

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL
FACULTÉ DE DROIT ET DES SCIENCES ÉCONOMIQUES

**COMPTABILITÉ NATIONALE ET ENVIRONNEMENT:
DES LIMITES DE L'INTÉGRATION COMPTABLE À LA
CONSTRUCTION D'INDICES ENVIRONNEMENTAUX**

THÈSE

PRÉSENTÉE À LA FACULTÉ DE DROIT ET DES SCIENCES ÉCONOMIQUES
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES ÉCONOMIQUES

PAR
PASCAL GROSCLAUDE

IMPRIMERIE DE L'ÉVOLE SA NEUCHÂTEL
1995

Monsieur Pascal GROSCLAUDE est autorisé à imprimer sa thèse de doctorat ès sciences économiques intitulée :

"Comptabilité nationale et environnement : des limites de l'intégration comptable à la construction d'indices environnementaux".

Il assume seul la responsabilité des opinions énoncées.

Neuchâtel, le 20 février 1995

Le Doyen
de la Faculté de droit
et des sciences économiques

Daniel Haeg

Table des matières

Tables des matières	i
Abréviations	v
Introduction	1
Partie I	
Comptabilité nationale et environnement: état des connaissances	5
1 Comptabilité nationale	5
1.1 Définition	5
1.2 Structure comptable	6
1.3 Unités institutionnelles	7
1.4 Production	7
1.5 Consommation finale	8
1.6 Actifs économiques	8
1.7 Agrégats	9
2 Environnement: les limites de la comptabilité nationale	10
2.1 Les fonctions économiques de l'environnement	10
2.2 Environnement: les limites de la comptabilité nationale	11
A) Epuisement et dégradation des ressources naturelles	12
B) Dépenses de gestion et de protection de l'environnement	15
2.3 Environnement: comptes vs. indicateurs et indices	16

3	Comptes d'environnement	17
3.1	Remarques liminaires	17
3.2	Comptes satellites	18
3.3	Approches physiques	20
	A) Bilans matières/énergie	20
	B) Comptes de ressources naturelles et comptes du patrimoine naturel	21
	C) Autres comptes physiques	22
3.4	Comptes monétaires	23
	A) Désagrégation des classifications d'activités et d'actifs non financiers	23
	B) Imputation des coûts environnementaux	30
	C) Extension du concept de production à l'environnement	33
4	Indicateurs et indices d'environnement	34
4.1	Remarques liminaires	34
4.2	Définitions	35
4.3	Buts	37
4.4	Cadre	37
5	Synthèse partielle	41

Partie II	
Indices d'environnement: concepts et méthodes	45
1 Qu'est-ce qu'un indice ?	45
1.1 Aperçu général	45
A) Indice simple	46
B) Indice composite	46
1.2 Indices d'environnement	46
2 Sélection des thèmes et de leurs composantes	48
2.1 Sélection des thèmes	49
A) Utilisateurs	49
B) Critères	50
2.2 Sélection des composantes	52
3 Transformation des thèmes et de leurs composantes	53
3.1 Approches monétaires	54
3.2 Approches physiques	54
A) Réduction	55
B) Conversion	55
C) Combinaison	59
4 Agrégation des thèmes et de leurs composantes	62
4.1 Remarques préliminaires	62
4.2 Addition	67
4.3 Multiplication	69
4.4 Sélection	70
4.5 Pondération	72
A) Pondération implicite	73
B) Pondération explicite	74
5 Calcul de l'indice	75

Partie III

Construction d'un ensemble d'indices d'environnement pour les Etats-Unis: cadre, méthodes et résultats	77
1 Remarques liminaires	77
2 Fonction et cadre	77
2.1 Fonction	77
2.2 Cadre	78
3 Sélection des thèmes et de leurs composantes	79
3.1 Sélection des thèmes	79
3.2 Sélection des composantes	82
3.3 Indice environnemental de pression (IEP)	83
A) Pressions globales	83
B) Pressions non globales	85
3.4 Indice environnemental d'état (IEE)	88
3.5 Indice environnemental de réponse (IER)	91
4 Transformation des thèmes environnementaux	92
5 Agrégation des thèmes environnementaux	93
6 Calcul des indices	95
7 Résultats	96
7.1 Indice environnemental de pression	98
7.2 Indice environnemental d'état	101
7.3 Indice environnemental de réponse	105
Conclusion	109
Annexes	115
Références	143

Abréviations

Général

BAK	Konjunkturforschung Basel AG
CAA	Clean Air Act
CDSE	Cadre pour le Développement des Statistiques d'Environnement
CEE	Comptes Economiques de l'Environnement
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act
CFC	chlorofluorocarbones
CH ₄	méthane
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
COFOG	Classification of the Functions of Government
COICOP	Classification of Individual Consumption by Purpose
COV	composés organiques volatils
CSE	Conférence des Statisticiens Européens
CSG	Council of State Governments
CWA	Clean Water Act
EDP	environmentally adjusted net domestic product (eco domestic product)
EPI	Environmental Pressure Index
Eurostat	Office Statistique de la Communauté Economique Européenne
EXTASY	Expert Topic Assessment System
GDP	gross domestic product

IARIW	International Association for Research in Income and Wealth
IDH	indice de développement humain
IEE	indice environnemental d'état
IEP	indice environnemental de pression
IER	indice environnemental de réponse
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISIC	International Standard Industrial Classification of all economic activities
km	kilomètre
m ³	mètre cube
ME	marge écologique
MEB	Material/Energy Balances
mg	milligramme
MHPPE	Ministry of Housing, Physical Planning and Environment of the Netherlands
NDP	net domestic product
NO _x	oxyde et dioxyde d'azote
NRDC	Natural Resources Defence Council
O ₃	ozone
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
OFEFP	Office Fédéral de la Protection de l'Environnement, des Forêts et du Paysage
OFS	Office Fédéral de la Statistique
OTA	Office of Technology Assessment
Pb	plomb

PIB	produit intérieur brut
PIE	produit intérieur écologique
PIN	produit intérieur net
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PRG	potentiel de réchauffement global
SCEE	Système de Comptabilité Economique et Environnementale Intégrée
SCN	Système de Comptabilité Nationale
SDWA	Safe Drinking Water Act
SEEA	System for Integrated Environmental and Economic Accounting
SERIEE	Système Européen de Rassemblement de l'Information Economique sur l'Environnement
SNA	System of National Accounts
SO ₂	anhydride sulfureux, ou dioxyde de soufre
SO _x	oxyde et dioxyde de soufre
TRI	Toxic Release Inventory
US DoC	US Department of Commerce
US EPA	US Environmental Protection Agency
UV	ultraviolet
VLI	valeur limite d'immission
WRI	World Resources Institute

Etats américains

AK	Alaska
AL	Alabama
AR	Arkansas
AZ	Arizona
CA	Californie
CO	Colorado
CT	Connecticut
DE	Delaware
FL	Florida
GA	Georgia
HI	Hawaii
IA	Iowa
ID	Idaho
IL	Illinois
IN	Indiana
KS	Kansas
KY	Kentucky
LA	Louisiana
MA	Massachussets
MD	Maryland
ME	Maine
MI	Michigan
MN	Minnesota
MO	Missouri
MS	Mississippi
MT	Montana
NC	North Carolina

ND	North Dakota
NE	Nebraska
NH	New Hampshire
NJ	New Jersey
NM	New Mexico
NV	Nevada
NY	New York
OH	Ohio
OK	Oklahoma
OR	Oregon
PA	Pennsylvania
RI	Rhode Island
SC	South Carolina
SD	South Dakota
TN	Tennessee
TX	Texas
UT	Utah
VA	Virginia
VT	Vermont
WA	Washington
WI	Wisconsin
WV	West Virginia
WY	Wyoming

Avant-propos

Cette thèse a pris forme alors que j'étais assistant de recherche à l'Institut de Recherches Economiques et Régionales de l'Université de Neuchâtel (IRER), puis visiteur académique au *Department of Agricultural and Resources Economics* de l'Université du Maryland à College Park (Etats-Unis). Durant cette période, j'ai bénéficié des conseils et des critiques de nombreuses personnes. Je voudrais ici en particulier remercier Monsieur le Professeur Claude Jeanrenaud, directeur de thèse, de la confiance et du soutien qu'il m'a apportés au cours de ces six dernières années. Mes remerciements s'adressent ensuite à Mesdames Françoise Voillat et Nathalie Schwab Christe et à Messieurs Nils Soguel et Marc-Alain Stritt dont l'amicale collaboration a été pour moi une source constante d'encouragement. Je souhaite enfin exprimer ma sincère reconnaissance à Monsieur le Professeur Guido Pult, co-rapporteur de thèse, de ses commentaires, à Monsieur le Professeur Ted McConnel de son accueil à College Park et à Madame Danièle Tissot de ses patientes relectures. J'assume par contre seul la responsabilité des erreurs qui pourraient subsister.

Ces remerciements seraient incomplets si je ne mentionnais pas les personnes qui, à l'extérieur du milieu académique, n'ont cessé de m'apporter leur soutien. Je tiens en premier lieu à exprimer ici mon affectueuse reconnaissance à ma femme, Patricia, ainsi qu'à mes enfants, Raphaël, Philippe et Savannah; sans leur patience et leur amour, ce travail n'aurait sans doute jamais vu le jour. Je remercie ensuite mes parents, Andrée et François Grosclaude, de la confiance dont il m'ont en tout temps gratifié. A Alain Meyer, mon frère d'âme, j'adresse enfin l'expression de ma profonde amitié.

Pascal Grosclaude, avril 1995

Introduction

Jusqu'à la fin des années 60, la croissance quantitative de l'économie a généralement été considérée par les économistes comme le moyen le plus sûr d'accroître la richesse matérielle des individus et, indirectement, leur bien-être. Dès 1970 cependant, des voix de plus en plus nombreuses se sont élevées pour mettre en cause les objectifs de croissance économique (Boulding 1966, Daly 1974 et 1977, Meadows et al. 1972, Moss 1973, Nordhaus et Tobin 1972). Selon elles, l'augmentation de la production et du bien-être matériel - et ce principalement depuis la fin de la seconde guerre mondiale - n'a été possible que grâce à l'exploitation croissante des ressources naturelles et environnementales. Or, contrairement à une croyance largement répandue jusqu'alors, ces ressources ne sont pas illimitées. On a ainsi assisté à l'aggravation des problèmes environnementaux (e.g., pollution de l'air, effet de serre, épuisement de la couche d'ozone, épuisement de certaines ressources naturelles, pertes de biodiversité) et, plus récemment, à la détérioration des conditions de vie non matérielles des individus (Daly et Cobb 1989, Scherp 1993, Zolotas 1981).

