator of welfare within a country. It lies between 0 and 1 and the higher it is, the higher is the welfare in the country. HDI is (more) a measure of current well-being, which is measured in three dimensions: Health by life expectancy at birth; education by adult's literacy before 1991, mean years of schooling for 1991-94, and a combination of adults literacy rate and enrolment rate thereafter; and access to resources needed for an acceptable standard of living, by real per capita GDP in purchasing power parity dollars. GDP has been criticized because it's more a measure of economic capability and ignores the other dimensions of human well-being. Human deprivations have 3 sources: natural disasters, human vices, and institutional factors.[29] The problem is that many deprivations are not quantifiable. Amartya Sen worked on and showed the different forms of human deprivations and their

[29] The first two are not, or almost not, related to policy intervention.

causes. That allowed the UNDP to construct the 3 deprivations indices that enter in the calculation of HDI.

Although HDI has some lacuna in measuring well-being,[30] it has the general merit of being an aggregate measure of welfare calculated every five years on a consistent basis, and available for a large number of countries over the period 1970-2000 (UNDP, 2002, pp. 153-156).[31]

4. Empirical approach

The data used for the calculation of ANS in this paper are from the World Bank, as well as the other macroeconomic indicators which are precisely from the Bank's WDI CD-Rom (2004). The human development index (HDI) is collected from the UNDP (2002 report, pp. 153-156). The institutional variable (Gastil) is from Freedom House. Monetary values are in U.S dollars.[32]

Cross-country regressions are run on a panel of 36 developing and developed countries (see Appendix B for the full list of countries in our sample) over 1971-2000 with 3 different sub-period lengths. The number of countries is actually limited by the availability of the data.

In the analysis, two dependent variables are used: Infant mortality rate[33] and Human development index.[34] These two measurements have a significant correlation of -0.60 in our sample. Since HDI is calculated every five years, we used the data available for one of

[30] HDI is an indicator showing long-term rather than short-term progress in human development. Indeed, life expectancy and adult literacy respond slowly to policy intervention.
[31] Series calculated on a comparable basis.
[32] Appendix A presents the means and standard deviations of key variables in developed and developing countries respectively.
[33] Infant mortality rate is the number of deaths of children before the age of one for every thousand births during a given year.
[34] Human Development Index (HDI) for 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 and 2000.

the years of the sub-period as the average value of this sub-period. The estimated benchmark model is:

$$\Delta W_{it} = \beta_0 + \beta_1 ANS_{it} + v_{it} \quad \text{(III.3)}$$

Where ΔW_{it} is the change in one of the two measures of welfare enumerated above. ANS_{it} is adjusted net saving expressed in inflation adjusted and per capita. In all the estimations, we inverted the sign of ΔW_{it} when the dependent variable is IMR, so that a positive coefficient indicates improvements in welfare.

4.1. Panel and time horizon

An important point when estimating the effect of ANS on welfare is the period over which the effect will occur. Though the theory suggests an infinite time horizon (e.g.: Hamilton, 2005), we explore this issue in the time period starting from 1970 due to data availability (and for a limited number of countries). We then construct three panels of 5, 10 and 15-year sub-periods with the 36 countries of the sample. That allows us to observe the effect of the time horizon on estimations. Due to data limitations we could not estimate on a longer term, for example 20 years.[35] Another important choice is between considering the effect of ANS at some point in time on future welfare or the effect of ANS of a period on welfare on the same period. We chose to estimate the effect of the investment (ANS) during a given period on the changes on welfare over the same period. The rationale is that the impact of the investment occurs over time but also that what will really matter is the sustainability of the investment process. There is not a lot to expect from an investment that lasts a year and then rapidly depreciated. If a country has a declining ANS during one year it does not necessarily mean that welfare in the subsequent year(s) is necessarily declining. For example, if in the immediate subsequent years ANS becomes positive and growing, that could lead to a possible correction and might even

[35] The mean lifetime of produced capital stocks is about 20 years, with that of machinery and equipment being shorter and that of building and other infrastructure being much longer (Hamilton, 2005).

increase welfare over time. So, what really matters is maintaining a positive and non-declining ANS in order to see changes of welfare over time.

4.2. Endogeneity Test

The models presented in this paper may be subject to endogeneity problem, possibly due to variables being omitted and/or simultaneity. This will result in biased estimated coefficients. We examined this issue by applying endogeneity tests on each saving variable. We first identified Gross National Income (GNI) as a potential instrument using a correlation matrix. We then added the residual of the first stage regression in our initial model of ANS testing. We confirm the validity of GNI as an instrumental variable by testing overidentifying restriction for the quality of the instrument using both Sargan and Basman tests. To conduct these tests the correlation matrix helped to choose real net national saving, in level, as an additional instrument. For all the savings measures (ANS and its variants) endogeneity is rejected excepted in some estimations for the developing countries with Net National Saving (NNS) as the regressor. Indeed, for this group of countries NNS is endogenous both with HDI and IMR estimates in the 10-year panel and with HDI in the 5-year panel, in the simple regression analysis. We apply instrumental variables estimation to these models.[36]

5. Results

A Hausman test favours fixed effects for the estimations. We also prefer fixed effects in this study for reducing omitted variable bias and potential endogeneity. We are interested in the relationship between ANS and welfare.

[36] The endogeneity tests are available upon request.

5.1. ANS Benchmark Analysis

To start, the effect of ANS on welfare (HDI and IMR) is estimated over the 5, 10 and 15-year subperiods. For the benchmark model there is no control variable in the estimations. The fixed effect estimations control only for the unobserved heterogeneity. Therefore these first results should rather be interpreted as simple correlations before the "ceteris paribus" estimations in the subsequent subsections.

5.1.1. ANS Link with Welfare

Table 2 reports the benchmark estimates for all the countries in the sample. It appears that ANS has the correct sign (positive) in all the estimates and is significant in all cases except for IMR in the 5-year panel. In the table it is easy to see how the explained variation and the significance of the coefficients on ANS are increasing as we move from the 5-year panel to the 15-year panel. Then the correlation is positive and significant, even if its magnitude is small. We can also see that the longer the time length, the greater is the correlation.

Table III.2. Adjusted Net Saving and Welfare

Table 2. Adjusted Net Saving and Welfare

	Total sample					
	5-year		10-year		15-year	
Regression No.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
	ΔHDI	ΔIMR	ΔHDI	ΔIMR	ΔHDI	ΔIMR
ANS	0.0199***	3.342	0.0309***	15.59**	0.0431**	31.33**
(per capita; log)	(0.0048)	(2.86)	(0.0095)	(6.88)	(0.018)	(13.3)
Constant	-0.108***	-15.30	-0.180***	-89.19**	-0.258**	-183.9**
	(0.029)	(17.0)	(0.057)	(40.8)	(0.11)	(77.8)
R-squared	0.11	0.01	0.15	0.08	0.16	0.16
Observations	176	178	93	93	63	63
Countries	34	34	34	34	33	33

Panel estimations; time periods: 5-year, 10-year and 15-year periods; 1971-2000. Fixed effect estimations. Dependent variable: Change in Human Development Index (HDI) and change in Infant mortality rate (IMR). Adjusted Net Saving (ANS). In the estimations the sign for IMR change is inverted, then a positive coefficient indicates improvment in welfare. Standard errors in parentheses; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

5.1.2. Variants of ANS

We also looked at the performances of different variants of investment (ANS). The variants: NNS is Net National Saving; ANS_P is ANS calculated without substracting CO2 damage (P) from NNS; ANS_EP is ANS calculated without substracting CO2 damage (P) and education expenditures (E) from NNS; and ANS_E is ANS calculated without education expenditures (E) from NNS (the calculations are under the corresponding tables). Tables 3 and 4 below present the estimates respectively for HDI and IMR for the 15-year panel. For HDI in table 3 all the variants are significant at 5% level. The coefficients are close. In terms of explained variability, ANS_EP and ANS_E are better.

Table III.3. ANS Variants and HDI

Table 3. ANS Variants and HDI

	Total sample				
	15-year				
Regression No.	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
	ΔHDI				
ANS (per capita; log)	0.0431** (0.018)				
NNS (per capita; log)		0.0501** (0.020)			
ANS_E (per capita; log)			0.0377** (0.015)		
ANS_P (per capita; log)				0.0441** (0.018)	
ANS_EP (per capita; log)					0.0459** (0.016)
Constant	-0.258** (0.11)	-0.293** (0.12)	-0.206** (0.076)	-0.265** (0.11)	-0.254*** (0.088)
R-squared	0.16	0.16	0.21	0.17	0.24
Observations	63	69	59	63	59
Countries	33	36	33	33	33

Panel estimations; time periods: 15-year subperiods; 1971-2000. Dependent variable: Change in Human Development Index (HDI). $ANS_E = NNS - R - P; ANS_P = NNS + E - R; ANS_EP = NNS - R$. As for the previous table.

Table 4 shows the same estimates with IMR as dependent variable. As with HDI, all the coefficients are significant. NNS has the lowest coefficient and the worst explained variability. Table 5, which shows the results for other sub-periods panel, also confirms the poor link between NNS and welfare. The variability explained is really worst. Subsequent results generally will confirm the poor link between NNS and welfare. These results

support the idea of a broader view of savings that includes human and natural capital. Countries should consider a broader view of their capital base. Particularly, resources rich countries should preserve these resources or invest the rent in other forms of capital.

Table III.4. ANS Variants and IMR

Table 4. ANS Variants and IMR

	Total sample				
	15-year				
Regression No.	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
	ΔIMR				
ANS	31.33**				
(per capita; log)	(13.3)				
NNS		27.64*			
(per capita; log)		(15.3)			
ANS_E			33.25***		
(per capita; log)			(10.4)		
ANS_P				32.05**	
(per capita; log)				(13.5)	
ANS_EP					36.87***
(per capita; log)					(12.2)
Constant	-183.9**	-160.1*	-175.8***	-189.4**	-199.3***
	(77.8)	(89.1)	(54.6)	(79.4)	(65.3)
R-squared	0.16	0.09	0.29	0.16	0.27
Observations	63	69	59	63	59
Countries	33	36	33	33	33

Panel estimations; time periods: 15-year subperiods; 1971-2000. Dependent variable: change in Infant mortality rate (IMR). As for the previous table.

Table III.5. NNS and Welfare- Endogeneity

Table 5. NNS and Welfare- Endogeneity

	Developing		
	5-year	10-year	
Regression No.	4.1	4.2	4.3
	ΔHDI	ΔHDI	ΔIMR
NNS	0.0433*	0.0571	62.9258
(per capita; log)	(0.025)	(0.0564)	(50.6207)
Constant	-0.197	-0.2783	-303.8267
	(0.12)	(0.7215)	(244.495)
R-squared	0.00	0.15	0.00
Observations	94	53	53
Countries	18	18	18

5 and 10-year subperiods; 1971-2000. As for the previous tables.

5.2. Multiple Regression and Sensitivity Analysis

The above econometric analysis of regressing welfare as a function of ANS does not encompass some factors for explaining welfare changes. Since it is unrealistic that these other factors are uncorrelated with ANS, it is difficult to draw causal conclusions. Here we explicitly control for other variables that may affect welfare, thus we can have a better hope to infer causality.

Following Costantini and Monni (2008) some control variables are initial income per capita for revenue, initial life expectancy for health, initial secondary school attainment for education. They allow taking decreasing returns of investments into account. Here we are estimating welfare changes and we expect them to have negative signs. The annual population growth rate is also included following among other Arrow et al. (2003), Dasgupta (2007) and the discussion in section 2. The other control variables are public consumption measured by the ratio of current government purchases of goods and services as a percentage of GDP; openness measured by trade calculated as the contemporaneous ratio of exports plus imports to GDP ratio, both expected to have a positive impact on welfare, see for example Tsai and Huang (2007); institutional quality is measured by the Gastil index for democracy. This measure is available for a large group of countries than alternative measures such as policy IV measures. The two measures are showed to be highly correlated (Jaggers and Gurr, 1995). The Gastil index takes three values (-1, 0, 1). This index, for instance, has been used by Barro (1997), Heitger (2004) for GDP per capita analysis. Another potential factor to control for is inequality. We left it aside because it reduces the sample size dramatically due to a large number of missing values of inequality variables (GINI index, income shares). Finally, for reason of degree of freedom the multiple regression analysis is run on the 5-year period panel. Since too small numbers of time period lead to inconsistency of the fixed effect estimator, this choice also helps avoid adding that to degree of freedom problem.

5.2.1. ANS as Predictor of Welfare Change

Tables 6 and 7 below show ANS regression results with the benchmark model extended to control variables. In both tables ANS and its four variants are all significant at the 1%

level (5% for NNS in table 7). Their coefficients are close and range between 0.02 and 0.03 for HDI and between 5 and 9 for IMR. The estimations suggest that the increase of 1% in ANS leads to a 0.0002 unit increase in HDI and to a 0.08 unit reduction in infant mortality (For our list of countries, the mean values of HDI and IMR are respectively 0.64 and 80.87 for developing countries and 0.88 and 12.17 for the developed ones). The relation between ANS and welfare is statistically very meaningful but roughly its economic significance is weak since it explains only a little portion of changes in welfare. Ferreira and Vincent (2005), for example, reached similar conclusions.

Table III.6. ANS Impact on HDI

Table 6. ANS Impact on HDI

	Total sample				
	5-year				
Regression No.	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
	ΔHDI				
ANS	0.0287***				
(per capita; log)	(0.0033)				
NNS		0.0196***			
(per capita; log)		(0.0034)			
ANS_E			0.0196***		
(per capita; log)			(0.0031)		
ANS_P				0.0308***	
(per capita; log)				(0.0034)	
ANS_EP					0.0216***
(per capita; log)					(0.0033)
Initial income	-0.0896***	-0.0739***	-0.0787***	-0.0896***	-0.0808***
(per capita; log)	(0.014)	(0.013)	(0.017)	(0.013)	(0.017)
Initial life	-0.219***	-0.266***	-0.294***	-0.218***	-0.290***
expectancy (log)	(0.071)	(0.069)	(0.082)	(0.069)	(0.081)
Initial school	-0.0608***	-0.0493***	-0.0642***	-0.0622***	-0.0657***
(secondary; log)	(0.015)	(0.013)	(0.017)	(0.014)	(0.017)
Consumption	-0.000211	0.000818*	0.0000372	-0.000216	0.0000217
(public; %GDP)	(0.00056)	(0.00049)	(0.00067)	(0.00055)	(0.00066)
Trade (%GDP)	0.000746***	0.000997***	0.000931***	0.000692***	0.000881***
	(0.00017)	(0.00017)	(0.00019)	(0.00017)	(0.00019)
Gastil index	-0.0114	-0.0165	-0.0177	-0.0118	-0.0151
	(0.011)	(0.011)	(0.012)	(0.010)	(0.012)
Constant	1.804***	1.777***	2.067***	1.796***	2.067***
	(0.24)	(0.24)	(0.27)	(0.23)	(0.27)
R-squared	0.76	0.68	0.74	0.77	0.75
Observations	172	185	152	172	153
Countries	33	35	33	33	33

Panel estimations; time periods: 5-year subperiods; 1971-2000. Fixed effect estimations. Dependent variable: change in Human Development Index (HDI). Adjusted Net Saving (ANS). $ANS_E = NNS - R - P; ANS_P = NNS + E - R; ANS_EP = NNS - R$. Standard errors in parentheses; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table III.7. ANS Impact on IMR

Table 7. ANS Impact on IMR

	Total sample				
	5-year				
Regression No.	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
	ΔIMR				
ANS	7.758***				
(per capita; log)	(2.34)				
NNS		5.243**			
(per capita; log)		(2.18)			
ANS_E			8.026***		
(per capita; log)			(2.03)		
ANS_P				8.500***	
(per capita; log)				(2.41)	
ANS_EP					9.015***
(per capita; log)					(2.16)
Initial income	-26.89***	-23.72***	-26.11***	-26.68***	-26.11***
(per capita; log)	(7.91)	(6.88)	(8.79)	(7.87)	(8.70)
Initial life	-239.3***	-273.7***	-249.3***	-239.2***	-247.4***
expectancy (log)	(49.6)	(43.9)	(53.1)	(49.3)	(52.5)
Initial school	-26.51**	-21.09**	-28.30**	-27.06**	-29.37***
(secondary; log)	(10.4)	(8.46)	(11.1)	(10.4)	(11.0)
Consumption	0.233	0.520*	0.311	0.236	0.329
(public; %GDP)	(0.37)	(0.30)	(0.40)	(0.37)	(0.39)
Trade (%GDP)	0.275**	0.372***	0.224*	0.255**	0.198*
	(0.12)	(0.10)	(0.12)	(0.12)	(0.12)
Gastil index	-4.393	-7.975	-8.599	-4.555	-7.699
	(7.52)	(6.69)	(7.86)	(7.49)	(7.73)
Constant	1293***	1376***	1334***	1289***	1325***
	(167)	(149)	(178)	(167)	(176)
R-squared	0.63	0.63	0.65	0.64	0.66
Observations	174	187	154	174	155
Countries	33	35	33	33	33

Dependent variable: change in Infant mortality rate (IMR). The sign of IMR is inverted. As for the previous table.

