

SESSION 3
AU-DELÀ DU PIB : À LA RECHERCHE
D'INDICATEURS SYNTHÉTIQUES

LES RELATIONS ENTRE ENVIRONNEMENT ET
DÉVELOPPEMENT DURABLE

OU EN EST LA STATISTIQUE PUBLIQUE EN MATIERE DE DEVELOPPEMENT DURABLE ?

*Laurent GASNIER, Sylvie LE LAIDIER
INSEE, Département des comptes nationaux*

Résumé

Dans les pays développés l'état de l'environnement est au cœur de la préoccupation de durabilité. La comptabilité environnementale offre un cadre d'analyse permettant de lier le développement économique et ses impacts sur l'environnement. Dans un premier temps l'effort en France a porté sur la mesure de l'état de l'environnement et la comptabilisation des dépenses. Les travaux sont maintenant élargis à l'analyse des flux de matière, et aux matrices incluant les comptes environnementaux (NAMEA) qui permettent d'imputer les pressions environnementales (sur l'air, l'eau ou les déchets) aux branches responsables. Ces travaux s'insèrent dans le cadre international du SEEA.

Dans la feuille de route gouvernementale issue du Grenelle de l'environnement figure aussi la volonté d'améliorer les indicateurs de développement durable. La France, par l'intermédiaire de l'IFEN, produit 11 indicateurs retenus au niveau européen, ces indicateurs encore mal connus du grand public seront accessibles sur le site internet de l'INSEE http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/default.asp?page=dossiers_web/dev_durable/developpement_durable.htm

Une autre préoccupation émerge actuellement sur la prise en compte du bien-être et/ou des prélèvements sur l'environnement dans le calcul de la croissance économique. Au niveau international plusieurs pistes ont été explorées pour rassembler des indicateurs synthétiques (PIB vert, indicateur de progrès véritable, épargne nette ajustée, empreinte écologique) souvent complexes à mettre en œuvre. Peu présente actuellement dans ce domaine, la France se joint à la réflexion internationale en explorant en premier lieu les limites de ces indicateurs (nature arbitraire des items retenus, choix des pondérations etc.).

Cette session reprend un dossier publié dans l'« Économie française » édition 2008.
<http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/sommaire.asp?codesage=ECOFRA08>

Summary

What are Public Statistics doing in the field of sustainable development ?

In developed countries, the state of environment is part of the central concerns about sustainability. Environmental accountancy provides an analytical framework for linking economic development and its impact on the environment. The first step in France was to bring the effort on measuring the state of environment and the recording of expenditures. Nowadays, work has been extended to the analysis of material flows, as well as to

environmental accounting matrices (such as NAMEA) in order to allocate environmental pressures (on air, water or waste) to contributing industries. This work is fully part of the international framework of SEEA.

The Governmental roadmap which stemmed from the “Grenelle de l’environnement” meetings includes also the wish to improve sustainable development indicators. Through its IFEN agency, France is producing 12 indicators that have been selected at European level. Little is currently known by the public about these indicators that will be made available on the INSEE website :

http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/default.asp?page=dossiers_web/dev_durable/developpement_durable.htm

Another concern arises presently from considerations about integrating well-being and/or withdrawals from environmental assets in the calculation of economic growth. At international level, several alternative ways have been explored so as to gather synthetic indicators (adjusted GDP, genuine progress indicators, net adjusted saving, ecological footprint) whose implementation is sometimes difficult. Although it is not much participating to the debate yet, France joins the international reflection by first exploring the limitations of those indicators (arbitrary nature of selected items, choice of weighting, etc...).

COMPTABILITÉ DES ÉCOSYSTÈMES ET DE LEURS SERVICES

Jean-Louis WEBER

Agence Européenne pour l'Environnement

Résumé

L'élargissement de la comptabilité des écosystèmes est prévu dans la révision en cours du système de l'ONU de comptabilité environnementale économique intégrée (SEEA2003)⁹⁰. De fait, les comptes environnementaux sont actuellement assez bien intégrés avec le système des comptes nationaux (SCN) et traitent principalement de questions liées aux pressions de la production et de la consommation. La comptabilité d'écosystème vise à élargir l'image en mesurant les impacts de ces pressions sur le fonctionnement des écosystèmes eux-mêmes et les conséquences qui en résultent pour les services qu'ils fournissent à l'économie et au bien-être humain en général. La comptabilité d'écosystème est une tentative de répondre à quelques questions de base liées à la durabilité de l'interaction économie-nature :

Le capital naturel renouvelable (les écosystèmes, leurs fonctions et services) est-il maintenu au cours du temps ?

Le coût complet de l'entretien et de la restauration du capital naturel est-il couvert par le prix courant des biens et des services ?

Le prix des produits importés couvre-t-il les coûts complets de maintenance et de restauration des écosystèmes dans les pays d'origine ?

Le total de la demande finale de biens et de services fournis par l'économie et des services d'écosystème utilisés gratuitement, individuellement ou collectivement par les ménages s'accroît-il avec le temps ?

Des comptes des services d'écosystème ont été publiés en Inde. L'Agence Européenne pour l'Environnement a publié en 2006 des comptes des terres à partir d'images satellite et va les mettre à jour en 2009. L'AEE teste maintenant les comptes d'écosystème dans le cadre de l'étude de l'économie des écosystèmes et de la biodiversité (en réponse à la demande du G8+5 dite de « Potsdam » – 2007), de l'évaluation des écosystèmes européens et de leurs services (Eureca !), le volet européen du deuxième Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire⁹¹), en appui à l'initiative du PNUE pour des paiements internationaux des services d'écosystèmes et dans le cadre de l'élargissement de la comptabilité nationale, révision du SEEA2003 et contribution à l'initiative dite "Au-delà du PIB" de la Commission Européenne.

⁹⁰ UN, EC, IMF, WB, OECD, *Integrated Environmental and Economic Accounting (SEEA2003)*, UN Statistical Division, New York, 2003. <http://unstats.un.org/UNSD/envAccounting/seea2003.pdf>

⁹¹ *Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC

Summary

Accounting for Ecosystems and their Services

An expansion of ecosystem accounting is foreseen in the current revision of the UN System of integrated Environmental Economic Accounting (SEEA2003). Currently, environmental accounts are fairly well integrated with the System of National Accounts (SNA) and address mostly issues related to pressures from production and consumption. Ecosystem accounting aims at completing the picture by measuring the impacts of these pressures on ecosystems functions and the subsequent consequences on the services that they supply to the economy and human well-being in general.

Ecosystem accounting is an attempt to answer a few basic questions related to the sustainability of the economy-nature interaction:

Is the renewable natural capital (the ecosystems, their functions and services) maintained over time?

Is the full cost of maintaining the natural capital covered by the current payments for goods and services?

Is the price of imported goods and services covering the full cost of ecosystem maintenance and restoration in originating countries?

Is the total of final use goods and services developing over time, would they be supplied by the economy (market and government institutions) or for free by the ecosystems?

Accounts of ecosystem services have been published in India. The European Environment Agency has computed land accounts based on satellite imagery in 2006, will update them in 2009 and is now testing ecosystem accounts in support to its assessments of biodiversity (as part of the European response to the Potsdam initiative of G8+5 of 2007), ecosystem and services assessment (in Eureca!, the European section of the Second MA) or in relation to the UNEP's initiative on international payments for ecosystem services (IPES) as well as in its contribution to the "Beyond GDP" initiative of the European Commission.

1 Introduction

La comptabilisation dans le système de l'ONU de comptabilité environnementale économique intégrée (SEEA2003) des écosystèmes comme capital ou actif naturel et de leurs services est à l'ordre du jour. Cet article se situe dans le contexte de la révision en cours du SEEA2003, le système intégré de comptabilité économique environnementale, qui devrait aboutir en 2012 à un ouvrage en trois volumes : le standard statistique, les comptes non standardisés et des exemples d'applications. Les comptes des terres et des écosystèmes devraient être traités pour l'essentiel dans le volume 2 du futur SEEA bien que les progrès dans la mise en œuvre de comptes des changements de la couverture des terres en Europe (24 pays pour la période 1990-2000, élargis à environ 35 avec la mise à jour 2006 de l'inventaire européen de la couverture des terres Corine Land Cover) fasse de ce volet un candidat possible⁹² pour le volume 1.

Les questions suivantes seront abordées:

- Développement de l'approche écosystémique du SEEA
- Cadre pour la comptabilisation des écosystèmes comme capital naturel
- Classification des stocks et flux de couverture des terres
- Classification des services d'écosystème
- Mesure et valorisation des services d'écosystème
- Mesure et valorisation des coûts d'entretien et de restauration
- Intégration des comptes d'écosystème dans le SEEA : MFA, PIOT, NAMEA⁹³, dépense de protection, actifs (forêt, pêche, eau et prochain sol), valorisation, applications
- Articulation au SCN (ajustement de l'épargne nette, produit intérieur brut inclusif, coût complet des biens et services)

Traiter la question des écosystèmes est important pour la reconnaissance du SEEA lui-même comme un outil indispensable dans le cadre de plusieurs grands programmes d'évaluation de l'environnement. Il s'agit tout particulièrement de la prochaine « Évaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire » (MA2, 2015) lancée par le PNUE, les projets régionaux qui lui sont explicitement ou implicitement corrélés comme Eureka! 2012 au niveau européen et plusieurs projets nationaux, le développement d'agrégats "au-delà du PIB" ou encore la mesure des coûts de la perte de biodiversité⁹⁴ « à la manière du rapport Stern » sur le coût de l'inaction au regard du

⁹² EEA (2006) Land accounts for Europe 1990-2000, EEA Report No 11/2006 prepared by Haines-Young, Roy and Weber, Jean-Louis – http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2006_11/en

⁹³ MFA: material flows accounts; PIOT: physical input-output tables; NAMEA: national accounting matrixes with environmental accounts.

⁹⁴ Initiative du G8+5 à Potsdam en mars 2007. Les premiers résultats de la phase 1 de l'étude commanditée par la Commission européenne et le Gouvernement allemand ont été présentés en Mai 2008 à la COP9 de la Convention sur la Diversité Biologique (CBD) à Bonn. La mise en œuvre rapide de comptes d'écosystème fait partie des premières

changement climatique. Enfin, l'émergence de la question des paiements internationaux des services d'écosystèmes, pour lesquels une comptabilité est aussi nécessaire qu'elle l'ait pour les mécanismes du Protocole de Kyoto, est un défi considérable auquel le SEEA doit répondre.

2 Une approche écosystémique du SEEA

Une lacune importante de la science économique conventionnelle est la représentation de l'économie comme un système fermé qui produit et distribue les valeurs qu'il crée dans l'ignorance partielle des interactions avec sa propre base de ressource naturelle. Le coût de l'abattage d'une forêt pour créer de nouvelles terres agricoles est une formation brute de capital fixe de l'agriculture mais la disparition de la forêt elle-même n'est pas retracée dans le compte de capital du SCN. Il n'y a d'ailleurs pas d'amortissement du capital naturel dans le SCN, pas plus que dans la comptabilité des entreprises ou des administrations. Le SEEA est donc un pas en avant important, en particulier considérant la durabilité du développement.

Cependant, tandis que SEEA2003 est entièrement intégré avec le SCN, les relations de l'économie à la nature sont dispersées entre les chapitres et inégalement développées. Les actifs écosystémiques font bien partie de structure du SEEA2003 : comptes de la forêt, de l'eau, des terres et des écosystèmes, des sols (1/2 page pour mémoire), des pêcheries. Mais peu de liens existent entre ces capitaux qui sont considérés plus comme des stocks de matière première que comme des systèmes avec leurs structures et leurs fonctions. De ce fait, les "services d'écosystème" ne sont pas un concept bien identifié dans le SEEA. La description des flux entre le système économique et l'écosystème est asymétrique, équilibrant comptablement dans les tableaux en unités physiques le système économique (soutenu par le SCN) par une simple interface.⁹⁵ Aucun endroit pour retracer les rétroactions. Aucun bouclage macro-écologique. Et de ce fait, aucune mesure complète et systématique de la valeur de la nature n'est proposée dans ce contexte. La conséquence principale de cette situation est la difficulté pour SEEA de présenter des messages clairs au-delà des « pressions » des branches et secteurs⁹⁶ et du découplage entre intrants et polluants d'un côté, PIB de l'autre. De là la difficulté à produire les indicateurs agrégés demandés de manière récurrente par les décideurs.

Le SEEA était simplement absent de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire (MA). La conférence récente « au-delà du PIB » en novembre à Bruxelles - un événement de niveau politique élevée - a reconnu l'importance de la comptabilité économique-environnementale mais a conclu en faveur d'un "panier" de solutions à explorer plus avant, pas par une recommandation simple pour mettre le SEEA en application. Il est souhaitable que la révision en cours permette de changer cette situation.

2.1 Écosystèmes et SEEA2003

L'approche écosystémique de la comptabilité économique environnementale consiste à mettre en lumière *l'interaction de deux systèmes en co-évolution*. Elle clarifie le concept du capital naturel en séparant les ressources non-renouvelables (où les questions principales sont le traitement de la rente et son réinvestissement nécessaire pour contrebalancer l'épuisement des réserves) et les ressources renouvelables (pour lesquelles la conservation d'un niveau critique des actifs dans un bon état de fonctionnement est essentielle). Elle offre la possibilité d'une approche renouvelée de la valorisation monétaire avec une distinction claire des valeurs, des coûts et des processus de décision.

recommandations de l'étude dite TEEB pour «The Economics of Ecosystems and Biodiversity». http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/index_en.htm

⁹⁵ La colonne « environnement » supposée réaliser des équilibres arithmétiques en lignes ne fait que dupliquer le total des lignes des tableaux dits d' « offre et utilisation », terminologie d'ailleurs ambiguë qui a remplacé lors de l'édition de 2003 l'expression « ressource et utilisation » employée dans les travaux pilotes. L' « input écosystémique » figurant dans les tableaux en unités physiques est d'un d'emploi très limité, inventé pour présenter des bilans de carbone incluant l'atmosphère - parce que dans la valeur molaire du CO₂, C = 14 et O = 16...

⁹⁶ Encore vaudrait-il mieux parler de « charges », une pression étant un ratio, une charge par cm², ce qui implique de définir sur quoi la charge s'applique, son effet ou impact réel et non potentiel.

La plupart des éléments composants l'écosystème ont déjà leur place dans le SEEA2003 :

- Actifs (mentionnés ci-dessus)
- Stocks et flux (biomasse, eau, matière en général, énergie, espèces...)

Ils sont présentés dans différents ensembles de tableaux et intégrés selon des normes de SCN : Tableaux Entrées-Sorties Physiques (PIOT), Comptes Hybrides (NAMEA), méthodes de valorisation, dépenses de protection et gestion de l'environnement, concepts institutionnels/territoriaux. C'est une propriété fondamentale des comptes économie-environnement d'être bien reliés aux comptes de production, aux comptes de revenu (via notamment les comptes satellites) et à un bien moindre degré aux comptes d'actifs (champ plus restreint, aucun amortissement du capital naturel etc...).

Cependant, la faible intégration écosystémique a, au-delà des considérations académiques formelles, des inconvénients pratiques sérieux pour le SEEA, en particulier une impuissance à fournir un ou un nombre restreint d'agrégat(s) de référence clairement établi(s) en réponse à la demande politique récurrente. L'un des problèmes est dans la difficulté mettre en lumière des relations crédibles entre des variables économiques qui expriment tout à la fois des quantités et des qualités (par l'intermédiaire des prix) et la Nature pour laquelle les statistiques des quantités et des qualités sont disjointes (quand des qualités ne sont pas simplement ignorées). De ce fait, il est difficile de présenter des relations crédibles de cause à effet, au moins hors d'un certain contexte technique particulier. L'extraction de biomasse n'est pas un problème aussi longtemps qu'elle ne dégrade pas la qualité (santé, résilience, capacité reproductrice) de l'écosystème. Le pompage excessif contribue tout autant que le rejet (excessif) de résidus à la dégradation de l'eau et des écosystèmes fluviaux.

Ces derniers mois, la demande politique pour des agrégats opérationnels intégrés a été exprimée par des initiatives de niveau élevé comme :

- le « Rapport Stern »⁹⁷ 2006, sur les coûts de l'inaction concernant le changement du climat (1,5 million de £ payé par le gouvernement britannique et un succès considérable)
- l'initiative de Potsdam du G8+5, 2007 pour un rapport « à la manière de Stern » sur les coûts de l'inaction concernant les pertes de biodiversité (présenté à la COP9 de la Convention sur la Diversité Biologique, Bonn, May 2008 sous le titre de TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity)
- la conférence européenne "au-delà du PIB" - novembre 2007
- la multiplication des initiatives pour l'évaluations et la comptabilité des écosystèmes (Green Accounting for Indian States Project, Eureka!-Europe, programmes nationaux en préparation au R-U, en France, en Espagne...)
- ce à quoi devrait être ajouté le programme de la Banque Mondiale de calcul de "l'épargne véritable nette" (maintenant « épargne ajustée ») - une approche intéressante mais partielle et d'écho limité.

Le succès de l'indicateur dit de « l'empreinte écologique » - en dépit de faiblesses évidentes en termes d'utilisation et calcul est un autre indice clair de l'urgence de cette demande.

On pourrait escompter que le SEEA soit le cadre fédérateur de toutes ces initiatives tout autant qu'un éclairage décisif dans les discussions (les conflits) confuses résultant de la multiplicité des listes d'indicateurs et des nombreuses propositions d'indicateurs composites ou de "paniers" d'indicateurs déconnectés. Ce n'est hélas pas le cas et la discussion continue toujours sur l'identification d'indicateurs (partiels) et les difficultés à communiquer sur l'intérêt du système quand les comptes nationaux se sont développés dès le début ayant en vue PIB, PNB et Revenu National, si ce n'est pour les calculer.

⁹⁷ http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm

2.2 *Intégration complète ou partielle (duale) des systèmes économiques et écologiques*

L'intégration des comptes d'écosystème est basée sur la description correcte de la dualité et de la co-évolution (effets, impacts, rétroactions) du système économique et de l'écosystème. À ce stade, deux options sont ouvertes :

- **intégration complète** des deux systèmes comme un seul socio-écosystème, respectant les propriétés fondamentales des deux composants (ou trois si l'on intègre le capital social) telles que l'équilibre général des prix et des quantités pour le système économique, la résilience pour l'écosystème ou le métabolisme des deux. De ce point de vue, la pleine intégration des services et des capitaux d'écosystème en monnaie est l'objectif ultime de l'évaluation environnementale en général, résumé par la théorie de la richesse inclusive (Inclusive Wealth⁹⁸). Tous les services d'écosystème sont évalués par le marché ou avec des prix virtuels (parfois appelés des prix fictifs ou « de comptabilisation »). La valeur inclusive de tout le capital (y compris la résilience des écosystèmes considérée comme bien de capital) est indiquée par la valeur nette actualisée des services futurs. Le changement de la richesse (stocks) est la mesure de la durabilité globale de l'activité humaine.

Des recherches importantes ont lieu dans cette direction pour résoudre des questions ardues. Au-delà du problème habituel (et néanmoins difficile) de choisir des prix virtuels crédibles pour les services d'écosystème gratuits d'utilisation finale, la théorie doit trouver des solutions acceptables pour résoudre le conflit entre le besoin d'escompter le futur long – de l'ordre du siècle, et la difficulté résultant des seuils de résilience difficiles à identifier a priori ou même de l'incertitude élevée dans certains cas nommés "surprises écologiques". De manière plus générale, de nombreuses questions relatives à la généralisation, voire l'agrégation de résultats partiels ayant leur légitimité pour des études de cas, notamment d'impact de projets bien définis, restent ouvertes. Si la richesse inclusive pouvait être calculée au niveau global, elle constituerait un indicateur normatif combinant en même temps durabilité faible (les flux des services) et durabilité forte (résilience des écosystèmes).

- **L'intégration partielle ou duale** peut être réalisée court-moyen terme, ce peut être un pas en avant décisif avec des résultats importants.

L'intégration partielle ou duale ne contredit pas systématiquement les concepts de la richesse inclusive. Elle reconnaît par exemple le rôle central du concept de système socio-écologique et tente de le mettre en œuvre comme unité de comptabilisation, avec des moyens statistiques et cartographiques appropriés. Elle accorde une attention particulière au concept de résilience des écosystèmes – qu'elle considère dans un premier temps d'un point de vue rétrospectif (le bilan de santé). Par contre, procéder à une intégration partielle ou duale revient à reconnaître que les conditions sont aujourd'hui loin d'être réunies pour envisager un programme d'ensemble de calcul de la richesse inclusive: méthodes expérimentées (avec succès) dans un nombre limité d'études de cas ; controverse théorique non aboutie, en particulier sur les prix fictifs, leur observation et leur emploi ; insuffisance actuelle de données (en dépit des efforts importants de la « Resilience Alliance »⁹⁹) ; difficulté d'intégrer dans un modèle général le temps long et l'incertitude... l'intégration inclusive est aujourd'hui un programme de recherche ambitieux mais qui ne semble pas prêt pour une mise en œuvre opérationnelle à grande échelle.

Au lieu d'évaluer le système économique-social-écologique intégré, le modèle dual d'intégration reconnaît l'existence d'une paire de systèmes en co-évolution et leurs rétroactions réciproques. Par conséquent, au lieu de l'essai de définir une norme à partir de résultats comptables, l'intégration duale vise un système de notation informant des processus de décision se référant à des normes établies sur la base de critères multiples.

⁹⁸ La théorie de la richesse inclusive (Inclusive Wealth) est développée par un large groupe d'économistes parmi lesquels on peut citer Kenneth Arrow, Karl-Göran Mäler, Partha Dasgupta, Brian Walker, Sara Aniyar et d'autres.

⁹⁹ voir <http://www.resalliance.org/1.php> et, concernant les données, la « base de données des seuils et états alternatifs des systèmes écologiques et socio-écologiques » <http://www.resalliance.org/185.php>

2.3 Le modèle dual d'intégration économie-écosystème

C'est une tentative de répondre en termes pratiques à un petit nombre de questions de base liées à la relation économie-nature :

- Le capital naturel renouvelable (les écosystèmes, leurs fonctions et services) est-il maintenu au cours du temps dans l'absolu et en référence au niveau escompté par la société ?
- Le coût complet de l'entretien et de la restauration du capital naturel est-il couvert par le prix courant des biens et des services ? Quel est le montant des coûts additionnels nécessaires à la conservation du potentiel des écosystèmes.
- Le prix des produits importés couvre-t-il les coûts complets d'entretien et de restauration des écosystèmes dans les pays d'origine ? Quel est le coût écosystémique caché des importations ?
- Le total de la demande finale des biens et de services fournis par l'économie et des services d'écosystème utilisés gratuitement, individuellement ou collectivement par les ménages s'accroît-il vraiment avec le temps ?