La comptabilité nationale, élaborée puis développée dans le courant des années 30 et 40, doit une large part de sa popularité à la croissance de l'après-guerre. Durant cette période, il était en effet habituel de mesurer, année après année, la croissance de l'économie en référence au produit intérieur brut, l'un de ses principaux agrégats. Lorsque, à la fin des années 1960, les objectifs de croissance économique ont commencé à être critiqués, la comptabilité nationale n'a pas été épargnée; on lui a ainsi notamment reproché sa manière lacunaire, voire trompeuse, de décrire les liens qu'entretiennent l'économie et l'environnement. Deux problèmes ont attiré l'attention des économistes et des comptables nationaux: la comptabilisation de l'épuisement et de la dégradation des ressources naturelles et le traitement des dépenses de gestion et de protection de l'environnement.

La comptabilité nationale distingue trois types de ressources naturelles et environnementales: les actifs produits cultivés, les actifs produits cultivés en cours et les actifs non produits corporels. Seuls les deux premiers sont considérés comme le résultat d'une activité productive et sont par conséquent inclus dans le compte de production: la consommation d'actifs cultivés comme consommation de capital fixe, celle d'actifs cultivés en cours comme consommation intermédiaire. Les actifs non produits ne sont eux enregistrés que dans le compte de capital. Leur consommation, non considérée dans le compte de production, n'affecte par conséquent pas les principaux agrégats de la comptabilité nationale. Or, selon la définition hicksienne du concept de revenu, les agrégats de la production, en particulier le produit intérieur net, sont avant tout une indication sur le montant maximum qu'il est possible de consommer au temps t sans être plus pauvre au temps $t+1$. Comme la comptabilité nationale limite le concept de production aux biens et services produits au sein de la sphère économique, un risque de surestimation du revenu existe. Les expériences récentes ont montré que le problème est particulièrement sensible dans les pays en voie de développement dont la production nationale dépend dans une large mesure de l'exploitation d'actifs non produits. Dans le cas de l'Indonésie par exemple, Repetto et al. (1989) estiment que, pour la période 1971-1985, l'extension du concept d'actif produit aux ressources pétrolières, forestières et agraires réduit la croissance moyenne du produit intérieur brut de près de 3 points, faisant passer celle-ci de 7,0 à 4,1 pour-cent. Selon eux, confondre l'épuisement d'actifs naturels avec la création de revenu est contraire aux principes d'une saine gestion de l'économie.

Dans les comptes nationaux, les dépenses de gestion et de protection de l'environnement (i.e., les ressources économiques affectées à la lutte contre la pollution) sont traitées différemment selon qu'elles sont entreprises par les administrations publiques, les ménages ou les entreprises. Dans les deux premiers cas, ces dépenses sont comptabilisées comme dépenses de consommation finale; elles accroissent par conséquent aussi bien la valeur de la production des administrations publiques que celle de la consommation finale des ménages. Dans le troisième, elles sont enregistrées comme dépenses de consommation intermédiaire et déduites de la valeur de la production des entreprises. Or, selon certains économistes, les dépenses de gestion et de protection de l'environnement

sont des coûts qui n'accroissent en rien la valeur de la production ou de la consommation (Daly et Cobb 1989, Leipert 1986 et 1989, Nordhaus et Tobin 1972, Zolotas 1981). L'ensemble de ces dépenses devrait par conséquent être considéré comme consommation intermédiaire. Cet argument est combattu par d'autres auteurs pour lesquels il n'est pas plus justifié de reclassifier les dépenses de gestion et de protection de l'environnement que, par exemple, les dépenses d'alimentation. Selon ces derniers, il serait en fait totalement arbitraire de vouloir différencier les bonnes dépenses (dans ce cas, les dépenses d'alimentation) des mauvaises (les dépenses de gestion et de protection de l'environnement).

Pour répondre à ces critiques, deux approches distinctes ont été proposées. La première repose sur la description des phénomènes d'environnement en marge de la comptabilité nationale; son but est soit de compléter les comptes nationaux par des comptes satellites de l'environnement, soit de les corriger pour obtenir des comptes économiques environnementalement ajustés. La seconde de ces approches se fonde elle sur la construction d'indicateurs et d'indices d'environnement; son objet est d'offrir aux milieux politiques et économiques, ainsi qu'au grand public, une information sur l'environnement qui puisse constituer un complément crédible aux indicateurs économiques traditionnels.

Dans le cadre de la dernière révision de leur Système de Comptabilité Nationale (SCN), les Nations Unies ont proposé de construire, en marge du système traditionnel, un Système de Comptabilité Economique et Environnementale intégrée (SCEE) (Nations Unies 1993b). Le SCEE, qui se veut la synthèse des travaux entrepris depuis vingt ans dans le domaine des comptes d'environnement, ne fait cependant pas l'unanimité. Nombreux sont en effet les économistes et les statisticiens qui aujourd'hui encore considèrent que la publication d'un tel système est prématurée, compte tenu notamment de l'existence de problèmes théoriques et pratiques non résolus (Kuik et Verbruggen 1991, Schwaller 1991, Vanoli 1991). L'OCDE estime pour sa part que l'effort devrait plutôt être porté sur la construction des comptes d'environnement exprimés en termes physiques (et non en termes monétaires, comme c'est le cas avec le SCEE) et sur l'élaboration d'indicateurs et d'indices d'environnement (OCDE 1991b). Ce sentiment est partagé par l'office statistique de la Communauté Economique Européenne pour qui, à court terme, l'accent devrait être mis avant tout sur la

comptabilisation des dépenses de gestion et de protection de l'environnement (Eurostat 1991a) et sur la construction d'indices d'environnement (Eurostat 1993a, Jesinghaus 1993a et 1994). C'est ce dernier point que l'on se propose de traiter en particulier ici.

Le présent travail se compose de trois parties principales. La Partie I est consacrée aux problèmes posés par l'intégration des phénomènes d'environnement dans la comptabilité nationale. On y présente tout d'abord le système de comptabilité nationale tel qu'il est défini par les Nations Unies (chap. 1). On rappelle ensuite quelles sont les limites des comptes nationaux lorsqu'il s'agit de décrire les liens qu'entretiennent l'économie et l'environnement; on s'intéresse en particulier aux problèmes posés par l'épuisement et la dégradation des ressources naturelles et environnementales (chap. 2.2, point A) et par les dépenses de gestion et de protection de l'environnement (chap. 2.2, point B). On présente enfin les deux approches proposées pour combler ces lacunes. La première approche concerne les comptes d'environnement (chap. 3), la seconde les indicateurs et les indices d'environnement (chap. 4).

La Partie II traite elle exclusivement des indices d'environnement. L'attention est portée sur les quatre étapes qui composent la construction de ces indices, à savoir la sélection des thèmes et des variables (chap. 2), leur transformation (chap. 3), leur agrégation (chap. 4) et le calcul de l'indice à proprement parler (chap. 5).

Enfin, la Partie III présente les résultats d'une étude consacrée à la construction d'un ensemble de trois indices d'environnement pour les Etats-Unis. Ces trois indices ont pour principal objet de faciliter la comparaison des performances environnementales des cinquante Etats américains du point de vue de la pression (indice environnemental de pression), de l'état (indice environnemental d'état) et de la réponse (indice environnemental de réponse).

Partie I

Comptabilité nationale et environnement: état des connaissances

I Comptabilité nationale

1.1 Définition

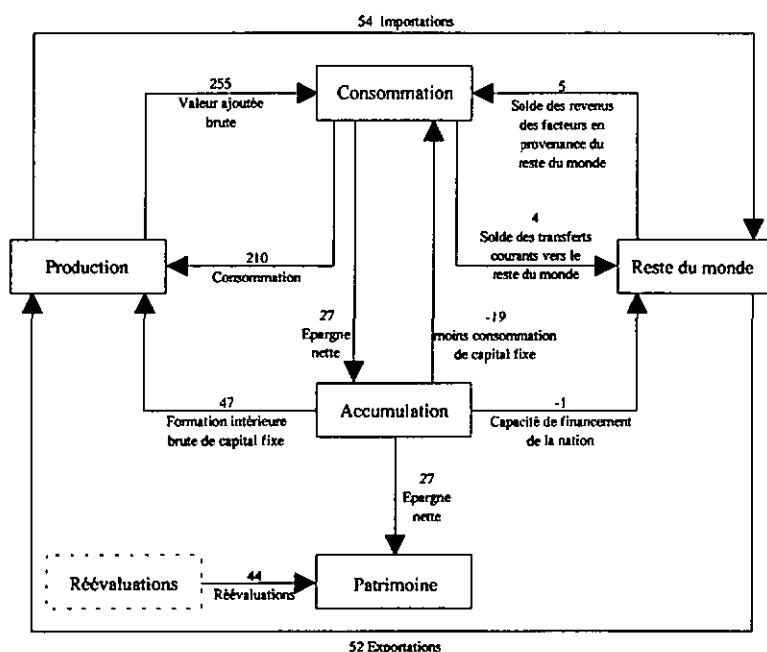
La comptabilité nationale, vue comme un système cohérent et intégré de représentation statistique, fut élaborée, puis développée dans le courant des années 30 et 40. Largement imprégnée par les schémas macro-économiques keynésiens, elle devait fournir aux milieux politiques et économiques d'alors un instrument fiable d'analyse et de gestion de l'économie. La normalisation internationale des comptes et des définitions remonte elle à la fin de la Seconde Guerre Mondiale. Elle donna lieu à la publication, en 1953, du premier Système de Comptabilité des Nations Unies (SCN). Révisé une première fois en 1968, puis une deuxième en 1993, le SCN sert aujourd'hui de référence quasi universelle en matière de comptabilité nationale. Il est utilisé par les services statistiques d'une majorité de pays développés, en voie de développement ou en transition (Nations Unies 1970 et 1993a).

Le SCN a pour objet de fournir à ses utilisateurs (gouvernements, commerces, organisations internationales, instituts de recherche, universités, presse, grand public) une base de données qui soit utile à l'analyse et à la gestion de l'économie d'un pays. Le SCN permet en particulier la description des mouvements des principaux flux économiques, la mise en évidence des mécanismes à l'origine de ces flux, la formulation des objectifs de politique économique et la comparaison, à l'échelle internationale, des performances des économies nationales (Archambault 1988, Marczewski 1979 et Pichot 1988).