Public expenditure on education and damage from CO_2 emissions are excluded in some of the alternative measures of ANS in some earlier works. For example, in Ferreira et al. (2008) and Ferreira and Vincent (2005) education expenditure performance is bad. For this reason and because their effect is felt on the long term and due to difficulties related to transboundary pollution, CO_2 damage and education expenditure are excluded in

Hamilton (2005) and Ferreira et al. (2008).[37] In our study, whether ANS measures include CO_2 damage and/or education expenditure, it has a positive and significant link with welfare. The differences between the estimated coefficients and explained variabilities are not big (except for NNS and if we consider the estimates altogether) and there is no clear evidence to support the view that including CO_2 emissions damage (ANS, ANS_E) and public expenditure on education (ANS, ANS_P) in ANS estimates leads to poor performance of the indicator. It is better to account for CO_2 damage and education expenditure in the calculation of ANS. Mentioned studies have used consumption measures as welfare indicators. By using HDI and IMR, it is more likely to capture the effect of investments in human well-being. Finally it is worth noticing that with IMR, which is not a material (money) based variable, net national saving turns to be less correlated to welfare changes. In sum, ANS and its other variants seem to be best correlated with welfare changes over time, compared to NNS. A 1% increase in ANS is best correlated to welfare changes. Subsequent estimations support this result.

5.2.2. ANS as GDP ratio versus ANS per capita

Here we conduct an analysis to compare the performance of ANS per capita (the one we used so far) with that of ANS expressed as a ratio of GDP. We use the variants of ANS and perform the regressions for the full sample. Note that here we added the population growth rate as a control variable. The results can be found in tables 8 and 9. Their coefficients range between 0.01 and 0.02 for HDI and between 5 and 13 for IMR.

All the variants, NNS excepted, are significant with the expected sign. In table 8, the results predict that a 1% increase in the ratio of ANS to GDP is associated with 0.0002 unit increase in HDI. A 1% increase in the ratio of ANS to GDP reduces IMR (improvement in welfare) by 0.11 unit (table 9).

[37] Taking out these measures and not replacing them by more appropriate ones will probably add to the problem of measurement error in ANS. We think that education expenditure and CO_2 emissions damage, despite transboundary pollution, still may be acceptable proxies for human capital, especially when compared to the alternative of simply keeping them out.

The results with the ratio of ANS to GDP are similar to those with ANS per capita, in magnitude, significance and explained variability. There is no evidence supporting the view of Hamilton (2005), who argued that ANS adjusted to reflect population growth was the worst for theoretical prediction. We think that the differences between our results and those of the earlier works are likely due to the application of different dependent variables used and also the control variables used, in comparison with the simple regression models (omitted variables bias) in these earlier studies.

Table III.8. ANS Impact on HDI: ANS in GDP % rather than Per Capita

Table 8. ANS Impact on HDI: ANS in GDP % rather than Per Capita

	Total sample				
	5-year				
Regression No.	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
	ΔHDI				
ANS	0.0245***				
(per capita; log)	(0.0063)				
NNS		0.00459			
(per capita; log)		(0.0054)			
ANS_E			0.00938**		
(per capita; log)			(0.0038)		
ANS_P				0.0269***	
(per capita; log)				(0.0066)	
ANS_EP					0.00870**
(per capita; log)					(0.0035)
Population	-0.0257***	-0.0246***	-0.0288***	-0.0254***	-0.0295***
(growth; %)	(0.0062)	(0.0064)	(0.0069)	(0.0062)	(0.0069)
Initial income	-0.0818***	-0.0690***	-0.0792***	-0.0816***	-0.0811***
(per capita; log)	(0.015)	(0.013)	(0.018)	(0.015)	(0.018)
Initial life	-0.274***	-0.302***	-0.313***	-0.277***	-0.311***
expectancy (log)	(0.079)	(0.074)	(0.087)	(0.079)	(0.086)
Initial school	-0.0594***	-0.0531***	-0.0636***	-0.0598***	-0.0626***
(secondary; log)	(0.017)	(0.014)	(0.018)	(0.017)	(0.018)
Consumption	-0.000198	0.0000514	-0.000382	-0.000152	-0.000465
(public; %GDP)	(0.00066)	(0.00056)	(0.00074)	(0.00066)	(0.00073)
Trade (%GDP)	0.00144***	0.00143***	0.00145***	0.00143***	0.00146***
	(0.00016)	(0.00016)	(0.00017)	(0.00016)	(0.00017)
Gastil index	-0.00709	0.000435	-0.00781	-0.00743	-0.00546
	(0.012)	(0.011)	(0.013)	(0.012)	(0.012)
Constant	2.065***	2.060***	2.270***	2.065***	2.280***
	(0.26)	(0.25)	(0.29)	(0.26)	(0.29)
R-squared	0.70	0.65	0.71	0.70	0.71
Observations	172	185	152	172	154
Countries	33	35	33	33	33

Dependent variable: Change in Human Development Index (HDI). As for the previous table.

Table III.9. ANS Impact on IMR: ANS in GDP % rather than Per Capita

Table 9. ANS Impact on IMR: ANS in GDP % rather than Per Capita

	Total sample				
	5-year				
Regression No.	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5
	ΔIMR				
ANS	11.13***				
(per capita; log)	(4.02)				
NNS		4.707			
(per capita; log)		(3.27)			
ANS_E			7.234***		
(per capita; log)			(2.44)		
ANS_P				12.67***	
(per capita; log)				(4.25)	
ANS_EP					7.053***
(per capita; log)					(2.23)
Population	-4.299	-4.787	-5.814	-4.133	-5.934
(growth; %)	(3.81)	(3.71)	(4.23)	(3.80)	(4.18)
Initial income	-25.18***	-21.75***	-25.03***	-25.11***	-25.99***
(per capita; log)	(8.12)	(7.07)	(9.18)	(8.09)	(9.05)
Initial life	-258.7***	-286.6***	-264.7***	-260.1***	-262.2***
expectancy (log)	(50.1)	(44.7)	(54.3)	(49.9)	(53.6)
Initial school	-26.67**	-21.49**	-28.35**	-27.01**	-27.91**
(secondary; log)	(10.6)	(8.58)	(11.5)	(10.5)	(11.3)
Consumption	0.390	0.488	0.414	0.420	0.392
(public; %GDP)	(0.39)	(0.32)	(0.42)	(0.39)	(0.41)
Trade (%GDP)	0.447***	0.483***	0.418***	0.445***	0.424***
	(0.098)	(0.090)	(0.10)	(0.097)	(0.10)
Gastil index	-4.315	-6.104	-7.584	-4.559	-6.075
	(7.61)	(6.85)	(8.08)	(7.58)	(7.90)
Constant	1363***	1436***	1407***	1364***	1404***
	(169)	(152)	(182)	(168)	(180)
R-squared	0.63	0.62	0.64	0.63	0.64
Observations	174	187	154	174	156
Countries	33	35	33	33	33

Dependent variable: Change in Infant mortality rate (IMR). The sign of IMR is inverted. As for the previous tables.

5.2.3. Developing Versus Developed Countries

In table 10 we conducted the same regressions as in tables 6 and 7 with ANS but we distinguished between developing and developed countries. It allows for assessing the possible effect of country group differences. The estimates are for 5-year (subperiods) panel due to the constraint of the number of observations. The first two columns of the table show the results for developing countries. In general, for this group of countries, the

results are better in both economic and statistical senses than the corresponding estimates for the full sample (as in tables 6 and 7). For the developed countries (the two last columns of the table), with the same statistical significance of the coefficients, the explained variability is larger but the coefficients are smaller when compared to the corresponding results in tables 6 and 7.

These results probably do not mean that there are more measurement errors in the developed countries data. A possible explanation may come from the fact that there is less scope for changes in HDI and IMR for developed countries since their human development records are already high.

Ferreira and Vincent (2005) found similar results when distinguishing between OECD and non-OECD countries in their tests of Genuine saving (ANS), with changes in consumption as the dependant variable.

Then they explained that these results likely refer back to the Solow residual and to the argument that the rapid growth of developing countries during the last decades is due primarily to factor accumulation rather than total factor productivity[38] growth (Alwyn Young, 1995; Krugman, 1994). This result may also be explained by the omission of technical progress from investment estimates and this factor is greater for those countries. So, for them the estimates cannot accurately capture changes in their welfare over time.

[38] Total factor productivity is the residual that indicates the part of growth in an output that cannot be explained.

Table III.10. ANS and Welfare: Developing VS Developed countries

Table 10. ANS and Welfare: Developing VS Developed countries

	Developing		Developed	
	5-year			
Regression No.	9.1	9.2	9.3	9.4
	ΔHDI	ΔIMR	ΔHDI	ΔIMR
ANS	0.0360***	11.08**	0.0257***	4.385***
(per capita; log)	(0.0063)	(4.93)	(0.0032)	(0.91)
Initial income	-0.155***	-35.09*	-0.0288**	-6.789*
(per capita; log)	(0.036)	(18.9)	(0.014)	(3.87)
Initial life	-0.186	-320.9***	-0.639***	-242.6***
expectancy (log)	(0.13)	(97.6)	(0.13)	(37.4)
Initial school	-0.0174	-15.90	-0.0734***	-3.450
(secondary; log)	(0.032)	(24.2)	(0.014)	(3.88)
Consumption	-0.000994	1.213	0.00135***	-0.0119
(public; %GDP)	(0.0012)	(0.85)	(0.00046)	(0.13)
Trade (%GDP)	0.000993**	0.797**	0.000679***	0.0602
	(0.00045)	(0.36)	(0.00014)	(0.038)
Gastil index	-0.00452	-8.365	-0.0138	29.95***
	(0.017)	(12.9)	(0.017)	(4.79)
Constant	1.947***	1485***	3.058***	1068***
	(0.39)	(308)	(0.43)	(123)
R-squared	0.76	0.68	0.86	0.86
Observations	68	69	104	105
Countries	15	15	18	18

The sign of IMR is inverted. As for the previous tables.

6. Conclusions

From our results it is clear that ANS exerts a positive and significant influence over social welfare measured by changes in HDI and IMR over time. But the level of the econometric link between ANS and welfare changes falls short of the theoretical prediction that ANS level equates to changes in social welfare. However, the results might be more consistent with the theory if we were able to run the analysis on a longer time span.

Compared to other studies which often conclude that education expenditure and carbon dioxide damage perform badly in ANS analysis, our conclusion rather favours the inclusion of these factors. We found that including spending on education and carbon dioxide damage does not change the results substantially compared to those with other

alternative calculations of ANS. This result is probably due to the application of multiple regression analysis rather than the simple regression model in the concerned studies.

Some evidence is also given, consistently from other studies, that ANS performances are better in developing countries than in developed countries. For these advanced economies improvements in welfare rely more on technological progress than capital accumulation.

That said, the real effect of adjusted net saving on the welfare of the citizens of a country depends on multiple and complex issues. Apart from the quality of the institutions and rights of ownership, we can quote equity, capacity for absorption, international relations, etc. All these questions relate to the relevance of the choices made by a country and to the use it makes of its resources, which determine the quality of resource allocation and the corresponding output. As Everett and Wilks (1999) noticed, in a world of increasing liberalization, globalization and concentration of power, the relationship between the exploitation of domestic resources and the benefit for the poor citizens is problematic. That makes the implicit assumption that there is a direct link between the exploitation of the resources of a country at the market prices and the public expenditure in the sectors of development an even more debatable issue.

In spite of the fact that it suffers from problems of quality of data and methodology, for example, the absence of key factors, strong assumptions in data collection and handling, ANS is undoubtedly an important step toward a valuable measure of sustainability. However, while there is still much work to be done, the results of this study show a positive relationship between Adjusted net saving and well-being. The paper suggests that the World Bank ANS measures may be used as an indicative index of weak sustainability. It calls for further effort to improve them and to complete ANS with specific indicators.

Appendices

Appendix A. Statistics

Table III.11. Data Summary Statistics

Table 11. Data Summary Statistics

	Developed		Developing	
Variable	**Mean**	**(Std. Dev.)**	**Mean**	**(Std. Dev.)**
ΔHDI (unit change)	0.01	(0.04)	-0.02	(0.12)
ΔIMR (unit change)	5.74	(26.27)	-7.64	(73.24)
ANS (per capita; log)	7.02	(0.97)	4.31	(1.24)
NNS (per capita; log)	6.7	(0.89)	4.9	(1.43)
ANS_E (per capita; log)	6.37	(1.27)	3.76	(1.57)
ANSP_P (per capita; log)	7.06	(0.95)	4.35	(1.23)
ANS_EP (per capita; log)	6.5	(1.08)	3.92	(1.38)
LANS (%GDP; log)	2.34	(0.49)	2.23	(0.69)
LNNS (%GDP; log)	2.01	(0.55)	2.53	(0.45)
LANS_E (%GDP; log)	1.78	(0.84)	1.72	(1.37)
LANS_P (%GDP; log)	2.37	(0.47)	2.29	(0.66)
LANS_EP (%GDP; log)	1.41	(1.67)	1.79	(1.17)
Population (growth; %)	0.82	(0.73)	2.38	(1.11)
Initial income (per capita; log)	9.67	(0.35)	8.23	(0.76)
Initial life expectancy (log)	4.32	(0.03)	4.15	(0.13)
Initial school (secondary; log)	4.52	(0.22)	3.76	(0.49)
Consumption (public; %GDP)	37.56	(19.93)	19.33	(12.03)
Trade (%GDP)	68.55	(55.4)	53.68	(28.86)
Gastil index	0.93	(0.26)	0.27	(0.57)

The sign of ΔIMR is inverted: A positive sign indicates improvment in welfare. $ANS_E = NNS - R - P$; $ANS_P = NNS + E - R$; $ANS_EP = NNS - R$.

Appendix B. Countries

Table III.12. List of countries

Table 12. List of countries

Developed	Developing
Australia	Bangladesh
Austria	Botswana
Belgium	Chile
Canada	Costa Rica
Finland	Dominican Republic
France	India
Greece	Jordan
Ireland	Kuwait
Israel	Mexico
Netherlands	Nepal
New Zealand	Pakistan
Norway	Peru
Portugal	Philippines
Singapore	Thailand
Sweden	Trinidad and Tobago
Switzerland	Tunisia
United Kingdom	Turkey
United States	Venezuela

Appendix C. Adjusted net savings data presentation (Word Bank, WDI series)

Series: GNI (current US$) (NY.GNP.MKTP.CD)

Definition:

GNI (formerly GNP) is the sum of value added by all resident producers plus any product taxes (less subsidies) not included in the valuation of output plus net receipts of primary income (compensation of employees and property income) from abroad. Data are in current U.S. dollars.