La question sur le **capital naturel** appelle à ce stade au moins trois commentaires:

(a) la quantité et la qualité (santé, résilience) des actifs écosystémiques : elles sont mesurées par des comptes de capital naturel en unités physiques ;

(b) la quantité et la qualité des actifs écosystémiques escomptées par la société dépend de la volonté des divers groupes sociaux de conserver les services d'écosystème pour un but productif et/ou non productif, de conserver également des valeurs d'existence non traduisible dans des services particuliers ainsi que des contraintes budgétaires auxquelles la société est prête à faire face. Cette volonté de maintenir le capital naturel est exprimée en normes et objectifs, approuvés par des conventions internationales, des règlements ou des directives régionaux, des lois nationales... Ces normes portent à la fois sur des sites naturels particuliers auxquels sont assignés des objectifs conservation et plus largement sur le potentiel écologique des territoires, la « nature ordinaire »¹⁰⁰. Ces normes et objectifs peuvent être traduits en termes de comptabilité.

(c) l'écart entre capital naturel réel et les objectifs de la société – la différence entre (b) et (a) – permet de calculer le coût additionnel nécessaire pour maintenir le capital naturel en évaluant la quantité de travail nécessaire pour combler l'écart révélé par les comptes physiques. Ce coût additionnel vient en plus des dépenses réelles de gestion et de protection enregistrées dans le compte satellite de l'environnement ; c'est la mesure de la consommation de capital naturel écosystémique, de son amortissement. Dans la mesure où la restauration d'un écosystème donné est nécessaire pour maintenir la totalité de l'infrastructure écologique, les coûts de restauration doivent être inclus. Le coût d'entretien additionnel doit être calculé pour les écosystèmes intérieurs aussi bien que pour les écosystèmes extérieurs dont les services sont intégrés aux importations. Le coût d'entretien additionnel peut être ajouté aux produits respectifs, pour calculer un coût complet des biens et de services et le comparer à la valeur de marché de la production ; c'est un indicateur fort de durabilité. Il peut s'analyser comme agrégat, par secteurs, par entreprises ou par produits.

La valeur des « coûts additionnels » des produits exportés peut être déduite du coût total des produits pour calculer un coût complet de la demande finale¹⁰¹. Ce concept macroscopique peut servir à l'établissement d'un double étiquetage du prix des produits, fournissant aux consommateurs une information en monnaie sur leurs

¹⁰⁰ L'article 17 de la directive européenne Habitats (Natura 2000) demande que les Etats-membres rapportent sur les progrès observés dans les sites désignés et en dehors. Le Conseil de l'Europe mène depuis plusieurs années une action pour la reconnaissance des réseaux écologiques pan-européens, nécessaires au maintien à terme des espaces protégés.

¹⁰¹ Une proposition ancienne d'André Vanoli, toujours d'actualité.

choix environnementaux bien plus directe que les solutions actuellement envisagées qui expriment les coûts en carbone, km ou hectares. Toutefois, s'il respecte l'équilibre des biens et services et traduit la responsabilité du consommateur dans son acte d'achat, ce solde net peut dans certain cas masquer la responsabilité de pays ou d'entreprises qui réexportent des produits finis fabriqués à partir de matières premières obtenues au détriment de la conservation des écosystèmes des pays d'origine. Les deux « coûts complets » devraient donc être calculés et présentés en même temps.

Les **services d'écosystème** contribuent en grande partie à la valeur des biens et des services ; ils peuvent bénéficier individuellement ou collectivement aux utilisateurs final hors toute transaction marchande.

La valeur des services d'écosystèmes éventuellement incorporée dans les biens et services marchands est imbriquée dans le prix de ceux-ci. Dans une optique de demande, les prix du marché sont enregistrés en tant que tels. Si, en raison d'externalités non comptabilisées, les prix de marché sont sous-évalués, l'ajustement porte sur le « coût additionnel d'entretien et de restauration » et donc dans le calcul du « coût complet des biens et services », non sur les prix de marché.

Les services d'écosystème utilisés hors marché (services dits récréatifs et culturels et de régulation – du climat, du régime des eaux, du renouvellement des sols comme de l'expansion des pandémies...) peuvent être mesurés en fonction des bénéficiaires et valorisés soit par analogie au marché soit avec les prix fictifs les plus crédibles. Alors que la méthode est largement admise dans le cadre de projets, d'études d'impacts..., elle demeure controversée au plan macroscopique. En dépit du bien fondé de nombreuses objections, la valorisation des services hors marché des écosystèmes ne peut être écartée trop rapidement. Aussi imparfaite soit-elle, elle relativise la valeur des choses dans tous les cas ou la destruction d'une multitude de fonctions d'écosystèmes est le coût caché des bénéfices de l'exploitation d'un service particulier. Dans la mesure où les divers groupes sociaux utilisent des services différents d'un même écosystème et bénéficient de ce fait de manière contrastée – voire opposée – du développement économique qui privilégie l'usage de ressources particulières, l'ajustement portant sur les services d'écosystèmes à une dimension sociale importante.

Les limites les plus couramment mentionnées à la valorisation des services d'écosystème sont l'ignorance de bénéfices importants (régulation notamment), pour le présent et encore plus pour l'avenir, l'impossibilité d'additionner des valeurs d'échange et des valeurs d'usage, l'impossibilité d'agréger des préférences individuelles... ces mises en garde sont utiles quant à la portée de l'exercice et des risques afférents. Elles ne doivent pas faire oublier que dans des domaines mieux établis, des doutes existent toujours sur les mesures à prix constants ou sur la mesure de la productivité des fonctionnaires, sans même parler de la valeur économique des actifs immobiliers ou... naturels.

Si l'on veut comparer la valeur de ces services d'écosystème gratuits d'utilisation finale à la Consommation Finale, au PIB ou au Revenu National – de manière à nuancer l'image d'un bien-être corrélé aux seules valeurs marchandes, le montant doit faire l'objet d'une juxtaposition ou d'une addition. La dégradation des écosystèmes et des services qu'ils rendent ne doit faire l'objet en aucun cas d'une soustraction du PIB ; soit il s'agit de services incorporés dans les biens et services marchands, et le PIB a déjà pris en compte l'effet écosystème, soit il s'agit de pertes de services gratuits qui par définition n'étant pas dans le PIB n'ont pas à en être soustraits¹⁰².

Dans les deux cas, juxtaposition et addition, le traitement du PIB reste inchangé. Dans le cas de l'addition, l'agrégat total peut être appelé Consommation Finale Inclusive (CFI) et par extension Produit Intérieur Inclusif (ou Produit Intérieur Brut Inclusif). Cet agrégat pourrait indiquer, par exemple que l'augmentation de la Consommation Finale mesurée en monnaie (ou du PIB) est contrebalancée par une diminution des services gratuits d'écosystème résultant soit de la marchandisation de certains soit de pertes d'autres services résultant de la dégradation de l'environnement. Dans ce cas, la CFI ou le PIBI ne se croîtraient pas aussi rapidement que la CF des comptes nationaux ou le PIB et pourrait même diminuer en raison d'une croissance économique « sauvage ». Les services d'écosystème gratuits d'utilisation finale doivent être mesurés en unités physiques

¹⁰² Il en irait différemment dans le cas de l'épuisement d'un stock dont la valeur contient un élément de rente. La question de l'ajustement des agrégats comptables de l'épuisement et de la dégradation de l'environnement est discutée en détail dans l'ouvrage de Vanoli, en particulier au Chapitre 8.

d'abord considérant les fonctions d'écosystèmes dont ils sont la fraction utilisée, l'utilisation des terres et la population qui l'utilise réellement. La valorisation vient dans une deuxième étape.

Remarques :

Ecosystème est entendu comme systèmes naturels circulants et vivants ; ils sont plus larges que les habitats naturels et incluent la population humaine et ses activités ; le terme socio-écosystème ou système socio-écologique est approprié pour les désigner.

Les actifs non renouvelables (sous-sol) sont seulement considérés par rapport à la dégradation des écosystèmes résultant de l'utilisation excessive de ressources fossiles – la source principale de pollution globale. Ils ne peuvent pas être maintenus ou restaurés en tant que tels. Leur épuisement ou la réduction de leur utilisation est généralement favorable aux écosystèmes. Ils seront partiellement comptabilisés dans cette perspective. Par exemple, le coût d'entretien de l'atmosphère relatif au service de régulation climatique peut être mesuré par la quantité de Carbone à réduire – déterminée par rapport aux objectifs de Kyoto (et maintenant de Bali), ou en référence à une "société neutre en carbone".

La perte de richesse d'écosystème dans la méthodologie duale n'est pas la différence entre les valeurs monétaires des stocks en t2 et t1. Cette méthode s'applique d'abord aux actifs du sous-sol, qui sont considérés comme des stocks (anglais : inventories). Quand cette méthode est appliquée à la forêt ou aux pêcheries, elle donne seulement une mesure partielle (et donc partiellement fautive) de ce qui arrive. La valeur du bois d'œuvre et de trituration représente moins que le total des autres services des forêts selon plusieurs études¹⁰³. La gestion des stocks de poissons sans considération pour les chaînes trophiques et la résilience de l'écosystème marin dans son ensemble est en partie responsable (avec la surpêche et le réchauffement climatique) des problèmes actuels¹⁰⁴. Dans l'optique du calcul de la « richesse inclusive », la comptabilisation des services incluant la valeur du capital « résilience de l'écosystème » permettrait d'éviter ces écueils. Dans l'approche duale, les changements des actifs-écosystèmes sont mesurés en unités physiques puis valorisés directement en tant que tels au coût de reconstitution.

Le modèle dual est assez neutre et peut accueillir dans un cadre commun les diverses approches :

- Conservation du PIB en l'état.
- Comptabilité physique des écosystèmes (y compris métabolisme, santé, résilience...) et des services d'écosystème.
- Amélioration de la méthodologie et mise en oeuvre des principaux agrégats physiques (empreinte écologique, HANPP¹⁰⁵, MFA¹⁰⁶...).
- Valorisation des services d'écosystème compatible avec la comptabilité des services physiques et des stocks (localisation géographique, échelles, résilience...) et fourniture de données harmonisées pour les programmes de recherche sur la « richesse inclusive ».

¹⁰³ On verra à ce sujet les monographies du GAISP qui viennent de servir de base à une décision de la Cour Suprême Indienne de doubler le montant des dédommagements versés aux Etats par les promoteurs en cas de déforestation. <http://www.gistindia.org/publications.asp>

¹⁰⁴ "Dans un écosystème surexploité, les grands prédateurs s'étant raréfiés, les proies peuvent proliférer et s'attaquer en nombre aux oeufs et larves, créant un cercle vicieux qui peut empêcher la reconstitution des stocks de poissons de grande taille." Philippe Cury, IRD, cité par La Croix, 8 juin 2005

¹⁰⁵ Human Appropriation of the Net Primary Production (H. Haberl et alii, plusieurs applications planétaires à très petite échelle)

¹⁰⁶ Material Flow Accounts (Eurostat, OCDE, UNSD...)

- Coûts additionnels d'entretien et de restauration des écosystèmes intérieurs et extérieurs.
- Contribution à l'élargissement du calcul de " l'épargne véritable"¹⁰⁷.
- Reconnaissance des normes résultant de décisions basées sur des critères et des valeurs multiples, et non sur un agrégat unique¹⁰⁸.

Comme on le montrera ci-dessous, le cadre dual permet une utilisation plus complète et plus systématique de l'ensemble complet des outils du SEEA2003 et d'amorcer le bouclage macro-écologique qui manque encore.

3 Cadre des comptes d'écosystème

Un cadre provisoire des comptes physiques du capital naturel écosystémique a été publié dans le journal *Ecological Economics*¹⁰⁹. Il peut être résumé ainsi :

- Comptes établis par types d'écosystème (stocks, flux, résilience, services, pressions) d'un côté et par des secteurs de l'autre (flux de matière et d'énergie, services d'écosystème par origine, ressource et emploi, capital naturel).
- Services d'écosystème mesurés directement en monnaie (quand incorporés dans des produits) ou en unités physiques et puis en monnaie (services gratuits d'utilisation finale).
- Coûts d'entretien et de restauration des écosystèmes (au niveau des objectifs indiqués par société) en unités physiques et puis en monnaie.
- Capital naturel écosystémique en unités physiques seulement.
- Intégration de l'information géographique (couverture de terre, rivières, information thématique, zonages) et des statistiques socio-économiques.

¹⁰⁷ « Genuine Savings » rebaptisés « Adjusted Net Savings », calculés par la Banque Mondiale <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/ENVIRONMENT/EXTTEEI/0,contentMDK:20502388~menuPK:1187778~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:408050,00.html>

¹⁰⁸ Martinez-Alier, Joan, 2002, *The Environmentalism of the Poor: A Study of Ecological Conflicts and Valuation*, Edward Elgar Publishing

¹⁰⁹ Weber, Jean-Louis, *Implementation of land and ecosystem accounts at the European Environment Agency*, *Ecological Economics*, Volume 61, Issue 4, 15 March 2007, Pages 695-707

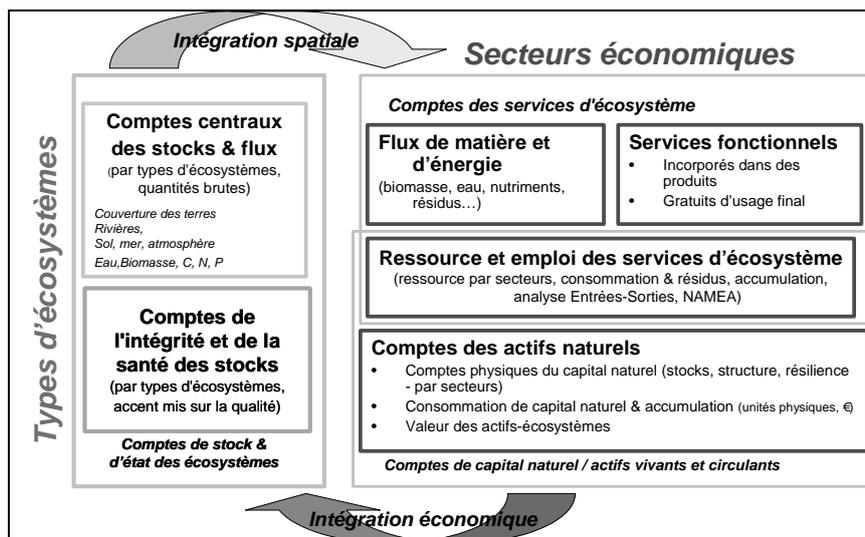


Figure 1: Cadre des comptes d'écosystème

4 Problèmes de classification et de mesure

4.1 Unités d'analyse et unités de synthèse

Unités d'analyse : écosystème et socio-écosystèmes ; fonctions d'écosystème et services d'écosystème.

"Un écosystème est un complexe dynamique de plantes, animaux, et communautés de micro-organisme et l'environnement non vivant agissant l'un sur l'autre comme unité fonctionnelle"¹¹⁰.

Les systèmes socio-écologiques (SSE) sont des entités spatiales où les fonctions de production des écosystèmes satisfont la demande sociale :

Par l'intermédiaire de leur transformation en produits marchands

Directement en tant qu'utilisation finale individuelle ou collective des services récréatifs, culturels et de régulation.

Les SSE sont généralement composés de plus d'un écosystème. D'autres noms donnés aux SSE sont : socio-écosystèmes¹¹¹, géo-systèmes¹¹², écozones¹¹³, éco-complexes¹¹⁴, unités de caractère paysager¹¹⁵. Les petites

¹¹⁰ MA (Millennium Ecosystem Assessment) Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC

¹¹¹ Brian Walker, Karl-Göran Maler et l'école de la « Resilience Alliance » en général, Carlos Montes et al.

¹¹² Eloisa Domingues.

¹¹³ Gilbert Long, Michel Lenco.

régions ou zones fonctionnelles (avec diverses étiquettes telles qu'agricoles, forestières ou côtières...), les petits sous-bassins fluviaux ou les unités de gestion paysagères (parcs...) peuvent constituer des SSE si elles font l'objet d'une gestion administrative ou économique suffisamment intégrée.

Les SSE correspondent à toutes les unités paysagères où les relations entre les personnes et la nature se sont développées au fil du temps. Ils peuvent être décrits en termes de leurs composants (unités de couverture de terre, écosystèmes, habitats...). Les systèmes urbains sont des socio-écosystèmes.

Les SSE sont les unités spatiales généralement utilisées pour l'identification, la mesure et l'évaluation des services d'écosystème. Les "services d'écosystème sont les avantages que les gens obtiennent à partir des écosystèmes"¹¹⁶. Par conséquent, toutes les fonctions des écosystèmes ne doivent pas être considérées comme services, seulement celles qui sont utilisés pour la production ou directement à titre gratuit par des personnes, individuellement ou collectivement. En particulier les "services de soutien" du MA doivent être exclus d'une définition comptable. Les "services de soutien" (par exemple la photosynthèse, la production primaire) ou mieux les fonctions de soutien sont des entrées intermédiaires dans la fourniture des services d'approvisionnement, récréatifs/culturels et de régulation (voir ci-dessous).

Unités de synthèse et de reporting

Il peut se produire que les socio-écosystèmes soient des entités de gestion (par exemple le Parc Naturel Régional de Camargue), et en faire des unités de synthèse et de reporting à un sens. Fréquemment, il est demandé des synthèses et un reporting dans d'autres découpages tels que bassins versants (par exemple dans le contexte de la Directive-cadre européenne sur l'eau), régions naturelles et naturellement régions administratives et pays. Dans certains cas, le niveau de synthèse peut être contraint par le niveau des entités géographiques les moins détaillées pour lesquelles les données sont disponibles.

4.2 Classification et mesure des stocks d'écosystèmes et des flux

Les stocks

Les types principaux de stocks d'écosystèmes sont :

- **Couverture des terres** : la couverture des terres est l'image synthétique conjointe des écosystèmes et de l'utilisation de la terre. Cette propriété fait de la couverture des terres une infrastructure d'information essentielle pour la comptabilité des écosystèmes. L'Agence Européenne pour l'Environnement a produit les comptes de la couverture des terres (LEAC – Land & Ecosystem ACcounts) 1990-2000 pour 24 pays à partir de son inventaire Corine Land Cover ; une mise à jour 2006 est en cours pour 35 pays. L'AEE se prépare à un élargissement paneuropéen et méditerranéen de LEAC, utilisant GlobCover2005 et d'autres sources. Les principes de classification de la couverture des terres ont été développés au milieu des années 1980 par la FAO (suivie par le PNUE) et la Commission Européenne (sur la base des travaux de la Commission interministérielle des comptes du patrimoine naturel¹¹⁷ en France). De facto, l'établissement de la nomenclature de couverture de terre de Corine Land Cover a suivi les principes du système FAO-LCCS (le système de classification de la couverture de terre, qui est un ensemble de règles et un logiciel pour créer une nomenclature). Corine en constitue une application pratique privilégiant le détail de la couverture artificielle et agricole des terres et les structures paysagères quand d'autres applications du système LCCS prêtent plus d'attention à la densité et la physiognomie de la végétation.

¹¹⁴ Blandin P., Lamotte M., 1988 ; *Recherche d'une entité écologique correspondant à l'étude des paysages : la notion d'écocomplexe*, Bulletin d'écologie n°19 (4), pp.547-555.

¹¹⁵ "Landscape Character Units", Roy Haines-Young et al, Natural England 2007.

http://www.cqc.org.uk/publications/COC_Report.pdf

¹¹⁶ MA, 2005, op. cit.

¹¹⁷ CICPN, (1986), *Les comptes du patrimoine naturel*, coll. de l'INSEE, série C, Comptes et planification, n° 137-138

- **Rivières** : les principes de la classification des écosystèmes rivières, proposés par la CICPN¹¹⁸, figurent dans les comptes de l'eau du SEEA2003 et bien sûr dans le volume SEEAWater publié par UNSD en 2006. Les unités élémentaires des rivières sont des segments homogènes appelés biefs. Ces unités sont analogues aux unités de couverture de terre et les deux bases de données peuvent être facilement combinées. Les unités de rivières (écosystèmes) sont mesurées en « kilomètre cours d'eau normalisé » ou « standard-river-kilometer »¹¹⁹ (1 srkm = 1 kilomètre * 1 m³/seconde). Elles sont classées selon leur taille et leur position hiérarchique dans le bassin versant.

- **Les systèmes côtiers et les unités fonctionnelles marines** sont plus difficiles de définir en raison de frontières moins nettes que pour les objets terrestres et leur nature fluide et dynamique. L'écosystème côtier peut être cartographié cependant (des projets existent dans plusieurs pays de l'UE). En mer, des stocks particuliers, la résilience, les flux et les services peuvent être traités par des comptes d'écosystème. Ce sont naturellement les poissons et d'autres éléments de la faune, la pisciculture, les bancs d'algues et herbes marines, les récifs de corail. L'érosion et l'augmentation du littoral fait également partie du sujet.

- **Le sol** est en même temps un des capitaux naturels essentiels aujourd'hui comme dans le futur tout en étant un écosystème extrêmement hétérogène. Par conséquent, la comptabilité des stocks sera cadrée restrictivement du point de vue des fonctions et de la résilience de sols. Les fonctions principales sont le soutien à la végétation, la régulation et le stockage de l'eau et la séquestration de carbone.

- **L'atmosphère** : il n'y a aucun compte de capital de stocks de l'atmosphère actuellement prévu bien que quelques éléments puissent être comptabilisés comme le CO₂ ou toute autre concentration en polluants ou encore l'instabilité concernant les événements climatique. Le coût de maintien des services de régulation du climat peut être calculé en référence aux accords internationaux.

- Composants des écosystèmes

Les stocks de composants des écosystèmes ne sont établis qu'en tant que de besoin. Il s'agit des terres, de matière, d'énergie et d'éléments vivants. Ils constituent l'essentiel des ressources naturelles prises en compte par la comptabilité nationale, à la différence des systèmes qu'ils composent et qui ont la nature d'un bien collectif. Pour partie, il s'agit d'extension des bilans matière-énergie au-delà du métabolisme économique/industriel. Carbone, biomasse sont des éléments importants de ces comptes. Une partie des comptes de l'eau est à classer sous cette rubrique.