1.2 Structure comptable

Le SCN se compose de deux types de comptes: les **comptes de flux** et les **comptes de patrimoine**. Les premiers décrivent les flux monétaires liés à la production (compte du produit intérieur), à la consommation (comptes de revenus et de dépenses), à l'accumulation (compte de capital) et aux opérations avec l'extérieur (compte de la balance des paiements). Les seconds présentent la valeur comptabilisée des actifs et des dettes de chaque unité institutionnelle ou, sous une forme agrégée, de l'économie nationale prise dans son ensemble (fig. 1-1).

FIGURE 1-1
STRUCTURE DU SYSTÈME DE COMPTABILITÉ NATIONALE (SCN)
(source: Nations Unies 1970, p. 7-8)



1.3 Unités institutionnelles

Le SCN définit les unités institutionnelles comme des entités économiques capables de posséder des actifs, de contracter des dettes et de s'engager dans des activités et des transactions économiques. Il distingue (1) les institutions non financières, (2) les institutions financières, (3) les administrations publiques (y compris les assurances sociales), (4) les ménages et (5) les institutions privées sans but lucratif au service des ménages.

Les unités institutionnelles remplissent diverses fonctions économiques: elles produisent, consomment, épargnent, investissent, etc. Elles entreprennent alors ce que le SCN nomme des opérations économiques. La plupart des opérations économiques consistent en un échange de biens et de services contre de la monnaie. Cet échange donne lieu à deux flux distincts: un flux réel et un flux monétaire. Par convention, le SCN ne comptabilise que les flux monétaires.

Pour garantir l'équilibre comptable du système, on estime généralement les flux monétaires au prix du marché. En l'absence de transaction marchande - et donc de prix - on se réfère soit au coût de production (e.g., dans le cas des services non marchands produits par les administrations publiques), soit au prix du marché de biens et services analogues (e.g., dans le cas des logements occupés par leurs propriétaires).

1.4 Production

La production est la première des fonctions économiques que remplissent les unités institutionnelles. De son niveau dépend aussi bien la consommation, l'épargne que l'investissement. Au sens de la comptabilité nationale, la production est un processus physique, conduit sous la responsabilité, le contrôle et la gestion d'une unité institutionnelle, au cours duquel des inputs de biens et services sont transformés en outputs d'autres biens et services. Pour qu'il y ait production, il faut de plus que ces outputs puissent être vendus sur un marché ou au moins être transférés d'une unité institutionnelle à l'autre. Le système inclut par conséquent la production de biens et services publics offerts gratuitement aux ménages mais exclut les

biens et services produits par les ménages eux-mêmes (activités domestiques).

1.5 Consommation finale

Au sens du SCN, la consommation finale correspond à l'utilisation de biens et services destinée à répondre aux besoins individuels et collectifs des membres de la société. Pour les ménages, une distinction est faite entre les concepts de dépenses de consommation finale et de consommation finale effective. Dans le premier cas, on ne tient compte que des dépenses supportées en dernier ressort par les ménages; dans le second, on considère l'ensemble des biens et services consommés par les ménages, que ceux-ci en supportent ou non la dépense.

1.6 Actifs économiques

Le SCN définit un actif économique comme une réserve de valeur (1) sur laquelle les unités institutionnelles exercent, individuellement ou collectivement, un droit de propriété et (2) de laquelle celles-ci peuvent retirer un bénéfice économique. Il différencie les actifs selon qu'ils sont financiers ou non. En matière d'actifs non financiers, le SCN distingue les actifs produits des actifs non produits. Les actifs produits correspondent aux outputs du processus de production; ils regroupent les actifs fixes (e.g., immeubles), les actifs circulants (e.g., stocks de produits destinés à être vendus) et les liquidités. Les actifs non produits sont eux des actifs qui sont nécessaires à la production mais qui n'en sont pas eux-mêmes les produits; ils comprennent des actifs corporels (e.g., ressources biologiques non cultivées) et non corporels (e.g., patentes).

Pour l'évaluation des actifs, on se réfère généralement au prix du marché. Si cette information fait défaut, on considère soit le prix d'achat net des amortissements cumulés, soit la valeur actualisée des rendements futurs attendus¹.

¹Prix du marché: «... assets and liabilities ... are to be valued using a set of prices that are current on the date to which the balance sheet relates and that refer to specific assets... Ideally, these prices should be observable prices on markets whenever such prices are available» (Nations Unies 1993a, p. 291). Prix d'achat net des

1.7 Agrégats

Les agrégats sont des valeurs composites qui mesurent les résultats de l'activité économique selon des points de vue particuliers (e.g., production, consommation, valeur ajoutée, revenu, épargne). Leur objet est de faciliter l'analyse macro-économique et les comparaisons spatio-temporelles.

Le **produit intérieur brut au prix du marché (PIB)** est le principal agrégat du SCN. Il sert aussi bien à la mesure de la croissance économique, à la description des fluctuations conjoncturelles qu'à la comparaison internationale des performances économiques. Le PIB est égal à la somme de la valeur ajoutée brute et des impôts indirects, nets des subventions d'exploitation. Comme la valeur ajoutée brute correspond à la différence entre la production et la consommation intermédiaire, on peut écrire:

$$\begin{array}{r}
 \text{Production} \\
 + \text{ Taxes, moins subventions, sur produits} \\
 - \text{ Consommation intermédiaire} \\
 \hline
 = \text{ Produit intérieur brut au prix du marché (PIB)}
 \end{array}$$

On obtient le **produit intérieur net au prix du marché (PIN)** en déduisant la consommation de capital fixe du PIB. On a ainsi:

$$\begin{array}{r}
 \text{Produit intérieur brut au prix du marché (PIB)} \\
 - \text{ Consommation de capital fixe} \\
 \hline
 = \text{ Produit intérieur net au prix du marché (PIN)}
 \end{array}$$

amortissements cumulés: «The value ... is given by [the] current acquisition price less the accumulated value of [the] write-offs. This valuation is typically used for non-produced intangible assets...» (Nations Unies 1993a, p. 292). **Valeur actualisée des rendements futurs:** «... market prices may be approximated by the present, or discounted, value of future economic benefits expected from a given asset; this is the case for a number of financial assets, natural assets and intangible assets» (Nations Unies 1993a, p. 292).

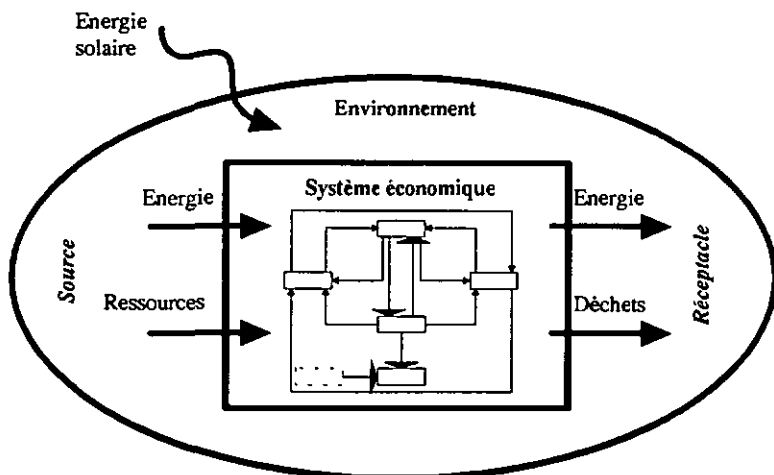
2 Environnement: les limites de la comptabilité nationale

2.1 Les fonctions économiques de l'environnement

L'environnement regroupe les composantes physiques et biologiques du patrimoine global de l'humanité. Il peut être défini comme «... le substrat physico-chimico-biologique dont l'existence et la reproduction sont indépendantes de la volonté humaine, qui sert de support à la vie humaine et permet à l'homme d'être» (Comolet 1990, p. 34).

D'un point de vue économique, l'environnement remplit deux fonctions distinctes. En amont du système économique tout d'abord, l'environnement est la **source primaire** de toutes les ressources utilisées par l'homme à des fins de production ou de consommation. En aval du système économique ensuite, l'environnement sert de **réceptacle final** à tous les déchets rejetés par l'homme (Pearce, Markandya et Barbier 1989, Siebert 1987).

FIGURE 1-2
ENVIRONNEMENT ET SYSTÈME ÉCONOMIQUE
(source: adapté de Goodland 1991, p. 17 et Nations Unies 1970, p. 7)



Que l'on se place en amont ou en aval du système économique, les fonctions de l'environnement n'ont pas une capacité illimitée. Ainsi, en amont du système, le renouvellement des ressources naturelles est conditionné par la capacité de régénération de l'environnement. Lorsque les quantités de ressources naturelles prélevées sont supérieures à la capacité de régénération de l'environnement, ces ressources s'épuisent puis disparaissent (e.g., stocks de certaines espèces de poissons). De manière identique, lorsque les quantités de déchets émises dépassent la capacité d'absorption de l'environnement, celui-ci se dégrade, causant des dommages aussi bien à l'homme (e.g., effet sur la santé) qu'à l'environnement (e.g., pertes de biodiversité). Afin de favoriser un développement économique soutenable, le système économique doit impérativement tenir compte de la capacité limitée des fonctions environnementales².

2.2 Environnement: les limites de la comptabilité nationale

La comptabilité nationale doit une large part de sa popularité à la croissance économique de l'après-guerre. Durant cette période, il était en effet habituel de mesurer, année après année, la croissance de l'économie en référence au produit intérieur brut, l'un de ses principaux agrégats. Dès la fin des années 60 cependant, la croissance économique a commencé à faire l'objet de critiques de plus en plus virulentes, notamment en ce qui concerne ses effets sur l'environnement (Boulding 1966, Daly 1974 et 1977, Meadows et al. 1972, Moss 1973). Dans une des premières études publiées à ce sujet, Nordhaus et Tobin (1972) notaient:

«A long decade ago economic growth was the reigning fashion of political economy. It was simultaneously the hottest subject of economic theory and research, a slogan eagerly claimed by politicians... and a serious objective of the policies of government. The climate of opinion has changed dramatically. Disillusioned critics indict both economic science and economic policy for blind obeisance to aggregate material 'progress', and for neglect of its costly side-effects. Growth, it is charged, distorts national

²«The global ecosystem's source and sink functions have limited capacity to support the economic subsystem. The imperative, therefore, is to maintain the size of the global economy to within the capacity of the ecosystem to sustain it» (Goodland 1991, p. 16).

priorities, worsens the distribution of income and irreparably damages the environment» (Nordhaus et Tobin 1972, p. 1).