Source:

World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.

Series: Adjusted net savings, excluding particulate emission damage (% of GNI) (NY.ADJ.SVNX.GN.ZS)

Definition:

Adjusted net savings are equal to net national savings plus education expenditure and minus energy depletion, mineral depletion, net forest depletion, and carbon dioxide. This series excludes particulate emissions damage.

Source:

World Bank staff estimates.

Series: Adjusted savings: carbon dioxide damage (% of GNI) (NY.ADJ.DCO2.GN.ZS)

Definition:

Carbon dioxide damage is estimated to be $20 per ton of carbon (the unit damage in 1995 U.S. dollars) times the number of tons of carbon emitted.

Source:

World Bank staff estimates.

Series: Adjusted savings: education expenditure (% of GNI) (NY.ADJ.AEDU.GN.ZS)

Definition:

Education expenditure refers to the current operating expenditures in education, including wages and salaries and excluding capital investments in buildings and equipment.

Source:

World Bank staff estimates using data from the United Nations Statistics Division's Statistical Yearbook, and the UNESCO Institute for Statistics online database.

Series: Adjusted savings: energy depletion (% of GNI) (NY.ADJ.DNGY.GN.ZS)

Definition:

Energy depletion is equal to the product of unit resource rents and the physical quantities of energy extracted. It covers crude oil, natural gas, and coal.

Source:

World Bank staff estimates.

Series: Adjusted savings: gross savings (% of GNI) (NY.ADJ.ICTR.GN.ZS)

Definition:

Gross savings are the difference between gross national income and public and private consumption, plus net current transfers.

Source:

World Bank national accounts data files.

Series: Adjusted savings: mineral depletion (% of GNI) (NY.ADJ.DMIN.GN.ZS)

Definition:

Mineral depletion is equal to the product of unit resource rents and the physical quantities of minerals extracted. It refers to bauxite, copper, iron, lead, nickel, phosphate, tin, zinc, gold, and silver.

Source:

World Bank staff estimates.

Series: Adjusted savings: net forest depletion (% of GNI) (NY.ADJ.DFOR.GN.ZS)

Definition:

Net forest depletion is calculated as the product of unit resource rents and the excess of roundwood harvest over natural growth.

Source:

World Bank staff estimates.

Series: Adjusted savings: net national savings (% of GNI) (NY.ADJ.NNAT.GN.ZS)

Definition:

Net national savings are equal to gross national savings less the value of consumption of fixed capital.

Source:

World Bank staff estimates.

CHAPITRE IV

A constructive survey of sustainability indices: toward a portfolio of indices[39]

1. Introduction

The human community has expressed its willingness to promote economic development, social development and the natural environment that are mutually reinforcing, in particular since the Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (WCED, 1987). To judge the reality of these commitments and the overall effect of various factors on sustainable development performance, it is necessary to have a measurable index. Consequently, the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) called for the development of sustainable development indicators that can guide policies (UNCED, 1992; Agenda 21, Chapter 40).

The definition of sustainable development often cited is the following: "development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future

[39] A first version abstract of the current chapter was submitted on 31 July 2009 (the Stiglitz report was published on 14 September 2009), then accepted and presented, for the International Conference: "From GDP to Well-Being: Economics on the Road to Sustainability". Ancona, Italy, 3-5 December 2009. The concerning abstract is available in the Appendix to the chapter.

generations to meet their own needs" (WCED, 1987, p. 43). Several authors (for example: Theys, 2001) note that this definition is vague and does not provide any guidance concerning the way to achieve the principles it states.

However, within this definition there is the idea of sustainability: well-being needs to be fulfilled lastingly. But when we analyze sustainable development indices that are being developed, and even studies that try to assess them, generally there is no explicit consideration of both the present and the future. Very often, future well-being is omitted, and often one forgot to insist on current well-being as well. The first propositions of sustainable development measures go back, at least, to Nordhaus and Tobin (1973). In this chapter we stress the fact that, to date, most of the sustainable development indices fail to apprehend all of its different aspects: current well-being, well-being sustainability and environmental sustainability.

In line with Dasgupta and Mäler (2001) we discuss the limitations of some traditional measures of development (GDP, HDI, etc.). Our contribution to the literature is close to that of Gadrey and Jany-Catrice (2007) or Böhringer and Jochem (2007) because we are interested in discussing new indicators of development. However, in this chapter we focus on indices that seek clearly to inform on sustainable development or on both development and its sustainability. We have chosen indices of sustainable development that seem to be more connected to the criteria of sustainability indices and/or allow taking into account issues of weak sustainability and strong sustainability. They are the Index of Sustainable Economic Welfare/Genuine Progress Index, ISEW/GPI (Daly and Cobb, 1989; Cobb et al., 1995), the Index of Economic Well-Being (Osberg, 1998; Osberg and Sharpe, 1998, 2003, 2006), the adjusted net saving (ANS) or genuine saving (e.g.: Hamilton and Clemens, 1999; Dasgupta and Mäler, 2000), Environmental Space (Opschoor and Weterings, 1994), Material Flow Accounts (e.g.: OECD, 2008) and the Ecological Footprint (Wackernagel and Rees, 1997). We appreciate them mostly in terms of their ability/potentiality to inform on the sustainable fulfillment of human needs. Our approach is positive. We try to identify the most promising indices and discuss the way by which, in terms of choosing the indices, it is possible to move from a high number of indices (Parris and Kates, 2003) to few.

In Section 2 we discuss why traditional indicators of economic performance are not appropriate to measure the sustainability of development. Section 3 presents the two approaches used in the measurement of sustainable development. The first seeks to make adjustments to economic accounts and aggregates, and the second offers physical environmental indicators. Section 4 recalls the criteria with which sustainable development indicators must comply, and suggests indices that can be used to measure sustainable development as part of a portfolio. We emphasize the need to distinguish clearly between measures of well-being (current), measures of the sustainability of well-being, and measures of environmental limits. We also stress that it is important to take into account these three dimensions together. Then, Section 5 calls for cooperation to generate consensus. Finally, Section 6 concludes.

2. National accounts, macroeconomic aggregates and sustainable development

In this section we discuss the shortcomings of national accounts in terms of sustainable development and, subsequently, why the current macroeconomic aggregates are not suited to inform about the sustainability of the development process.

2.1. The system of national accounts questioned

The System of national income accounts of the United Nations (UN et al., 1993) is one of the most important economic institutions. It determines the empirical basis of economic decision and policy. It also plays a fundamental role in the thinking on economic progress and development (Meyer, 1997). A central component in the work to meet the needs associated with the measurement of sustainable development has been to question national accounts, which are the source of macroeconomic aggregates.

In the context of sustainable development, national accounts fail to take into account natural resources appropriately (Repetto, 1989). For example, the rent from the exploitation of natural resources is recognized as a component of national income, while it is not the case for the corresponding decrease of the resources. In this case, it is necessary to adjust the income or net national savings to reflect the decrease (consumption) of the capital stock. Otherwise, the result may be a biased signal on economic activity in resources-rich countries. Another example is that national accounts do not include losses caused by pollution on economic assets. Similarly, many environmental goods and services are not well reflected in national accounts and are allocated to other sectors of the economy, particularly because they are not traded on markets. This is true for environmental goods and services harvested by individual for their own final use (firewood, wild foods) or services provided by forests (tourism and recreation, protection of farmlands, etc.) but are not assigned to the forestry sector of the economy (Lange, 2007). Overall, in this context, the authorities in charge of economic policy simply do not have adequate data (Hamilton and Bolt, 2007). Then, most of the key indicators used for public decision making are "blind" to the problems of development sustainability.

Within the framework of sustainable development, the enterprise then aims at correcting the recognized shortcomings of national accounts (in terms of environmental data, but also non-market household activities, social indicators, etc.). In fact, these shortcomings of the national accounts had already been detected even before they were actually used as a framework for macroeconomic analysis. For example, Hicks (1940), Hayek (1941), Kuznets (1946) or Samuelson (1961) are among those who first discussed this issue. The role of Simon Kuznets (often considered the father of national accounts) in improving the national accounts is often cited, although obviously he was unable to rid them of some of their major shortcomings. Meyer (1997) noted that Kuznets is credited for the first arguments for "defensive" expenditures, in the context of the expenditures related to the Second World War.

Kuznets believed that these costs should not be taken into account in estimating the final product. In this same spirit, environmentalists have developed the concept of defensive expenditures in respect to expenditures designed to the protection against phenomena

such as pollution or to restore the environment. But the demand for better accounts persisted, particularly among academics and environmental and feminist activists (Repetto, 1989; Waring, 1990). Then, efforts were soon undertaken. Of countries that initiated (early 1970) this movement, the most cited are Norway, the United States, France and the Netherlands (Meyer, 1997). More recently, efforts were focused on the accounting system of the United Nations, the main source of information on national economies. These efforts resulted in the guide called the System of Environmental and Economic Accounting (SEEA) for the construction of "satellite" environment accounts (UN, 1993; UN et al., 2003).[40] That said, the SEEA is still a source of information, but not of sustainable development indicators *per se*.

2.2. The lack of appropriate indicators of sustainable development

In this subsection we discuss why some indicators (GDP, HDI, Total Factor Productivity) of well-established reputation are not measures of sustainable development. By drawing mostly on Dasgupta and Mäler (2001), we show that these indicators are either simple measures of economic activity, or measures of current well-being. Indeed, one can say that development is sustainable if social welfare, namely the value of the sum of present and future consumption, is increasing during the development process (Hamilton and Ruta, 2007). By designating the welfare by V we can write: $V_t \geq V_{t-1}$, with t a positive time index. Therefore, any correct measure of sustainable development must verify this criterion. And since we are not able to measure future well-being, we will seek to identify (current) indicators which report on the future.

[40] A most completed version than the 1993 edition.

2.2.1. Gross domestic product as indicator of development?

GDP measures the net output of goods and services produced by an economy in a given period. It assesses goods and services at market prices, but public services are often valued at their production costs. GDP has been developed by national accountants to measure overall economic activity. It is not designed to measure well-being or development, although some changes it has undergone have been influenced by the desire to also take into account these limitations (Gadrey, 2003).[41] Thus, the level of GDP in itself tells nothing about the state of society, the quality of natural environment, safety, etc. GDP does not tackle the evolution of social health (inequality, poverty), or the defensive nature of certain expenditures, leisure time, etc. (Gadrey and Jany-Catrice, 2007). Generally it does not include activities without market value. The System of National Accounts (UN et al., 2008) makes clear that it does not see GDP as a measure of well-being. And the founders of the national accounts were aware that GDP is an indicator of income and does not inform on the state of well-being (see e.g.: Kuznets, 1934, 1973). Moreover, GDP as measured today overstates investment and production because it does not deduct the depreciation of capital. It also makes a wrong valuation of changes in the quality of goods and hardly grasps the value of services that are increasingly complex and difficult to identify and evaluate. Although it may take into account an estimate of certain goods and services consumed by households (housing, food from farmers, etc.) and illegal activities (e.g.: drug cultivation in Colombia), GDP is simply the best available estimation of overall economic activity. It is not a measure of development in general, *a fortiori* a measure of sustainable development. Its use as a development indicator is a misuse. Overall, GDP is not an adequate measure of changes in wealth.

[41] That said, there is correlation between GDP and life conditions in most countries.

2.2.2. The Human Development Index (HDI) and sustainability

The United Nations Development Program (UNDP) proposed the Human Development Index (HDI) since the launch of its report on Human Development in 1990, instead of GDP as a measure of development. The HDI assesses the development of a country on the basis of three attributes (a long and healthy life, knowledge, and a decent standard of living). The index measures performance gaps for each of these three attributes, then calculates the simple average of the performance gap, and finally compares this difference to the average target value that is equal to one. Thus, the lower the average gap, the higher the HDI, and the more a country is described as effective.

The measure of the three attributes of development is life expectancy at birth, education (adult literacy rate and gross enrollment ratio) and GDP per capita (PPP). However, life expectancy at birth today does not provide information on what will happen next year. For instance, deterioration in the quality of institutions may be causing a rapid drop in life expectancy. In the criticism of the use of GDP, let us consider its investment component: in the calculation of GDP, investments in human capital and natural capital are often poorly evaluated. In addition, the measure of investment used is not net of capital depreciation. As a result, GDP is not valid as a measure of well-being (see also de previous subsection), whether current or future (see also discussion above on GDP). Education seems to be able to inform about current well-being and the future: it is both a determinant and a component of development. Nevertheless, education is only one type of capital alongside two others that are physical capital and natural capital. Alone, it does not inform about intergenerational concerns.

2.2.3. Total factor productivity and development prospect

While GDP and HDI do not withstand analysis as indicators of sustainable development, some authors of which Hulten (2001), Hamilton and Ruta (2007) or *The Economist*[42] see in Total Factor Productivity (TFP) an indicator of welfare/economic changes. Similarly, the

[42] Issue of 10 February 2001.

World Bank (2006) and Hamilton and Ruta (2007) argued that this component of wealth is its largest share. According to estimates by the World Bank (2006) on a sample of 120 developing and developed countries over the year 2000, TFP is over 50% of the wealth in nearly 85% of these countries. But in fact, what does the residual measure? Does it adequately inform on the state of national wealth, development and economic prospects (hence the sustainability of development)?

TFP is very different from GDP and HDI. It is obtained from a neoclassical production function with two types of inputs, capital (denoted by *K*) and labor (designated by *L*) and a technology (designated by *A*). Taking into account human capital, we can write that $L = eN$, where e is the average skill level per worker and *N* the number of workers.

The labor and capital can be combined using technology *A* and thus determine the level of production such as:

$$Y = F(A, K, L) \quad \text{(IV.1)}$$

Using a Cobb-Douglas function[43] for *F*, the decomposition of *L* in e and *N*, and dividing *Y* by *N* we got:

$$y = Ak^{\alpha}e^{1-\alpha} \quad \text{(IV.2)}$$

Where $y = Y/N$ is product per capita, $k = K/N$ is capital per worker, α is the share of national income going to owners of capital and $1-\alpha$ is the share that goes to workers.

The quality of growth will depend on its sources. We can identify here the sources of growth in a given country. Let us take the example of a law that allows a better access to paid employment for women, or successive investments that fully allow exploiting the potential of human capital across the population. It would no longer be possible to maintain high growth rates resulting from these improvements. It is simply because we cannot reproduce such policies. But growth caused by technological progress may

[43] A neoclassical production function characterized by constant returns to scale and diminishing returns to factor.

continue indefinitely as long as a country maintains its capacity for innovation. But to appreciate this capacity for innovation, we need to conduct growth accounting, that is, to establish individual contributions of all three factors *(A, K, L)* to output growth. As there is no direct measure of technology, its variation (the growth of TFP) is deduced. To do so, the difference between economic growth rate and growth rates of physical capital and human capital (both weighted by their respective shares in GDP) is calculated:[44]

$$\Delta y/y = \Delta A/A + \alpha \,.\, \Delta k/k + (1-\alpha).\, \Delta e/e \qquad \text{(IV.3)}$$

This gives the expression of the growth of TFP (or residual):

$$\Delta A/A = \Delta y/y - \alpha \,.\, \Delta k/k - (1-\alpha).\, \Delta e/e \qquad \text{(IV.4)}$$

From these calculations, at least three reasons why productivity growth fails to be an indicator of sustainable development can be identified. Firstly, as it can be seen (from equations 3 and 4) TFP is a source of growth of GDP. It is not enough to inform on economic performance. Moreover, GDP itself does not measure well-being, *a fortiori* prospects of well-being. Secondly, changes in the residual may give a false signal on the state of the real economy. This stems mainly from the fact that national accounts (GDP) do not take into account all factors that contribute to production of goods and services within the economic territory. For example, undeclared work or environmental goods and services used as productive resources may escape from national accounting. Thus, when 'environmental outsourcing'[45] and/or undeclared work are high in the economy, the residual is greater. Thirdly, TFP is primarily a residual. As such, it rather reflects our share of ignorance in explaining economic performance. It can hide the effects of phenomena as diverse as business climate, social instability, corruption, environmental standards, etc.