Faune et flore, biodiversité : un compte complet n'est bien sûr pas faisable ni même utile. Par contre des éléments de comptes de stocks de faune, flore et biodiversité vont constituer des attributs importants des comptes des divers écosystèmes et socio-écosystèmes. Dans ce contexte, les espèces exploitées économiquement (arbres, poissons, plantes agricoles) font l'objet d'une attention particulière. La comptabilisation de l'ensemble des espèces se concentre sur des caractéristiques générales des populations (degré de spécialisme d'une communauté, raréfaction) plus que sur des dénombrements.

Flux :

Au-delà des échanges de CO₂ ou de Carbone des écosystèmes terrestres et marins avec l'atmosphère, les flux de base sont composés d'eau, de biomasse, d'azote, de phosphore, d'espèces animales et végétales et de couverture de terre. La terre ne fait pas généralement l'objet de flux, mais la couverture des terres oui, dans la mesure où un type donné est consommé pour produire (formation) un nouveau.

¹¹⁸ CICPN, op. cit.

¹¹⁹ ou « kilomètre d'eau courante » selon la belle expression de Jean Margat

"QuantitéQualité" :

Un des objectifs de la comptabilité intégrée des écosystèmes et des services est de parvenir à une approche holistique des aspects de quantité et de qualité. Il ne s'agit pas d'une position abstraite mais au contraire très pratique. Quelle agence de l'eau ne s'intéresse pas à la qualité des volumes d'eau pompée, distribuée et rejetée ? Au-delà des volumes coupés et plantés, les stratégies de coupe et de reboisement (larges coupes rases ou bien rotations) ont une incidence déterminante sur l'écosystème forestier. Les volumes de poissons pêchés doivent s'interpréter en fonction non seulement du volume des stocks mais de leur résilience – des prélèvements additionnels marginaux pouvant entraîner un effondrement du système dans son ensemble.

Les stocks d'écosystèmes et les flux associés (qui mesurent leur fonctionnement ou leur "fonction de production") sont donc mesurés en quantités avec des attributs de qualité. On observe ces attributs selon l'approche dite du "syndrome de détresse des écosystèmes"¹²⁰ basée sur l'observation de symptômes. Des explications plus détaillées peuvent être trouvées dans (Weber, 2007). Un point important est que la méthodologie du SDE peut être mise en application à n'importe quelle échelle, depuis l'étude d'écosystèmes particuliers, de régions ou de types jusqu'au niveau macroscopique, comme le montre l'exemple donné ci-dessous de l'indicateur dit du « potentiel écologique paysager » (LEP, pour Landscape Ecological Potential).

LEP est la combinaison de 4 ensembles de données géographiques différents :

1. L'indice du paysage vert (IPV ou GLI en anglais) qui exprime un potentiel de végétation du territoire selon l'intensité d'utilisation de la terre. Les valeurs sont calculées à partir de Corine land cover et bénéficient de ses mises à jour successives.
2. La valeur attribuée à la nature, évaluée par l'intermédiaire de l'importance de leur désignation par la science et les pouvoirs politiques. Cet indicateur est calculé à partir des bases de données désignations nationales, européenne (Natura 2000) et internationales. L'indicateur capture ce qui ne peut pas être vu avec des images satellites, à savoir la richesse du paysage en termes d'espèces et d'habitats.
3. La fragmentation du paysage par les routes et les chemins de fer, qui n'est pas capturé dans les 2 couches précédentes. L'indicateur retenu est "la maille effective" (MEFF), qui est l'inverse de cette fragmentation, l'espace explorable par les espèces animales.
4. L'hétérogénéité du paysage qui favorise la biodiversité par la multiplication de niches et d'écotones. Le calcul de cet indicateur par segmentation d'images satellites est connu, mais il n'a pas encore été intégré à LEP.

L'indicateur LEP est calculé par mailles de 1 km² selon la grille standard européenne ; il peut être agrégé par régions, pays, bassins versants.

Au niveau macroscopique, les autres indicateurs d'intégrité et de santé des écosystèmes actuellement prévus en Europe sont un indicateur basé sur le degré de spécialisme des communautés d'espèces et l'appropriation humaine de la production primaire nette de biomasse (HANPP). Une autre voie d'évaluation éco-intégrées actuellement explorée est la comptabilité en termes d'énergie (perte d'exergie des systèmes).

¹²⁰ Rapport D J., Whitford Walter G.: How Ecosystems Respond to Stress — Common properties of arid and aquatic systems in BioScience Volume: 49 Number: 3, Page: 193–203 American Institute of Biological Sciences 1999.

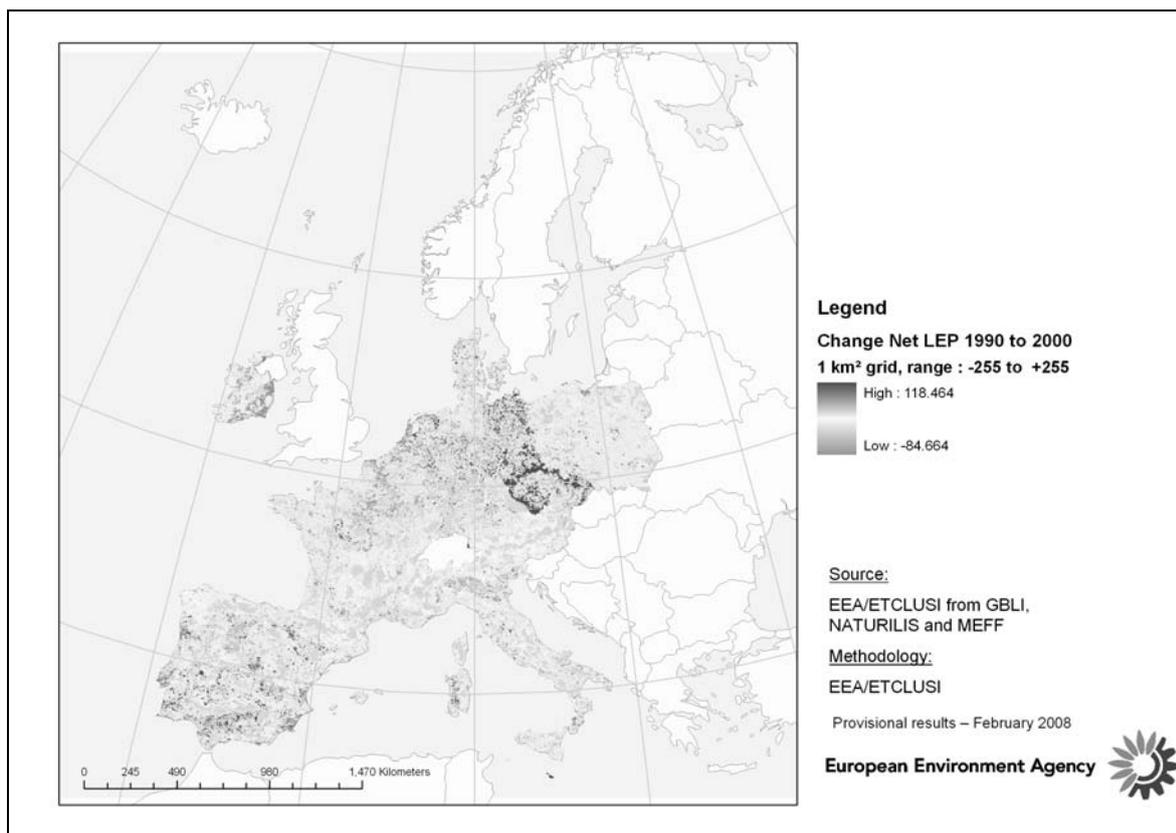


Figure 2 : Variation du potentiel écologique paysager net (nLEP) de l'Europe, 1990-2000.

4.3 Classification des services d'écosystème

Les services d'écosystème sont un sous-ensemble des fonctions d'écosystème, celles qui sont effectivement utilisées pour la production ou directement comme usage final. La distinction entre les fonctions internes d'écosystème et les services d'écosystème est essentielle pour éviter les doubles comptes et délimiter le champ de la comptabilité des services. Les fonctions écologiques en tant que telles sont évaluées dans le compte actif comme stocks, flux et « décomptes » d'attributs de qualité.

Les services d'écosystème sont classés en référence au MA, l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire, avec quelques ajustements qui sont actuellement discutés pour le MA2. Une nomenclature des services d'écosystème compatible avec le MA et le SEEA doit encore être arrêtée. Cependant, un consensus existe sur les principes de son élaboration autour d'un schéma tel que celui présenté ci-dessous, dans les grandes lignes sinon dans tous les détails.

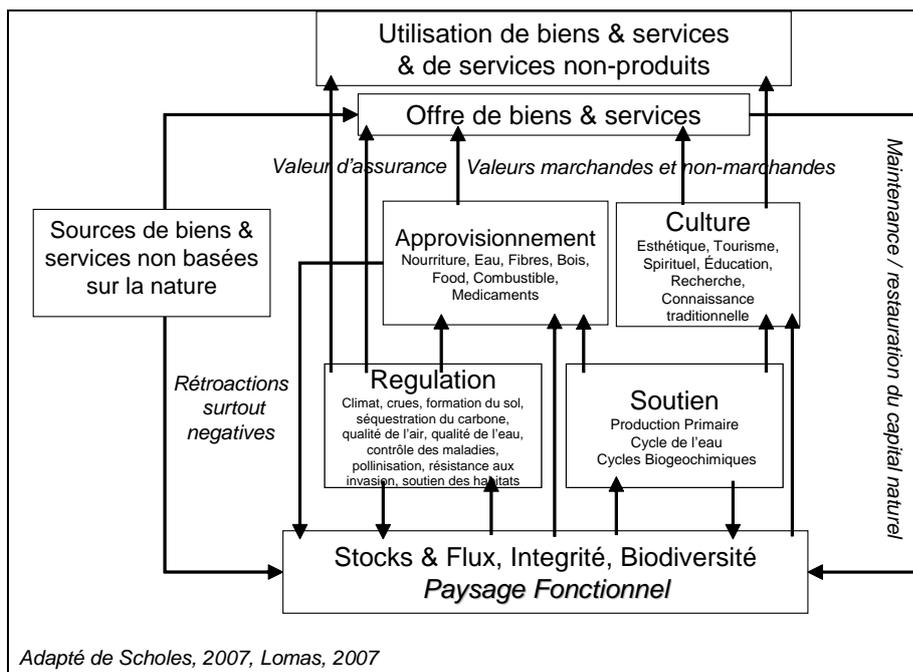


Figure 3: Écosystèmes et services

Une nomenclature de services d'écosystèmes suivant ces principes est actuellement testée pour l'étude sur la comptabilité écosystémique des zones humides méditerranéennes conduite en 2008 par l'Agence Européenne pour l'Environnement.

4.4 Mesure et évaluation des services d'écosystème

Une double distinction doit être faite entre fonctions et services, d'une part et entre biens et services produits et les services d'écosystèmes gratuits d'utilisation finale. Cette distinction est illustrée par le schéma suivant :

Actifs-Ecosystèmes		Services d'Ecosystème	Valorisation des Services d'Ecosystème	
Fonctions internes	Fonctions de soutien aux SE		SE incorporés dans la production	Utilisation finale gratuite
		Approvisionnement	Marché	Prix fictifs
		Culture	Marché	Prix fictifs
Régulation		Régulation	Marché	Prix fictifs
Coûts				
Coûts additionnels d'entretien et de restauration des écosystèmes (pour compenser leur dégradation)				

Figure 4 : Écosystèmes, fonctions, services, valeurs, coûts

Dans une approche duale d'intégration, seuls les services d'écosystème gratuits d'utilisation finale doivent être mesurés et évalués séparément.

Les services d'écosystème incorporés dans les biens et services produits sont considérés comme faisant partie de leur prix – quel que soit le prix. Un bas prix peut signifier que des externalités ne sont pas couvertes en particulier concernant la valeur de résilience du capital naturel. Le calcul de la richesse inclusive vise à intégrer entièrement cette dimension. Dans l'intégration duale, les prix du marché (et le PIB en conséquence) observés sont retenus.

Un point important est que le même service (par exemple la vue sur mer) peut être incorporé dans un service marchand (le prix d'une chambre d'hôtel) ou non (contemplation depuis un lieu public). Les services de régulation fournis par les écosystèmes quand ils sont utilisés comme des biens publics s'ajoutent aux valeurs marchandes courantes. Une mesure et une évaluation systématiques des services récréatifs et de régulation mèneront probablement à des montants substantiels.

Dans tous les cas, les services d'écosystème gratuits d'usage final sont d'abord mesurés en unités physiques considérant les types d'utilisation des terres, les gens qui utilisent ces services (nombre de personnes, groupes sociaux) et les budgets-temps. Ces services sont valorisés dans un deuxième temps selon les prix fictifs les plus crédibles. De nombreuses recherches sur le sujet des prix fictifs ont eu lieu ces vingt dernières années, et se sont multipliées ces derniers mois. Dans la mesure où la contingence des diverses méthodes est reconnue, la question n'est pas au plan comptable d'en rechercher de nouvelles ni même de désigner la bonne mais d'évaluer au cas par cas la meilleure méthode utilisable compte tenu de l'objectif spécifique et des données disponibles. La meilleure méthode étant celle qui rassemble le consensus le plus large non seulement parmi les économistes mais parmi les acteurs appelés à s'en servir en pratique.

4.5 Mesure et évaluation des coûts d'entretien et de restauration

Une partie des coûts d'entretien d'écosystèmes est déjà payée par les agents économiques comme dépenses de protection et de gestion de l'environnement. Les coûts additionnels nécessaires pour conserver dans certains cas les écosystèmes au niveau désiré par la société peuvent être estimés par travaux nécessaires pour réparer l'écosystème.

Dans la mesure où la logique du calcul est de conserver un potentiel écologique et non pas les écosystèmes actuels en l'état en tout lieu, la stricte application du calcul de coût d'opportunité ne se justifie par contre pas. En tout état de cause, le coût d'opportunité devrait être considéré net de l'ensemble des services rendus par l'écosystème. Deux cas se présentent : la compensation est possible ou non. La compensation n'est pas possible lorsque l'écosystème (ou le bon état de l'écosystème) fait l'objet d'une protection juridique forte (comme d'autres biens publics ou privés tels que les monuments historiques et certaines œuvres d'art) ; l'hypothèse acceptée par la société en dehors de tout calcul économique est que la valeur présente et future de tels biens est plus importante que tout autre bénéfice. Dans le cas où une compensation est possible, c'est le coût de celle-ci qui doit être considéré. Cette approche est celle de la Directive européenne sur la responsabilité environnementale de 2004 ou celle des systèmes dits de « banques de compensation » (mitigation banking) mis en place dans certains Etats des USA. De la même manière, au niveau macroscopique comme au niveau local, la référence à la conservation du potentiel écologique et non à celle d'un écosystème particulier permet de résoudre l'objection des coûts d'opportunité.

En ce qui concerne la mesure physique des coûts, plusieurs solutions sont possibles. La première solution est de se référer aux comptabilités analytiques des différents acteurs et d'en déduire des barèmes pour les différents types de travaux. Cette information est en principe du domaine des comptes satellites des lors qu'ils ne se limitent pas à l'enregistrement des dépenses mais comptabilisent aussi à quoi elles servent. Une autre voie pour laquelle des recherches sont en cours est la comptabilité des systèmes en exergie (l'énergie libre pour l'usage en un point donné d'un système) prise comme proxy général pour la mesure des coûts. Les coûts physiques sont calculés dans cette optique comme l'énergie qui devrait être réinvestie dans le système pour atteindre l'objectif énoncé par la société. La valorisation des coûts physiques peut être faite dans une deuxième étape en référence

aux prix de marché de l'énergie. Des résultats prometteurs ont été obtenus pour les systèmes hydrologiques, comme démontré par Naredo en Espagne¹²¹.

La mesure et la valorisation des coûts complets d'entretien et de restauration des écosystèmes sont cruciales, autant pour les politiques publiques que pour les entreprises. Les politiques publiques sont généralement conçues et mises en application par grands secteurs correspondant aux compétences des ministères. Les efforts pour intégrer des problèmes environnementaux dans les politiques de sectorielles en Europe ont permis des résultats importants tout en montrant des limites évidentes résultant des conséquences non désirées d'une action d'un secteur sur un autre secteur. La Directive sur la responsabilité environnementale de 2004 qui déplace l'accent de la responsabilité de la pollution vers les impacts de celles-ci vise à corriger ces effets. Les entreprises font face à une situation semblable : en position d'établir un bilan détaillé de leurs coûts environnementaux directs, elles manquent d'information sur leurs coûts indirects – en bref leurs impacts sur l'écosystème. Il est donc essentiel de progresser sur comptabilisation physique et monétaire des coûts additionnels (ou cachés) d'entretien et de restauration des écosystèmes aux différentes échelles où ils peuvent être appréhendés : locale (action), nationale ou régionale (politique) et globale (les grands déséquilibres).

On notera que la référence aux objectifs exprimés par la société fait des comptes d'écosystème un bon candidat pour le développement de scénarios. Par exemple les coûts additionnels pour maintenir ou restaurer les services de l'écosystème-atmosphère de régulation du climat peuvent être calculés en référence à Kyoto, aux objectifs post-Kyoto ou à un objectif d'économie neutre de carbone. Le potentiel écologique d'une région et les conséquences sur la conservation de la nature peuvent être évalués selon différents scénarios de réponse agricole aux demandes de nourriture et d'agro-carburants...

5 Intégration dans le SEEA : MFA, PIOT, NAMEA, dépenses, actifs (forêt, pêche, eau et sol), valorisation

Les comptes d'écosystème ne sont pas différents des autres modules du SEEA auxquels ils sont intégrés. Ce qu'ils apportent, c'est en miroir à l'intégration du SEEA avec la représentation dominante du système économique, le SCN1993 en cours de révision, une intégration avec l'écosystème, un bouclage macro-écologique sans lequel l'évaluation apportée par les comptes économiques-environnementaux est incomplète, ignore les effets en retour et ne peut fournir les réponses essentielles aux questions récurrentes des décideurs.

Une partie du travail de développement des comptes économiques-environnementaux est déjà faite, les "comptes non standard" du future SSEA révisé constituant un prolongement et une mise à jour. Cependant, les interdépendances entre les divers comptes doivent être rendues explicites, en particulier leurs conséquences en termes de classifications croisées et de niveaux de détail. La [figure 5](#), page suivante présente l'articulation générale du système.

En plus de l'intégration des variables environnementales dans la comptabilité macro-économique, le système statistique est appelé à contribuer à la comptabilité des écosystèmes en donnant un accès plus large aux statistiques sociales pour l'analyse des menaces (santé, bruit), des bénéfiques, du bien-être, du comportement... des divers groupes sociaux. Ceci peut influencer les programmes statistiques, par exemple en étendant les enquêtes de budget de familles à l'utilisation des services d'écosystème.

Une dimension particulière de cette intégration est la résolution spatiale des statistiques. L'accès systématique aux statistiques locales (rendues disponibles de plus en plus largement par les instituts de statistiques nationaux) est nécessaire pour la comptabilité des écosystèmes. Une solution pratique (qui minimise le problème de la confidentialité des données tout en fournissant un détail acceptable) est de diffuser les statistiques selon une grille de 1 km², suivant l'exemple pionnier de la Suède et de la Norvège.

¹²¹ Naredo, J.M. and Parra, F., eds. (1993) *Hacia una ciencia de los recursos naturales*, Madrid, Siglo XXI

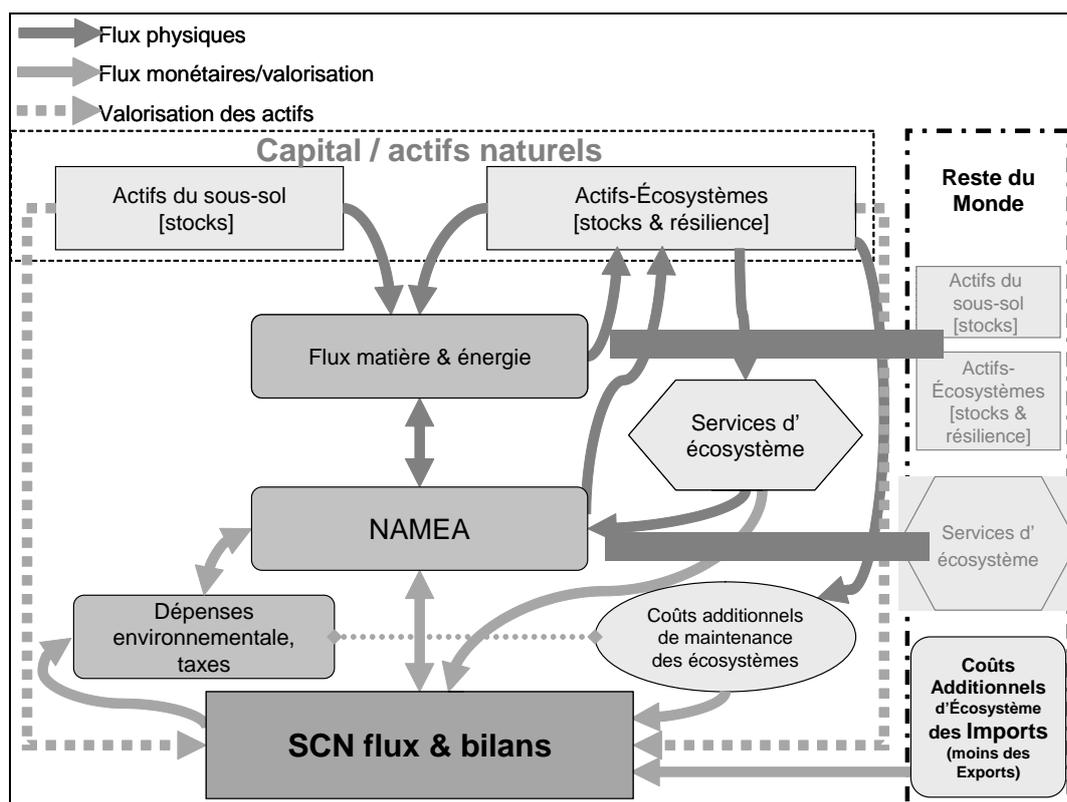


Figure 5: SEEA intégrant les écosystèmes

6 Stratégie de mise en oeuvre

6.1 Opportunités

La contribution principale de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire a été de mettre les écosystèmes, les services qu'ils rendent et le bien-être humain au centre de la politique de conservation de nature. La justification de ce choix a été confirmée depuis 2000 par la compréhension que les problèmes du changement climatique sont en grande partie une question d'adaptation des systèmes socio-économiques et écologiques. Malgré le fait que le MA soit d'un certain point de vue un projet de comptabilité, aucune référence n'est faite au SEEA. Cette situation devrait changer à l'occasion du lancement simultané des différents projets mentionnés précédemment.