Ces critiques, exprimées à l'origine à l'encontre des objectifs de croissance économique, n'ont pas épargné la comptabilité nationale. Des voix de plus en plus nombreuses se sont mises à reprocher à cette dernière sa manière lacunaire, voire trompeuse, de décrire les liens qu'entretiennent l'économie et l'environnement. Deux problèmes ont en particulier attiré l'attention des économistes: la comptabilisation de l'épuisement et de la dégradation des ressources naturelles et le traitement des dépenses de gestion et de protection de l'environnement.

A) EPUISEMENT ET DÉGRADATION DES RESSOURCES NATURELLES

Dans sa version la plus récente (Nations Unies 1993a), le SCN distingue trois types de ressources naturelles: les actifs produits cultivés, les actifs produits cultivés en cours et les actifs non produits corporels.

- les **actifs produits cultivés** sont des actifs fixes. Ils correspondent aux actifs biologiques (i.e., animaux et plantes) élevés ou cultivés dans le but d'une production périodique (e.g., moutons élevés pour leur laine, arbres cultivés pour leurs fruits).
- Les **actifs produits cultivés en cours** sont eux des actifs circulants. Ils regroupent les actifs biologiques élevés ou cultivés dans le but d'une production unique (e.g., moutons élevés pour leur viande, arbres cultivés pour leur bois).
- Les **actifs non produits corporels** sont des actifs qui sont nécessaires à la production mais qui ne sont pas eux-mêmes produits. Ils incluent les terrains (e.g., terrains agricoles), les actifs souterrains (e.g., pétrole), les ressources biologiques non cultivées (e.g., forêt tropicale) et les ressources en eau (e.g., eaux souterraines)³.

³A noter que cette classification ne tient compte que des actifs naturels (1) sur lesquels les unités institutionnelles exercent, individuellement ou collectivement, un droit de propriété et (2) desquels celles-ci peuvent retirer un bénéfice économique. Elle n'incorpore par conséquent pas des actifs naturels tels que la qualité de l'air ou la beauté d'un paysage.

Au sens de la comptabilité nationale, les actifs produits cultivés et cultivés en cours sont le résultat d'une activité de production (e.g., élevage, culture). Leur consommation - comme celle de tout autre actif produit par l'homme - est enregistrée au compte de production soit comme consommation de capital fixe (actifs cultivés), soit comme consommation intermédiaire (actifs cultivés en cours). Tel n'est par contre pas le cas des actifs non produits qui, par définition, trouvent leur origine à l'extérieur de la sphère économique. Leur consommation ne figure au compte de production ni comme consommation de capital fixe, ni comme consommation intermédiaire. Par conséquent, ni le produit intérieur brut (PIB), ni le produit intérieur net (PIN) ne tiennent compte de leur consommation.

«The use of natural environment for economic purpose is not taken into account in the calculation of cost in the SNA [System of National Accounts] and is therefore not reflected in important aggregates of national accounts, for example, the gross domestic product (GDP)... The cost of depletion of natural resources includes only extraction cost: losses of income-generation capacity for future production periods and generations caused by decreasing natural wealth are not taken into account in the production accounts of the SNA, but only recorded as 'other changes in assets' which have no effect on cost or on GDP» (Nations Unies 1993b, p. 4).

L'exclusion des actifs naturels non produits du compte de production est un problème auquel sont particulièrement sensibles les pays dont une part importante de la production nationale dépend justement de l'exploitation de ces actifs. Repetto et al. (1989) relèvent ainsi:

«A country could exhaust its mineral resources, cut down its forests, erode its soil, pollute its aquifers, and hunt its wildlife and fisheries to extinction, but measures income would not be affected as these disappeared... Confusing the depletion of valuable assets with the generation of income promotes the idea that rapid economic growth can be generated by exploiting the resource base, resulting in illusory gains in income and permanent losses in wealth» (Repetto et al. 1989, p. 2 et 16).

Dans le même ordre d'idée, les comptes nationaux négligent l'impact de la dégradation de l'environnement sur le bien-être des individus. Ainsi, la diminution de la qualité de l'air peut avoir des effets sur la santé de l'homme et, indirectement, sur son bien-être. Or, la valeur économique de ces effets n'est enregistrée ni dans les comptes de production, ni dans les

comptes de consommation. Par conséquent, les principaux agrégats de la comptabilité nationale n'offrent qu'une image partielle du concept de bien-être.

«National accounts are ... criticised for disregarding the environmental damage caused by production and consumption activities. A degradation of environmental quality through pollution constitutes a loss of welfare and can result in a reduction of income if the underlying economic activity is dependent on a certain degree of environmental quality» (Scherp 1993, p. 3).

Pour répondre à ces critiques, nombreux sont aujourd'hui les économistes qui recommandent l'extension du concept d'actifs économiques aux ressources naturelles et environnementales⁴. Se référant à la définition hicksienne du concept de revenu, ceux-ci considèrent que le PIN est avant tout une indication sur le montant maximum qu'il est possible de consommer au temps t sans être plus pauvre au temps $t+1$ ⁵. Cependant, comme la comptabilité nationale limite le concept d'actif aux biens et services produits au sein de la sphère économique, un risque de surestimation du revenu existe⁶. L'extension du concept d'actif économique à l'environnement devrait théoriquement permettre de réduire ce risque. Cependant, compte tenu des nombreux problèmes que pose cette extension (définition, évaluation, etc.), aucune des approches proposées jusqu'à aujourd'hui n'a réussi à faire l'unanimité (chap. 3.4)⁷.

⁴Voir les ouvrages de synthèse de Ahmad, El Serafy et Lutz (1989), Hamilton et al. (1993) et Lutz (1993a).

⁵«Dans la pratique, les calculs du revenu servent essentiellement à indiquer au consommateur la dépense qu'il ne doit pas dépasser s'il ne veut pas s'appauvrir. Si nous développons cette idée, nous arriverions à la conclusion que le revenu d'un individu doit être défini comme la valeur maximale qu'il peut consommer durant la semaine, et rester aussi riche à la fin de la semaine qu'au début. Il s'ensuit que lorsqu'un individu épargne, il vise à être plus riche à l'avenir; en dépensant au-delà de ses moyens, il s'appauvrit. En se souvenant que la fonction principale de la notion de revenu est de servir de guide au consommateur prudent il semble que la signification fondamentale est nettement définie» (Hicks 1956, p. 160).

⁶Voir les études de Bartelmus, Lutz et Schweinfest (1993) en Papouasie-Nouvelle-Guinée, de Repetto et al. (1989) en Indonésie, de van Tongeren et al. (1993) au Mexique.

⁷Voir Nations Unies (1993b).

B) DÉPENSES DE GESTION ET DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Par dépenses de gestion et de protection de l'environnement⁸, on entend les ressources économiques affectées à la lutte contre la pollution. Dans les comptes nationaux, ces dépenses font l'objet d'un traitement différent selon qu'elles sont entreprises par les administrations publiques, les ménages ou les entreprises. Dans les deux premiers cas, elles sont comptabilisées comme dépenses de consommation finale. Dans le troisième, elles sont enregistrées comme dépenses de consommation intermédiaire.

«[S]i, par exemple, une fuite de substances toxiques pollue les sols et les nappes phréatiques, le PIB ne diminue pas, malgré des dommages importants. Si les pouvoirs publics dépensent des millions de francs pour réparer les dommages, le PIB augmente car ces dépenses sont comptabilisées comme consommation finale. Si l'industrie est contrainte d'assurer le nettoyage, le PIB est diminué car ces dépenses sont enregistrées comme consommation intermédiaire. Si l'industrie doit par ailleurs prendre des mesures préventives afin d'éviter de nouvelles fuites, une partie est comptabilisée comme consommation intermédiaire et vient en déduction du PIB; une autre partie est comptabilisée comme investissement et s'ajoute au PIB. Enfin, si les ménages engagent des dépenses médicales pour traiter les dommages subis ou des dépenses de protection, ces consommations finales s'ajoutent au PIB» (Barde 1991, p. 141).

Certains économistes suggèrent que l'ensemble des dépenses défensives soient considérées comme consommation intermédiaire et déduites du PIB (Daly et Cobb 1989, Leipert 1986 et 1989, Nordhaus et Tobin 1972, Zolotas 1981). Selon eux, les dépenses défensives sont des coûts qui n'accroissent pas le bien-être des ménages; elles ne font en fait que le maintenir.

«[I]t could be argued that expenditures by households to protect themselves against the adverse consequences of the production process - air and water pollution, noise nuisance etc. - are properly regarded as costs of producing the goods and services that individuals enjoy and should therefore not be included as final expenditures give rise to utility. If I double glaze my house when there is an increase in road traffic in the street, the expenditure incurred as a result does not raise my welfare relative to what it was, but only helps me to return to the level I enjoyed prior to the traffic increase. As measured, national income would show an increase when the

⁸On parle aussi parfois de dépenses défensives.

expenditure was undertaken. As a measure of welfare change, however, that would be incorrect» (Pearce, Markandya et Barbier 1989, p. 105).

Cet argument est combattu par d'autres auteurs pour lesquels il n'est pas plus justifié de reclassifier les dépenses de gestion et de protection de l'environnement que de reclassifier, par exemple, les dépenses destinées à l'alimentation. Selon eux, il est totalement arbitraire de vouloir différencier les bonnes dépenses (e.g., les dépenses d'alimentation) des mauvaises (e.g., les dépenses de protection et de gestion de l'environnement)⁹.

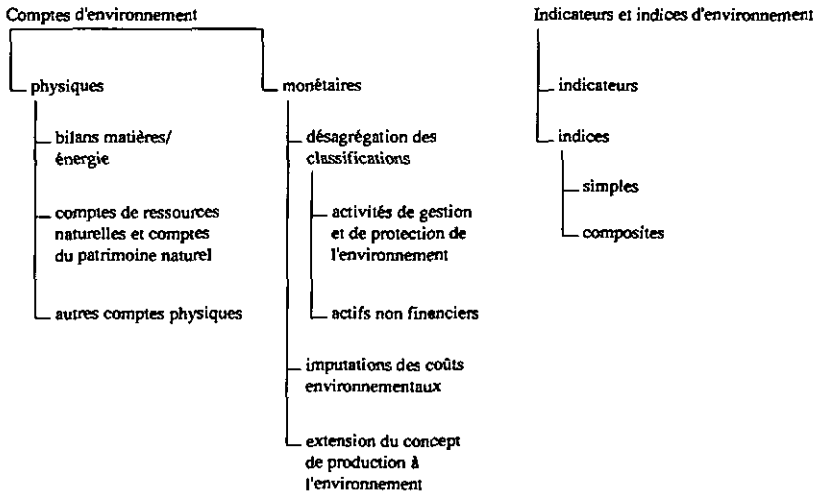
«Quite ordinary consumer goods such as food and drink could be characterised as 'regrettable necessities' which merely satisfy the recurrent basis needs of hunger and thirst without leaving the individuals any better off than before the onset of the hunger and thirst. Pushed to its logical conclusion, scarcely any consumption improves welfare in this line of argument» (Nations Unies 1993a, p. 14).