[44] With the assumption that each factor of production is remunerated according to its marginal productivity.
[45] We introduce this phrase to design the failure to pay for environmental goods and services used (or for damage caused) in economic production.

3. Approaches to measure sustainable development

While there is now a general awareness of the threats to the environment, there is no measure of sustainable development recognized and accepted by all. In this section, we present the two main approaches to address this issue. On the one hand, we distinguish the approaches that aim at making adjustments to national economic accounts or aggregate economic indicators so that they reflect the role of the environment, damages to it and variations in the stock of natural resources. On the other hand, there are approaches that generally try to provide physical environmental indicators.

3.1. Green national accounting

The United Nations System of Environmental and Economic Accounting (SEEA) (UN et al., 2003) seeks to juxtapose "green" satellite accounts to the conventional national accounts, thus providing a ground for experimentation that may lead to smooth changes to traditional national accounts. It recognizes that national accounts that are the primary source of information on national economies are limited in terms of considering the environment.

It is these limits that the SEEA attempts to compensate by taking into account the stocks and flows of environmental goods and services through its satellite accounts system built on the same structure as the national accounts. These satellite accounts are divided into four main components. Asset accounts which list the stocks and changes in natural resource stocks; accounts of material flows, energy and pollution (including solid waste) used or generated within the economy, with an explicit consideration of environmental services not traded but that benefit the production of other sectors; accounts on transactions related to the environment, mainly expenditure and fiscal/property revenues related to the protection of the environment and resource management (financial allocations, property rights, taxes, fees and other expenses); finally, macroeconomic indicators of sustainability such as national wealth (showing regard for natural resources), GDP adjusted net domestic product and the adjusted net saving. The data are presented

in both physical and monetary terms. About thirty developed and developing countries in the world have such a practice (see Lange (2007) for details). The SEEA has the advantage of responding to a number of important economic policy issues. Nevertheless it is less appropriate when, in particular, it concerns methods of assessing the level, the depletion and the degradation of stocks of natural resources (Atkinson et al., 2007).

3.2. Adjusted net saving

Adjusted net saving (ANS) is also known as genuine saving. It is built on theoretical foundations (see, among others, Pearce and Atkinson (1993), Hamilton and Clemens (1999), Dasgupta and Mäler (2001)). The intuition here is that it is the path of a country's inclusive wealth, i.e. its entire capital base, which determines sustainability (Pearce and Atkinson, 1993). Therefore in practice, ANS extends the conventional measure of (net) saving by adding the accumulation of human capital and deducting the depletion of natural resources (energy and minerals). In calculating ANS current public expenditures on education (school textbooks, teacher salaries, etc.) are treated as savings rather than consumption since they increase human capital. Energy stocks are those of oil, coal and natural gas. The depletion of the stock of minerals is the sum of the depletion of stocks of bauxite, copper, iron, lead, nickel, phosphate, tin, zinc, gold and silver. It may also include damages for carbon dioxide and particulate emissions. The calculation of the index is made so that a country that is saving by foregoing consumption (and invests in the form of physical or human capital) increases its adjusted net saving. The reduction in the net stock of natural resources and damages to the environment (effects of emissions of carbon dioxide or particulates) negatively affect the level of genuine savings. To achieve sustainable development, countries should avoid negative levels of ANS. However, this index is often criticized for suggesting weak sustainability even though it does not exclude strong sustainability. Works such as those of Atkinson and Hamilton (2007) and Hamilton and Bolt (2007) argue that ANS can predict changes in consumption. Another important message carried by ANS is that if countries are unable to achieve weak sustainability, it is likely that it would be even more difficult for them to achieve the strong sustainability.

3.3. Sustainable welfare indicators

The counterpart to green national accounting is provided by a wide range of sustainable development indicators. Unlike the former, they are not based on accounting frameworks or on direct extension of existing macroeconomic aggregates such as GDP. Here we introduce the Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW)/ the Genuine Progress Indicator (GPI) and the Index of Economic Well-Being (IEWB).[46] Of course, these indices are not immune to criticism (see Moffatt (2007) for a recent example). One of the criticisms that may be addressed against these measures, and what is irrefutable, is the fact that they combine into a single index the issue of current welfare and that of its sustainability. We return to this point in Section 4.

3.3.1. The Genuine Progress Indicator

The Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW) is a measure of sustainable consumption. The origin of the sustainable welfare indicators is Nordhaus and Tobin (1973). In more recent years the ISEW has been developed by Daly and Cobb in the book For the Common Good (1989). The discussions and work that followed have led to changes in the ISEW and to renaming it Genuine Progress Indicator (GPI) (by Cobb et al., 1995). They come under weak sustainability indicators.[47] These indicators focus not only on the potential of capital to provide future well-being, but also on the factors that cause current well-being. Well-being is seen as the broadest measure of consumers' utility. While different authors each propose a variant of the calculation, Dietz and Neumayer (2007) summarize and propose the following general calculation for the GPI: first, personal consumption weighted by income inequality, household work, non-defensive public expenditure and capital adjustments are added up; second, defensive private

[46] There are also the Sustainable Net Benefit Index (SNBI) and the Measure of Domestic Progress (MDP).
[47] Initially they were promoted to be indicators of strong sustainability. But based on the assumption of substitutability between different components of well-being they fall under the weak sustainability.

expenditure, difference between consumer spending on durable goods and services flows from their durables,[48] costs of environmental degradation and depreciation of natural resources are deducted. So, the GPI combines flow from consumption and changes in wealth. Capital stock is viewed as performing two types of functions to well-being: it provides an annual flow of services and ensures sustainability. The index then seeks both to achieve a measure of consumption closest to actual welfare (which goes beyond only marketed goods and services),[49] and to consider the sustainability of consumption (by evaluating the evolution of capital stock). This approach to sustainability is rooted in the hicksian definition of income as the maximum amount that can be consumed during a period by an economic entity without undermining its starting position (Hicks, 1946). In other words, income is the maximum sustainable consumption. However, there remains some confusion about what the GPI actually measures. Does it measure current well-being and sustainability of well-being? Or does it only measure the sustainability of well-being? We will see that the next indicator, from the same family, the Index of Economic Well-Being (IEWB), again does not do better on this point.

3.3.2. The Index of Economic Well-being

The Index of Economic Well-Being (IEWB) that we introduce here resembles in many respects the GPI. However, the IEWB is based on a combination of individual and social well-being and its way of aggregation is quite different from that of GPI. The Index of Economic Well-Being (IEWB) is based on the idea that access to economic resources is a central component of well-being, while recognizing that aggregates from national accounts do not reflect our perception of well-being (Osberg and Sharpe, 2006). The IEWB posits that individuals maximize their utility from a combination of their own well-being and an estimate of their own assessment of the society's well-being. Since each individual is well able to assess his own level of individual well-being, people need help only for the

[48] The logic here is that it is services that provide utility to consumers that count, not the products that generate these services.
[49] Although the GPI considers them as the main component of welfare.

estimate of social well-being. The IEWB then proposes an overall assessment of social well-being, emphasizing both present and future. The index distinguishes four dimensions of well-being (valued per capita for the two firsts) (Osberg and Sharpe, 2006):

(1) Effective consumption flows (constant prices), which comprise private consumption of goods and services (adjusted for variation in household size), government services, leisure and life span;

(2) Wealth stocks (constant prices), which comprise produced capital, net change in natural capital, cost of environmental degradation, human capital, investment in research and development, net change in foreign debt;

(3) Income distribution, consisting of poverty level and intensity plus inequality measures;

(4) Economic security, consisting of estimates of risks that may arise from unemployment, illness, single parent poverty and poverty in old age.

Within each of these dimensions of well-being, the raw data have been scaled linearly to avoid implicit weighting and to address differences in directionality. The standardization technique applied is the same as with the Human development index (HDI). Depending on the presence of directionality problem, the formula applied is $\frac{Value-Min}{Max-Min}$ or $\frac{Max-Value}{Max-Min}$. That produces the same range ([0,1]) for all variables.[50] The sub-components of income distribution and economic security are not expressed in monetary value. They are scaled using the same linear standardization techniques described above and then added up. Within the income distribution dimension, the weights (for inequality and poverty) are left subjective to individual choices. Within the security dimension, objective aggregation weights are used, based on the relative importance of each of the four sub-components (unemployment, illness, single parent poverty, old age poverty) in the population, for all years. Then the four dimensions are aggregated subjectively toward the IEWB using an

[50] A weakness of this procedure is the sensitivity of the results to the minimum and maximum values that may change depending on the groups of individuals (statistical units) taken into account.

arithmetic mean. Different weighting schemes are available depending on individual subjectivity, with a base case of equal weights.

3.4. Physical indicators of sustainable development

Physical indicators (non-monetary) of sustainable development are numerous. They focus on stocks and flows of natural capital and tend to be more in tune with the concept of strong sustainability.[51] They also often consider the fact that the use of any resource generates waste that can in turn interact with biogeochemical cycles and impacts other ecological cycles. And most of the resources that perform vital functions on the planet depend on solar radiation and matters on Earth (Moffatt, 2007). Hence we must ensure a sustainable use of various resources. We must act so that potentially renewable resources are not exploited at a rate that exceeds their rate of renewal. Similarly, emissions of substances must not exceed the absorptive capacity of environments receiving them. This implies, in terms of strong sustainability, that on the one hand revenues from exploitation of non-renewable natural resources (fossil fuels, minerals, etc.) be reinvested in alternative energies (Daly, 1990). On the other hand, efforts should aim at minimizing environmental damage caused by the use of resources. Clearly, when it comes to strong sustainability, we should not be limited to inventory investment in various forms of capital.

Indicators (or methods) that are the ecological footprint, accounts for material flow and environmental space focus on both stocks and flows, trying to assess the value of the entire stock of natural capital or to measure the distance from the thresholds related to critical resources.

[51] Recall that strong sustainability means that one cannot substitute other forms of capital to natural capital, either in whole or because there are critical levels in some of these natural resources.

3.4.1. Ecological footprint

At the origin of the concept of ecological footprint are a work by Rees (1992) who studied cities with high level of resources consumption and the study by Rees and Wackernagel (1994) where the concept was developed again and applied to Canada. It is a concept which is easy to understand and measurable. Thus, the ecological footprint has captured the attention of a large and various public, including scientists, policy makers and ordinary citizens alike. The ecological footprint is part of the approaches that seek to measure human activities pressure on the planet. The concept measures the total land and water requirements (for consumption and wastes assimilation) of a human population to indefinitely sustain its current living standard, using prevailing technology. The method consists of comparing the supply of land or sea available to provide the ecosystem services (biocapacity) with the human demand for biocapacity (ecological footprint). To calculate the ecological footprint and the biocapacity, six land use types are identified: cropland, grazing land, forest land, fishing grounds, built-up areas and land for sequestering carbon dioxide. The hectares for each type of bioproductive area are normalized into world average biologically productive land, called global hectares. This is done by multiplying each area with corresponding yield factor and equivalence factor. Again, human consumption (or waste) data pertaining to each land use type are converted into hectares and then multiplied by the equivalence factor and a relative (world/national) yield factor.

Multiplication by an equivalence factor seeks to reflect the global mean productive potential of a given bioproductive area. Multiplication by a yield factor seeks to reflect the productivity difference between local and global levels. In the end, we have a supply equation represented by the biocapacity of a given area, and a demand equation eepresented by the ecological footprint. The demand from a single geographical entity may exceed its biocapacity (supply), resulting in depletion of natural resources or by net positive ecological import. But a global deficit would not be sustainable. We can thus see whether a given country consumes beyond its biocapacity or not. It is the same at the global level. An important feature of the ecological footprint is that it assigns areas of land required for resources to the consumer rather the grower. Thus, if a developed country imports resources extracted from a developing country, the land required will be allocated

to the former. In practice, it is estimated that globally the ecological footprint exceeds ecological capacity by approximately 30% (WWF, 2008). Studies are also conducted at lower level of geographical entities (e.g.: country level), but as such they have little importance as they can simply reflect the distribution of mutually beneficial trade and production (Bergh and Verbruggen, 1999; Moran, Wackernagel et al., 2008). The ecological footprint captures of a country measures its contribution to the global pressure on the resources of the planet.

The concept of ecological footprint has been the subject of much criticism (Ecological economics, 2000). It then evolved, even though many other critics remain. First, in addition to not covering all dimensions of sustainable development, this indicator does not take into account environmental problems such as those raised by pollution (air except emissions of CO_2, water, soil, etc.) and the disappearance of species is not treated (directly). Another serious limitation is that the ecological footprint is an indicator of strong sustainability, which considers however that various natural resources can be added to each other in terms of area of land, assuming then that they are substitutable. That is questionable (Dietz and Neumayer, 2007). Moreover, since countries have different levels of biocapacity, the calculation of the ecological balance (difference between ecological footprint and biocapacity) is not sufficient in itself to show the "actual" sustainable development performance of a country. Hence, there is a need for also taking into account the level of the footprint itself (Commissariat Général du Développement Durable, 2009). In addition, other empirical problems arise, including assessment of areas of land occupied by the consumption of fossil fuels. These areas are evaluated in terms of forest area needed to sequester carbon from the burning of these fossil fuels, ignoring alternatives that save more land.

3.4.2. Environmental space

Environmental space, promoted by Friends of the Earth,[52] is defined as the total space of the planet available to humanity as a whole for use without depriving future generations of the possibilities they will need. According to various sources (e.g.: Bührs, 2007), this notion was first introduced by Horst Siebert in 1982. However, it has been put forward by Opschoor and Weterings (1994). These authors present environmental space as reflecting "that at any given point in time, there are limits to the amount of environmental pressure that the Earth's ecosystems can handle without irreversible damage to these systems or to the life support processes that they enable". The development of this concept is motivated by the fear of the consequences of non-renewable resources depletion, potentially renewable resources overexploitation, exceeding the assimilative capacity of waste, and for the sake of intergenerational equity. It is based on two core assumptions: the existence of ecological limits and an equal per capita access to resources. The test for sustainability based on environmental space is that the use of resources and pollution by a country can be compared to the environmental space belonging to that country.

This measure of sustainable development is also the subject of criticisms:

- At the current level of technologies and prices it is difficult to know precisely the level of non-renewable resources and then the exact constraints on development.

- The method leads to recommend reductions in consumption of resources at levels that are difficult to imagine.

- Contrary to what is assumed in this method, apart from carbon dioxide emissions, there is little certainty about the assimilative capacity of waste by the planet.

- The measure is a simple average and no standard deviation is provided.

---

[52] Environmental NGO : http://www.foe.co.uk/.

3.4.3. Material flow analysis

Material flow analysis seeks to address concerns related to the rising use of material over a long period with the risk that we may reach ecological limits. It quantifies in physical units the flow of materials, including timber, agricultural products, metals, fuel, for a given area and period and "hidden" flows, i.e. flows of material (e.g., mining wastes) that are moved during the process of production but are not considered directly in the economy as products. It takes into account both resources from the domestic economy as well as imports, that are consumed directly, transformed or fall in manufacturing (Linstead and Ekins, 2001). The measure provides an assessment of the total flow of materials in a given area, which may be a national economy or a city. The approach is useful for a detailed analysis of resources use and emissions of pollutants. The method relates the displacement of materials to environmental risks and impacts, and to resources productivity (OECD, 2008).[53] This approach is useful for a detailed analysis of resource use and emissions of pollutants. Analysis of material flow recommends productivity improvement to reduce the flow of resources. Thus, it arouses enthusiasm in industrialized countries where it is hoped that new technology is expected to comply with this criterion of sustainability. It often uses the term "Factor Four", referring to the idea of halving the use of resources and doubling production. This proposal is controversial. It is not built in fact on scientific basis and the possibilities offered by technological progress are hypothetical. Another important limitation is that the method does not distinguish the degree of harmfulness of different environmental flows, as it evaluates all material flow as a mass.