Au niveau global/continental, bien que de manière insuffisamment coordonnée, des capacités de surveillance importantes sont mises en place par des programmes tels que GEO/GEOSS (GMES en Europe) ou les programmes DUE de l'Agence spatiale Européenne. Ces programmes peuvent fournir rapidement une part importante des données nécessaires à une comptabilité macroscopique indispensable au suivi des conventions internationales, à l'évaluation des objectifs internationaux eux-mêmes en matière de biodiversité et de changement climatique ou encore pour soutenir des initiatives comme le projet UNEP-IUCN-CBD sur des paiements internationaux pour les services d'écosystème (IPES). IPES pourrait déboucher un jour sur un mécanisme de permis négociables, qui devra s'appuyer, comme pour Kyoto et le CO₂, sur une comptabilité – des écosystèmes dans ce cas.

Au niveau des acteurs locaux et des acteurs économiques, l'idée de mesure des coûts et des bénéfices liés aux écosystèmes et à la biodiversité suit son chemin. Tant pour pouvoir s'évaluer, se comparer entre eux que pour pouvoir déchiffrer les messages plus généraux des instances politiques et scientifiques, les acteurs sont intéressés à connaître la règle du jeu, les codes. Il y a une réelle demande de directives voire de plans comptables qui pourraient bénéficier de l'expérience des comptes d'écosystème.

6.2 Défis de mise en oeuvre

Seuls quatre points seront abordés ici pour conclure:

(1) L'intérêt politique pour la comptabilité environnementale en général et la comptabilité des écosystèmes en particulier: il ne porte bien sûr pas tellement sur la comptabilité elle-même mais sur les réponses qu'elle apporte aux questions qui lui sont posées (et pas seulement les questions que les comptables se posent ou sont capables de poser); le marché global et le changement climatique global ont ouvert la voie à la compréhension des problèmes de l'écosystème global; si les réponses apportées par la comptabilité environnementale sont appropriées, les moyens suivront.

(2) L'interprétation correcte des niveaux géographiques et institutionnels de mise en oeuvre des comptes d'écosystème renvoie à la fois aux types de données nécessaires et à leur utilisation. Une majorité d'approches de l'évaluation économiques des écosystèmes et de leurs services prend racine dans l'étude d'impacts de projets. Il est illusoire de croire que la simple extrapolation de résultats locaux permet de produire une image d'ensemble (comme tentent de le faire les méthodes dites de transfert de bénéfices). La difficulté statistique est un premier obstacle, d'autant que le nombre d'études de cas (l'échantillon) disponibles dans la littérature est finalement assez petit. Une seconde objection peut être faite quant au sens de la volonté d'agréger des situations individuelles. Là encore, le modèle de la négociation de projets domine, avec son aspect très centralisateur – où le niveau supérieur veut contrôler les détails plus que la qualité du résultat final. Un autre modèle où les acteurs ont une plus grande flexibilité dans leurs décisions s'est développé et devrait prendre le pas. Dans cette approche, la responsabilité des acteurs au regard du bien public et des normes communes fait l'objet d'un contrôle de résultats.

Trois niveaux de comptabilité devraient être considérés :

- Comptabilité globale/macrosopique : gestion globale de l'écosystème, négociation des objectifs stratégiques, création et la surveillance de marchés (cap-and-trade), bourses d'écosystèmes... Les sources de données sont plus ou moins disponibles : observation de la terre par satellite, IPCC/GIEC, IGBP et autres programmes globaux.
- Comptabilité nationale/régionale : élaboration, mise en oeuvre et suivi des politiques, débat public. La mise en oeuvre repose sur l'intégration des systèmes d'information officiels (instituts statistiques, instituts géographiques, agences d'environnement, organismes scientifiques...).
- Niveau micro, comptabilité des acteurs: action, gestion d'espaces naturels, aménagement, affaires, participation des citoyens. L'information des acteurs est abondante mais hétérogène et dispersée; l'établissement de guides ou de plans comptables est à l'ordre du jour; le double étiquetage des prix (Prix à payer vs. Coût complet du produit) est une information importante pour le consommateur.

(3) Les premiers comptes doivent être produit en utilisant les bases de données existantes, bien que nous sachions tous qu'elles sont largement insuffisantes et que les premiers comptes seront flous et approximatifs dans beaucoup de secteurs. L'essentiel est de ne pas répondre à côté des questions posées sous prétexte que l'on n'a pas assez de données.

(4) Un partage efficace du travail pour une mise en oeuvre rapide. Ceci ne devrait être mentionné que pour mémoire mais la pratique montre que la coopération entre institutions n'est pas aussi active qu'on pourrait le penser, tant au niveau national qu'international.

7 Conclusion

L'importance de l'approche systémique de la comptabilité environnementale a été postulée dès la fin des années 1970 par les travaux canadiens (le « Système Agression-Réaction » de 1979¹²²) puis par la comptabilité du patrimoine naturel en France et en Espagne. Longtemps marginalisée de par la condescendance des promoteurs du SEEA1993 puis prise en compte mais peu développée dans la rédaction du SEEA2003, la comptabilité des écosystèmes apparaît aujourd'hui comme le chaînon manquant de la comptabilité économique environnementale. Loin d'être un exercice d'école, elle apporte des éléments de réponse à quelques questions essentielles comme :

- La relation entre consommation marchande (et en son sein, matérielle) et l'usage plus large d'autres services, gratuits et non destructeurs d'environnement.
- Le prix réel de notre consommation et la dette que nous contractons en ne nous en acquittant pas, dette vis-à-vis des générations futures – ou, de manière positive, le montant qu'il faudrait amortir et réinvestir dans l'écosystème pour garantir son usage durable.
- La dette vis-à-vis des écosystèmes dégradés des pays exportateurs et des populations dont la survie en dépend. Le fait que bien souvent des intérêts nationaux soient associés à la dégradation de ces écosystèmes ne saurait exonérer l'acheteur des produits à bas prix ; il y a là comme un « recel d'abus d'écosystème ».
- Et à la base, l'évolution de l'état des écosystèmes de la planète, soumis aux pressions conjuguées de l'exploitation par les activités humaines et du changement climatique.

Longtemps considérée comme une utopie, la comptabilité des écosystèmes pourrait bien apparaître comme faisable à relativement court terme, dès lors que la question des échelles et des objectifs est clarifiée. Au niveau des acteurs individuels ou locaux, publics et privés, la demande de guides voire d'un plan comptable se fait spontanément jour afin de mesurer responsabilité, coûts, performances et options. Au plan planétaire global, où le suivi des Conventions, l'évaluation des grands objectifs eux-mêmes et la mise en place de mécanismes de marché sont à l'ordre du jour, une première réponse peut être obtenue à très court terme en mobilisant les grands programmes d'observation de la terre. Restent les échelles intermédiaires, celles du gouvernement des pays et des régions où les progrès de la comptabilité nationale sont tout autant des problèmes de priorités et de moyens que des problèmes de coopération interinstitutionnelle – en miroir à l'intégration de la comptabilité des systèmes économique et écologique qu'il est urgent d'entreprendre.

¹²² Friend, A., Rapport, D., 1979. Towards a Comprehensive Framework for Environment Statistics: a Stress-Response Approach. Statistics Canada, Catalogue 11-510, Ottawa.

Bibliographie

BLANDIN P., LAMOTTE M., (1988), « Recherche d'une entité écologique correspondant à l'étude des paysages : la notion d'écocomplexe », *Bulletin d'écologie* n°19 (4), pp.547-555.

Commission Interministérielle des Comptes du Patrimoine Naturel - CICPN, (1986), « Les comptes du patrimoine naturel », *coll. de l'INSEE, série C, Comptes et planification*, n° 137-138

EEA (2006) "Land accounts for Europe 1990-2000", EEA Report No 11/2006 prepared by HAINES-YOUNG, R. AND WEBER, J.-L. http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2006_11/en

FRIEND A., RAPPORT D., (1979). "Towards a Comprehensive Framework for Environment Statistics: a Stress-Response Approach. Statistics Canada", *Catalogue 11-510, Ottawa.*

Green Accounting for Indian States Project (GAISP), (2006-2008) – several monographs, prepared by SUKHDEV P., KUMAR P. ET AL. <http://www.gistindia.org/publications.asp>

HAINES-YOUNG ROY ET AL "Landscape Character Units", , *Natural England 2007.* http://www.cqc.org.uk/publications/CQC_Report.pdf

MA (Millennium Ecosystem Assessment), (2005), "Ecosystems and Human Well-being: Synthesis". *Island Press, Washington, DC*

MARTINEZ-ALIER, JOAN (2002), "The Environmentalism of the Poor: A Study of Ecological Conflicts and Valuation", *Edward Elgar Publishing*

NAREDO J.M. AND PARRA, F., eds. (1993) "Hacia una ciencia de los recursos naturales", *Madrid, Siglo XXI*

RAPPORT D J., WHITFORD Walter G. (1999): "How Ecosystems Respond to Stress — Common properties of arid and aquatic systems in BioScience" Volume: 49 Number: 3, Page: 193–203 *American Institute of Biological Sciences*

SUKHDEV, PAVAN, ET AL. (2008), *TEEB*, « The Economics of Ecosystems and Biodiversity », *Interim report.* http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/index_en.htm

UN, EC, IMF, WB, OECD, (2003) "Integrated Environmental and Economic Accounting (SEEA2003), UN Statistical Division", *New York.* <http://unstats.un.org/UNSD/envAccounting/seea2003.pdf>

VANOLI André (2002), « Une histoire de la comptabilité nationale », *La Découverte, Paris*

WEBER Jean-Louis (2007), "Implementation of land and ecosystem accounts at the European Environment Agency", *Ecological Economics*, Volume 61, Issue 4, 15 March 2007, Pages 695-707

LE CONCEPT D'ÉPARGNE VÉRITABLE EST-IL ADAPTÉ POUR MESURER LA DURABILITÉ DU DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ?

Antoine D'AUTUME et Katheline SCHUBERT

Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne et Paris School of Economics

Résumé

Les concepts d'épargne véritable et de produit national net, ou vert, apparaissent de plus en plus comme des outils utiles pour apprécier la durabilité de la croissance. L'objectif de l'article est de montrer que la théorie de la croissance en présence de ressources naturelles contribue effectivement à leur donner un fondement, bien qu'elle se heurte à des difficultés pratiques notamment du point de vue de la disponibilité des données. La règle de Hartwick est ici la référence fondamentale. Elle montre que la nullité de l'épargne véritable assure la durabilité de la croissance, dès lors que tous les stocks de capital pertinents ont été pris en compte dans sa définition. Nous mettons en évidence cette propriété dans le modèle canonique de Dasgupta-Heal-Solow, élargi par la prise en compte de l'aménité du capital naturel. Nous élargissons ensuite notre point de vue en supposant que l'environnement économique n'est plus stationnaire : le progrès technique ou la croissance de la population affecte les capacités de production ; les échanges internationaux élargissent le domaine des possibles pour un pays. Nous montrons que des formes adaptées de la règle de Hartwick restent alors valides, mais qu'elles ne se réduisent pas à la nullité de l'épargne véritable usuelle et que leur mise en oeuvre pratique pose des problèmes accrus de disponibilité des données.

Summary

Genuine Saving and Net, or Green, National Product are more and more often recognized as useful tools to assess the sustainability of economic growth. The aim of the article is to show that the theories of growth and of the optimal depletion of exhaustible resources may provide sound foundations for these indicators, even if their implementation faces practical difficulties regarding in particular data availability. The relevant theoretical benchmark is the Hartwick rule. This rule states that zero genuine saving ensures sustainable growth, provided that all relevant asset stocks are included in the definition of genuine saving. We derive this property in the canonical Dasgupta-Heal-Solow model, extended to take into account the amenity of natural capital. We then reconsider the issue in different frameworks where the economic environment is no more assumed to be constant: technical progress or population growth affect production possibilities; international trade has the same effect for individual countries. We show that adapted forms of Hartwick's rule remain valid, but that they do not reduce to the nullity of standard genuine saving and that data availability problems become even greater.

1 Introduction

Pourquoi cherche-t-on à étendre les comptes nationaux ? Tout d'abord, pour disposer d'une mesure du bien-être social qui ne souffre pas des défauts bien connus du PIB. Il s'agit de prendre en compte tous les stocks de capital qui comptent pour les possibilités de production, de consommation, de création de bien-être futurs : le capital naturel, les ressources non renouvelables et renouvelables, le capital humain, les connaissances... Ensuite, pour disposer d'un indicateur de la durabilité de la croissance économique. Les deux questions ne coïncident pas totalement, mais nous allons voir que la théorie nous oblige à les examiner ensemble car la mesure du bien-être social et celle de la durabilité sont intimement liées.

La littérature théorique sur le sujet est très abondante. La très grande majorité des contributions se place dans un cadre d'optimum et postule que la société dispose d'un critère de bien-être social intertemporel qu'elle désire maximiser, sous les contraintes techniques d'accumulation des stocks de capital manufacturé, technologique, humain, et d'évolution des stocks de capital naturel. Le critère de bien-être social est la plupart du temps utilitariste escompté. Toutefois, les contributions qui s'intéressent spécifiquement à la question de la durabilité adoptent souvent un autre critère, utilitariste non escompté ou maximin, pour prendre en compte dès ce stade le souci de traitement équitable de toutes les générations, c'est-à-dire la préoccupation de durabilité de la croissance. Quelques contributions récentes (cf. Dasgupta et Mäler (2000)) s'affranchissent du cadre de la croissance optimale au motif que les gouvernements des économies réelles ne sont pas obligatoirement optimisateurs, et que si l'on veut disposer d'une théorie opératoire, permettant la mesure, il faut autant que possible se placer dans un cadre plus général.

Nous pensons cependant que faire référence à la théorie de l'équilibre et de l'optimum et, en particulier, aux modèles d'optimisation intertemporelle, éclaire beaucoup la question des indicateurs. Cette démarche fournit un cadre d'analyse systématique et cohérent. Elle amène à distinguer les effets passant par la production de ceux passant directement par l'utilité ; le réchauffement climatique, par exemple, doit être pris en compte dans ces deux dimensions puisqu'il influence à la fois les conditions de production, par exemple agricoles, et les conditions de vie, peut-être très fortement à travers l'élévation du niveau de la mer. La démarche force à réfléchir aux prix qu'il est nécessaire d'utiliser pour agréger les différents biens. Les théorèmes du bien-être fondent la recommandation d'utiliser les prix de marché autant qu'il est possible. Mais la présence de biens et services non-marchands et d'externalités amène à introduire des prix fictifs. Ils ne correspondent à aucun prix de marché et il est très difficile de les évaluer, mais leur prise en compte est absolument nécessaire pour construire des indicateurs pertinents. L'analyse de l'équilibre et du bien-être, enfin, est a priori une démarche fondée sur les comportements et les utilités individuelles. Elle amène inévitablement à poser les questions d'inégalité et de choix collectifs.

Ces arguments généraux prennent un sens particulier lorsque l'on se place dans un cadre intertemporel. La définition exhaustive des stocks et leur valorisation apparaît comme un préalable à une définition correcte de l'investissement. La nécessité de prendre en compte les gains ou pertes en capital résultant des variations de prix des actifs s'impose. Ces éléments sont, comme nous le verrons, à la base de l'analyse de l'épargne véritable et du produit national net.

Nous présentons dans cette contribution les fondements théoriques de l'épargne véritable, à travers tout d'abord un modèle simple à deux stocks de capital, le capital manufacturé et un capital naturel non renouvelable (section 2). Ce modèle canonique de Dasgupta et Heal (1974) et Solow (1974) sert aujourd'hui de référence. A la suite de Krautkraemer (1985) et de d'Autume et Schubert (2008), nous le modifions en considérant que le capital naturel présente une aménité pour les agents et qu'il intervient directement dans leur fonction d'utilité. Ceci nous amène à considérer une consommation élargie, où l'aménité du capital naturel intervient à côté de la consommation de biens physiques. Ce modèle peut être étendu aux autres formes de capital naturel (ressources renouvelables, stocks de pollution) ainsi qu'au capital humain ou au capital de connaissances.

Nous mettons en évidence les atouts de l'épargne véritable comme indicateur de durabilité : (1) une épargne véritable nulle à toute date indique que l'utilité reste constante le long du sentier de croissance (règle de Hartwick (1977)), (2) une épargne véritable négative à une date donnée indique que le taux de croissance de la consommation va devenir négatif dans le futur et que la croissance n'est donc pas durable, (3) une épargne véritable positive à une date donnée indique que le bien-être intertemporel est non décroissant à cette date.

Nous définissons ensuite le produit national net et montrons pourquoi il constitue une bonne définition du revenu national, et en quoi il peut constituer un indicateur de durabilité (section 3).

Nous terminons par les critiques qui sont adressées à l'épargne véritable en tant qu'indicateur de durabilité. La plus immédiate est qu'il faut disposer des bons prix pour que son calcul ait un sens. D'autres critiques, qu'il s'agit d'évaluer, concernent le fait que le signe de l'épargne véritable n'est plus pertinent dès lors que l'environnement économique n'est plus stationnaire, et particulièrement en présence de progrès technique exogène, en économie ouverte ou quand la population n'est pas constante. Une redéfinition de l'épargne véritable permet pourtant de lui conserver son rôle d'indicateur de durabilité, mais elle fait inévitablement intervenir de nouveaux prix qu'il serait très difficile de mesurer (section 4).

2 L'épargne véritable : fondements théoriques

2.1 La représentation des choix collectifs

L'approche intertemporelle des choix de consommation repose habituellement sur la maximisation d'un critère utilitariste escompté :

$$\max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C_t) dt, \quad U(C) = C^{1-1/\sigma} / (1-1/\sigma)$$

Dans le cadre le plus simple, l'utilité instantanée $U(C)$ dépend seulement de la consommation, mais il est possible d'introduire d'autres arguments dans la fonction d'utilité et de retenir la formulation étendue

$$\max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U[u(C_t, X_t)] dt, \quad U(u) = u^{1-1/\sigma} / (1-1/\sigma)$$

où X représente un ensemble de variables influençant l'utilité instantanée.

Deux paramètres seulement interviennent dans la formulation la plus simple et jouent aussi un rôle essentiel dans la formulation étendue : le taux de préférence pour le présent ρ et l'élasticité intertemporelle de substitution σ . Le premier mesure le poids que la société attribue à la satisfaction des générations futures. Le choix usuel d'un taux d'escompte ρ positif revient à attribuer plus d'importance à la génération présente qu'aux générations futures, ce qui constitue bien sûr un choix critiquable sur le plan éthique. Une approche en termes de développement durable incite donc à retenir un taux d'escompte nul. Mais le second paramètre joue également un rôle important. Les générations futures sont objectivement favorisées du point de vue des possibles. Elles bénéficieront des avancées du progrès technique. Même en son absence, elles pourront bénéficier de l'accumulation du capital. L'épuisement des ressources naturelles non renouvelables joue a priori en sens inverse, au désavantage des générations futures, mais ce désavantage peut être compensé par l'accumulation du capital. Il

est donc en général possible de substituer des consommations futures aux consommations présentes à des termes avantageux pour les générations futures. Le paramètre σ décrit le degré auquel la société est prête à accepter cette substitution. Une valeur élevée signifie que le sentier optimal pourra être caractérisé par une croissance de l'utilité au cours du temps. Une valeur nulle impose que toutes les générations atteignent le même niveau d'utilité. Comme nous le montrons dans d'Autume-Schubert (2008), ceci revient à retenir le critère maximin où l'on maximise, dans un esprit rawlsien, l'utilité de la génération la plus mal lotie. Cette méthode théorique permet donc d'identifier les meilleures trajectoires de croissance durable.

2.2 Épargne véritable et règle de Hartwick

Le modèle canonique de Dasgupta et Heal (1974) et Solow (1974) considère deux stocks de capital, le capital manufacturé (K) et le capital naturel (X), ici un stock de ressource non renouvelable. Il n'y a ni croissance de la population ni progrès technologique.

L'équation d'accumulation du capital manufacturé est :

$$\dot{K} = F(K, N, R) - \delta K - C \quad 1.$$

où C est la consommation, N l'emploi, R l'extraction de la ressource naturelle, $F(K, N, R)$ la fonction de production de l'économie, δ le taux de dépréciation du capital manufacturé.

L'évolution du stock de ressource non renouvelable est quant à elle donnée par :

$$\dot{X} = -R \quad 2.$$

Enfin, l'économie est soumise à des conditions initiales : les stocks K_0 et X_0 sont donnés.

L'hypothèse cruciale concernant la technologie est celle de substituabilité entre le capital manufacturé et la ressource naturelle. Les controverses sur ce point sont abondantes dans la littérature sur la durabilité de la croissance.

On suppose vérifiée la règle de Hotelling :

$$\dot{F}'_R = (F'_K - \delta) F'_R \quad 3.$$

qui indique que la productivité marginale de la ressource naturelle croît au taux d'intérêt de l'économie. Elle s'écrit encore, en notant $q = F'_R$ et $r = F'_K - \delta$:

$$\dot{q}/q = r \quad 4.$$

et indique que la rendement de la ressource est égal au gain en capital.

L'épargne véritable (*genuine saving*¹²³), ou encore l'investissement net, est définie comme la somme des investissements en valeur en capital manufacturé et en capital naturel, le numéraire étant le bien de consommation :

$$G = \dot{K} + q\dot{X} = \dot{K} - qR \quad 5.$$

On montre (annexe A) qu'on a alors

$$\dot{G} = rG - C \quad 6.$$

Ainsi, si l'épargne véritable est nulle à tout instant, la consommation est constante. Ceci est la règle de Hartwick (1977). Elle indique qu'une société qui investit les rentes issues de l'extraction de ses ressources épuisables en accumulation de capital manufacturé suit un sentier de croissance équitable - et durable - au sens où le même niveau de consommation est assuré à toutes les générations, présentes et futures.