2.3 Environnement: comptes vs. indicateurs et indices

Pour répondre aux critiques dont la comptabilité nationale a fait l'objet quant à sa manière, voire sa capacité, de décrire les liens qu'entretiennent l'économie et l'environnement, deux approches statistiques distinctes ont été proposées (fig. 1-3). La première repose sur la présentation des statistiques d'environnement dans le cadre d'un système comptable intégré ou lié aux comptes nationaux. On parle alors de comptes d'environnement. Ceux-ci peuvent être exprimés en termes physiques (e.g., comptes de ressources naturelles, comptes du patrimoine naturel) ou monétaires (e.g., comptes économiques de l'environnement). La seconde est une approche non comptable qui se fonde sur l'élaboration, en marge de la comptabilité nationale, d'un ensemble d'indicateurs ou d'indices d'environnement. Les principaux aspects de ces deux approches sont présentés aux chapitres 3 (comptes d'environnement) et 4 (indicateurs et indices d'environnement).

⁹«I believe that 'defensive expenditures' is a disabled veteran among output concepts which cannot be relied upon to provide effective support in output measurement. It suggests that food expenditures defend against hunger, that clothing and housing expenditures defend against cold and rain, that medical expenditures defend against sickness, and religious outlays against the fires of hell» (Jaczi 1973, p. 91).

FIGURE 1-3
ENVIRONNEMENT: COMPTES VS. INDICATEURS ET INDICES



3 Comptes d'environnement

3.1 Remarques liminaires

Ces vingt dernières années, des efforts considérables ont été consenti dans l'élaboration de comptes d'environnement¹⁰. Leur origine remonte d'un

¹⁰Voir Aaheim, Lone et Nyborg (1991), Adler (1982), Alfsen, Bye et Lorentsen (1987), Antille (1992), Archambault (1980), Archambault et Benard (1988), Ayres (1978 et 1991), Ayres et Kneese (1969 et 1989), BAK (1993), Bartelmus (1987 et 1989), Bartelmus, Lutz et Schweinfest (1993), Bartelmus, Lutz et van Tongeren (1993), Bartelmus, Stahmer et van Tongeren (1991a et 1991b et 1993), Benedetti, Consolo et Fouquet (1981), Blades (1980 et 1989), Blazejczak et Edler (1991), Börlin (1992), Braibant (1993), Cabanis, Keilbach et Puech (1990), Cobb (1993), Common (1991), Comolet (1990), Comolet et Weber (1990), Creameans (1974 et 1977), Daly (1989a et 1989b), Daly et Cobb (1989), de Boo et al. (1991), Dell'mour et al. (1991), Den Butter et Verbruggen (1994), Denison (1971), Deravajan et Weiner (1991), Desaignes et Point (1990), Drechsler (1976), Eisner (1988), El Serafy (1989, 1991a, 1991b et 1993), El Serafy et Lutz (1989), Eurostat (1991a, 1991b et 1993a), Farrow et Krautkraemer (1991), Ficki (1991), Fischer-Kowalski et al. (1991), Foy (1991), Franz (1991), Franz

côté à l'étude de Nordhaus et Tobin (1972) sur la construction d'une mesure économique du bien-être pour les Etats-Unis, de l'autre, aux travaux entrepris par le gouvernement norvégien dans le domaine de la comptabilité des ressources naturelles (Gemasjordet et Longva 1980). Ces efforts donnèrent naissance à deux approches distinctes, la première fondée sur l'intégration des statistiques économiques et environnementales, la seconde sur leur présentation en marge des comptes nationaux dans des comptes de type satellite.

Aujourd'hui, une majorité d'économistes et de comptables nationaux considèrent qu'il est prématuré de vouloir intégrer les statistiques économiques et environnementales au sein d'un cadre comptable unique. Les efforts se sont par conséquent réorientés vers la conception de comptes satellites au sens large, incorporant aussi bien les comptes intégrés que les comptes satellites au sens étroit (Nations Unies 1993b).

et Rainer (1991), Friend (1991), Friend et Rapport (1991), Gemasjordet et Longva (1980), Giannone et Carlucci (1991), Gilbert, Onno et Amtzen (1991), Grambsch, Michaels et Peskin (1993), Hamer et Stahmer (1991), Hamilton et al. (1993), Harrison (1989a, 1989b, 1990 et 1993), Hartwick (1990, 1991a et 1991b), Hartwick et Hageman (1991), Herfindahl et Kneese (1973), Holub (1981 et 1983), Hueting (1980, 1987, 1989, 1991), Hueting et Bosch (1990), Hueting, Bosch et de Boer (1992), INSEE (1986a et 1986b), Juster (1973), Klaus et Stahmer (1991), Kolitola (1991), Kuik et Verbruggen (1991), Laganier (1984), Landefeld et Hines (1985), Leipert (1986 et 1989), Leipert et Simonis (1989 et 1991), Leontief (1970 et 1973), Levin (1991a, 1991b et 1993), Longva (1981), Lutz (1991 et 1993b), Lutz et El Serafy (1988 et 1989), Lutz et Munasinghe (1991 et 1993), Mäler (1991), Marin (1978), Meyer et Leone (1977), Michaels, Grambsch et Peskin (1991), Milot, Teillet et Vanoli (1989), Mishan (1984), Moss (1980), Naredo (1986 et 1988), Nations Unies (1977a, 1977b, 1991a, 1991b, 1993b), Nordhaus et Tobin (1972), Norgaard (1989a, 1989b et 1989c), Nyborg (1991), OCDE (1980 et 1990), OFS (1992), Olson (1977), Peskin (1981, 1989, 1990 et 1991), Peskin et Lutz (1989 et 1993), Peskin et Peskin (1978), Pillet (1988), Reich (1991a et 1991b), Repetto (1989 et 1990), Repetto et al. (1989), Richter (1991), Romans (1977), Schmid (1992), Stahmer (1991), Stauffer (1986), Steven et Cook (1991), Sunga (1988), Teillet (1988a), Thage (1991), Theys (1989), Tinbergen et Hueting (1991), Uno (1989a et 1989b), van Tongeren et al. (1993), Vaterlaus (1991), Victor (1991), Walther (1990), Weber (1986 et 1991), World Resources Institute (1991), Young (1991 et 1993), Zimmermann (1991), Zolotas (1981).

3.2 Comptes satellites

On doit le concept de **comptes satellites** aux chercheurs français de l'INSEE qui proposèrent, dès la fin des années 1960, la construction d'un système élargi de comptabilité nationale¹¹. Les premiers comptes satellites concernèrent les transports, la santé et le tourisme. Les comptes satellites de l'environnement virent eux le jour en 1986 (INSEE 1986a).

De manière générale, les comptes satellites ont pour objet d'accroître la capacité analytique du système de comptabilité nationale sans compromettre son intégrité. Ils devraient permettre, entre autre:

- l'enregistrement d'informations spécifiques à certains domaines de préoccupation sociale (e.g., tourisme, environnement);
- une plus grande souplesse dans l'utilisation des concepts, des définitions et des classifications;
- l'analyse approfondie de certains agrégats; et
- l'enregistrement d'informations exprimées en termes physiques (Nations Unies 1993a).

En matière d'environnement, le concept de comptes satellites a tout d'abord été utilisé exclusivement dans le cadre de l'analyse des dépenses consacrées à la gestion et à la protection de l'environnement (INSEE 1986a). Il a récemment pris un sens plus général pour être appliqué aujourd'hui aussi bien au système de comptes économiques et environnementaux intégrés des Nations Unies (1993b) qu'aux comptes économiques de l'environnement. En fait, à l'heure actuelle, la seule véritable différence qui existe entre ces diverses approches est le choix de l'unité de mesure: les comptes sont-ils exprimés en termes physiques ou monétaires?

En matière de comptes d'environnement exprimés en termes physiques, les systèmes actuellement les plus développés sont l'oeuvre de la France (INSEE 1986b) et de la Norvège (Alfsen, Bye et Lorentsen 1987).

¹¹Voir Braibant (1994), Laganier (1984), Schafer et Stahmer (1990) Teillet (1988) et Vanoli (1986).

D'autres systèmes, comme ceux d'Eurostat (1991a) ou des Nations Unies (1993b) n'en sont aujourd'hui qu'au stade conceptuel (chap. 3.3).

En ce qui concerne les systèmes comptables exprimés en termes monétaires, l'état des travaux varie selon le type de compte considéré (chap. 3.4). Dans le cas des comptes reposant sur la désagrégation environnementale des classifications du SCN (e.g., classification des actifs ou des dépenses), de nombreux pays, comme la France, en sont au stade de l'application depuis plusieurs années (INSEE 1986a). De tels comptes devraient être prochainement disponibles pour l'ensemble des pays de la Communauté Economique Européenne. Si l'on considère les comptes basés sur l'imputation des coûts environnementaux, le principal problème réside aujourd'hui dans l'applicabilité des méthodes d'évaluation proposées. Les études pilotes menées par la Banque Mondiale ont permis de tester la pertinence de certaines d'entre elles (Bartelmus, Lutz et Schweinfest 1993, van Tongeren et al. 1993). Toutefois, avant que l'on puisse appliquer ces méthodes à une plus large échelle, d'autres études seront nécessaires (Nations Unies 1993a). Enfin certains travaux, comme ceux basés sur l'extension du concept de production à l'environnement, en sont encore au stade de la discussion (Nations Unies 1993b).

3.3 Approches physiques

En matière de comptes satellites exprimés en termes physiques on distingue généralement deux approches: les bilans matières/énergie et les comptes des ressources naturelles.

A) BILANS MATIÈRES/ÉNERGIE

Développé à la fin des années 60, le concept de bilan matières/énergie repose sur le principe de la conservation de la matière et de l'énergie (i.e., premier principe de la thermodynamique). Selon ce principe, «... l'homme ne peut ni créer ni détruire de la matière ou de l'énergie» (Georgescu-Roegen 1979, p. 18).