[53] Eurostat provides data (except for the flow of water and air) for the calculation.

4. Defining a mix of indices

The definition of sustainable development we (economists) often refer to is the one made by the Brundtland Report (see also Section 1): "(...) development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (WCED, 1987, p. 43). The report emphasized the importance of achieving a development that serves different goals: economic development, a better life for all both at present and in the future, and the respect of "the bounds of the ecologically possible". Since then, demand for measures that can address the question of whether we are fulfilling our commitment to the goal of sustainable development become increasingly apparent. To address this issue, many initiatives have emerged, ideas are plentiful, and to date a considerable amount of work has been done with, of course, different values added to the cause. That said, there is still no consensus on how progress toward sustainability should be measured.

The challenge remains high more than two decades after the publication of the Brundtland report and the initial attempts to construct sustainability indicators (e.g.: Repetto et al. (1989) for adjusted net saving). However, Atkinson and Hamilton (2007) arrive at this conclusion: "In all likelihood, a meaningful picture of whether countries are developing sustainably will require a judicious mix of indicators". In this regard, some propositions are emerging. Moran et al. (2008) have argued for UNDP's Human Development Index (HDI) and the Ecological Footprint (among others, Rees, 1992; Rees and Wackernagel, 1994) as a mix of indices that may be used to assessing sustainability. They present HDI as an index of development and Ecological Footprint as one of human demand on the biosphere. In a recent contribution, by the French government-mandated Report of the Commission on the measurement of economic performance and social progress (CMEPSP, 2009) (the Stiglitz Report; Chair: Joseph Stiglitz), indicators based on saving rules (e.g.: World Bank's ANS) and selected physical indicators (e.g.: Ecological Footprint/Carbon Footprint) are viewed as the two measures that seem more suited to determine the mix of indices we are seeking. Atkinson and Hamilton (2007) also see ANS as part of any mix on indices. However, the criteria that should guide the construction/evaluation of sustainable development indicators are known. They required

the indicator to: (a) match rigorously the definition of sustainable development; (b) be comprehensive; (c) be easy to measure and reliable; (d) be based on data that are available regularly; (e) be of political relevance; (f) be based on solid analytical foundations (Böhringer and Jochem, 2007). Following Moran et al. (2008) and the Stiglitz Report, in this paper we focus on the first requirement: to match rigorously the definition of sustainable development. In this regard, both of these two propositions of mix of indices fail to be good measures. They see only two aspects in term of what the measures should be about. Indeed, Moran et al. (2008) take into account current well-being and environmental limits but not (economic) well-being sustainability; while, when it comes to sustainable development, the Stiglitz Report addresses well-being sustainability and environmental limits but not current well-being. Based on the Brundtland Report and the definition of sustainable development we have recalled above (WCED, 1987), any measure or portfolio of measures of sustainability should reflect the triptych: well-being (e.g.: measured by HDI), well-being sustainability (e.g.: measured by ANS) and environmental sustainability (e.g.: measured by Carbon footprint). In the Stiglitz Report it is clearly stated:

"The assessment of sustainability is complementary to the question of current well-being or economic performance, and must be examined separately. This may sound trivial and yet it deserves emphasis, because some existing approaches fail to adopt this principle, leading to potentially confusing messages. For instance, confusion may arise when one tries to combine current well-being and sustainability into a single indicator. To take an analogy, when driving a car, a meter that added up in one single number the current speed of the vehicle and the remaining level of gasoline would not be of any help to the driver. Both pieces of information are critical and need to be displayed in distinct, clearly visible areas of the dashboard."[54]

[54] CMEPSP, 2009, p. 17.

In this regard, indicators such as the ISEW/GPI and the IEWB which seek to combine both current well-being and future well-being are excluded.[55] But should we exclude current well-being as part of sustainable development? The answer is no. Similarly, as only one figure that tells us both the vehicle speed and the level of gasoline is not useful, separate figures that say nothing about the current state of our vehicle can mask a breakdown or even a future crash. We cannot talk about sustainability of development if we do not have a certain level of current well-being. For example, overinvestment (an excessive reduction of current consumption) may reduce the profitability of investment or simply deprive us of the minimum well-being necessary to enjoy the future. It is also a matter of equity to current generations. It seems difficult to separate the words "sustainability" and "development" when it comes to how we judge progress in a post Brundtland world. This report made clear that development is about the present and the future. The phrase sustainable development itself conveys the idea of current well-being, but a current well-being that is sustainable. This vision explains why many of the sustainable development indices that are being developed seek to measure sustainable development through a single figure while combining current well-being and future well-being. They are wrong in doing so through a single figure, but they are not wrong in their intention. To sum up, a measure of sustainable development must include, at the same time, a measure of current well-being, a measure of well-being sustainability and a measure of ecological limit, but through separate figures.

We also need to take note of the shortcomings of each index viewed as a component of the mix of indices. For example, the calculation of ANS should be limited to assets that are less controversial to evaluate. We economists should accept that we cannot measure all things. Indeed, most criticisms of the ANS are about the integration of least-economic variables such as damage caused by emissions of particulate pollutants and carbon dioxide. Regarding international comparisons, ANS must be based on purchasing power

[55] But one should recognize that in the construction of these indices a clear distinction is made between these two aspects.

parity (PPP); this improvement is important since we are dealing with living standards. It will also help addressing a criticism it faces: it tends to favor developed countries.

Maybe, the most important weakness in the genuine saving and the weak sustainable development theories is the treatment made of well-being. As already reminded, particularly in chapter III, the measurement of well-being by consumption (even largely measured) is questionable. In chapter III we then used Human Development Index (HDI) and Infant mortality rates as measures of current well-being.

The question is what makes people happy (among others, Ng, 1997, Kahneman et al., 1997; Dixon, 1997; Layard, 2003). Work in this field led to three major conclusions based on psychological, anthropological and neuroscientist data. First, traditional measures of well-being based on income are not relevant. Secondly, the assessment of welfare should be based on interpersonal comparisons and relative position. Third, all humans have common identifiable psychological and biological characteristics related to their well-being (Gowdy, 2005). It therefore seems that if we want to build a true theory of sustainable development, we must also consider direct measures of well-being such as "fair allocations", capabilities and subjective measures of well-being, even more so given that the scientific methods used in this area now allow for reliable measures of cardinal utility (e.g.: Ng, 1999). However, the results in this area argue that almost half of individual well-being depends on inherited predispositions. Health, education, personal relationships, intelligence and religion form the bulk of the other half, while income, age and gender have only a limited effect (Gowdy, 2005). Adams (2010) recalls that subjective measures of well-being tend to contradict the Easterlin paradox (Easterlin, 1974) according to which there is little correlation between per capita revenue and happiness in international comparisons. That said, expenditures for early childhood and families, investment in recreational infrastructure and social cohesion are not taken into account in the ANS calculation, all of which are important determinants of welfare.

Ecological footprint could be reduced to carbon footprint in order to focus on climate change issue. It too fails to be comprehensive. For example it does not take into account all issues concerning pollution and species loss. And no less important, there are several methodological difficulties posed by the Ecological footprint that undermine its policy relevance, particularly at country level (CMEPSP, 2009). HDI has also its limitations due to its bounded nature and the fact that it does not capture some consumptions (relevant

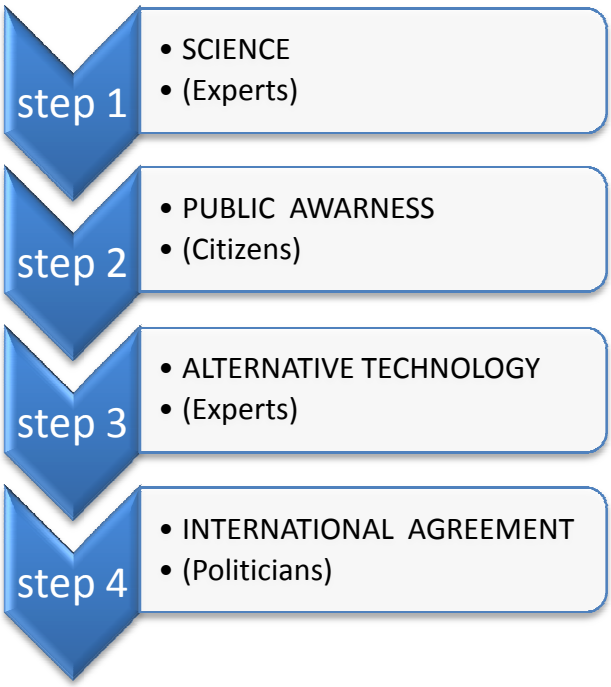
for life quality) in developed countries (Moran et al., 2008). Yet, determining a portfolio of sustainable development indices requires more than just a contribution to the literature.

5. Building consensus for new measure

Faced with the difficulty to "impose" a new development index, there are more and more voices that rise to suggest that this is due to the lack of legitimacy of these indices.[56] These voices call for a democratic process of generation, even for big campaigns of communication around them. However, here also we must not deceive ourselves about how we ask the question of the legitimacy of new indicators that should constitute alternative measures to GDP. Indeed, very often one is tempted to think that it is up to citizens in different countries to define new indices of development and not experts. This is not exactly our point of view. As Jeffrey Sachs[57] we believe that the process of responding to the challenges facing us in terms of sustainable development often goes through the following steps (figure): science (i.e. experts who reveal the problem), then public awareness (citizens ask for change), then alternative technology (the experts find the technological response) and, finally, international agreements can be achieved (the politicians).

[56] This applies, for example, to the Keynote Speak by Enrico Giovannini (President of ISTAT, OECD): "From production to equitable and sustainable wellbeing: how to make it happen?" International conference, From GDP To Well-Being: Economics On The Road To Sustainability, Ancona, Italy, 3-5 December 2009.
[57] Jeffrey Sachs, Survival in the anthropocene, Reith lectures, Peking University, Beijing, 18 April 2007.

Figure IV.1. Reaching agreement on sustainable development issues



Source: author

What does it mean in terms of economic perspective and development indices? This means that it is for experts to demonstrate and communicate the limitations of indicators such as GDP and thus raise the level of public demand for new indicators. From there, it is still a work of experts to propose alternative indicators that citizens could adopt. And once the new indicators are developed, politicians in every country can appropriate them for the conduct and reporting of national policies. Today, we are at the stage of looking for alternative indicators. This is where the process seems to stumble since none of the many new indicators has unanimity. It is not for lack of legitimacy. Rather, the answers we have hitherto are not convincing. Today the public legitimacy exists widely, calling for development indicators other than the GDP which would be adopted by citizens and policy makers.

What we need today is more cooperation among researchers. It is important that a concerted process starts up. It could gather, around institutions like the United Nations (with the SNA) and the World Bank (Department of Sustainable Development), all the

major initiatives that exist on the measurement of sustainable development. This would allow a better organized competition in the production of development indicators and generate synergy. Because of their role and experiences with national accountants and policy makers from different countries such organizations can easily play a vital role toward a consensus on a measure of sustainable development and ownership by governments.

6. Conclusions

It is now undeniable that efforts have been made following the Brundtland Report and the understanding of a clear need to build sustainable development indicators.

Through this chapter, we have surveyed the question of the measurement of sustainable development. We recalled why such aggregates as GDP or the HDI are unable to inform about the sustainability of development process. The main answer is that they fail to tell us something about future.

Promising new indicators of (sustainable) development that attempt to fill the gap are prominently based on inclusive wealth, on environmental sustainability (physical indicators) and measures of current well-being. The work has produced many propositions but it seems now that rather than being measured through a single index, the assessment of sustainable development requires a mix of indices (Atkinson and Hamilton, 2007). The search for this portfolio (a word used by Atkinson and Hamilton, 2007) of index is just starting. We emphasized in this chapter the fact that this portfolio must match the triptych: current well-being-sustainability of well-being-environmental sustainability. In this regard, indices like the HDI, the adjusted net saving and the ecological footprint are among the indices that are "serious" candidates to constitute such portfolio. However, even for these indices, we must recognize their respective limits. We also need more cooperation and synergy from the major initiatives in the building of new development measures.

Appendix

This abstract is related to a first version of the current chapter as submitted on 31 July 2009, for the International Conference: "From GDP to Well-Being: Economics on the Road to Sustainability". Ancona, Italy, 3-5 December 2009.

Measuring sustainable development: a constructive survey of sustainability indices

(Abstract)

The human community has expressed its willingness to promote economic development, social development and natural environment that are mutually reinforcing, in particular since the Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (WCED, 1987). To judge the reality of these commitments and the overall effect of various factors on sustainable development performance, it is necessary to have a measurable index.

From 1992 on, the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) called for the development of sustainable development indicators that can guide policies (UNCED, 1992; Agenda 21; Chapter 40).

The definition of sustainable development that is often cited is the following: "development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (WCED, 1987, p. 43). Several authors (for example: Theys, 2001) note that this definition is vague and does not provide any guidance concerning the way to achieve the principles it states.

However, of course in the depths of this definition there is the idea of sustainability: well-being needs to be fulfilled lastingly. But when we analyze sustainable development indices that are being developed, and even studies that try to evaluate them, often there is no explicit consideration of both the present and the future. Very often future well-being is omitted, and often one forgot to insist on current well-being as well. However, the criteria that should guide the construction/evaluation of sustainable development indicators are known: (i) match rigorously the definition of sustainable development; (ii) comprehensiveness in the selection of the indicators; (iii) easiness and reliability of measurability; (iv) based on data that are available regularly; (v) political pertinence; (vi) solid analytical foundations (Böhringer and Jochem, 2007).

The firsts tentative of sustainable development measures go back, at least, to Nordhaus and Tobin (1971). But here we lay stress on the fact that, to date, most of the sustainable

development indices are mostly measures of instantaneous well-being rather than of sustainable development, since they do not take future (then sustainability) into account enough.

As Dasgupta and Mäler (2001) we discuss the limitations of some traditional measures of development (GDP, HDI, etc.) and of derivations of GDP like Net national product or green GDP in terms of sustainable development. Our contribution to the literature is close to that of Gadrey and Jany-Catrice (2007) or Böhringer and Jochem (2007) but only because we are interested in discussing new indicators of development. Indeed, contrary to what they propose, our attention is mostly directed toward indices that seek clearly to inform on both well-being and its sustainability. We have chosen 5 indices of sustainable development that seem to be more connected to the 6 criteria listed above and/or allow taking into account issues of weak sustainability and strong sustainability. They are the Index of Sustainable Economic Welfare/Genuine Progress Index, ISEW/GPI (Daly and Cobb, 1990; Cobb et al., 1995), the Index of Economic Well-being (Osberg and Sharpe, 1998, 2003), the Well-Being Assessment (Prescott-Allen, 2001), the genuine saving (e.g.: Hamilton and Clemens, 1999; Dasgupta and Mäler, 2000; Asheim and Weitzman, 2001) and the Ecological Footprint (Wackernagel and Rees, 1997). We analyze them mostly in terms of their ability/potentiality to inform on the fulfillment of human needs sustainably. Our approach is positive. We try to identify the most promising indices and discuss the way by which, both in terms of improving the indices and of institutional process, it is possible to move from the big number of indices (Parris and Kates, 2003) to one or few.

CONCLUSION GÉNÉRALE

En dépit des avancées relevées dans la réflexion depuis le début des années 1990, la question d'un indicateur de développement susceptible d'anticiper nos performances combinées sur les plans socio-économiques et environnementales reste posée. La réponse à cette question est cruciale afin de permettre de mesurer les progrès en matière de développement soutenable, en particulier dans la perspective d'une prise en compte toujours plus grande de cette problématique dans la conduite des politiques de développement.