Cette règle peut être étendue au cas où l'utilité instantanée des agents dépend non seulement de leur consommation mais aussi de la satisfaction qu'ils retirent de l'existence des ressources naturelles (leur valeur d'aménité). Dans ce cas, une société ayant une épargne véritable nulle à tout instant garantit une utilité constante à l'ensemble des générations, avec une consommation croissante et des aménités décroissantes, au fur et à mesure que le capital manufacturé se substitue au capital naturel. Formellement, si l'utilité instantanée est $U(C_t, X_t)$, la règle de Hotelling doit être modifiée pour incorporer la valeur d'aménité de la ressource et s'écrit :

$$\frac{\dot{q}}{q} = r - \frac{p}{q}, \quad \text{avec} \quad p = \frac{U'_X}{U'_C} \quad 7.$$

Le prix p est le prix (fictif) des services d'aménité fournis par le capital naturel. Il est égal au taux marginal de substitution entre ces services et la consommation physique. La règle de Hotelling indique maintenant que le rendement total du stock de ressource est égal au gain en capital augmenté du prix relatif des services d'aménité.

On montre alors facilement qu'il faut remplacer l'équation (6) par

$$\dot{G} = rG - \frac{\dot{U}}{U'_C} \quad 8.$$

Revenons au cas simple où seule la consommation procure de l'utilité. On peut intégrer l'équation (6) en

¹²³ Le terme *genuine saving* a été introduit par Hamilton et Clemens (1999).

$$G_t = \int_t^{\infty} \dot{C}_s e^{-\int_t^s r(x) dx} ds \quad 9.$$

qui indique que l'épargne véritable est à chaque instant égale à la valeur présente actualisée (par la productivité marginale nette du capital) des variations de consommation futures. C'est cette équation qui justifie véritablement, dans les travaux appliqués, l'utilisation de l'épargne véritable comme indicateur de durabilité. En effet, elle montre que si à un instant donné l'épargne véritable est négative, alors le taux de croissance de la consommation va forcément devenir négatif dans le futur, et la croissance ne sera pas durable. Cependant l'indication donnée par l'épargne véritable sur la durabilité de la croissance n'est que partielle : il est clair qu'une épargne véritable positive à un instant donné ne permet pas de conclure que la croissance est durable (c'est-à-dire que $G < 0$ implique la non durabilité, mais $G > 0$ n'implique pas la durabilité).

Bien entendu, cette analyse suppose que les autres conditions d'optimalité comme la règle de Hotelling soient vérifiées. Elle suppose aussi que les prix soient les bons, soit parce que les prix de marché assurent l'efficacité, soit parce qu'on a mis en place un système de taxes et subventions.

3 Richesse, épargne véritable et produit national net

Nous revenons maintenant à la question de l'extension des comptes nationaux. Il s'agit de disposer d'une mesure du revenu national qui ne souffre pas des défauts bien connus du PIB. Un candidat est le Produit National Net, que nous définissons et dont nous montrons l'intérêt. Nous adoptons tout d'abord une approche comptable, puis nous plaçons dans un cadre théorique de croissance optimale afin de mettre en évidence les liens entre Produit National Net, richesse et bien-être social.

3.1 Les égalités comptables

Nous supposons les rendements d'échelle de la fonction de production constants par rapport aux trois facteurs, capital, travail et ressource naturelle.

Les égalités comptables sont les suivantes :

$$C + \dot{K} = Y = wN + rK + qR \quad 10.$$

où w désigne le salaire réel, égal à la productivité marginale du travail. La relation s'écrit encore

$$C + \underbrace{(\dot{K} + q\dot{X})}_G = \underbrace{Y + q\dot{X}}_{\text{PNN}} = \underbrace{wN + rK}_{\text{revenu national net}} \quad 11.$$

ou, en ajoutant l'aménité,

$$\underbrace{(C + pX)}_{\tilde{C}, \text{ conso. élargie}} + G = \underbrace{Y + q\dot{X} + pX}_{\text{PNN élargi}} = \underbrace{wN + rK + pX}_{\text{revenu national net élargi}} \quad 12.$$

La comptabilité usuelle, représentée par l'équation (10), surestime le Produit, l'Investissement et le Revenu puisqu'elle ne déduit pas la destruction du capital naturel. La comptabilité en termes de Produit National Net (PNN) corrige ce défaut (équation (11)). La comptabilité élargie va plus loin en incluant l'aménité du capital naturel dans la consommation élargie, le Produit National Net élargi et le Revenu National Net élargi (équation (12)).

Prenons maintenant en compte les gains en capital, qui se réduisent ici à la variation de la valeur du capital naturel.

La richesse de l'économie est :

$$W = K + qX \quad 13.$$

On en déduit, en utilisant la définition de l'épargne véritable,

$$\dot{W} = \dot{K} + q\dot{X} + \dot{q}X = G + \dot{q}X \quad 14.$$

La variation de la richesse au cours du temps est donc la somme de l'épargne véritable et du gain en capital sur le stock de ressource.

En utilisant la règle de Hotelling (7), on obtient la relation suivante à partir de (12) :

$$\tilde{C} + \dot{W} = \underbrace{Y + q\dot{X} + pX}_{\text{PNN élargi}} + \underbrace{\dot{q}X}_{\text{gain en capital}} = \underbrace{w_2N + rW}_{\text{revenu national élargi}} \quad 15.$$

Le Revenu National élargi est la somme du Produit National Net élargi et du gain en capital réalisé sur la valeur des actifs. La règle de Hotelling revient à poser l'égalité des taux de rendements des différents actifs. Elle assure ainsi la cohérence des comptes nationaux de production et de revenu. Le Revenu National élargi apparaît alors comme la masse salariale augmentée des intérêts rapportés par l'ensemble des actifs qui constituent la richesse nationale.

Ce type d'analyse, développé ici pour prendre en compte les aménités environnementales et le rôle productif des ressources naturelles, peut être étendu à d'autres éléments comme la prise en compte de la désutilité du travail, du capital humain, du capital de connaissances...

3.2 Optimisation intertemporelle et Produit National Net

Pourquoi le PNN (ou le PNN élargi) a-t-il un intérêt ? Constitue-t-il la bonne définition du revenu national ? Donne-t-il des indications sur la durabilité de l'économie ? La recherche théorique d'un sentier de croissance optimale permet de donner une réponse - théorique, elle aussi - à ces questions.

Un sentier de croissance optimal sur le plan de la production et de l'allocation des ressources maximise la valeur présente des consommations, calculée en prenant le taux d'intérêt monétaire comme taux d'actualisation.

Appelons V la valeur optimale de ce problème. Elle vérifie la relation suivante :

$$rV - \frac{\partial V}{\partial t} = (C + pX) + (\dot{K} + q\dot{X}) \quad 16.$$

Le second membre de cette relation n'est autre que le PNN élargi, somme de la consommation élargie \tilde{C} et de l'épargne véritable. Il est aussi égal au hamiltonien du problème d'optimisation, ce qui n'est pas surprenant puisque cet outil mathématique est conçu pour prendre en compte simultanément le gain instantané et les gains futurs dans le problème d'optimisation étudié.

Considérons maintenant le problème d'optimisation sociale, qui consiste à maximiser la valeur actualisée de l'utilité sous l'ensemble des contraintes techniques. Appelons V^u la valeur optimale de ce problème. Elle vérifie la relation suivante :

$$\rho V^u = U(C, X) + \lambda(\dot{K} + q\dot{X}), \quad \text{avec} \quad \lambda = U_C \quad 17.$$

Le terme représentant la dérivée de la valeur par rapport au temps a disparu, car nous avons supposé que le problème d'optimisation est autonome, au sens où l'environnement économique dans lequel l'agent représentatif prend ses décisions ne dépend pas de la date considérée mais seulement du niveau des stocks à cette date.

Cette nouvelle relation fait de nouveau intervenir l'épargne véritable, mais elle doit être multipliée par la variable λ représentant l'utilité marginale de la consommation. Cette relation revient en effet à tenir une comptabilité en termes d'utilité. L'utilité marginale λ représente le prix du bien en termes d'utilité.

L'équation (17) peut être interprétée de différentes façons.

L'expression ρV^u du membre de gauche est l'utilité constante équivalente. La référence au revenu permanent peut éclairer cette remarque. On sait que le revenu permanent est le revenu constant équivalent, en valeur actualisée, à la richesse de l'agent. En horizon infini il est égal aux intérêts rapportés par la richesse. De la même façon, dans le cas présent, l'utilité constante équivalente est égale aux intérêts associés à la valeur, calculés en utilisant le taux ρ de préférence pour le présent dont la fonction est d'actualiser les utilités.

Le membre de droite est le hamiltonien du problème. C'est lui qui permet de calculer l'utilité constante équivalente et apparaît donc comme un indicateur de durabilité. Mais comme le font remarquer Dasgupta et Mäler (2000), ceci est de peu d'utilité pratique, car le hamiltonien n'est pas linéaire en les quantités et n'est donc pas facile à calculer concrètement, contrairement au PNN¹²⁴.

Weitzman (1976), dans un papier influent, interprète le PNN comme étant la consommation constante équivalente. Il ne prend pas en compte l'aménité du capital naturel et fait l'hypothèse très forte d'une utilité fonction linéaire de la consommation de biens. On a donc $U(C) = C$ et. La relation (17) devient

$$\rho V^w = C + (\dot{K} + q\dot{X}) \quad 18.$$

On retrouve dans le membre de droite le Produit National Net qui apparaît ainsi comme un bon indicateur de durabilité. Cette méthode est tentante par sa simplicité mais est discutable car elle semble suggérer que l'on peut se contenter de raisonner en termes de niveau de consommation agrégé en échappant à la nécessité de mesurer directement le bien-être ou, indirectement, d'utiliser des prix. Elle donc d'application très limitée. Dès qu'existent plusieurs biens de consommation, dès qu'on prend en compte le loisir ou les aménités environnementales, on doit bien faire intervenir des prix.

¹²⁴ Hartwick (1990) et Weitzman (2000) proposent alors d'utiliser un hamiltonien linéarisé.

La relation (17) apparaît bien en définitive comme incontournable. Bien que faisant référence à une utilité inobservable, elle permet de dégager des conclusions utiles. Supposons qu'on adopte comme définition de la durabilité le fait que le bien-être social intertemporel ne décroisse jamais, i.e. $dV_t^u / dt \geq 0$, (Dasgupta (2001)). Alors

$$\frac{dV_t^u}{dt} \geq 0 \Leftrightarrow \lambda_t (\dot{K}_t + q_t \dot{X}_t) \geq 0 \Leftrightarrow G_t \geq 0 \quad 19.$$

Une épargne véritable courante positive à un instant donné indique donc que le bien-être intertemporel est non-décroissant à cet instant. Evidemment, ceci ne garantit pas que le bien-être social ne décroîtra jamais à l'avenir et que la croissance sera ainsi durable. Mais cela donne néanmoins un critère d'appréciation de la situation courante.

Sefton et Weale (1996) prennent le problème autrement en définissant de manière générale le PNN de la manière suivante :

$$PNN_t = \int_t^\infty r_\tau C_\tau e^{-\int_t^\tau r_s ds} d\tau \quad 20.$$

ce qui entraîne

$$\frac{d}{dt} PNN_t = r_t (C_t - PNN_t) \quad 21.$$

On retrouve ainsi l'idée que la constance du PNN est équivalente à la règle consistant à avoir une consommation égale au PNN¹²⁵.

Le PNN ainsi défini est identique à celui qui émerge de notre modèle. Il est facile en effet de vérifier que la définition $PNN = F(K, R) + q\dot{X}$ et la règle de Hotelling impliquent les relations (20) et (21).

4 Épargne véritable et environnement non stationnaire

La section précédente a montré que l'épargne véritable et le PNN constituaient une référence utile pour apprécier la durabilité de la croissance. Mais ces résultats étaient tributaires de l'hypothèse d'un environnement

¹²⁵ Weitzman (1976) définit le Produit National Net comme l'équivalent stationnaire des consommations futures (la consommation constante équivalente) :

$$Y_t^W = r_t \int_t^\infty C_\tau e^{-\int_t^\tau r_s ds} d\tau$$

Sa définition n'est donc identique à celle de Sefton et Weale que si le taux d'intérêt réel r est constant.

économique stationnaire. Qu'en est-il si le progrès technique modifie la fonction de production, si l'économie est ouverte et que les termes de l'échange se modifient, ou encore si la population n'est pas constante ?

4.1 Progrès technique exogène

Considérons tout d'abord le cas où un progrès technique exogène, au taux constant γ , vient déformer au cours du temps la fonction de production. Celle-ci s'écrit

$$Y = F(A, K, N, R), \quad \dot{A}/A = \gamma, \quad A_0 = 1 \quad 22.$$

où A est le progrès technique. Nous ne spécifions pas davantage la forme qu'il peut prendre (progrès technique augmentant le travail...).

Pour être en cohérence avec l'approche que nous avons adoptée ici, il faut définir l'épargne véritable en traitant formellement le progrès technique comme un stock de capital. Il faut donc définir le prix implicite de ce stock en termes de biens de consommation. Notons q_A ce prix. La définition de l'épargne véritable est alors

$$G = \dot{K} + q\dot{X} + q_A\dot{A} \quad 23.$$

L'annexe B montre que le prix implicite q_A et la valeur (fictive) $Q_A = q_A A$ du stock de progrès technique satisfont les conditions suivantes :

$$\dot{q}_A = (r - \gamma)q_A - F'_A \quad 24.$$

$$\dot{Q}_A = rQ_A - F'_A A \quad 25.$$

Pour interpréter plus concrètement ces relations, considérons le stock technologique A comme un stock de capital humain et q_A comme la valeur d'une unité de capital humain. F'_A est alors le salaire mesuré en unités efficaces et $F'_A A$ la masse salariale. Le rendement d'une unité de capital humain est la somme du salaire F'_A , de la valeur $q_A \gamma$ de la croissance exogène du capital humain et du gain en capital \dot{q}_A . Ce rendement doit être égal au taux d'intérêt. Enfin, la richesse humaine Q_A est la valeur actualisée des salaires futurs.

On montre en annexe B que l'on a alors

$$\dot{G} = rG - \frac{\dot{U}}{U_C}. \quad 26.$$

Une épargne véritable nulle entraîne une utilité constante : la règle de Hartwick tient. Elle s'écrit encore

$$\dot{K} = qR - \gamma Q_A \quad 27.$$

En présence de progrès technique donc, il est nécessaire d'investir moins que les rentes provenant de l'extraction de la ressource naturelle pour maintenir l'utilité constante. Bien que cette interprétation soit séduisante, elle se heurte pourtant au problème de la mesure des valeurs q_A et.

4.2 Économie ouverte

On considère une économie mondiale composée de deux pays, 1 et 2. Le pays 1 possède tout le stock mondial d'une ressource non renouvelable - disons le pétrole -, et exporte une partie de ce stock vers le pays 2. Les deux économies sont concurrentielles, peuvent échanger des biens et de la ressource, et il existe un marché financier mondial. Les agents des deux pays considèrent comme donnés les prix établis sur les marchés mondiaux. Nous supposons que la ressource n'a pas d'aménité pour les consommateurs, hypothèse naturelle dans le cas du pétrole. Il n'y a alors pas de problème d'évaluation du prix de la ressource. Son prix de marché assure l'efficacité de son usage.

Le pays 1 produit du bien de consommation avec du capital manufacturé et de la ressource épuisable (R_1). Il exporte de la ressource épuisable (R_2) au prix q donné, importe du bien de consommation (M), achète sur le marché financier international des titres (H_1) rapportant le taux d'intérêt. Il reviendrait au même de supposer qu'il acquiert du capital étranger. Les hypothèses sur la fonction de production sont habituelles.

Examinons tout d'abord dans ce cadre ce que deviennent les relations comptables mises en évidence en économie fermée.

Comptabilité standard pour les pays 1 et 2 :

$$C_1 + \dot{K}_1 + \underbrace{qR_2}_{\text{exports}} = \underbrace{(Y_1 - qR_1)}_{\text{VA branche biens conso}} + \underbrace{q(R_1 + R_2)}_{\text{VA branche ressource}} + \underbrace{M}_{\text{imports}} \quad 28.$$

$$C_2 + \dot{K}_2 + \underbrace{M}_{\text{exports}} = \underbrace{(Y_2 - qR_2)}_{\text{VA branche biens conso}} + \underbrace{qR_2}_{\text{imports}} \quad 29.$$

Comptabilité Produit National Net :

$$C_1 + (\dot{K}_1 + q\dot{X}) + qR_2 = \underbrace{(Y_1 - qR_1)}_{\text{PNN}} + M \quad 30.$$

$$C_2 + \dot{K}_2 + M = \underbrace{(Y_2 - qR_2)}_{\text{PNN}} + \underbrace{qR_2}_{\text{imports}} \quad 31.$$

Balance des paiements :

$$\underbrace{qR_2}_{\text{exports}} - \underbrace{M}_{\text{imports}} + \underbrace{rH_1}_{\text{transferts}} - \underbrace{\dot{H}_1}_{\text{bal. capitaux}} = 0 \quad 32.$$

$$M - qR_2 + rH_2 - \dot{H}_2 = 0 \quad 33.$$

$$H_1 + H_2 = 0 \quad 34.$$

Comptabilité Revenu Net :

$$C_1 + \underbrace{(\dot{K}_1 + q\dot{X} + \dot{H}_1)}_{\text{épargne véritable}} = \underbrace{(Y_1 - qR_1 + rH_1)}_{\text{revenu national net}} \quad 35.$$

$$C_2 + \underbrace{(\dot{K}_2 + \dot{H}_2)}_{\text{épargne véritable}} = \underbrace{(Y_2 - qR_2 + rH_2)}_{\text{revenu national net}} \quad 36.$$

Dans la comptabilité usuelle, le PIB du pays exportateur de pétrole est la somme de la VA de la branche non-pétrole et de la VA de la branche extractrice de pétrole. Il est sur-estimé car il ne prend pas en compte la destruction des ressources de pétrole. La comptabilité en termes de Produit National Net et d'Investissement Net corrige ce défaut.

En revanche, la comptabilité usuelle évalue correctement le PIB du pays importateur de pétrole puisqu'elle n'évalue que la valeur ajoutée d'une branche non-pétrole.

On déduit un Revenu National Net du Produit National Net en lui ajoutant les intérêts reçus de l'étranger.

Nous nous posons maintenant la question de savoir s'il est souhaitable que chaque pays ait comme objectif d'avoir une épargne véritable nulle.

La réponse est positive au niveau mondial. Dans un cadre parfaitement concurrentiel, un monde constitué de deux pays se comporte comme un pays unique. Le respect de la règle de Hartwick au niveau mondial a donc les mêmes mérites que dans un pays isolé. Il garantit la soutenabilité du niveau de consommation ou d'utilité.

Les épargnes véritables des deux pays sont

$$G_1 = \dot{K}_1 + \dot{H}_1 + q\dot{X} \quad 37.$$

$$G_2 = \dot{K}_2 + \dot{H}_2 \quad 38.$$

et l'épargne véritable mondiale est

$$G = G_1 + G_2 = \dot{K}_1 + \dot{K}_2 + q\dot{X} = 0. \quad 39.$$

La question est de déterminer les niveaux souhaitables de G_1 et, sachant que leur somme doit être nulle. Les niveaux souhaitables d'investissement, de production et d'utilisation des ressources dans les deux pays sont déterminés par des considérations d'efficacité productive ou, ce qui revient au même dans le cadre standard où nous nous situons, par le fonctionnement des marchés. La question est donc de déterminer les niveaux de \dot{H}_1 et, c'est-à-dire les échanges de capitaux entre les deux pays. Ceux-ci dépendent évidemment des situations initiales, créancière ou débitrice, des deux pays.

Les contraintes budgétaires des deux pays peuvent s'écrire sous la forme

$$\dot{H}_1 = rH_1 - \dot{K}_1 + Y_1 + qR_2 - C_1 \quad 40.$$

$$\dot{H}_2 = rH_2 - \dot{K}_2 + Y_2 - qR_2 - C_2 \quad 41.$$

Supposons pour simplifier que les deux pays aient la même population. Ils sont alors amenés à choisir les mêmes niveaux de production, d'investissement et d'utilisation de la ressource. Supposons aussi que les deux pays partent d'une situation symétrique, où tous deux ont les mêmes niveaux de capital physique et une position financière externe nulle. Une solution vraisemblable est que H_1 et H_2 restent nuls par la suite. Dans une optique de développement durable, chaque pays maintiendra sa consommation constante, mais la consommation

C_1 du pays exportateur de pétrole sera supérieure à celle,, du pays importateur. La raison en est simplement que le premier bénéficie de la valeur de ses exportations alors que le second doit financer ses importations¹²⁶.

Les épargnes véritables des deux pays sont alors, avec,

$$G_1 = \dot{K} + q\dot{X} = \dot{K} - q(R_1 + R_2) < 0 \quad 42.$$

$$G_2 = \dot{K} > 0 \quad 43.$$

Le pays exportateur a une épargne véritable négative et le pays importateur une épargne véritable positive.

Ce résultat assez naturel est en accord avec les données observées. Il convient pourtant de le mettre dans une juste perspective. Il dépend en effet cruciallement des situations financières initiales des deux pays. Dans une situation concurrentielle et en présence de marchés financiers parfaits les décisions d'organisation productive sont indépendantes des décisions de consommation et d'épargne. La règle de Hartwick ressortit du premier niveau. Elle devrait s'imposer au niveau mondial. La répartition des épargnes véritables entre les différents pays dépend en revanche des choix de profils de consommation et d'épargne choisis par les différents pays. Aucune logique générale ne s'impose donc. Il n'y a pas de raison en tous cas de prôner une épargne véritable nulle au niveau de chaque pays.

Dans le cadre général que nous avons retenu jusqu'alors, on peut montrer (annexe C) que l'on a

$$\dot{G}_1 - rG_1 = -\dot{C}_1 + iH_1 + rqR_2 \quad 44.$$

Deux effets apparaissent en économie ouverte qui n'apparaissent pas (se compensent) en économie fermée : l'effet des termes de l'échange intertemporels sur les actifs détenus par l'économie à l'étranger et l'effet termes de l'échange externe, dû au fait que le prix du stock de ressource augmente (selon la terminologie de Sefton et Weale (2006)). Sefton et Weale estiment que le premier effet est en général négligeable face au second. Alors, si le pays exportateur de ressource épuisable suit la règle de Hartwick, il n'obtient pas une consommation constante mais croissante :

$$G_1 = 0 \Rightarrow \dot{C}_1 = rqR_2 \quad 45.$$

Comme le prix de la ressource naturelle exportée q augmente au cours du temps, le pays exportateur voit augmenter sa consommation sans avoir investi.