Les bilans matières/énergie sont avant tout des comptes de flux exprimés sous la forme de tableaux input-output. Ils décrivent:

- l'utilisation des actifs naturels en tant qu'inputs économiques;
- leur transformation lors du processus de production; et
- leur retour vers l'environnement sous forme de déchets¹².

«The primary purpose of MEB [materials/energy balances] is to trace the extraction and transformation of materials and energy from natural resources through successive stages of processing to final use, and thence back either to the environment as waste or to the production and consumption process (recycling of waste). One of the major applications of MEB statistics is to provide the data base for models of environmental forecasting and management. In a way, MEB can be considered as a physical extension of input-output models based on national accounting, incorporating resource requirements and waste residual outputs and reflecting the fact that the material/energy inputs and outputs for the economy must always balance. Thus the underlying principle for MEB statistics is conservation of matter: all materials and energy inputs must be accounted for, either as final outputs or as changes in accumulated stocks. All stock changes are equivalent to flows, and that accounting identity is essential as a construction principle of the system» (Nations Unies 1982, p. 5).

B) COMPTES DE RESSOURCES NATURELLES ET COMPTES DU PATRIMOINE NATUREL

Le développement des comptes de ressources naturelles et des comptes du patrimoine naturel remonte lui au début des années 70. On l'attribue généralement aux travaux des statisticiens norvégiens¹³ et français¹⁴. Contrairement aux bilans matières/énergie, les comptes des ressources naturelles sont avant tout des comptes de patrimoine et d'accumulation. Leur objet est la description quantitative et qualitative des stocks et des variations de stocks des actifs naturels.

¹²Voir Ayres (1978 et 1991), Ayres et Kneese (1969 et 1989), Nations Unies (1982 et 1991a).

¹³Voir Aaheim et al. (1991), Alfsen, Bye et Lorentsen (1987), Gernasjordet et Longva (1980), Longva (1981), OCDE (1980).

«En dépit de quelques différences conceptuelles et méthodologiques, les comptes de ressources naturelles (dénomination norvégienne) et les comptes du patrimoine naturel (appellation française) visent un même objectif: réunir dans un cadre comptable cohérent et autonome, par rapport à la comptabilité nationale, des informations à la fois quantitatives et qualitatives, aussi bien sur l'état du patrimoine naturel et son évolution que sur sa gestion ou son utilisation par les agents économiques. A cet effet, ils décrivent en termes physiques en priorité - mais également lorsque les données sont disponibles, en termes monétaires - les stocks de ressources naturelles ainsi que les flux qui leur sont associés, en particulier ceux qui sont imputables à l'action de l'homme (prélèvements, aménagement du milieu, actions de dépollution, ...)» (Comolet 1990, p. 336).

C) AUTRES COMPTES PHYSIQUES

Dans le cadre de leur Système de Comptabilité Economique et Environnementale Intégrée (SCEE), les Nations Unies (1993b) proposent un système qui s'inspire à la fois des bilans matières/énergie et des comptes des ressources naturelles. Comme les bilans matières/énergie, ce système décrit tout d'abord les flux d'inputs (i.e., les flux d'actifs naturels) et d'outputs (i.e., les flux de déchets) du processus de production; il ne présente par contre pas la transformation des inputs en outputs. De manière identique aux comptes des ressources naturelles, il décrit ensuite les stocks et les variations de stocks des actifs naturels. Les comptes de flux décrivent l'origine et la destination des produits, des matières premières et des déchets. Les comptes de patrimoine présentent eux les stocks (d'ouverture et de fermeture) et les variations de stocks des actifs produits (y compris les déchets) et non produits. Les variations de stocks des actifs non produits distinguent les variations dues à des causes économiques de celles dues à des causes naturelles ou multiples.

«In the physical accounts of the SEEA [System of Integrated Environmental and Economic Accounting], the concepts of materials/energy and natural resource accounting are combined and translated into the language of national accounts... Use of the information contained in materials/energy balances and natural resource ... is limited to

¹⁴Voir Archambault et Benard (1988), Benedetti, Consolo et Fouquet (1981), Comolet (1990), Comolet et Weber (1990), INSEE (1986b), Theys (1989), Weber (1986 et 1991).

recording physical flows from natural assets to the economy (use of natural assets) and flows back to the natural environment (residual flows). The SEEA does not attempt to provide a comprehensive picture of the transformation processes within economy» (Nations Unies 1993b, p. 72).

3.4 Comptes monétaires

A) DÉAGRÉGATION DES CLASSIFICATIONS D'ACTIVITÉS ET D'ACTIFS NON FINANCIERS

ACTIVITÉS DE GESTION ET DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Pour prévenir ou corriger les effets négatifs de la détérioration de l'environnement, une part de plus en plus importante de la production nationale est aujourd'hui consacrée aux activités de gestion et de protection de l'environnement (OCDE 1990, Nations Unies 1993b)¹⁵. Dans une étude récente, l'OCDE estime ainsi que le marché mondial des biens et services liés à la protection et à la gestion de l'environnement valait, en 1990, 200 milliards de dollars. Ces prochaines années, il devrait croître à un rythme annuel de 5 à 6 pour-cent (Barde 1991).

Au sein de la comptabilité nationale cependant, l'identification de ces activités et de ces dépenses est souvent difficile, compte tenu notamment de la manière dont sont définies les principales classifications. Ainsi, sous sa forme actuelle, la classification des **activités industrielles** (*ISIC*¹⁶) ne permet d'identifier que les activités de recyclage (*ISIC 37*) et de traitement des eaux usées, déchets et activités similaires (*ISIC 90*). De même, la classification des **activités des administrations publiques** (*COFOG*¹⁷) ne met en évidence que les services sanitaires, y compris ceux liés à la

¹⁵«Economic growth has been considered to be connected with an increasing percentage of activities aimed at avoiding the effects of externalities or restoring/repairing negative impacts... If those trends continue they may eventually lead to a reorientation of economic activities towards environmental protection. A detailed analysis of economic production activities, of their impacts on the natural environment and of those impacts' environmental repercussions on human health and well-being would require the identification of such activities as purport to defend against a deterioration of the environmental situation and its repercussions on human health and well-being» (Nations Unies 1993b, p. 41).

¹⁶*International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC)*.

¹⁷*Classification of the Functions of Government (COFOG)*.

réduction et au contrôle de la pollution (*COFOG 07.3*). Enfin, aucune rubrique consacrée aux dépenses de gestion et de protection de l'environnement ne figure dans la classification des dépenses de consommation finale des ménages (*COICOP*¹⁸).

L'identification des activités et des dépenses spécifiques à la gestion et à la protection de l'environnement implique la désagrégation de ces classifications. Dans le cadre du SCEE, les Nations Unies proposent de désagréger la classification des activités industrielles (*ISIC*) de sorte à permettre la mise en évidence de neuf catégories d'activités de gestion et de protection de l'environnement distinctes (tab. 1-1).

TABLEAU 1-1
PROJET DE CLASSIFICATION DES ACTIVITÉS DE PROTECTION DE
L'ENVIRONNEMENT

(source: adapté de Nations Unies 1993b, p. 159-160)

-
- (1) Protection de la qualité de l'air et du climat;
 - (2) Protection de la qualité de l'eau (sans tenir compte des eaux souterraines);
 - (3) Prévention, collecte, transport, traitement et stockage de déchets;
 - (4) Recyclage de déchets et autres résidus;
 - (5) Protection des sols et des eaux souterraines;
 - (6) Lutte contre le bruit;
 - (7) Protection de la nature et du paysage;
 - (8) Autres mesures de protection de l'environnement; et
 - (9) Recherche et développement.
-

En ce qui concerne les activités des administrations publiques, une désagrégation plus détaillée des activités liées à la gestion et à la protection de l'environnement est prévue dans le cadre de la prochaine révision de la *COFOG*. En matière de consommation finale des ménages, les Nations Unies proposent d'explicitier les dépenses liées à la production de services

¹⁸Classification of Individual Consumption by Purpose (*COICOP*).

environnementaux par les ménages et celles qui concernent l'achat de biens et services externes de protection de l'environnement¹⁹.

A partir de la désagrégation des classifications d'activités et de dépenses, on peut envisager deux approches. La première, proposée par les chercheurs français de l'INSEE (INSEE 1986b), puis reprise entre autres par Eurostat (Eurostat 1991a et b) et l'Office fédéral de la statistique suisse (OFS 1992), revient à présenter les activités et les dépenses de gestion et de protection de l'environnement en marge du cadre central de la comptabilité nationale, sous la forme de comptes satellites. La seconde approche, retenue par les Nations Unies dans le cadre de leur SCEE, repose sur la présentation de ces activités au sein même du cadre central (Nations Unies 1993b).

L'approche par les comptes satellites aborde la description des activités et des dépenses de gestion et de protection de l'environnement selon deux points de vue: le point de vue de la dépense et celui du financement²⁰. Le Système Européen de Rassemblement de l'Information Economique sur l'Environnement (SERIEE), qui constitue aujourd'hui l'un des principaux systèmes de référence en matière de présentation comptable des dépenses de gestion et de protection de l'environnement, vise ainsi:

«... à fournir les éléments nécessaires pour effectuer l'évaluation d'un agrégat: la dépense intérieure consacrée à la gestion et à la protection de l'environnement... Le [SERIEE] a pour objectif d'apporter une description des systèmes de production et de financement de la dépense en faveur de l'environnement: il s'efforce en particulier de répondre aux questions:

- quels sont les agents qui effectuent la dépense par catégorie d'opération?
- quels sont ceux qui financent, ceux qui supportent la charge des interventions en faveur de l'environnement?
- sous quelles formes et par quels circuits s'opèrent les financements» (Eurostat 1991a, p. 3)?

¹⁹Voir Nations Unies (1993b, p. 48).

²⁰Pour ses comptes satellites de l'environnement, l'INSEE (1986b) proposait de considérer également le point de vue du bénéficiaire. Ce point de vue n'a cependant jamais été soumis à évaluation et n'a surtout pas été repris par les systèmes développés par la suite, notamment le Système Européen de Rassemblement de l'Information Economique sur l'Environnement (SERIEE) d'Eurostat (1991a et b) ou les Comptes Economiques de l'Environnement (CEE) de l'Office fédéral de la statistique suisse (OFS 1992).