La difficulté à trouver un indicateur, ou un ensemble d'indicateurs, de développement soutenable est sans doute liée à la complexité et à la multiplicité des phénomènes à prendre en compte et au fait qu'il s'agit d'appréhender le futur. Le travail théorique nécessaire au développement de l'indicateur est incontournable, mais il est tout aussi important que celui-ci puisse fournir une mesure opérationnelle du développement soutenable. Différents chercheurs, ainsi que nous l'avons rappelé dans les différents chapitres ont contribué à cette recherche théorique et à la proposition d'une mesure « concrète » de la soutenabilité du développement. C'est ce dernier aspect (la mesure opérationnelle) qui a mobilisé notre intérêt dans le cadre de cette thèse de doctorat. Nous nous sommes posé la question de savoir si la mesure alors proposée par la Banque mondiale était cohérente avec les prédictions théoriques de l'indicateur ou la définition du développement soutenable communément retenue par les économistes. En rappel, cette définition stipule que le développement est soutenable s'il permet aux générations présentes de satisfaire leurs besoins sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins. Elle implique que chaque génération doit léguer à la suivante une base productive au moins égale à celle dont elle a elle-même héritée. Quant aux résultats théoriques, ils aboutissent à dire que si la base productive (l'ensemble constitué par les équipements produits, la richesse naturelle, le capital humain, les connaissances, etc.) de l'économie est préservée, alors le bien-être futur peut ne pas décliner.

L'intérêt porté sur l'épargne nette ajustée (ENA), considérant les autres indicateurs proposés dans ce cadre, se justifie à plus d'un titre. D'abord, cet indicateur a relativement mieux « survécu » à différentes analyses critiques, à la fois sur les plans théoriques et empiriques. Ensuite, sur un plan pratique, la Banque mondiale s'efforce de le populariser davantage et de favoriser son utilisation aux fins de gestion économique des pays. Enfin, même si cela est lié au point précédent, il importe de s'assurer que cet indicateur, malgré ces imperfections, peut être promu et d'en préciser éventuellement les voies d'amélioration.

Nous avons alors étudié la relation entre la mesure de l'épargne nette ajustée proposée par la Banque mondiale et la croissance économique d'une part, et le bien-être d'autre part. Les fondements théoriques à ces questions ayant été proposés par des travaux antérieurs (au nombre desquelles Solow, 1974; Hartwick, 1977; Hamilton et Clemens, 1999; Dasgupta et Mäler, 2000). A ce que nous sachions, la première relation, même si elle a déjà été traitée dans la littérature (un des rares et récent exemple étant Atkinson et al., 2008), aucun auteur ne l'a abordée de façon systématique. De même, une autre originalité de notre travail réside dans le fait que nous avons considéré dans nos études des mesures du bien-être (taux de mortalité infantile, indice de développement humain) certainement plus pertinentes que la valeur présente de la dépense de consommation qui est une mesure de bien-être purement monétaire (exemples: Anand and Sen, 1992; Reddy and Pogge, 2002).

Notre analyse utilise la base de données produite par la Banque mondiale sur l'ENA. Elle s'organise en quatre chapitres, consistant principalement en une évaluation conceptuelle et empirique de l'ENA. Dans un premier chapitre nous avons proposé une présentation critique de l'ENA à travers une discussion critique de la littérature et des données. Nous mettons en évidence à la fois les assises théoriques de l'ENA et les questions conceptuelles et empiriques qu'elle soulève. La discussion met en avant le fait que les cadres théoriques de l'ENA reposent sur la soutenabilité faible et souvent l'hypothèse d'économie inter temporellement efficiente. Nous faisons remarquer que souvent cela ne correspond pas à la réalité et pose des problèmes de mise en pratique de ces modèles normatifs. Le chapitre aborde aussi les caractéristiques régionales et met alors en évidence une forte hétérogénéité. Enfin, il confronte les données d'ENA à des mesures de bien-

être courant. Mais il s'agit là d'une première étape d'analyse qui dans tous les cas ne répond pas directement à la question qui fait l'objet de cette thèse, à savoir si l'ENA détermine dans la réalité les perspectives de développement.

Le chapitre II répond à la question de savoir si l'épargne nette ajustée apporte un plus dans l'analyse de la croissance économique. Nos arguments théoriques se fondent sur la littérature relative à la croissance économique, l'économie des ressources naturelles et l'approche capital du développement soutenable. Utilisant des estimations multi variées en panel nous montrons que l'épargne véritable (i) affecte positivement la croissance économique; (ii) contient plus d'informations que la mesure « classique » de l'épargne en termes de performances économiques; (iii) a impact sur la croissance plus élevé que celui d'une mesure « traditionnelle » d'investissement. Pour expliquer ce dernier résultat nous mettons en avant le fait que l'ENA prenne en compte la substitution entre les différentes formes de capital et qu'avec elle les rendements ne sont plus nécessairement décroissants. Nous appréhendons ces résultats, du moins les deux premiers comme une sorte de conditions nécessaires à ce que nous essayons précisément de vérifier dans le chapitre III.

L'épargne nette ajustée permet-elle d'expliquer les évolutions du bien-être? Pour y répondre le chapitre III propose un test de l'épargne véritable comme indice de développement soutenable, consistant à examiner si l'indice explique les évolutions du bien-être. Ce dernier est mesuré par le taux de mortalité infantile et l'Indice de Développement Humain (IDH). Les résultats suggèrent l'existence d'une relation positive et significative entre l'épargne véritable et le bien-être global, mais faible en ampleur.

Enfin, à travers le chapitre IV, nous avons porté un bilan d'ensemble sur la quête d'une mesure de développement soutenable, en particulier au cours des deux dernières décennies. Nous avons rappelé pourquoi des mesures telles que le PIB et l'IDH n'étaient pas à même d'informer sur le caractère soutenable du processus de développement: elles ne renseignent pas sur le futur. Nous avons souligné la nécessité de distinguer clairement entre mesures de bien-être courant, mesures de la soutenabilité du bien-être et mesures des seuils environnementaux. Nous avons aussi insisté sur la nécessité de tenir compte à la fois de ces trois dimensions. Une autre question que nous abordons est celle du

processus de génération d'indices de soutenabilité qui réussissent à faire une large unanimité.

Au total, l'épargne véritable passe assez favorablement l'examen critique auquel nous lui avons soumise. Nous en avons tiré un certain nombre d'implications pour la politique économique en matière de développement soutenable et de recherche d'une mesure du développement soutenable. Ainsi que nos discussions l'ont conforté, l'épargne nette ajustée peut être utile pour informer les responsables de la politique économique des pays sur la soutenabilité (faible) de leurs processus de développement. Elle a l'avantage important d'être une mesure unique à même de renseigner sur les évolutions en matière de développement soutenable. Et il est peu probable que des pays qui ne peuvent s'y conformer puissent respecter des règles de soutenabilité forte. Et chose très importante, l'épargne nette ajustée (plus largement l'approche capital du développement) est plus complémentaire de la soutenabilité forte que le contraire. Elle implique en effet en termes de soutenabilité forte que, d'une part, les revenus issus de l'exploitation des ressources naturelles non renouvelables (combustibles fossiles, minerais, etc.) soient réinvestis dans des alternatives renouvelables (Daly, 1990), d'autre part, des efforts soutenus doivent viser à minimiser les dommages environnementaux causés par l'utilisation des ressources.

Ainsi présenté, le processus de développement est perçu comme une gestion de portefeuille d'actifs (physiques, naturels, humains, etc.), génération après génération. Dans des pays riches en ressources naturelles, comme le Nigéria et le Venezuela, la rente issue des ressources naturelles doit être investie dans la formation du capital humain et dans l'acquisition d'infrastructures et d'équipements. Dans certains pays il peut être nécessaire de transformer des surfaces forestières en superficies agricoles. Dans d'autres, comme le Burkina Faso, il est important de préserver et d'accroître la qualité des sols pour l'agriculture. La rente ainsi dégagée peut alors permettre d'accumuler d'autres formes de capital (Hamilton et Ruta, 2007). Dans les pays dotés d'une riche biodiversité, comme le Kenya, il convient de gérer les territoires qui abritent ces richesses de sorte à les préserver, à promouvoir l'écotourisme et à favoriser la recherche scientifique.

Traduire tout cela concrètement en s'assurant effectivement des niveaux d'épargne nette ajustée non négatifs ou non décroissants commande que les politiques de développement

veillent à préserver et à accroître le capital humain. Les politiques budgétaires doivent donc s'adapter. Elles doivent aussi favoriser l'accumulation du capital physique. La politique monétaire y joue aussi un rôle crucial. Plus généralement, ces deux instruments de la politique économique, tout comme les autres arsenaux en la matière que sont la politique de change et les mesures structurelles (politiques de prix, politiques d'ouverture, aspects spécifiques de la fiscalité, etc.) doivent s'articuler pour créer l'environnement macroéconomique nécessaire au développement soutenable. Dans les pays pauvres, ainsi que le suggèrent Bolt et Hamilton (2007), ces politiques devront être ingénieuses de sorte à permettre l'accroissement du bien-être courant tout en favorisant l'accumulation du capital car on ne saurait y opposer effort d'épargne et consommation. Cependant, la qualité de la consommation doit être prise en compte dans ces pays mais aussi et surtout dans les pays riches. En effet, le choix de consommer tels produits et services plutôt que tels autres a une incidence à la fois directe et indirecte sur la soutenabilité du développement.

Cela dit, le recours à l'épargne véritable et les conclusions auxquelles on aboutira, que ce soit pour un pays particulier ou le monde dans son ensemble, resteront tributaires de phénomènes comme la découverte ou non de nouvelles ressources naturelles ou environnementales, des coûts associés à l'exploitation ou la consommation des ressources, des évolutions technologiques, des changements d'habitudes et, plus crucialement, des connaissances sur la réalité du climat et de son fonctionnement.

BIBLIOGRAPHIE

Adams, F.G., 2009. Measuring Nations' Economic Performance. The Report of the Commission on Economic Performance and Social Progress. World Economics 10 (4), 1-4.

Acemoglu, D., and Angrist, J., 1999. How large are the social returns to education? Evidence from compulsory schooling laws, mimeo, MIT.

Acemoglu, D., Johnson, S., Robinson, J.A., 2001. The colonial origins of comparative development: an empirical investigation. American Economic Review 91 (5) 1369-1401.

Adelman, M.A., 1990. Mineral Depletion, with Special Reference to Petroleum. The Review of Economics and Statistics 72 (1), 1-10.

Anand, S., Sen, A., 1992. Human development index: methodology and measurement. Background Paper for Human Development Report 1993. New York: Oxford University Press.

Arbache, J., Go, D.S., Page, J., 2008. Is Africa's Economy At A Turning Point? Research Working papers 57, 1-57. World Bank, Washington, DC.

Arellano, M., Bond, S.R., 1991. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence andan Application to Employment Equations. Review of Economic Studies 58, 277-297.

Arellano, M., Bover, O., 1995. Another Look at the Instrumental-Variable Estimation of error-Components Models. Journal of Econometrics 68 (1), 29-52.

Arrow, K.J., Dasgupta, P., Mäler, K.-G., 2003. The Genuine Savings Criterion and the Value of Population. Economic Theory 21 (2/3), 217-225.

Asheim, G.B., 1994. Net national product as an indicator of sustainability. Scandinavian Journal of Economics 96, 257-265.

Asheim, G.B., Weitzman, M.L., 2001. Does NNP growth indicate welfare improvement? Economics Letters 73, 233–239.

Atkinson, G., Hamilton, K., 2007. Progress along the path: evolving issues in the measurement of genuine saving. Environmental and Resource Economics 37 (1), 43-61.

Atkinson, G., Hamilton K., 2003. Saving, growth and the resource curse hypothesis. World Development 31 (11), 1793-1807.

Auty, R.M., 2001a. Introduction and overview: in Auty, R.M., (Ed.), Resource Abundance and Economic Development. Oxford, New York: Oxford University Press, 3-18.

Auty, R.M., 2001b. The Political Economy of Resource-driven Growth. European Economic Review 45, 839-46.

Baldacci, E., Clements, B., Gupta, S., Cui, Q., 2004. Social spending, human capital, and growth in developing countries: Implications for achieving the MDGs, working paper, International Monetary Fund.

Barbier, E.B., 2003. The role of natural resources in economic development. Australian Economic Papers 42, 253–272.

Barro, R.J., 1997. Determinants of economic growth: a cross-country empirical study. MIT Press, Cambridge and London.

Barro, R.J., 1991. Economic growth in a cross-section of countries, The Quarterly Journal of Economics 106, 407-443.

Barro, R.J., Lee, J.W., 1993. International comparisons of educational attainment, Journal of Monetary Economics 32, 363-394.

Barro, R.J., Sala-i-Martin, X., 1995. Economic growth. New York: McGraw-Hill.

Behrman, J.R., Rosenzweig, M.R., Taubman, P., 1996. College choice and wages: Estimates using data on female twins. Review of Economics and Statistics, 78 672-685.

Benhabib, J., Spiegel, M., 1994. The role of human capital in economic development: Evidence from aggregate cross-country data, Journal of Monetary Economics, 34, 143-173.

Birdsall, N., Pinckney T.C., Sabot, R., 2001. Natural resources, human capital, and growth: in R. M. Auty, (Eds.), Resource Abundance and Economic Development. Oxford, New York: Oxford University Press, 57-75.

Blundell, R., Bond, S., 1998. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. Journal of Econometrics, 87, 115-143.

Böhringer, C., Jochem, P., 2007. Measuring the immeasurable - A survey of sustainability indices. Ecological Economics, 63 (1), 1-8.

Bosworth, B., 1993. Saving and Investment in an Open Economy. Washington DC: The Brookings Institution.

Bourbonnais, R., 2002. Econométrie. Paris, Dunod.

Bührs, T., 2007. Environmental Space as a Basis for Enhancing the Legitimacy of Global Governance. Accessed 07 November 2009 at http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/csgr/events/conferences/conference2007/papers.

CMEPSP, 2009. The Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress (CMEPSP). Chair: Joseph Stiglitz. Available at http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/en/index.

Cobb, C., Halstead, T., Rowe, J., 1995. The Genuine Progress Indicator: Summary of Data and Methodology. San Francisco: Redefining Progress.

Commissariat Général au Développement Durable, 2009. Une expertise de l'empreinte écologique-version provisoire. Etudes et Documents, no. 4.

Costantini, V., Monni, S., 2008. Environment, human development and economic growth. Ecological Economics, 867-880.

Daly, H.E., 1990. Towards some operational principles for sustainable development. Ecological economics, 2 (1),1-6.

Daly, H.E., Cobb, J.J., 1989. For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment and a Sustainable Future. Boston, Beacon Press.

Damian, M., Graz, J.-C., 2001. In Damian, M., Graz, J.-C., (eds.), Commerce international et développement soutenable. Paris, Economica, 19-55.

Da Motta, R.S., Do Amaral, C.A.F., 2000. Estimating timber depreciation in the Brazilian Amazon. Environment and DevelopmentEconomics, 5 (01), 109-127

Dasgupta P., 2007. Measuring Sustainable Development: Theory and Application. Asian Development Review, 24 (1), 1-10.

Dasgupta, P., Mäler, K.-G., 2001. Wealth as a Criterion for Sustainable Development. World Economics, 2 (3), 19-44.

Dasgupta, P., Mäler, K.-G., 2000. Net national product, wealth, and social well-being. Environment and Development Economics, 5, 69-93, Parts 1, 2.

Dasgupta, P., Heal, M.G., 1974. The optimal depletion of exhaustible resources. Review of economic studies, 41 (S), 3-28.