Si on utilise la définition générale du PNN de Sefton et Weale (1996) (équation (20), on obtient, pour le pays exportateur,

¹²⁶ Cette solution est celle qui émerge d'un modèle où chaque pays met en oeuvre sa stratégie maximin optimale. Comme on le sait depuis Solow (1974), la stratégie optimale consiste alors à avoir un montant d'investissement physique constant et le capital physique croît donc de manière linéaire, en se substituant à l'utilisation de la ressource.

$$\text{PNN}_{1t} = C_{1t} + G_{1t} + \int_t^\infty r_\tau q_\tau R_{2\tau} e^{-\int_t^\tau r_s ds} d\tau + \int_t^\infty \dot{r}_\tau H_{1\tau} e^{-\int_t^\tau r_s ds} d\tau \quad 46.$$

Notons que l'effet termes de l'échange externe rend le PNN d'une économie exportatrice de ressources naturelles ainsi calculé plus élevé que le PNN habituel. C'est l'inverse pour une économie importatrice.

Le problème avec cette expression est qu'elle est peu opératoire. L'intérêt du PNN habituel est qu'il est facilement calculable car il est linéaire en les quantités courantes, ce qui permet de remplacer l'estimation d'une grandeur intertemporelle, le bien-être social, par celle d'une grandeur courante. Ici apparaissent deux termes intertemporels peu faciles à évaluer.

4.3 Croissance de la population

Nous avons jusqu'à présent considéré que la population est constante. Cette hypothèse n'est cependant pas valide à court terme, surtout dans le cas des pays en développement. Supposons à la suite de Arrow, Dasgupta et Mäler (2003) que le bien-être social est fonction de l'utilité totale de la population à chaque instant, c'est-à-dire à la fois de l'utilité par tête et de la taille de la population¹²⁷.

L'utilité totale est $N_t U(c_t, x_t)$, où c_t est la consommation par tête et $x_t = X_t / N_t$ le stock de ressource non renouvelable par tête¹²⁸. La fonction de production est $Y_t = F(K_t, N_t, R_t)$. La population est formellement traitée comme un stock de capital. Son évolution est donnée par

$$\dot{N}_t = \phi(N_t) \quad 47.$$

On définit l'épargne véritable de la façon habituelle comme la somme des investissements nets en valeur :

$$G_t = \dot{K}_t + q_t \dot{X}_t + \pi_t \dot{N}_t \quad 48.$$

π est le prix implicite de la population en terme de prix du bien de consommation.

La difficulté pratique consiste à évaluer ce prix, qui ne peut a priori pas être obtenu comme un prix de marché. Il nous faut donc nous référer à un modèle d'optimisation intertemporelle. On montre (annexe D) que le prix de la population évolue au cours du temps de la façon suivante (en notant $x = X / N$) :

¹²⁷ Voir également Asheim (2004).

¹²⁸ Pour que cette écriture ait un sens il faut que l'aménité pertinente soit bien une aménité par tête. Le cas du changement climatique et plus généralement des pollutions globales nécessite un traitement différent.

$$\dot{\pi} = (r - \phi'(N))\pi - \left(\frac{U}{U'_c} - px + w - c \right) \quad 49.$$

Précisons notre modèle d'optimisation intertemporelle en considérant un objectif maximin correspondant à la recherche d'une croissance durable, ne lésant pas les générations futures. Comme dans d'Autume-Schubert (2008), nous spécifions la fonction d'utilité sous la forme

$$U(c, x) = \frac{u(c, x)^{1-1/\sigma}}{1-1/\sigma} \quad 50.$$

puis nous faisons tendre vers zéro l'élasticité intertemporelle de substitution.

Le niveau d'utilité disparaît alors de la formule ci-dessus, puisque

$$\frac{U}{U'_c} = -\frac{\sigma}{1-\sigma} \frac{u}{u'_c} \quad 51.$$

et l'équation d'évolution du prix fictif devient¹²⁹

$$\dot{\pi} = (r - \phi'(N))\pi - (w - c - pc) \quad 52.$$

Le prix de la population apparaît comme la valeur actualisée, calculée en tenant compte de la croissance de la population, de l'écart entre le salaire, représentant la valeur productive d'un individu, et sa consommation élargie.

On montre (annexe D) que

$$\dot{G} - rG = -\frac{N\dot{u}}{u_c} \quad 53.$$

Une économie suivant la règle de Hartwick assure donc la constance de l'utilité individuelle. La règle garantit bien la durabilité de la croissance. Mais, de nouveau, sa mise en œuvre nécessite l'utilisation d'un prix fictif qu'il est difficile de mesurer.

¹²⁹ Le prix relatif p de l'aménité, a priori égal au TMS calculé en utilisant la fonction d'utilité U , est aussi égal au TMS calculé en utilisant la fonction u .

5 Conclusion

Les concepts d'épargne véritable et de produit national net, ou vert, découlent de manière naturelle des principes de la comptabilité nationale. Si l'on veut évaluer la croissance réelle de l'économie et apprécier sa durabilité, il faut prendre en compte tous les actifs de l'économie, mesurer leur évolution, positive ou négative, ainsi que les bénéfices monétaires et non-monétaires qu'ils procurent. Comme toujours, cette opération nécessite l'utilisation de prix. Elle s'appuie autant que possible sur des prix de marché mais doit recourir à des prix conventionnels pour prendre en compte des phénomènes comme l'environnement ou l'accumulation de connaissances qui échappent au marché. La comptabilité nationale rejoint alors la théorie économique. La mesure du bien-être n'est pas possible directement. Mais elle constitue l'arrière-plan théorique de la comptabilité nationale.

Nous avons montré que la théorie de la croissance en présence de ressources naturelles contribue effectivement à donner un fondement aux notions d'épargne véritable et de produit national net. La théorie confirme le résultat intuitif selon lequel la durabilité de la croissance impose une épargne véritable nulle, afin de préserver les capacités de consommation et de bien-être de toutes les générations, présentes et futures. La règle de Hartwick met ainsi à égalité toutes ces générations, en égalisant leurs niveaux d'utilité. Sa validité est très large comme nous nous sommes attachés à le montrer en tenant compte successivement du progrès technique, des échanges internationaux et de la croissance de la population.

La théorie indique aussi quels prix devraient être pris en compte pour mesurer correctement les actifs de l'économie qui échappent, totalement ou partiellement, aux mécanismes de marché. Il s'agit, comme toujours, de prix fictifs d'un modèle d'optimisation. Leur définition peut guider le comptable national dans l'analyse des mécanismes qu'il conviendrait de prendre en compte. Elle ne lui fournit malheureusement pas de procédure concrète de mesure. Des mesures peuvent pourtant être obtenues, par exemple par les méthodes d'évaluation contingente qui s'attachent à mesurer le consentement à payer pour préserver tel ou tel élément de l'environnement. Mais leurs possibilités d'application restent limitées. Elles ne permettent évidemment pas de mesurer le coût que les agents attachent au réchauffement climatique. On peut alors penser à utiliser des évaluations conventionnelles, certes largement arbitraires mais ayant le mérite de fournir des ordres de grandeur et de baliser ainsi le domaine des possibles. La recherche sur les nouveaux indicateurs de la croissance se heurte à de graves problèmes de disponibilité des données. Elle a pourtant des marges de progression importantes.

Bibliographie

ARROW, K. J., P. DASGUPTA ET K.-G. MÄLER, 2003, “The genuine savings criterion and the value of population”, *Economic Theory*, 20, 217-225.

ASHEIM, G., 2000, “Green national accounting: why and how ?” *Environment and Development Economics*, 5, 25-48.

ASHEIM, G., 2004, “Green national accounting with a changing population”, *Economic Theory*, 23, 601-619.

ASHEIM, G., 2007, “Can NNP be used for welfare comparisons ?” *Environment and Development Economics*, 12, 11-31.

D'AUTUME, A. ET K. SCHUBERT, 2008, “Hartwick's rule and maximin paths when the exhaustible resource has an amenity value”, *Journal of Environmental Economics and Management*, à paraître.

DASGUPTA, P. ET G. HEAL, 1974, “The optimal depletion of exhaustible resources”, *Review of Economic Studies* (symposium), 3-28.

DASGUPTA, P., 2001, “Human well-being and the natural environment”, *Oxford University Press*.

DASGUPTA, P. ET K.-G. MÄLER, 2000, “Net national product, wealth, and social well-being”, *Environment and Development Economics*, 5, 69-93.

HAMILTON, K. ET M. CLEMENS, 1999, “Genuine saving in developing countries”, *World Bank Economic Review*, 13, 33-56.

HARTWICK, J., 1977, “Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources”, *American Economic Review*, 66(5), 972-974.

HARTWICK, J., 1990, “Natural resources, national accounting and economic depreciation”, *Journal of Public Economics*, 43, 291-304.

KRAUTKRAEMER, J.A., 1985, “Optimal growth, resource amenities and the preservation of natural environments”, *Review of Economic Studies*, 52, 153-170.

SEFTON, J.A. ET M.R. WEALE, 1996, “The net national product and exhaustible resources: The effects of foreign trade”, *Journal of Public Economics*, 61, 21-47.

SEFTON, J.A. ET M.R. WEALE, 2006, “The concept of income in a general equilibrium”, *Review of Economic Studies*, 73, 219-219.

SOLOW, R., 1974, "Intergenerational equity and exhaustible resources", *Review of Economic Studies* (symposium), 29-45.

WEITZMAN, M., 1976, "On the welfare significance of National Product in a dynamic economy", *Quarterly Journal of Economics*, 99, 156-162.

WEITZMAN, M., 2000, "The linearized Hamiltonian as a comprehensive NDP", *Environment and Development Economics*, 5, 55-68.

Annexe

A. La règle de Hartwick

On dérive alors par rapport au temps l'équation d'accumulation du capital (1), en supposant la population constante :

$$\begin{aligned}\ddot{K} &= F'_K \dot{K} + F'_R \dot{R} - \delta \dot{K} - \dot{C} \\ &= r\dot{K} + q\dot{R} - \dot{C} + \dot{q}R - \dot{q}R \\ &= r\dot{K} + q\dot{R} - \dot{C} + \dot{q}R - rqR \\ &= r(\dot{K} - qR) + q\dot{R} - \dot{C} + \dot{q}R\end{aligned}$$

dont on déduit

$$\frac{d(\dot{K} - qR)}{dt} = r(\dot{K} - qR) - \dot{C}$$

c'est-à-dire

$$\dot{G} = rG - \dot{C}$$

B. Progrès technique exogène

Le programme du planificateur est (en ne prenant pas en compte la dépréciation du capital pour simplifier) :

$$\begin{aligned}\max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C_t, X_t) dt \\ \dot{K}_t &= F(A_t, K_t, N_t, R_t) - C_t \\ \dot{X}_t &= -R_t \\ \dot{A}_t &= \gamma A_t\end{aligned}$$

Le hamiltonien courant s'écrit :

$$\mathbf{H} = U(C, X) + \lambda(F(A, K, N, R) - C) - \mu R + \omega \gamma A$$

et les conditions du premier ordre sont (en omettant la condition portant sur le travail) :

$$\begin{aligned}\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial C} &= U'(C) - \lambda = 0 \\ \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial R} &= \lambda F'_R - \mu = 0 \\ -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial K} &= -\lambda F'_K = \dot{\lambda} - \rho\lambda \\ -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial X} &= -U'_X = \dot{\mu} - \rho\mu \\ -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial A} &= -\lambda F'_A - \gamma\omega = \dot{\omega} - \rho\omega\end{aligned}$$

dont on déduit, en notant $q = \mu / \lambda$ et $q_A = \omega / \lambda$:

$$\begin{aligned}F_R &= q, \\ \dot{q} + p &= rq, \\ \dot{q}_A &= (r - \gamma)q_A - F_A\end{aligned}$$

On dérive par rapport au temps les équations d'accumulation du capital et d'évolution du stock de ressource, et on obtient

$$\ddot{K} = r\dot{K} + q\dot{R} + F'_A\dot{A} - \dot{C} = r\dot{K} - q\ddot{X} + F'_A\dot{A} - \dot{C}$$

i.e.

$$\ddot{K} = r\dot{K} - q\ddot{X} + F'_A\dot{A} - \dot{C} = r\dot{K} - q\ddot{X} + F'_A\dot{A} - \dot{C} + (rq - \dot{q} - p)\dot{X} + ((r - \gamma)q_A - \dot{q}_A - F'_A)\dot{A}$$

ou encore, avec $\dot{C} = \frac{\dot{U}}{U'_C} - p\dot{X}$,

$$\ddot{K} = r\dot{K} - q\ddot{X} - \frac{\dot{U}}{U'_C} + (rq - \dot{q})\dot{X} + ((r - \gamma)q_A - \dot{q}_A)\dot{A}$$

i.e.

$$\ddot{K} + q\ddot{X} + \dot{q}\dot{X} + q_A\ddot{A} + \dot{q}_A\dot{A} = r(\dot{K} + q\dot{X} + q_A\dot{A}) - \frac{\dot{U}}{U'_C}$$

i.e.

$$\frac{d}{dt}(\dot{K} + q\dot{X} + q_A\dot{A}) = r(\dot{K} + q\dot{X} + q_A\dot{A}) - \frac{\dot{U}}{U'_C}$$

i.e.

$$\dot{G} = rG - \frac{\dot{U}}{U'_C}$$

C. Économie ouverte

D'après l'équation (40) du texte,

$$\dot{K}_1 + \dot{H}_1 = F(K_1, R_1) + rH_1 + qR_2 - C_1$$

$$\ddot{K}_1 + \ddot{H}_1 = r\dot{K}_1 + q\dot{R}_1 + r\dot{H}_1 + q\dot{R}_2 + \dot{r}H_1 + \dot{q}R_2 - \dot{C}_1 = r(\dot{K}_1 + \dot{H}_1) - q\ddot{X} + \dot{r}H_1 + \dot{q}R_2 - \dot{C}_1$$

i.e.

$$\begin{aligned} \ddot{K}_1 + \ddot{H}_1 + q\ddot{X} + \dot{q}\dot{X} &= r(\dot{K}_1 + \dot{H}_1) + \dot{r}H_1 + \dot{q}R_2 + \dot{q}\dot{X} - \dot{C}_1 \\ &= r(\dot{K}_1 + \dot{H}_1) + \dot{r}H_1 + rq(\dot{X} + R_2) - \dot{C}_1 \end{aligned}$$

i.e.

$$\frac{d}{dt}(\dot{K}_1 + \dot{H}_1 + q\dot{X}) = r(\dot{K}_1 + \dot{H}_1 + q\dot{X}) + \dot{r}H_1 + rqR_2 - \dot{C}_1$$

i.e.

$$\dot{G}_1 - rG_1 = \dot{r}H_1 + rqR_2 - \dot{C}_1$$

D. Croissance de la population

Le programme du planificateur est

$$\max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} N_t U\left(c_t, \frac{X_t}{N_t}\right) dt$$

$$\dot{K}_t = F(K_t, N_t, R_t) - N_t c_t$$

$$\dot{X}_t = -R_t$$

$$\dot{N}_t = \phi(N_t)$$

$$K_0, X_0, N_0 \text{ donnés}$$

Hamiltonien courant :

$$\mathbf{H} = NU\left(c, \frac{X}{N}\right) + \lambda(F(K, N, R) - Nc) - \mu R + \gamma\phi(N)$$

Conditions du premier ordre :

$$\begin{aligned}\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial c} &= NU'_c - \lambda N = 0 \\ \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial R} &= \lambda F'_R - \mu = 0 \\ -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial K} &= -\lambda F'_K = \dot{\lambda} - \rho\lambda \\ -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial X} &= -U'_x = \dot{\mu} - \rho\mu \\ -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial N} &= -U\left(c, \frac{X}{N}\right) + U'_x \frac{X}{N} - \lambda(F'_N - c) - \gamma\phi'(N) = \dot{\gamma} - \rho\gamma\end{aligned}$$

Définition de l'épargne véritable :

$$G_t = \dot{K}_t + q_t \dot{X}_t + \pi_t \dot{N}_t$$

avec $q = \mu / \lambda$ et $\pi = \gamma / \lambda$ et, d'après les conditions d'optimalité précédentes (avec les notations habituelles et $x = X / N$),

$$\begin{aligned}\lambda &= U'_c \\ q &= F'_R \quad \dot{q} = rq - p \\ \dot{\pi} &= (r - \phi'(N))\pi - \left(\frac{U}{U'_c} - px + w - c\right)\end{aligned}$$

soit, comme indiqué dans le texte,

$$\dot{\pi} = (r - \phi'(N))\pi - (w - c) - px,$$

si l'on fait tendre vers zéro l'élasticité de substitution.

On a :

$$\begin{aligned}G &= \dot{K} - qR + \pi\dot{N} \\ \ddot{K} &= r\dot{K} + w\dot{N} + q\dot{R} - c\dot{N} - N\dot{c} \\ \ddot{N} &= \phi'(N)\dot{N} \\ \dot{G} &= \ddot{K} - q\dot{R} - \dot{q}R + \dot{\pi}\dot{N} + \pi\ddot{N}\end{aligned}$$

d'où , en remplaçant et en utilisant les conditions du premier ordre et,

$$\begin{aligned}\dot{G} - rG &= -N(\dot{c} + p\dot{x}) \\ &= -\frac{N\dot{u}}{u'_c}\end{aligned}$$

Car $\dot{u} = u'_c \dot{c} + u'_x \dot{x} = u'_c (\dot{c} + p\dot{x})$.

POTENTIALITÉS ET LIMITES DE L'APPROCHE EN TERMES D'INDICATEURS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Michel DAVID

Institut français de l'environnement (IFEN)

Résumé

« A widely led view of sustainable development is that it refers at once to economic, social and environmental needs. According to this view there must be no single focus (or object) of sustainability, but instead all of the economic, social and environmental systems must be simultaneously sustainable in and of themselves ».

Cette présentation liminaire de l'approche en termes de piliers, proposée dans le manuel de comptabilité économique et environnementale intégrées¹³⁰, est prometteuse. En pratique cependant, l'analyse systémique d'un tableau d'indicateurs de développement durable (IDD) est impossible à l'œil nu, compte tenu de la masse d'information qu'il convient d'interpréter. Si l'on s'en tient aux 11 indicateurs clés européens par exemple, une comparaison entre les 27 pays de l'UE nécessite l'interprétation d'un tableau à 297 cases. Le suivi temporel implique le traitement d'une information plus volumineuse encore. Dès lors, on imagine la difficulté rencontrée pour analyser les 78 indicateurs de développement durable correspondant au niveau de nomenclature le plus fin au niveau européen.

Pour délivrer un message synthétique, certains proposent le recours à des indicateurs composites découlant d'une moyenne d'indicateurs élémentaires, à l'image de l'Environmental sustainable index et de l'Environmental performance index. Mais on bute ici sur le problème des pondérations, qui relève davantage d'un choix normatif que scientifique. L'approche par l'analyse factorielle des données (AFD) est fructueuse. Elle permet en effet de visualiser simultanément pays, indicateurs et même piliers, voire de prendre en compte plusieurs années pour une analyse temporelle des IDD. L'AFD relève d'une démarche systémique et permet de délivrer un message synthétique.

Elle révèle cependant les limites qui affectent la pertinence de l'approche en termes de tableaux de bord d'IDD :

- l'accès à une information robuste et autorisant les comparaisons (concepts, millésime..) est rarement assuré
- l'ambivalence de certains indicateurs peut induire des diagnostics pour le moins discutables
- le rôle des effets de structure, souvent ignoré dans les comparaisons spatiales, conditionne une grande partie des écarts de « performance » observés entre pays.

L'ensemble de ces difficultés suggère de renforcer la place dévolue aux précisions méthodologiques et aux aides à l'interprétation à côté des tableaux et graphiques de résultats proprement dits, afin d'éviter les interprétations erronées.

¹³⁰ <http://millenniumindicators.un.org/unsd/envaccounting/seea2003.pdf>

1 Mesurer le progrès vers une Europe plus soutenable

1.1 De nouveaux indicateurs liés à la nouvelle stratégie européenne

Avertissement : la présentation synthétique ci-dessous reprend en grande partie les informations figurant sur le site d'Eurostat. Sa lecture est indispensable pour comprendre le choix des indicateurs retenus dans la suite.

La stratégie de l'Union européenne en faveur du développement durable (SDD), qui avait été initialement adoptée à Göteborg en Juin 2001, et qui a été renouvelée en Juin 2006, expose (..) comment l'Union Européenne devra tenir ses engagements pour faire face aux défis du développement durable. Elle réaffirme l'objectif global de parvenir à une amélioration continue de la qualité de la vie et du bien-être sur terre pour les générations présentes et futures, (..) tout en assurant la prospérité, la protection environnementale et la cohésion sociale.

L'évaluation et le suivi forment une partie intégrale de la Stratégie, qui prévoit qu'Eurostat doit mettre à jour tous les deux ans un rapport de suivi. La liste d'indicateurs a été développée par la Commission européenne, en coopération avec les États membres, au travers du groupe de travail d'Eurostat sur les indicateurs de développement durable (IDD).

Le cadre de référence pour les IDD est basé sur dix thèmes¹³¹,

- *le développement socio-économique*
- *la consommation et production soutenables*
- *l'inclusion sociale*
- *les changements démographiques*
- *la santé publique*
- *le changement climatique et énergie*
- *le transport soutenable*
- *les ressources naturelles*
- *le partenariat global*
- *la bonne gouvernance,*

qui reflètent les sept défis-clés de la Stratégie,

1. *Le changement climatique et l'énergie propre*
2. *Les transports soutenables*
3. *La consommation et la production soutenables*
4. *La conservation et la gestion des ressources naturelles*
5. *La santé publique*
6. *L'inclusion sociale, la démographie et les migrations*

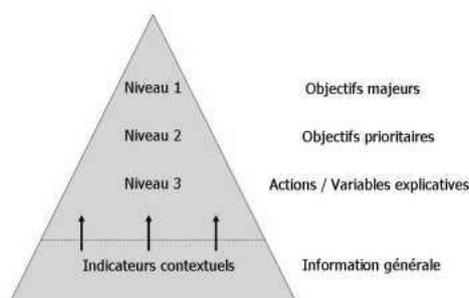
¹³¹ Traduction due à l'auteur de cette contribution

7. Les défis liés à la pauvreté globale et au développement durable

ainsi que l'objectif de prospérité économique, et les principes directeurs liés à la bonne gouvernance.

Les thèmes (..) (sont) divisés en sous-thèmes pour organiser la liste de manière à refléter les objectifs opérationnels et les actions contenus dans la SDD.