L'approche proposée par les Nations Unies repose elle sur l'identification des activités et des dépenses de gestion et de protection de l'environnement directement au sein du cadre central de la comptabilité nationale (compte de production). Le point de vue adopté est celui de la dépense. Les activités de gestion et de protection de l'environnement sont regroupées selon qu'elles sont entreprises à titre principal, secondaire ou accessoire. Dans les deux premiers cas, on parle d'activités externes de protection de l'environnement; les biens et services sont produits et consommés par des établissements - ou unités institutionnelles - distincts. Dans le troisième cas, les biens et services sont produits pour compte propre; on parle alors d'activités internes de protection de l'environnement (Nations Unies 1993b)²¹.

Quelle que soit l'approche envisagée, le principal problème posé par la désagrégation environnementale des classifications d'activités et de dépenses est lié à la difficulté de différencier les inputs en fonction de leur but. Lorsque la production principale ou secondaire d'une industrie est une activité caractéristique, ce but est clairement défini. Par contre, lorsque les activités caractéristiques sont assurées de manière conjointe avec d'autres activités (activités accessoires), il conviendrait théoriquement de séparer les

²¹«Environmental protection activities by industries can represent three different types of production activities:

a) **Main production activities.** Environmental protection activities can be the main production of establishment-type units. Such activities can comprise the supply of goods (recycling) or of service. These goods and service are marketed or non-marketed products of environmental protection, delivered to other establishments... Such activities are called external environmental protection activities. They are identified as specific production activities...

b) **Secondary activities.** Environmental protection activities can also be carried out as secondary activities of establishments or establishments-type units. In this case, the output of those activities that are marketed or non-marketed products are delivered to other establishments. The output represent external environmental protection products that are produced as secondary outputs. The environmental protection activities are allocated as secondary production to the industry to which the respective establishments belong according to their main production...

c) **Ancillary activities.** Environmental protection activities can also be ancillary activities of establishments or establishments-type units. In this case, environmental protection activities serve only the internal purposes of the establishment in question. They are therefore called internal environmental protection activities» (Nations Unies 1993b, p. 45-46).

dépenses liées à la production d'activités caractéristiques des autres dépenses. Or, le problème est, à l'heure actuelle, loin d'être résolu²². La solution proposée par les auteurs du SERIEE est de voir si les moyens et techniques utilisés pour protéger l'environnement sont isolables (e.g., techniques dites en fin de cycle) ou, tout au moins, identifiables mais intégrés dans d'autres processus. Dans le premier cas, on évalue le surcoût par rapport à l'absence de mesures de protection de l'environnement. Dans le second cas, on calcule le surcoût «... en faisant la différence entre les moyens et techniques utilisés pour produire tout en protégeant l'environnement et le coût des moyens et techniques similaires utilisés pour produire sans répondre aux objectifs de protection de l'environnement» (Eurostat 1991a, p. 123). Reste la question du traitement à appliquer aux moyens et techniques de protection de l'environnement qui augmentent la rentabilité globale de la production. Selon les auteurs du SERIEE, ces équipements ne devraient purement et simplement pas être pris en compte²³.

ACTIFS NON FINANCIERS

Le SCN classe les actifs non financiers selon qu'ils sont produits ou non. Les actifs produits regroupent, outre les biens et services produits par l'homme, les actifs cultivés. Les actifs non produits se composent eux des actifs corporels et non corporels. Les actifs corporels correspondent aux

²²Voir Antille (1992) et Eurostat (1991a).

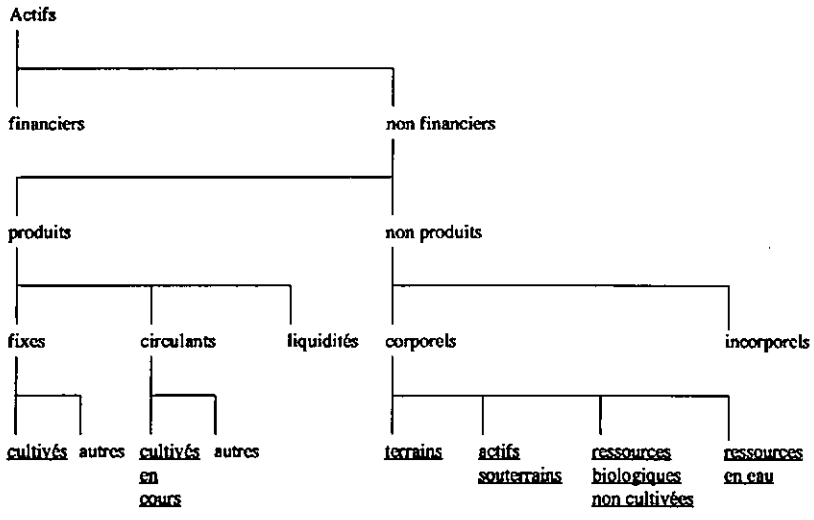
²³«Les équipements et installations antipollution excluent:

- les équipements et installations exigés par le processus de fabrication pour des raisons techniques (par exemple pour donner à l'eau ou à l'air utilisés dans le processus de fabrication un certain degré de pureté),
- les équipements et installations qui, bien qu'ayant un effet bénéfique sur l'environnement, ont été acquis pour des raisons autres que la protection de l'environnement, par exemple pour des raisons d'hygiène ou de sécurité du travail à l'intérieur de l'usine,
- les équipements et installations de fabrication qui, bien que produisant moins de polluants et/ou nuisances à l'extérieur de l'usine, ont été acquis pour des raisons d'ordre économique, c'est-à-dire sont, compte tenu de leur prix, de leur capacité de production, des frais de fonctionnement et d'entretien, etc., plus rentables (ou au moins aussi rentables) que les équipements et installations non munis de dispositif antipollution» (Eurostat 1991a, p. 26-27).

terrains, aux actifs souterrains, aux ressources biologiques non cultivées et aux ressources en eau (fig. 1-4)²⁴.

FIGURE 1-4
SYSTÈME DE COMPTABILITÉ NATIONALE: CLASSIFICATION DES ACTIFS
NATURELS

(source: adapté de Nations Unies 1993a)

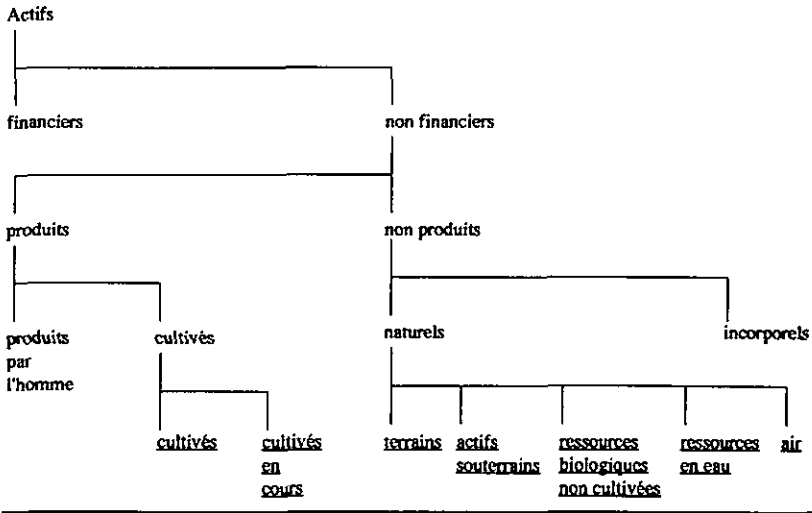


Les Nations Unies proposent, dans le cadre du SCEE, de modifier la classification des actifs non financiers de façon à faciliter l'identification des actifs naturels. Selon cette proposition, on distinguerait tout d'abord les actifs produits selon qu'ils sont produits par l'homme ou cultivés. Ensuite, les actifs corporels non produits seraient renommés et deviendraient les actifs naturels non produits. Enfin, on désagrégerait de manière plus détaillée les actifs cultivés et les actifs naturels non produits (fig. 1-5)²⁵.

²⁴Voir Nations Unies (1993a, p. 293-295).

²⁵Voir Nations Unies (1993b, p. 55 et 161-163).

FIGURE 1-5
 SYSTÈME DE COMPTABILITÉ ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE
 INTÉGRÉE: CLASSIFICATION DES ACTIFS NATURELS
 (source: adapté de Nations Unies 1993b)



Pour l'évaluation des actifs naturels, les Nations Unies proposent trois méthodes; celles-ci se réfèrent respectivement au prix du marché, au prix d'achat net des amortissements cumulés et à la valeur actualisée des rendements futurs attendus (Nations Unies 1993a)²⁶. Dans le cas des actifs naturels non produits, on n'utilise le prix du marché que pour l'évaluation de la valeur des terrains²⁷. Pour les actifs cultivés, on recourt soit au prix du marché (e.g., élevage), soit au prix d'achat net des amortissements cumulés (e.g., forêt)²⁸. La valeur actualisée des rendements futurs attendus sert elle de base à l'évaluation des actifs souterrains, des ressources biologiques non cultivées et des ressources en eau²⁹.

²⁶Voir chap. 1.6.

²⁷Voir Nations Unies (1993a, p. 294 et 1993b, p. 60).

²⁸Voir Nations Unies (1993a, p. 293).

²⁹Voir Nations Unies (1993a, p. 295 et 1993b, p. 61).

D'autres méthodes ont été proposées, notamment en ce qui concerne l'évaluation des actifs naturels conditionnellement ou non renouvelables: les principales se réfèrent aux concepts de revenu net et de coût d'épuisement. Le concept de revenu net, popularisé par Repetto et les chercheurs du World Resources Institute, prend comme point de départ la différence entre le prix du marché et les coûts d'exploitation (Repetto et al. 1989, World Resources Institute 1991). On obtient la valeur totale des actifs en multipliant cette différence (i.e., le revenu net) par le stock de réserves prouvées et économiquement exploitables (i.e., les réserves dont le revenu net est positif).

Le concept de coût d'épuisement ne s'applique lui qu'aux actifs naturels non renouvelables (El Serafy 1989). Il repose sur l'idée que le revenu net généré par l'exploitation et la vente d'actifs naturels se compose de deux éléments: un élément coût (i.e., le coût d'épuisement) et un élément revenu. Le coût d'épuisement correspond à la part du revenu net que l'on doit investir si l'on veut garantir un flux de revenu constant dans le temps, même après épuisement complet des stocks d'actifs naturels non renouvelables. Ce flux de revenu est égal à la différence entre le revenu net et le coût d'épuisement.