Davis, G.A., Moore, D.J., 2000. Valuing mineral stocks and depletion in green national accounts. Environment and Development Economics, 5(1-2), 109-127.

De Long, J.B., Summers, L., 1993. How Strongly Do Developing Countries Benefit from Equipment Investment. Journal of Monetary Economics, 32, 395-416.

De Soto, H., 2005. Le Mystère du capital. Pourquoi le capitalisme triomphe en Occident et échoue partout ailleurs? Flammarion

Dietz, S., Neumayer, E., 2007. Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement. Ecological Economics, 61 (4), 617-62

Dietz, S., Neumayer, E., 2006. A critical appraisal of genuine savings as an indicator of sustainability: in Lawn, P., (Ed.), Sustainable development indicators in ecological economics. Edward Elgar, Cheltenham, UK, 117-138. Disponible:

https://www.lse.ac.uk/collections/geographyAndEnvironment/whosWho/profiles/neumayer/pdf/Sustainabilityindicators2.pdf

Dietz, S., Neumayer, E., De Soysa, I., 2007. Corruption, the resource curse and genuine saving. Environment and Development Economics. Cambridge University Press, 12(01), 33-53

Dixon, H., 1997. Controversy: economics and happiness. Economic Journal, 107, 1812–1814.

Easterlin, R., 1974. Does economic growth improve the human lot? Some empirical evidence: in David, P., Reder, M., (Eds.), Nations and Happiness in Economic Growth: Essays in Honor of Moses Abramowitz. Academic Press, New York, 89–125.

Easterly, W., Rebelo, S., 1993. Fiscal Policy and Economic Growth: An Empirical Investigation. Journal of Monetary Economics, 32,417-58.

Ecological Economics, 2000. Commentary forum: the ecological footprint. Ecological Economics, 32 (3), 341-94.

Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C., De Groot, R., 2003. A framework for the pratical application of the concept of critical natural capital and strong sustainability. Ecologocal Economics, 44 (2-3), 165-185.

El Serafy, S., 1997. Green accounting and economic policy. Ecological Economics, 21(3), 217-229.

El Serafy, S., 1989. The proper calculation of income from depletable natural resources: in Ahmed, Y.J., El Serafy, S., Lutz, E., (Eds.), Environmental Accounting for Sustainable Development: a UNDP-World Bank Symposium, Washington, DC: World Bank, 10–18.

Englander, S.A., Gurney, A., 1994. Medium term determinants of OECD productivity, OECD Economic Studies, 22, 49-109.

Everett, G., Wilks, A., 1999. The World Bank's Genuine Savings Indicator: a Useful Measure of Sustainability? London, Bretton Woods Project.

Feldstein, M., Bacchetta, P., 1991. National Saving and International Investment: in Bernheim, D., Shoven, J., (Eds), National Saving and Economic Performance, Chicago: University of Chicago Press.

Feldstein, M., Horioka, C., 1980. Domestic Savings and International Capital Flows. Economic Journal, 90, 314-29.

Ferreira, S., Vincent J., 2005. Genuine savings: leading indicator of sustainable development. Economic Development and Cultural Change, 53, 737-754.

Ferreira, S., Hamilton , K., Vincent, J.R., 2008. Comprehensive Wealth and Future Consumption: Accounting for Population Growth. The World Bank Economic Review, 22, 233-248.

Freedom House. Freedom in the world.
<http://www.freedomhouse.org/research/survey2004.thtm>.

Fisher, I., 1906. The nature of capital and income. New York, Macmillan.

Gadrey, J., 2003. Les conventions de richesse au coeur de la comptabilité nationale. Anciennes et nouvelles controverses, colloque " Conventions et institutions ", Université de Paris-X-Nanterre, 11-12 décembre.

Gadrey, J., Jany-Catrice, F., 2007. Les nouveaux indicateurs de richesse. Paris, La Découverte.

Gemmell, N., 1996. Evaluating the impacts of human capital stocks and accumulation on economic growth: Some new evidence, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 58, 9-28.

Global footprint network. Ecological footprint. Data available from <http://www.footprintnetwork.org>.

Gomanee, K., Morrissey, O., Mosley, P., Verschoor, A., 2005. Aid, government expenditure and aggregate welfare. World Development, 33 (3), 355-370.

Gowdy, J., 2005. Toward a new welfare economics for sustainability. Ecological Economics, 53(2), 211-222.

Green, W. H., 2003. Econometric analysis (5rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Grigoriou, C.,Rota-Graziosi, G., 2008. Working versus schooling: the impact of social expenditure. Recherches économiques de Louvain, 74 (1), 33-52.

Grossman, G.M., Krueger, A.B., 1995. Economic growth and the environment. Quarterly Journal of Economics 1, 353-377.

Guillaumont, P., 2009. Caught in a Trap, Identifying the Least Developed Countries. Economica.

Gylfason, T., 2001. Natural resources, education, and economic development. European Economic Review 45, 847-859.

Hamilton, C., 2007. Measuring sustainable economic welfare: in Atkinson, G., Dietz, S., Neumayer, E., (Eds), Handbook of Sustainable Development. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar Publishing, 307-318.

Hamilton, K., 2005. Testing Genuine Saving. World Bank Policy Research Working Paper 3577.

Hamilton, K., 2000. Genuine saving as a sustainability indicator. Environment department papers (World Bank) 77.

Hamilton, K., 1995. GNP and genuine savings. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), University College London and University of East Anglia, London.

Hamilton, K. , 1994. Green adjustments to GDP. Resources Policy 20, 155–68.

Hamilton, K., Bolt, K., 2007. Genuine saving as an indicator of sustainability: in, Atkinson, G., Dietz, S., Neumayer, E., (Eds.), Handbook of Sustainable Development. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar Publishing.

Hamilton, K., Clemens, M., 1999. Genuine Saving in Developing Countries. World Bank Economic Review 13 (2), 333-56.

Hamilton, K., Ruta, G., 2009. Wealth Accounting, Exhaustible Resources and Social Welfare. Environmental and Resource Economics 42 (1).

Hamilton, K., Ruta, G., 2007. The Capital Approach to Sustainability: in, Atkinson, G., Dietz, S., Neumayer, E., (Eds.), Handbook of sustainable development. Cheltenham: Edward Elgar, 45-62.

Haripriya, G.S., 2000. Integrating forest resources into the system ofnational accounts in Maharashtra, India. Environment and Development Economics 5 (1), 143-156.

Harribey, J.-M., 1998. Le développement soutenable. Paris, Economica.

Hartwick, J.M., 2004. Depletion and Valuation of Energy Resources. Dans Encyclopedia of Energy. New York: Elsevier, 771-779. Available at: http://www.sciencedirect.com.gate3.inist.fr/science/article/B7GGD-4CM9GC0-2P/2/59b3a5a68b7211a79198224b597bb603 [Accédé 12 mai, 2010].

Hartwick, J.M., 1990. Sustainability and constant consumption paths in open economies with exhaustible resources. Review of International Economics 3, 275–83.

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

Hassan, R.M., 2000. Improved measure of the contribution of cultivated forests to national income and wealth in South Africa. Environment and Development Economics 5 (1), 157-176.

Hayek, F.A., 1941. Maintaining Capital Intact: A Reply. Economica 8, 276-280.

Heitger, B., 2004. Property rights and the wealth of nations: a cross-country study. Cato Journal 23 (3), 381-402.

Hezri, A.A., Dovers, S.R., 2006. Sustainability indicators, policy and governance: Issues for ecological economics. Ecological Economics 60 (1), 86-99.

Hicks, J.R, 1946. Value and Capital, 2nd ed., London, Oxford University Press.

Hicks, J.R., 1940. The Valuation of the Social Income. Economica 7, 105-24.

Hill, R.J., Magnani, E., 2002. An exploration of the conceptual and empirical basis of the environmental Kuznets curve. Australian Economic Papers 41 (2), 239-254.

Hulten, C.R., 2001. Total Factor Productivity. A Short Biography, pp. 1-54: in, New Developments in Productivity Analysis, National Bureau of Economic Research, Inc, http://econpapers.repec.org/RePEc:nbr:nberch:10122.

Hotelling, H., 1931, The economics of exhaustible resources. Journal of Political Economy 39 (2), 137–75.

Islam, N., 1995. Growth empirics: A panel data approach. Quarterly Journal of Economics 110, 1127-1170.

Isham, J., Woolcock, M., Pritchett, L., Busby, G., 2003. The varieties of natural resource experience: how national resource export structures affect the political economy of economic growth. Middlebury College Economic Discussion Paper No. 2003-08. Middlebury, Middlebury College, Department of Economics.

Available at SSRN: http://ssrn.com/abstract=410364 or DOI: 10.2139/ssrn.410364.

Jaggers, K., Gurr, T.R., 1995. Tracking Democracy's Third Wave with the Polity III Data. Journal of Peace Research, 32 (4), 469-482.

Jorgenson, D., Gollop, F.M., Fraumeni, B.M., 1987. Productivity and US economic growth, Cambridge, Harvard University Press.

Judson, R., 1998. Economic growth and investment in education: How allocation matters, Journal of Economic Growth 3, 337-359.

Kahneman, D., Wakker, P., Sarin, R., 1997. Back to Bentham? Explorations of experienced utility. Quaterly Journal Economics, 112, 375–405.

Knight, F.H., 1944. Diminishing returns from investment. Journal of Political Economy 52, 26-47.

Knight, J., Sabot, R., 1990. Education, productivity and inequality: The East African natural experiment, Oxford, Oxford University Press.

Krueger, A.B., Lindahl, M., 2001. Education and growth: Why and for whom? Journal of Economic Literature 39, 1101-1136.

Krugman, P., 1994. The myth of Asia's miracle. Foreign Affairs 73, 62-78.

Kuznets, S., 1973. Modern Economic Growth: Findings and Reflections The American Economic Review 63 (3), 247-258.

Kuznets, S. 1946. National Income: A Summary of Findings. New York: National Bureau of Economic Research.

Kuznets, S., 1934. National Income, 1929-1932. 73rd US Congress, 2d session, Senate document no. 124, 6-7.

Lane, P.R., Tornell, A., 1996. Power, growth and the voracity effect. Journal of Economic Growth 1, 213-241.

Lange, G., 2007. Environmental and resource accounting: in, Atkinson, G., Dietz, S., Neumayer, E., (Eds), Handbook of Sustainable Development. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar Publishing.

Layard, R., 2003. Happiness: has social science got a clue? Lionel Robbins Memorial Lecture Series. London School of Economics. March 3, 4 and 5.

Levine, R., Renelt, D., 1992. A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions. American Economic Review 82 (4), 942-963.

Levine, R., Loayza, N., Beck, T., 2000. Financial intermediation an growth: causality and causes. Journal of Monetary Economics 46, 31-77.

Linstead, C., Ekins, P., 2001. Mass Balance UK: Mapping UK Resource and Material Flows, May, Royal Society for Nature Conservation, Newark/Forum for the Future, London.

Lucas, R., 1988. On the Mechanics of Economic Development. Journal of Monetary Economics 22.

Mäler K.-G., 2007. Wealth and sustainable development: the role of David Pearce. Environmental and Resource Economics 37 (1), 63-75.

Mankiw, N.G., Romer, D., Weil, D.N., 1992. A contribution to the empirics of economic growth. Quaterly Journal of Economics 107 (2), 407-437.

Markandya A., Pedroso S., 2007. How substitutable is natural capital? Environmental and Resource Economics 37 (1), 297-311.

Marshall, M.G., Jaggers, K., 2002. Polity IV Codebook. University of Maryland: Center for International Development and Conflict Management.

Meyer, C. A., 1997. The Greening of National Accounts: The Role of Ideas in a Theory of Institutional Change. Available at Available at SSRN: http://ssrn.com.

Miller, M.H., Upton, C.W., 1985. A Test of the Hotelling Valuation Principle. The Journal of Political Economy 93 (1), 1-25.

Moffatt, I., 2007. Environmental space, material flow analysis and ecological footprinting: in Atkinson, G., Dietz, S., Neumayer, E., (Eds), Handbook of Sustainable Development. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar Publishing.

Moran, D., Wackernagel, M., Kitzes, J., Godlfinger, S., Boutaud, A., 2008. Measuring sustainable development - Nation by Nation", Ecological Economics 64 (3), 470-474.

Moretti, E., 1999. Estimating the external return to education: Evidence from repeated cross-sectional and longitudinal data, mimeo, Berkeley, University of California.

Mwega, F.M., 1997. Saving in Sub-Saharan Africa: a Comparative Analysis. Journal of African Economies 6 (3) (AERC supplement), 199-228.

Neumayer, E., 2004. Does the "resource curse" hold for growth in genuine income as well? World development 32 (10), 1627-1640.

Neumayer, E., 2003. Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms. Northampton, MA, Edward Elgar.

Neumayer, E., 2000. Resource accounting in measures of unsustainability: challenging the World Bank's conclusions, Environmental and Resource Economics 15 (3), 257-278.

Neumayer, E., 1999. Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms, Cheltenham, UK, Northampton, MA, and USA: Edward Elgar.

Ng, Y.K., 1999. Utility, informed preference, or happiness: following Harsanyi's argument to its logical conclusion. Social Choice and Welfare 16, 197– 216.

Ng, Y.K., 1997. A case for happiness, cardinalism, and interpersonal comparability. Economic Journal 107, 1848–1858.

Nordhaus, W.D., 1992. Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited. Brookings Papers on Activity 2, 1-43.

Nordhaus, W.D., Tobin, J., 1973. Is Growth Obsolete?, NBER Chapters, in: The Measurement of Economic and Social Performance, pages 509-564 National Bureau of Economic Research, Inc.

OECD, 2008. Measuring material flows and resource productivity. Synthesis report. Available at: http://www.oecd.org/dataoecd/55/12/40464014.pdf.

Opschoor, J.B., Weterings, R., 1994. Rijswijk: Advisory Council for Research on Nature and Environment (RMNO).

Osberg, L., 1998. The Measurement of Economic Welfare. Available at http://www.csls.ca/iwb/macdonald.pdf.

Osberg, L., Sharpe, A., 2006. New Estimates of the Index of Economic Well-Being for Canada. Posted at http://myweb.dal.ca/osberg/.

Osberg, L., Sharpe, A., 2003. Human Well Being and Economic Well Being:What Values Are Implicit in Current Indices? Posted at http://myweb.dal.ca/osberg/.

Osberg, L., Shape, A., 1998. An Index of Economic Well-being for Canada,in The State of Living Standards and Quality of Life in Canada. Posted at http://www.csls.ca.

Pack, H., 1992. Technology Gaps Between Industrial and Developing Countries: Are There Dividends for Latecomers. Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics, Washington D.C., The World Bank, 283-302.

Panayotou, T., Peterson, A., Sachs, J., 2000. Is the environmental curve driven by structural change? What extended time series may imply for developing countries. CAER II Discussion Papers. Harvard Institute for International Development, Cambridge.

Parris, T.M., Kates, R.W., 2003. Characterizing and measuring sustainable development. Annual Review of Environmental Resources 28 (13), 1-28.

Pearce, D.W., Atkinson, G., 1993. Capital theory and the measurement of sustainable development. Ecological Economics, 8, 103-108.

Pearce, D.W., Turner, R.K., 1990. Economics of natural resources and the environment. Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead.

Pezzey, J., Withagen, C., 1995. The rise, fall and sustainability of capital-resource economies, Scandinavian Journal of Economics 100, 513-27.

Pillarisetti, J.R., 2005. The World Bank's 'genuine savings' measure and sustainability. Ecological Economics 55 (4), 599–609.

Pluemper, T., Neumayer, E., 2007. The Level of Democracy in Hard Times: On the Reliability of POLITY IV's Score. Available at SSRN: http://ssrn.com/

Prebisch, R., 1962. The economic development of Latin America and its principal problems. Economic Bulletin for Latin America 7, 1-22.