Afin de faciliter la communication, la liste des indicateurs est conçue comme une pyramide à trois niveaux (..) : objectifs généraux, objectifs opérationnels, actions (..). Elle est complétée par des indicateurs contextuels, qui fournissent une information de fond utile, mais qui n'évaluent pas directement les objectifs de la stratégie.



La liste exhaustive des indicateurs est disponible à l'annexe « Reweewed list of sustainable development indicators » du document [1].

On dénombre maintenant 11 indicateurs de niveau 1, 33 indicateurs de niveau 2 et 78 de niveau 3.

Enfin, 10 indicateurs contextuels ont été retenus. Par exemple, pour le thème 2 (Social inclusion, sous-thème éducation), l'indicateur contextuel est la dépense publique d'éducation.

1.2 Un diagnostic du développement durable en Europe

Le document « Measuring progress towards a more sustainable Europe » [1] constitue un travail remarquable fait dans un laps de temps contraint. En 300 pages environ, il présente une analyse fouillée des trois types d'indicateurs associés à la nouvelle stratégie européenne en matière de développement durable.

Chaque thème, par exemple « Changement climatique et énergie », présente successivement le contexte politique, les critères qui ont présidé au choix des indicateurs et les liens potentiels avec d'autres thèmes. Les indicateurs sont ensuite systématiquement analysés l'un après l'autre. En outre, il est assorti de précisions méthodologiques, par exemple sur le calcul des indicateurs ou encore sur la façon d'apprécier les changements¹³².

Les auteurs soulignent cependant les limites de l'exercice induites par le changement de stratégie et la nécessité d'élaborer de nouveaux indicateurs qu'elle a imposée. « *However, it is clear from the information presented in this report that there are limitations to some existing indicators, and some objectives are not adequately (or not at all) monitored due to the lack of appropriate statistics (..)* ».

1.3 Les limites de cette approche

L'approche reste séquentielle, dans la mesure où l'interaction entre indicateurs n'est jamais étudiée¹³³. Il apparaît donc difficile d'apprécier la cohérence des processus en cours et de répondre aux questions suivantes :

¹³² Box 0.1 Evaluation of changes – P 7.

¹³³ Les auteurs du rapport ont tout à fait conscience de cette limite, liée pour l'essentiel au manque de temps.

le développement économique est-il compatible avec le progrès social et la préservation de l'environnement ? Les processus sont-ils au contraire antagoniques en Europe au cours de la période récente ?

De plus, malgré sa qualité, le rapport ne permet pas de juger de la tendance ou non à l'accroissement de la cohésion intra communautaire en termes de développement durable.

Enfin, le résultat de l'analyse reste volumineux, au détriment d'une vision synthétique indispensable pour les décideurs politiques pressés.

Les attentes exprimées dans le cadre de la préparation du comité du programme statistique européen programmé en novembre 2008 reflètent d'ailleurs ce besoin d'une approche systémique du développement durable : « *The work on sustainable indicators will continue to be refined and completed taking into account the revised EU Sustainable development strategy (...). Focus will shift increasingly to analysis of inter-linkages between indicators, review of national indicators and improvement of quality and dissemination tools* » [2].

Dans le cas de la France, les remarques et attentes exprimées dans le cadre d'un récent *Rapport d'information à l'Assemblée nationale* sont d'une portée voisine : « *L'objectif à terme n'est pas de juxtaposer ainsi une batterie d'indicateurs, mais de les intégrer dans un ensemble cohérent. (...)* » [3].

2 Enjeux en termes d'indicateurs et propos de la contribution

2.1 Aspects conceptuels

Le rapport de l'inspection générale de l'Insee [4] formule des critiques conceptuelles parfois radicales à l'encontre de l'approche en termes d'indicateurs de développement durable. Sur ce thème également, on pourra consulter la fiche « Objectifs des indicateurs, diverses approches, critères de qualité » du dossier de l'Ifen.

2.2 Une réponse possible au besoin de synthèse

L'approche en termes d'indicateurs composites constitue une réponse possible face au besoin d'information synthétique. Cette approche est notamment illustrée par « L'indice de durabilité environnementale - "Environmental Sustainability Index" (ESI) » et « L'indice de performance environnementale - Environmental Performance Index" (EPI) » [5].

La critique majeure adressée à ce type d'études, dont certaines présentent néanmoins un intérêt incontestable¹³⁴, porte sur les systèmes de pondération des indicateurs élémentaires, qui relèvent inévitablement de choix normatifs.

Les travaux de Vincent Marcus¹³⁵ relèvent d'une démarche voisine, cantonnée à l'analyse des indicateurs de développement durable. Ils proposent une comparaison « normalisée » des performances des pays européens en matière de développement durable, mais ne cherchent pas à proposer une approche systémique fondée sur une analyse simultanée des indicateurs et des pays.

¹³⁴ EPI en particulier consacré exclusivement à l'environnement.

¹³⁵ Dossier « Les indicateurs de développement durable ». *L'économie française 2008 – Edition 2008*. Insee.

2.3 Le propos de cette contribution

Peut-on délivrer un message synthétique, compréhensible et univoque à partir d'une analyse systémique des indicateurs de développement durable ?

C'est la le propos ambitieux (trop sans doute !) de la démarche proposée dans la suite.

3 La démarche retenue

La démarche retenue est essentiellement exploratoire. Elle repose sur le recours à l'analyse factorielle des données, le but étant de donner une représentation simplifiée d'un ensemble volumineux d'informations, de visualiser les interactions éventuelles entre indicateurs et d'apprécier le positionnement relatif des pays européens.

L'analyse retrainte au tableau contenant les indicateurs de niveau 1 pour les pays de l'Union européenne à 15 est suffisante pour illustrer la démarche¹³⁶. Le traitement du tableau construit pour les pays de l'UE à 15 et qui prendrait en compte les indicateurs de niveaux 2, voire 3 est possible.

3.1 L'analyse statique

Il s'agit ici d'apprécier le positionnement relatif des différents pays par rapport aux indicateurs et de rechercher d'éventuelles positions de cumul de handicaps ou au contraire des atouts. Quelques amendements ont été apportés aux données : des indicateurs ont été écartés ou remplacés, d'autres ont fait l'objet d'un calcul spécifique (Annexe 1).

Les indicateurs retenus pour l'analyse statique

Pays	id	cr0507	pr04	ps06	empa06	evh05	cc05	enr05	tr04	na07	poids
Autriche	at	2.2	1.46	13	35.5	76.7	135.7	20.5	148.4	88	1
Belgique	be	1.7	1.51	15	32	76.2	105.8	3.5	120.3	100	1
Allemagne	de	2.1	1.67	13	48.4	76.7	102.9	4.8	99.5	99	1
Danemark	dk	2.7	1.29	12	60.7	76	116.7	16.2	115.5	100	1
Espagne	es	2.4	0.91	20	44.1	77	132.4	6.1	147.3	95	1
Finlande	fi	3.5	0.7	13	54.5	75.6	97.4	23.2	115.5	99	1
France	fr	1.6	1.75	13	38.1	76.7	98.1	6	113.6	91	1
Grèce	gr	3.6	0.57	21	42.3	76.8	100.3	5.2	123.8	99	1

¹³⁶ La présentation PPT utilisée lors du 12^{me} colloque de l'ACN illustre l'analyse conduite selon le même principe, mais sur les 27 pays de l'Union européenne.

Irlande	ie	3.2	1.06	18	53.1	77.3	111.0	2.7	196.3	86	1
Italie	it	0.8	1.54	20	32.5	77.9	119.9	6.5	127.2	100	1
Luxembourg	lu	3.9	1.51	14	33.2	76.7	139.4	1.6	202	97	-1
Pays-Bas	nl	2.3	1.54	10	47.7	77.2	105.2	3.5	121.2	100	1
Portugal	pt	0.6	0.66	18	50.1	74.9	110.6	13.4	149.9	88	1
Suède	se	3.1	1.17	12	69.6	78.5	89.0	29.8	107.3	99	1
Royaume-Uni	uk	2.1	1.64	19	57.4	77.1	96.3	1.7	114.2	95	1
Ue15	ue15	2.0	1.43	16	45.3	77	106.5	6.7	117.2	96	-1

Source : Eurostat

cr0507 : taux de croissance annuel moyen du Pib par habitant de 2005 à 2007

pr04 : productivité des ressources en 2004 en euros par kg

ps06 : taux de pauvreté après transferts sociaux (hommes+femmes) en 2006

empa06 : taux d'emploi des personnes âgées de 55 à 64 ans en 2006

phf03 : espérance de vie des femmes en bonne santé en 2003 - indicateur non retenu

evh05 : espérance de vie des hommes à la naissance en 2005

cc05 : indice des émissions de gaz à effets de serre : rapport à la cible en 2005

enr05 : part en % des énergies renouvelables dans le consommation brute d'énergie intérieure en 2005

tr04 : indice - 100 en 1995 du rapport Cons. énergie des transports / PIB à prix constants

na07 : suffisance des sites désignés sous la Directive Habitats de l'UE

Poids : 1 si l'observation est active, -1 si elle est illustrative

3.2 L'approche dynamique

La période retenue est assez longue pour disposer d'évolutions significatives. L'année de base est le plus souvent 2000. L'année d'arrivée correspond à l'année étudiée dans le cadre de l'approche statique. Les évolutions sont mesurées en valeur absolue, bien que l'on puisse imaginer d'autres modes de calcul (variation relative par exemple).

Les indicateurs retenus pour l'analyse des évolutions

Pays	Id	evtcrois	evpr	evrisqp	eveage	eveh	evges	evenr	evtr	evnatur a	poids
Autriche	at	1.3	0.01	1	6.7	1.5	33	-2.7	32	13	1

Belgique	be	0.5	0.11	2	5.7	1.6	5	2.2	6.2	9	1
Allemagne	de	1.7	0.24	2	10.8	1.6	20	2	-5.4	72	1
Danemark	dk	2.2	0.02	2	5	1.5	18	5.4	9.4	3	1
Espagne	es	0.8	0.02	1	7.1	1.2	0	0.4	21. 3	8	1
Finlande	fi	1.3	0.04	2	12.9	1.4	-1	-0.7	8.6	13	1
France	fr	0.7	0.22	0	8.2	1.4	-1	-1	-3.3	18	1
Grèce	gr	-0.4	0.07	1	3.3	1.3	-18	0.2	11. 9	10	1
Irlande	ie	-0.2	0.19	-3	7.8	3.3	-13	0.9	25. 4	-8	1
Italie	it	0.5	0.16	1	4.8	0.9	13	1.3	26. 1	9	1
Luxembourg	lu	1.7	0.11	2	6.5	2.1	64	0	58. 4	0	-1
Pays-Bas	nl	1.7	-0.16	-1	9.5	1.7	5	1.1	9.8	0	1
Portugal	pt	0.4	-0.03	-2	-0.6	1.7	-24	-2	15. 6	8	1
Suède	se	1.2	0	3	4.7	1.1	-5	-1.6	1.3	25	1
Royaume-Uni	uk	0.0	0.16	1	6.7	1.6	10	0.6	3.1	8	1
Ue15	ue15	0.9	0.13	1	7.5	1.5	10	0.8	4.4	12.8	-1

Source : Eurostat

evtrois : variation absolue du taux de croissance moyen entre 2001-2004 et 2007

evpr : variation absolue de la productivité des ressources entre 2000 et 2004

evrisqp : variation absolue du risque de pauvreté entre 2001 et 2006

eveage : variation absolue du taux d'emploi des seniors entre 2000 et 2006

evvh : variation absolue de l'espérance de vie entre 2000 et 2005

evges : variation absolue de l'indice d'émissions de GES entre 2000 et 2005

evrenr : variation absolue de la part des énergies renouvelables entre 2000 et 2005

evtr : variation absolue du ratio transports/PIB entre 2000 et 2004

evnatura : variation absolue de la suffisance des sites Directive Habitats de l'UE entre 2003 et 2007

poids : 1 si l'observation est active, -1 si elle est illustrative

3.3 L'algorithme des calculs

Il comprend trois étapes : le codage des variables en trois classes, la correction éventuelle du codage initial et la mise en œuvre de l'analyse des correspondances sur le tableau logique obtenu.

- le codage est automatique puisqu'il repose pour chaque variable sur une classification ascendante hiérarchique en trois classes ; il restitue entre 85% et 95% de l'information initiale mesurée en termes de variance (Annexe 2)
- une correction a été apportée au codage dans le cas de l'analyse des variations pour disposer de classes plus conformes à l'intuition (Exemple : une classe des valeurs négatives)
- l'analyse des correspondances multiples a été choisie pour sa robustesse d'interprétation. De plus, le fait de coder systématiquement les indicateurs en trois classes prévient contre le risque d'attribuer une importance différente aux différents indicateurs (pour l'UE à 27 on pourrait augmenter le nombre de classes).

4 Quelques enseignements

Avertissement :

Le propos n'est pas ici de procéder à une analyse détaillée, mais plutôt d'illustrer la démarche¹³⁷.

Les propriétés rappelées en annexe (Annexe 3) justifient les interprétations suivantes :

- les pays proches ont des caractéristiques voisines
- les modalités excentrées apportent davantage d'information et sont vérifiées par un faible nombre de pays
- un pays est, sur le graphique, au barycentre des modalités qu'il vérifie
- les aides à l'interprétation, non présentées dans le cadre de cette contribution permettent d'évoquer les enseignements les plus robustes.

¹³⁷ Des résultats portant sur l'UE à 27 sont analysés dans le cadre du PPT présenté lors du 12^{ème} colloque de l'ACN.

Par ailleurs, l'ACM permet d'identifier rapidement les régions les plus spécifiques du point de vue de l'ensemble des indicateurs à travers le critère de la contribution à l'inertie totale du nuage étudié.

Les résultats montrent par exemple que la France est le pays le moins spécifique dans le cadre de l'approche statique, le Portugal et l'Irlande apparaissant comme les pays les plus spécifiques.

4.1 Approche statique

Le tableau des classes pour l'analyse statique

Pays	id	ccr0 7	cpr0 4	cps0 6	cempa0 6	cevh0 5	ccc0 5	cenr0 5	ctr0 4	cna0 7
Autriche	at	2	3	2	1	2	1	3	2	1
Belgique	be	2	3	2	1	1	2	1	3	3
Allemagne	de	2	3	2	2	2	2	1	3	3
Danemark	dk	3	2	2	3	1	1	2	3	3
Espagne	es	2	2	1	2	2	1	1	2	2
Finlande	fi	3	1	2	3	1	3	3	3	3
France	fr	2	3	2	1	2	3	1	3	1
Grèce	gr	3	1	1	2	2	3	1	3	3
Irlande	ie	3	2	1	3	2	1	1	1	1
Italie	it	1	3	1	1	3	1	1	3	3
Luxembourg	lu	3	3	2	1	2	1	1	1	2
Pays-Bas	nl	2	3	3	2	2	2	1	3	3
Portugal	pt	1	1	1	2	1	1	2	2	1
Suède	se	3	2	2	3	3	3	3	3	3
Royaume- Uni	uk	2	3	1	3	2	3	1	3	2
Ue15	uel 5	2	3	2	2	2	2	1	3	2

1 : classement « médiocre » ; 2 : classement : médian ; 3 : classement favorable

Sur l'axe 1, on trouve

- à gauche (et en bas surtout) les pays dont la croissance moyenne (2005-2007) a été forte

- à gauche les pays dont la productivité des ressources est faible (respectivement forte à droite)

L'Allemagne (de) et les Pays-Bas (nl) sont du côté d'une productivité élevée des ressources et d'une faible croissance, le Danemark et le Portugal (pt) à l'opposé.

Premier enseignement : la croissance n'est pas forcément synonyme de gestion optimale des ressources, bien qu'au-delà des questions environnementales, la gestion des intrants se pose d'un point de vue purement économique.

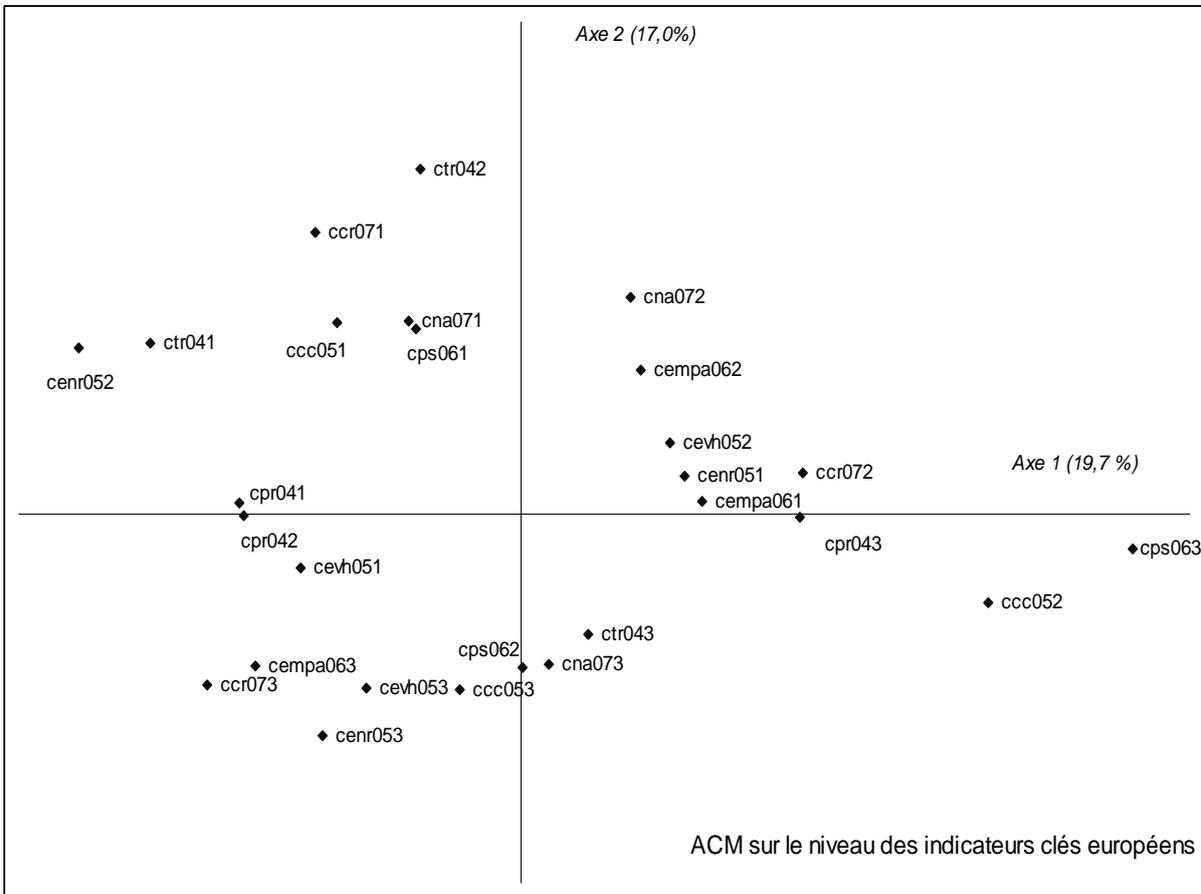
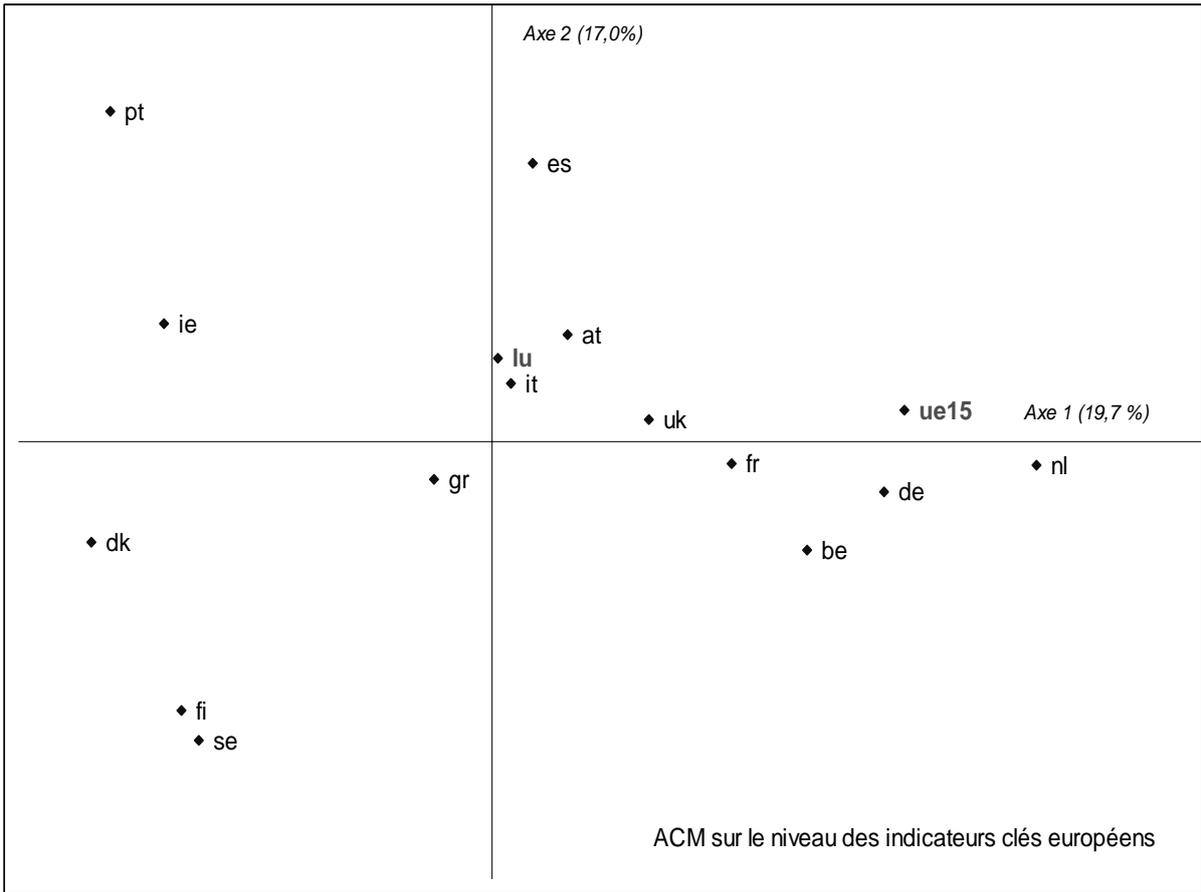
Sur l'axe 2, on trouve :

- en haut les pays ayant une performance moyenne ou faible en termes d'émissions de gaz à effets de serre et à risque de pauvreté élevé
- en bas (et à droite surtout), les pays respectant bien la suffisance des sites désignés sous la Directive Habitats de l'UE.