Psacharopoulos, G., 1994. Returns to investment in education: A global update, World Development 22, 1325-1334

Putnam, R.D., Leonardi, R., Nanetti, R.Y., 1993. Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy. Princeton, N.J: Princeton University Press.

Pearce, D.W., Atkinson, G., 1993. Capital Theory and the Measurement of Sustainable Development. Ecological Economics, 8, 103-8.

Pearce, D.W., Markandya, A., Barbier, E.B., 1989. Blueprint for a green economy. London, Earthscan.

Pillarisetti, J.R., 2005. The World Bank's 'genuine savings' measure and sustainability. Ecological Economics 55 (4), 599-609.

Reddy, S., Pogge, T., 2002. How not to count the poor. Available from <www.socialanalysis.org>.

Rees, W., 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. Environment and Urbanisation 4.

Rees, W.E., Wackernagel, M., 1994. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy: 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, 362-390.

Romer, P., 1994. New goods, old theory, and the welfare costs of trade restrictions. Journal of Development Economics 43, 5-38.

Romer, P., 1993. Idea Gaps and Object Gaps in Economic Development. Journal of Monetary Economics 32, 543-73.

Romer, P., 1986. Increasing returns and long-run growth. Journal of Political Economy 94, 1002-1037.

Roodman, D., 2009. A Note on the Theme of Too Many Instruments. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Department of Economics, University of Oxford 71 (1), 135-158, 02.

Rosenzweig, M.R., Wolpin, K.I., 2000. Natural "Natural Experiments" in Economics Journal of Economic Literature 38 (4), 827-874.

Ross, M., 2001. Does Oil Hinder Democracy? World Politics 53 (3), 325-61.

Repetto, R. 1989. Nature's Resources as Productive Assets. Challenge, (Sept/Oct), 16-20.

Repetto, R., McGrath, W., Wells, M., Beer, C., Rossini, F., 1989. Wasting Assets: Natural resources in the national income accounts, Washington D.C., World Resources Institute.

Samuelson, P.A., 1961. The Evaluation of 'Social Income': Capital Formation and Wealth: in Lutz, F.A., Hague, D.C., (Eds.), The Theory of Capital. Proceedings of an IEA Conference. London: Macmillan.

Sachs, J., Warner, A.M., 1995. Natural Resource Abundance and Economic Growth. Cambridge, MA.: National Bureau of Economic Research.

Sala-i-Martin, X., 2002. Sources of Growth: in Khan, M.S., Nsouli, S.M., Wong, C.-H., (Eds.), Macroeconomic Management : Programs and Policies. IMF Institute, International Monetary Fund, Washington, D.C.

Sala-i-Martin, X., Subramanian, A., 2003. Addressing the Natural Resource Curse: an Illustration from Nigeria. Washington, D.C.: International Monetary Fund Research

Seetanah, B., 2009. The economic importance of education: Evidence from Africa using dynamic panel data analysis. Journal of Applied Economics XII (1), 137-157.

Sen, A., 1999. Poverty and Famines, Oxford University Press, New Delhi.

Shafik, N., 1994. Economic Development and Environmental Quality: an econometric analysis. Oxford Economic Papers 46, 757-773.

Siche, J., Agostinho, F., Ortega, E., Romeiro, A., 2008. Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices. Ecological Economics 66 (4), 628-637.

Solow, R.M., 1993. An Almost Practical Step Toward Sustainability. Resources Policy 19 (3), 169-72.

Solow, R., 1986. On the intergenerational allocation of natural resources. Scandinavian Journal of Economics 88, 141-149.

Solow, R.M., 1974. Intergenerational equity and the exhaustible resources. The Review of Economic Studies, 41, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, 29-45.

Solow, R.M., 1956. A contribution to the theory of economy growth. Quaterly Journal of Economics 70, 65-94.

Sterner, T., Persson, U.M., 2008. An Even Sterner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate. Review of Environmental Economics and Policy 2 (1), 61-76.

Stiglitz, J., 1974. Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths. The Review of Economic Studies, 41, 123-137.

Swan, T.W., 1956. Economic growth and capital accumulation. Economic Record 32, 334-361.

Temple, J.R.W., 2001. Generalizations that aren't? Evidence on education and growth, European Economic Review 45, 905-918.

Theys, J., 1993. L'environnement à la recherche d'une définition. Notes de méthodes de l'IFEN, n°1, juin.

Tisdell, C., 2001. Globalisation and sustainability: environmental Kuznets curve and the WTO. Ecological economics 39, 185-196.

Thorvaldur, G., Gylfi, Z., 2006. The World Economy 29 (8), 1091-1115.

Torvik, R., 2002. Natural resources, rent seeking and welfare. Journal of Development Economics 67, 455-470.

Tsai, P.-L., Huang, C.-H., 2007. Openness, Growth and Poverty: The case of Taïwan. World Development, 35 (11), 1858-1871.

UNCED (United Nations Conference on Environment and Development), 1992. Rio Declaration on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3 to 14 June.

United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organization for Economic Cooperation and Development and World Bank, 2008. System of National Accounts, New York: UN.

United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organization for Economic Cooperation and Development and World Bank, 2003. Integrated Environmental and Economic Accounting, New York, UN.

United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organization for Economic Cooperation and Development and World Bank, 1993. System of National Accounts, New York, UN.

UNDP (United Nations Development Programme), 2002. Human Development Report, pp. 153-156. New York, Oxford University Press.

Van den Bergh, J.C.J.M., Verbruggen, H., 1999. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint'. Ecological Economics 29 (1), 63-74.

Van der Ploeg, F., 2010. Why do many resource-rich countries have negative genuine saving?: Anticipation of better times or rapacious rent seeking. Resource and Energy Economics 32 (1), 28-44.

Van der Ploeg, F., Poelhekke, S., 2009. The pungent smell of "red herrings": subsoil assets, rents, volatility and the resource curse. De Nederlandsche Bank NV, Working Paper No. 233/2009.

Villieu, P., 2007. Macroéconomie: l'investissement. Paris, La Découverte.

Vivien, F.-D., 2005. Le développement soutenable. Paris, La Découverte.

Wackernagel, M., Rees, W., 1997. Unser ökologischer Fubabdruck. Birkhäuser Verlag, Basel.

Wackernagel, M., Schulz, N.B., Deumling, D., Linares, A.C., Jenkins, M., Kapos, V., 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99, 9266-9271.

Waring, M., 1990. If Women Counted: A New Feminist Economics. San Francisco, Harper Collins Publishers.

Weitzman, M.L., 2001. Gamma Discounting. The American Economic Review 91 (1), 260-271.

Windmeijer, F., 2005. A Finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators. Journal of Econometrics 126, 25-51.

Wooldridge, J.M., 2003. Introductory Econometrics: A Modern Approach (2nd ed.). Cincinnati, OH: South-Western College Publishing.

World Bank, 2009. World Development Indicators 2009. Washington, D.C., The World Bank.

World Bank, 2006. Where is the wealth of nations? Measuring capital for the 21st century. Washington, D.C., The World Bank.

World Bank, 2004. World Development Indicators 2004. Washington, D.C., The World Bank.

World Bank, 2003. Green Accounting and Adjusted Net Savings website. http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/envext.nsf/44ByDocName/GreenAccountingAdjustedNetSavings, accessed on October 22, 2004.

World Bank, 1999. World Development Indicators 1999. Washington, D.C., The World Bank.

World Bank. 1997. Expanding the Measure of Wealth. Washington, D.C., The World Bank.

World Commission, 1987. Our Common Future. New York, Oxford University Press.

WWF, 2008. Living Planet Report 2008. Gland, Switzerland: WWF.

Young, A., 1995. The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience. The Quarterly Journal of Economics 110 (3), 641-680.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire vii
Remerciements ix
PRÉFACE xi
INTRODUCTION GÉNÉRALE 1
CHAPITRE I 7
L'épargne nette ajustée: une présentation critique 7
1. Introduction 7
2. Les fondements théoriques de l'ENA 8
3. Eléments de critiques de l'ENA 13
3.1. Un cadre théorique qui reste discuté 16
3.2. Mesurer la réduction du stock de ressources naturelles 18
3.3. La prise en compte du capital humain 22
3.4. Les questions posées par l'agrégation des composantes de l'ENA 23
4. L'Epargne nette ajustée: un concept de soutenabilité faible 24
5. L'épargne nette ajustée en pratique 29
5.1. Caractéristiques régionales 29
5.2. Quelle relation entre l'ENA et les constituants du bien-être? 33
6. Conclusions 35
CHAPITRE II 37
L'impact de l'épargne nette ajustée sur la croissance à long terme 37
1. Introduction 37
2. L'ENA : un indice qui renseigne sur le futur? 39
3. Composantes de l'épargne véritable et performances économiques 43
3.1. Epargne, investissement et croissance 43
3.2. Capital humain et croissance économique 45
3.3. Ressources naturelles et performances économiques 46
4. L'ENA une variable composite de détermination de la croissance économique 48
4.1. Substituabilité entre les différentes formes de capital et croissance économique 48
4.2. L'ENA: une source de rendements non décroissants? 51
5. Approche économétrique 52
6. Résultats économétriques 55
6.1. Prise en compte des non-linéarités et choix de la forme fonctionnelle 56
6.2. Impact de l'épargne véritable sur la croissance 57
6.3. Epargne nationale nette (ENN) versus ENA et croissance 62
6.4. Sous-groupes des pays en développement et des pays développés 65
7. Conclusions 68
Annexes 70
Annexe A. Analyses de sensibilité-Groupes de pays 71
Annexe B. Degré du polynôme 72
Annexe C. Statistiques des données 73
CHAPITRE III 75
Adjusted net saving and welfare change 75
1. Introduction 75
2. Adjusted net saving and sustainability 77

2.1. Wealth and sustainability 77
2.2. Adjusted Net Saving and the World Bank 80
3. Country level indicators of Welfare 82
4. Empirical approach 84
4.1. Panel and time horizon 85
4.2. Endogeneity Test 86
5. Results 86
5.1. ANS Benchmark Analysis 87
5.2. Multiple Regression and Sensitivity Analysis 91
6. Conclusions 98
Appendices 100
Appendix A. Statistics 101
Appendix B. Countries 101
Appendix C. Adjusted net savings data presentation (Word Bank, WDI series) 102
CHAPITRE IV 107
A constructive survey of sustainability indices: toward a portfolio of indices 107
1. Introduction 107
2. National accounts, macroeconomic aggregates and sustainable development 109
2.1. The system of national accounts questioned 109
2.2. The lack of appropriate indicators of sustainable development 111
3. Approaches to measure sustainable development 116
3.1. Green national accounting 116
3.2. Adjusted net saving 117
3.3. Sustainable welfare indicators 118
3.4. Physical indicators of sustainable development 121
4. Defining a mix of indices 126
5. Building consensus for new measure 130
6. Conclusions 132
Appendix 133
CONCLUSION GÉNÉRALE 135
BIBLIOGRAPHIE 141
TABLE DES MATIÈRES 161
TABLE DES ILLUSTRATIONS 163

TABLE DES ILLUSTRATIONS

CHAPITRE I

TABLEAUX

Tableau I.1. Etudes empiriques ayant recours à des données d'épargne véritable 15
Suite..... 16
Tableau I.2. ENA par tête et par région, année 2000 30
Tableau I.3. Analyse de variance de l'ENA selon les régions*, année 2000 33

GRAPHIQUES

Graphique I.1. Relation entre l'Epargne nette ajustée et l'emprunte écologique, 2005..... 24
Graphique I.2. Taux d'épargne nette ajustée par tête et Indice de développement humain (année 2000) 34
Graphique I.3. Taux d'épargne nette ajustée par tête et PIB par tête (année 2000)..... 35

FIGURES

Figure I.1. Illustration du calcul de l'épargne nette ajustée (cas de la Bolivie, 2003) 14
Figure I.2. Le rôle du capital dans un développement soutenable 27
Figure I.3. Taux d'épargne nette ajustée par région..... 31
Figure I.4. Taux d'épargne nette ajustée par tête (par région, année 2000)..... 32

CHAPITRE II

TABLEAUX

Tableau II.1. Investir dans le développement, 1971-2000 42
Tableau II.2. Impact de l'ENA sur la Croissance, 1971-2005, MCO 60
Tableau II.3. Impact de l'ENA sur la Croissance, 1971-2005, GMM 61
Tableau II.4. Impact de l'ENN sur la Croissance, 1971-2005 64
Tableau II.5A. Impact de l'ENA sur croissance- Groupes de pays, 1971-05 67
Tableau II.5B. Impact de l'ENA sur croissance- Groupes de pays, 1971-05, Analyses de sensibilité..... 71

Tableau II.6. Choix du degré du polynôme de la forme fonctionnelle 72
Tableau II.7. Statistiques résumés des données 73

FIGURE

Figure II.1. L'épargne véritable : déterminant du revenu et du bien-être 39

CHAPITRE III

TABLEAUX

Table III.1. Tests of Differencies of Means; % GNI ; 1971-2000 82
Table III.2. Adjusted Net Saving and Welfare 87
Table III.3. ANS Variants and HDI 88
Table III.4. ANS Variants and IMR 90
Table III.5. NNS and Welfare- Endogeneity 90
Table III.6. ANS Impact on HDI 92
Table III.7. ANS Impact on IMR 93
Table III.8. ANS Impact on HDI: ANS in GDP % rather than Per Capita 95
Table III.9. ANS Impact on IMR: ANS in GDP % rather than Per Capita 96
Table III.10. ANS and Welfare: Developing VS Developed countries 98
Table III.11. Data Summary Statistics 101
Table III.12. List of countries 101

CHAPITRE IV

FIGURE

Figure IV.1. Reaching agreement on sustainable development issues 131

Résumé

Quel indicateur pour le développement soutenable? L'épargne véritable – aussi appelée épargne nette ajustée – répond-elle à cette question? La richesse, mesurée au sens large pour inclure le capital naturel et le capital humain, est la base de la production, de la croissance économique et du bien-être. L'épargne véritable mesure l'accroissement net de cette richesse. Cette thèse teste si l'épargne véritable cause la croissance et le bien-être. Elle soutient alors qu'avec l'épargne véritable les rendements ne sont plus nécessairement décroissants, offrant ainsi une autre perspective pour l'analyse de la croissance économique et la conduite des politiques de développement. L'étude du lien entre l'épargne véritable et les changements du bien-être laisse apparaître une relation positive mais relativement faible, suggérant alors que des améliorations doivent être apportées à la théorie de la soutenabilité faible et au calcul de l'épargne véritable. Enfin, la thèse propose que le développement soutenable soit mesuré à l'aide d'un portefeuille restreint d'indicateurs respectant le triptyque suivant: bien-être courant – soutenabilité du bien-être courant – soutenabilité environnementale.

Mots-clés: développement soutenable, développement durable, environnement, épargne nette ajustée, épargne véritable, bien-être, croissance, indicateurs, comptabilité nationale verte.

Abstract

What indicator for sustainable development? Does genuine saving – also called adjusted net saving – answers this question? Wealth, measured in a broad sense to include natural capital and human capital is the basis of production, economic growth and well-being. Genuine saving measures the net increase of this wealth. This thesis tests whether genuine savings cause economic growth and well-being. It then argues that with genuine saving returns are no longer necessarily decreasing, thus providing another perspective for the analysis of economic growth and the conduct of development policies. The study of the link between genuine savings and changes in welfare reveals a positive but relatively weak relationship, thereby suggesting that improvements must be made to the theory of weak sustainability and the calculation of genuine savings. Finally, the thesis proposes that sustainability is measured using a limited portfolio of indicators, which must respect the following triptych: current well-being– sustainability of current well-being– environmental sustainability.

Keywords: sustainable development, environment, adjusted net saving, genuine saving, well-being, growth, indicators, green national accounting.