Sur l'axe 3, on trouverait :

- en haut (si on le combine avec l'axe 1 ou 2 à l'horizontale), les pays ayant une faible performance en termes de consommation énergétique des transports. C'est le cas de l'Irlande (ie) et du Royaume-Uni (uk)
- en bas, les pays ayant un niveau élevé d'espérance de vie comme le Portugal.

Seul le plan croisant les axes 1 et 2 est repris sur la page ci-après :



4.2 Approche « dynamique »

Le tableau des classes pour l'analyse des évolutions

Pays	Id	cevtrois	cevr	cevrissqp	ceveage	ceveh	ceveys	cevenr	cevt	cevnatura
Autriche	at	3	2	2	2	2	1	1	1	2
Belgique	be	2	2	1	2	2	2	3	2	2
Allemagne	de	3	3	1	3	2	1	3	3	3
Danemark	dk	3	2	1	2	2	1	3	2	2
Espagne	es	2	2	2	2	1	2	2	1	2
Finlande	fi	3	2	1	3	2	2	1	2	2
France	fr	2	3	2	2	2	2	1	3	3
Grèce	gr	1	2	2	2	1	3	2	1	2
Irlande	ie	1	3	3	2	3	3	2	1	1
Italie	it	2	3	2	2	1	1	2	1	2
Luxembourg	lu	3	2	1	2	3	1	2	1	1
Pays-Bas	nl	3	1	3	3	2	2	2	2	1
Portugal	pt	2	1	3	1	2	3	1	1	2
Suède	se	3	2	1	2	1	2	1	2	3
Royaume-Uni	uk	1	3	2	2	2	2	2	2	2
Ue15	ue15	2	2	2	2	2	2	2	2	2

1 : classement « médiocre » ; 2 : classement : médian ; 3 : classement favorable

Sur l'axe 1, on trouve :

- à droite les pays dont les émissions de gaz à effet de serre et l'espérance de vie ont évolué favorablement tels que l'Irlande (ie) ou le Portugal (pt).
- à gauche les pays dont le risque de pauvreté après transferts s'est accru tels que l'Allemagne (de).

Sur l'axe 2, on trouve :

- en haut, les pays à la fois caractérisés par une diminution du risque de pauvreté et une évolution « médiocre » de la productivité des ressources tels que les Pays-Bas (nl) et le Portugal (pt)
- en bas, les pays dont l'emploi des séniors a beaucoup augmenté, tels que l'Italie (it).

Sur l'axe 3, on trouverait :

- en haut (si on le combine avec l'axe 1 ou 2 à l'horizontale), les pays tels que le Portugal dont l'emploi des séniors a évolué défavorablement
- en bas, les pays dont la productivité des ressources et l'espérance de vie ont évolué favorablement. Par ailleurs, les pays les plus spécifiques globalement au vu de l'ensemble des indicateurs étudiés sont le Portugal, l'Irlande et les Pays-Bas qui apportent 30 % de l'inertie totale (avant projection).

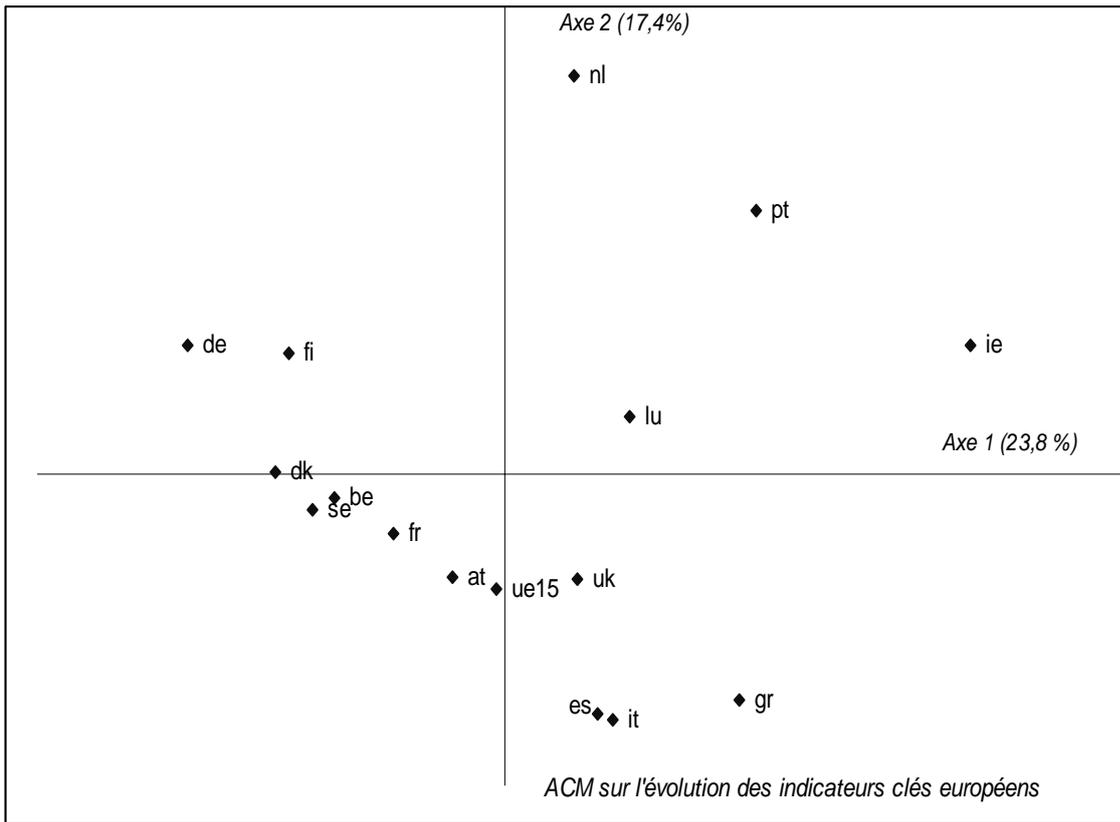
Un autre type d'analyse, plus fécond peut-être, repose sur l'existence de relations barycentriques (Annexe 3).

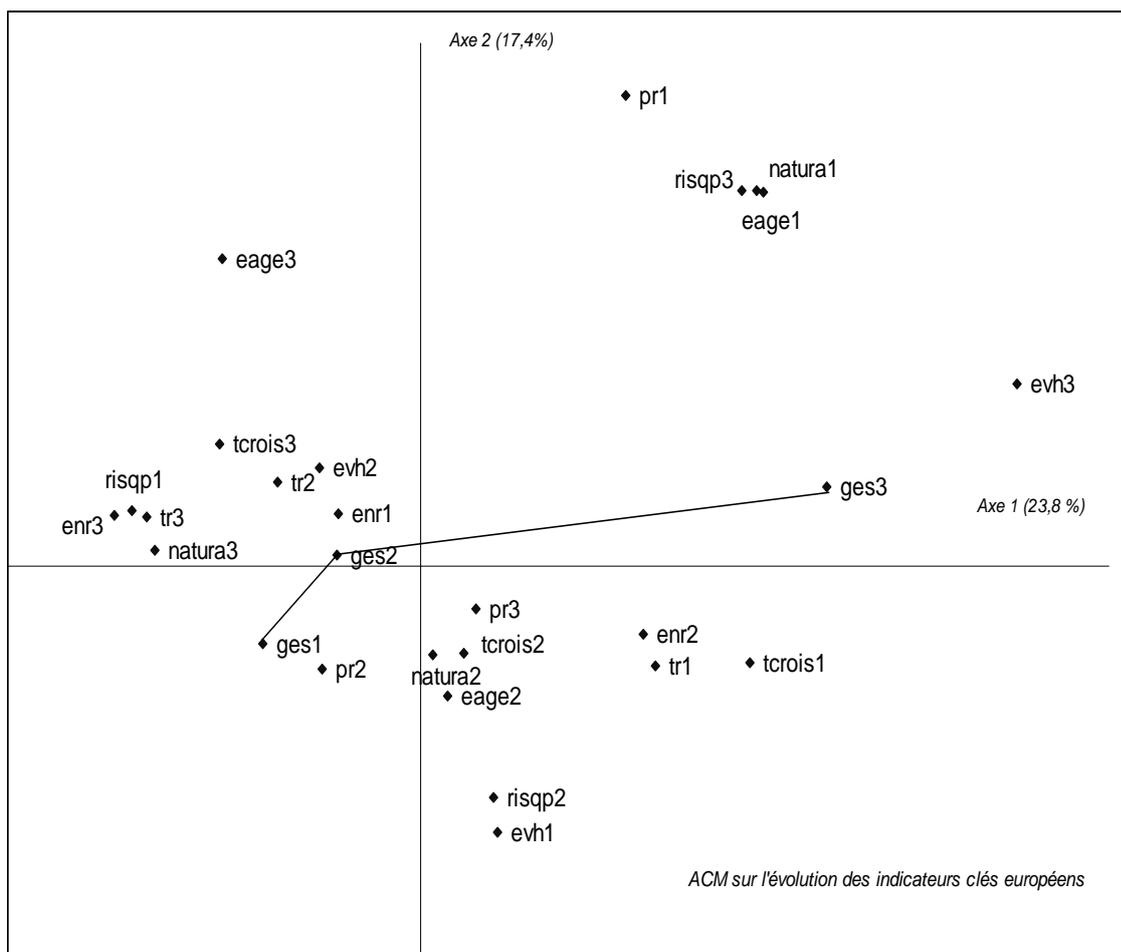
On peut l'illustrer à travers l'exemple du Portugal proche des modalités pr1, risqp3 et eage1 qu'il vérifie.

Dans ce pays, l'évolution de la productivité des ressources a été « médiocre » (de fait négative) entre 2000 et 2004, de même que celle de l'emploi des séniors.

A l'opposé le risque de pauvreté après transferts y a (comme aux Pays-Bas – nl ou en Irlande -ie) reculé

Seul le plan croisant les axes 1 et 2 est sur la page ci-après.



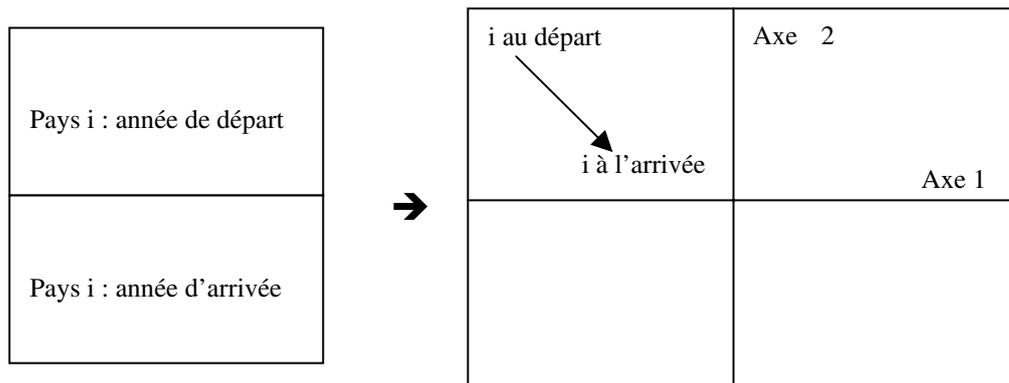


5 Quelques enseignements, quelques pistes

5.1 Améliorer la démarche

L'analyse factorielle des données permet d'appréhender les données globalement, de repérer d'éventuelles erreurs de collecte, voire de révéler les limites de certains indicateurs. Il est suggéré de poursuivre la démarche en l'améliorant.

Une piste apparaît intéressante de ce point de vue, qui consiste à analyser les évolutions en juxtaposant les données de l'année initiale, plutôt qu'en calculant des variations ; le schéma ci-dessous illustre cette possibilité :



5.2 Eviter les classements

La classification a montré que l'on pouvait, en perdant peu d'information (5 à 15%), regrouper les pays en quelques classes¹³⁸. Cela incite à proscrire les classements entre pays, les différences au sein d'une classe étant parfois très faibles, et même non significatives compte tenu de l'imprécision des données.

5.3 Prendre garde aux effets structurels

Le niveau de certains ratios est en partie conditionné par des effets de structure qui reflètent, par exemple, le portefeuille d'activités¹³⁹, la répartition de la population par âge ou encore les conditions environnementales particulières au pays considéré. Il faut pour le moins en avoir conscience et éventuellement éliminer ces effets de structure si l'on se place dans le cadre d'une approche comparative.

5.4 Décliner les indicateurs au niveau territorial

A la diversité des pays, s'ajoute celle des régions au sein de chaque pays, parfois plus importante encore. La déclinaison au niveau territorial d'un système d'indicateurs propre à chaque pays est donc indispensable pour appréhender les spécificités intra-nationales.

5.5 Améliorer les systèmes d'information

Les commentaires de Bernard Nanot dans la partie consacrée aux spécificités de la statistique sur l'environnement du dossier [6], et le résultat de l'enquête conduite par Bernard Guibert¹⁴⁰ présenté dans le

¹³⁸ On peut augmenter le nombre de classes pour une analyse sur l'union européenne à 27.

¹³⁹ Une estimation conduite par l'auteur dans le cas du taux de croissance de la VAB à prix constants (Nace Rev1 en 17 branches), montre que le quart des différences de croissance s'explique par l'effet portefeuille d'activité.

¹⁴⁰ Voir en particulier l'encadré « Peut-on construire des statistiques mesurant la perte de biodiversité ? »

même dossier, montrent que la construction d'indicateurs environnementaux est d'une grande complexité. Cela contredit totalement, à juste raison de notre point de vue, les propos tenus dans le cadre du rapport d'information à l'Assemblée nationale [3], selon lesquels il serait beaucoup plus difficile de construire des indicateurs sociaux que des indicateurs environnementaux.

L'amélioration des systèmes d'information en matière d'environnement constitue un véritable défi tant au national qu'européen.

5.6 Afficher les limites méthodologiques

Le lecteur, qu'il soit citoyen ou décideur, doit être averti des limites méthodologiques, afin d'éviter les diagnostics audacieux sinon erronés. Il convient toujours d'accompagner les tableaux et graphiques de résultats d'aides à l'interprétation destinés à prévenir de tels risques.

Annexe 1 : les indicateurs de niveau 1 correspondant à des objectifs majeurs

1. Taux de croissance du PIB réel par habitant

Indicateur retenu. Le taux annuel moyen sur trois ans a été préféré au taux annuel.

2. Productivité des ressources

Indicateur retenu.

La productivité des ressources est égale au PIB mesuré à prix constant divisé par la consommation intérieure de matériaux (Euros par kg). La consommation intérieure de matériaux (CIM) mesure la quantité totale de matériaux utilisés directement par une économie. Il est défini comme la quantité annuelle de matières premières extraites du territoire national de l'économie en question, plus les importations et moins les exportations de matériaux. Il est important de noter que le terme "consommation" tel qu'utilisé dans la CIM se réfère à la consommation apparente et non à la consommation finale. La CIM n'inclut pas en amont les flux cachés liés aux importations et exportations de matières premières et de produits.

3. Taux de risque de pauvreté après transferts sociaux

Indicateur global : ensemble hommes - femmes retenu

Proportion de personnes disposant d'un revenu en dessous du seuil de pauvreté fixé à 60% du revenu disponible après transferts sociaux.

4. Taux d'emploi des personnes âgées

Indicateur global : hommes - femmes retenu

Taux d'emploi des personnes âgées de 55 à 64 ans.

5. Nombre d'années de vie en bonne santé et espérance de vie à la naissance, par sexe

Indicateur écarté : les résultats difficilement interprétables peuvent refléter des modes d'évaluation différents d'un pays à l'autre (Source : enquêtes)

L'indicateur Années de Vie en Bonne Santé (AVBS) à la naissance mesure le nombre d'années qu'une personne peut s'attendre à vivre en bonne santé. L'AVBS est un indicateur d'espérance de santé qui combine des informations sur la mortalité et la morbidité. L'indicateur est calculé séparément pour les hommes et les femmes. Il est aussi appelé espérance de vie sans incapacité (EVSI).

6. Total des émissions de gaz à effet de serre

Indicateur retenu : rapport en 2005 à la cible fixée par le protocole de Kyoto. En vertu du protocole de Kyoto, l'UE a accepté une réduction de 8 % de ses émissions de gaz à effet de serre entre l'année de référence de Kyoto et la période 2008-2012.

Tendance d'évolution des émissions de six gaz à effets de serre pondérés par leur potentiel de réchauffement global.

7. Part en % des énergies renouvelables dans la consommation brute d'énergie intérieure

Indicateur retenu

8. Consommation énergétique totale des transports, par mode de transport

Indicateur initial : consommation énergétique totale des transports. Indicateur retenu : indice base 100 en 1995 de la part des transports dans la consommation intérieure brute d'énergie.

Cela inclut la route, le rail, la navigation intérieure et l'aviation. Final Energy Consumption (FEC) of transport (road, rail, inland navigation and aviation) in toe. Les transports par pipe-line sont exclus. Les principales sources d'énergie sont les produits pétroliers, l'électricité, et de faibles quantités de gaz et biocarburants.

9. Indice des oiseaux communs

Indicateur écarté : données parfois manquantes et souvent difficilement comparables.

Indice agrégé (base 100 en 1990) des populations estimées d'espèces d'oiseaux dépendant d'un habitat spécifique pour nicher et se reproduire.

10. Prises de poissons sur les stocks en dehors des limites biologiques sécurité

Indicateur écarté

11. Aide publique au développement

Indicateur écarté

Dépenses nettes consenties pour aider le comité d'assistance des nations unies, en % du revenu national aux prix du marché.

Suffisance des sites désignés au titre de la Directive Habitats de l'UE - %

Indicateur retenu ne faisant pas partie des indicateurs de niveau 1, mais de niveau 2.
100% indique que les propositions de l'Etat concerné suffisent à protéger tous les types d'habitat de l'annexe I et toutes les espèces de l'annexe II.

Annexe 2 : Classification et qualité du codage

Classification

On utilise la classification ascendante hiérarchique : le critère de mesure de la dissimilarité entre classes est :

$\partial(k,l) = \frac{p_k \times p_l}{p_k + p_l} \sum_{j=1}^p (Y_{kj} - Y_{lj})^2$. A chaque étape de l'agrégation, les deux classes regroupées k' et l' sont celles qui minimisent $\partial(k,l)$

Qualité du codage

$$Y_{ik} = a + b_k + U_{ik}$$

C'est ce modèle qui est estimé sous contraintes linéaires (par exemple : $\sum_{j=1}^J b_k = 0$) par les MCO ou par les moindres carrés pondérés¹⁴¹.

$$FT = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{N_k} (Y_{ik} - \bar{Y})^2 ; FE = \sum_{k=1}^K N_k (\bar{Y}_k - \bar{Y})^2$$

La qualité du codage est mesurée par le rapport entre la fluctuation inter-classes FE et la fluctuation totale FT.

¹⁴¹ Moindres carrés pondérés : cas particulier des moindres carrés généralisés, pour obtenir une moyenne qui corresponde effectivement au ratio moyen étudié et non à la moyenne de ratios.

Annexe 3 : Analyse factorielle des correspondances multiples (ACM)

Définition

L'ACM est la mise en œuvre de l'AFC sur un tableau de contingence particulier appelé tableau logique. Un tableau logique est un tableau disjonctif complet : pour chaque variable, un individu prend une modalité et une seule.

Dans le cas étudié, le tableau logique résulte d'un codage « optimal » des variables initiales, à savoir les indicateurs clé de développement durable.

Tableau étudié (N lignes et p colonnes)

	X_1				.	X_m				.	X_M				Total					
	1	.	j	.	p_1		1	.	j	.	p_m		1	.	j	.	p_M			
1																			M	
.																				
i	1		0		0		n_{ij}^m				0		0		0		1		M	
.																				
N	0		1		0		0		0		1		1		0		0		M	
Total							$n_{.j}^m$													NM

i : individu statistique ; X_m : variable m à p_m modalités ; $p = \sum_{m=1}^M p_m$

$n_{ij}^m = 1$ si i vérifie j et 0 sinon

Propriétés générales

Total général : $N \times M$; poids d'une ligne : $f_i = \frac{M}{NM} = \frac{1}{N}$; poids d'une colonne : $n_{.j}^m = \sum_{i=1}^N n_{ij}^m$

Propriétés de l'inertie

Inertie totale : $I = \frac{p}{M} - 1$ d'après la formule générale : $I = \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^{p_m} \sum_{i=1}^N \frac{(f_{ij}^m - f_i^m f_{.j}^m)^2}{f_i^m f_{.j}^m}$

Inertie d'une variable : $I_m = \frac{p-1}{M}$

Inertie d'une modalité : $I_m^j = \frac{1}{M} \left(1 - \frac{n_{.j}^m}{N} \right)$

Relations barycentriques

$F_\alpha(i)$: Coordonnée de l'individu i sur l'axe α
l'axe α

G_j^m : Coordonnée de la modalité j de la variable m sur

$$F_\alpha(i) = \frac{1}{\sqrt{\lambda_\alpha}} \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^{p_m} n_{ij}^m G_\alpha^m(j)$$

$$G_\alpha^m(j) = \frac{1}{\sqrt{\lambda_\alpha}} \sum_{i=1}^N \frac{n_{ij}^m}{n_{.j}^m} F_\alpha(i)$$

Bibliographie

[1] “Measuring progress towards a more sustainable Europe” – 2007 *monitoring report of the EU sustainable development strategy* – Eurostat, statistical books

[2] “Statistical work programme of the Commission for 2009” - Priorities and Domain summaries

[3] « Rapport d’information de la Mission d’information commune sur la mesure des grandes données économiques et sociales. Assemblée nationale » - P.-A. MUET, président ; Hervé MARITON, rapporteur. <http://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-info/i0815.asp>

[4] M. DEVILLIERS et M. LEMAIRE, Rapport de « Mission sur le rôle que pourrait jouer l’INSEE en matière de développement durable »

[5] « Les indicateurs globaux d’environnement et de développement durable » – Ifen (n° D11) Synthèse des travaux du Conseil scientifique de l’Ifen du 25 juin 2007 - Janvier 2008 <http://www.ifen.fr/publications/le-catalogue-des-publications/les-dossiers/2008>

[6] Courrier des statistiques – *Dossier spécial environnement : N°120 janvier - 2007*