B) IMPUTATION DES COÛTS ENVIRONNEMENTAUX

On l'a vu ci-dessus, le SCN distingue les actifs naturels selon qu'ils sont produits ou non. Dans les deux cas, les stocks sont enregistrés dans des comptes de patrimoine et leurs variations dans des comptes d'accumulation. Par contre, seules les variations de stock d'actifs naturels produits - et ce pour autant qu'elles soient dues à des causes économiques - figurent dans des comptes de production comme consommation de capital fixe ou comme consommation intermédiaire. Par conséquent, ni le PIB, ni le PIN ne reflètent la détérioration des actifs naturels non produits.

Se référant à la définition hicksienne du concept de revenu³⁰, certains économistes proposent d'imputer le coût de la détérioration des actifs naturels non produits au compte de production. Selon eux, ces actifs constituent du capital fixe, au même titre que les machines ou les

³⁰Voir Chapitre 2.2, Point A.

immeubles. Par conséquent, lorsque la valeur de ce capital diminue, le PIN devrait être réduit d'autant³¹. La différence qui existe alors entre le PIN et le PIN ajusté correspond à ce que les Nations Unies appellent la marge écologique (Nations Unies 1993b, p. 99). Le PIN ajusté prend lui le nom de produit intérieur écologique (PIE). On a ainsi:

$$\begin{array}{r} \text{Produit intérieur net au prix du marché (PIN)} \\ - \text{ Marge écologique (ME)} \\ \hline = \text{Produit intérieur écologique au prix du marché (PIE)} \end{array}$$

Pour pouvoir passer du PIN au PIE, l'évaluation monétaire des coûts environnementaux (i.e., celle de la marge écologique) est un préalable indispensable. Trois approches sont proposées: l'évaluation au prix du marché, au coût de protection et l'évaluation contingente. L'évaluation de la détérioration des actifs naturels non produits au **prix du marché** repose sur les mêmes méthodes que celles utilisées pour la construction des comptes de patrimoine³². La référence au prix du marché implique que l'imputation des coûts environnementaux se limite aux actifs naturels qui font l'objet d'un échange marchand (e.g., bois tropicaux, pétrole). Les coûts environnementaux ainsi estimés sont imputés aux unités institutionnelles qui les supportent³³. Lorsque l'on se réfère aux **coûts de protection**, le point de vue n'est pas, comme dans le cas de l'évaluation aux prix du marché, celui de la victime mais celui du responsable; on parle alors également de coûts environnementaux causés. L'évaluation aux coûts de protection repose sur le calcul des montants qui auraient été nécessaires pour prévenir la détérioration des actifs naturels (coûts de prévention) ou permettre leur restauration (coûts de restauration). Dans les deux cas, il s'agit de coûts hypothétiques³⁴. On recourt enfin à l'**évaluation contingente** lorsqu'il s'agit d'estimer les coûts environnementaux supportés par les ménages. On interroge alors les individus sur le montant maximal qu'ils

³¹Par analogie avec le SCN, on ne considère cette diminution de la valeur courante des stocks d'actifs naturels non produits que lorsque celle-ci est due à des causes économiques.

³²Voir Chapitre 1.6.

³³Voir Nations Unies (1993b, p. 101-105).

³⁴Voir Hueting (1991), Nations Unies (1993b, p. 105-113).

seraient disposés à payer pour protéger l'environnement (Nations Unies 1993b, p. 113-117)³⁵.

En l'état actuel des connaissances, il convient toutefois de relever que l'imputation des coûts environnementaux pose un certain nombre de problèmes non résolus. Tout d'abord, le principe même de l'imputation est loin de faire l'unanimité, principalement lorsqu'il s'agit des coûts de la dégradation de l'environnement. L'argument avancé est que, contrairement à l'épuisement des actifs naturels, les coûts de la dégradation de l'environnement (e.g., sous la forme d'effets externes) ne sont actuellement pas pris en compte en gestion d'entreprise. Leur imputation dans les comptes nationaux est par conséquent discutable.

«Within the monetary approaches, there is more consensus with regard to amendment of SNA [System of National Accounts] concepts for depletion than degradation. The main reason for the latter is that depletion allowances already have found their way into commercial accounting practices and are thus implicitly reflected in the market prices of depleted assets. Commercial accounting practices generally have not been developed for externalities and consequently there is less consensus on this further amendment of the SNA in monetary environmental accounting» (Nations Unies 1993a, p. 514).

Ensuite, les méthodes d'évaluation auxquelles l'on recourt pour évaluer les coûts environnementaux ne sont pas toutes conformes au concept de valeur du SCN (i.e., le concept de valeur marchande). Tel est en particulier le cas des méthodes d'évaluation du coût de protection et contingente. Le recours à ces méthodes, s'il a l'avantage d'accroître la disponibilité des données, réduit par contre la cohérence interne du système (Hueting 1991, Hueting et Bosch 1990, Nyborg 1991). Enfin, nombreux sont les auteurs qui aujourd'hui encore considèrent que le calcul d'un agrégat économique et environnemental unique est un objectif contestable (Schwaller 1991, Vanoli 1991, Kuik et Verbruggen 1991).

³⁵A noter que d'autres méthodes d'évaluation, telles que par exemple celles qui se réfèrent à des marchés de substitution (méthode hédoniste ou méthode du coût du trajet) auraient pu être envisagées (Pearce et Markandya 1989). Celles-ci ne sont cependant généralement pas utilisées en comptabilité de l'environnement.

C) EXTENSION DU CONCEPT DE PRODUCTION À L'ENVIRONNEMENT

L'extension du concept de production à l'environnement repose sur l'idée que l'environnement est, comme les institutions financières ou les administrations publiques, un producteur de service. Il conviendrait par conséquent de considérer la production de ces services (e.g., évacuation et stockage de déchets) comme une activité productive au sens du SCN et d'ajouter l'environnement à la classification des unités institutionnelles (Grambsch, Michaels et Peskin 1993, Michaels et al. 1991, Nations Unies 1993b, Peskin 1981, 1989 et 1991).

«The modified accounting system differs most markedly from the conventional system in its inclusion of nature as a separate sector... Nature is shown as the primary source of all environmental asset services and as the final consumer of environmental damages... Just as the production of goods sold in the marketplace reflects the capital services of the plant and machines used in the manufacture of the goods, likewise the production of waste products, such as smoke and spent process and cooling water, reflects a demand for the capital services provided by the environment» (Peskin 1989, p. 66 et 73).

Dans le cadre du SCEE, les Nations Unies suggèrent de distinguer trois types de services environnementaux: les services d'évacuation et de stockage de déchets; les services productifs de la terre et les services aux ménages. Pour l'évaluation des services d'évacuation et de stockage des déchets et des services productifs de la terre, on se base sur les coûts de protection. Dans le cas des services aux ménages, on se réfère aux coûts de prévention, de restauration et de répercussion que les ménages supportent effectivement et aux coûts qu'ils sont théoriquement disposés à supporter pour éviter toute détérioration de l'environnement. La somme de ces coûts est égale à la production brute de l'environnement. Sa contrepartie correspond aux consommations finale ou intermédiaire des autres unités institutionnelles³⁶.

Contrairement à la désagrégation des classifications (Point A) et à l'imputation des coûts environnementaux (Point B), l'extension du concept de production à l'environnement en est encore au stade exploratoire. Une première étude pilote effectuée aux Etats-Unis a permis de tester

³⁶Voir Nations Unies (1993b, p. 130-137).

partiellement son applicabilité (Michaels et al. 1991). Cependant, avant que cette approche puisse être considérée comme opérationnelle, d'autres études seront nécessaires (Nations Unies 1993b).

4 Indicateurs et indices d'environnement

4.1 *Remarques liminaires*

La question des statistiques d'environnement a été posée pour la première fois à l'échelle internationale lors de la Conférence des Statisticiens Européens (CSE), en 1973, puis par les Nations Unies, en 1974. Les premières recommandations de la CSE concernèrent la mise en place d'un système de statistiques d'environnement destiné à assurer la cohérence des statistiques qui seraient établies en la matière. La Commission statistique des Nations Unies préconisa pour sa part une approche plus pragmatique qui se concentrerait sur les besoins en matière de statistiques d'environnement, sur leur disponibilité et sur l'élaboration de directives méthodologiques plutôt que sur la mise en place d'un système complexe.

Entre 1979 et 1985, les Nations Unies effectuèrent diverses enquêtes sur les pratiques nationales en la matière. Elles organisèrent parallèlement un certain nombre d'ateliers régionaux sur la base desquels il fut possible d'identifier les principales caractéristiques des statistiques d'environnement et d'en préciser les buts. Ces enquêtes et ateliers montrèrent également la nécessité, pour les services statistiques des pays concernés, de disposer d'un véritable cadre statistique qui pût faciliter le développement, la coordination et l'organisation des statistiques d'environnement (Nations Unies 1985).

La construction d'un cadre pour le développement des statistiques d'environnement permit de faire d'importants progrès, tant dans la collecte, la compilation, l'analyse, la présentation que la diffusion de ces statistiques. Cependant, malgré ces progrès, nombreux sont ceux qui aujourd'hui encore considèrent que les buts visés n'ont pas été atteints. On reproche ainsi aux statistiques d'environnement d'être encore trop souvent caractérisées par la surabondance d'informations éparses et la pénurie de statistiques suivies et cohérentes (Point 1990). Ces dernières années, ce constat a amené certains

pays et organisations internationales à poser la question des statistiques d'environnement en d'autres termes et à s'intéresser à la construction d'ensembles d'indicateurs et d'indices d'environnement³⁷.

4.2 Définitions

Les statistiques, les indicateurs et les indices d'environnement font partie de ce que l'on nomme l'information objective sur l'environnement (Nations Unies 1990). Les **statistiques** ont pour objet de décrire le niveau absolu de certaines variables d'environnement. Ainsi, à titre d'exemple, les émissions d'oxyde de soufre (SO_x) exprimées en milliers de tonnes sont des statistiques.

Les **indicateurs** se distinguent des statistiques dans la mesure où leur signification dépasse celle des seules variables observées. Les indicateurs ont à la fois un rôle de synthèse et de représentation. Ainsi, les émissions totales de SO_x sont des indicateurs de pression sur l'environnement si leur seule observation permet d'avoir une image générale de ces pressions. Certains auteurs (e.g., Pearce et al. 1991a) considèrent que les indicateurs doivent, en plus d'être représentatifs, être rapportés à au moins une variable socio-économique. Dans ce sens, les émissions de SO_x ne sont des indicateurs d'environnement que si elles sont par exemple rapportées à la population (émissions de SO_x par habitant exprimées en kg/cap.) ou au produit intérieur brut (émissions de SO_x en kg/1000 US\$).

«[A]n indicator is a number selected from a larger data base with a synthetic meaning and specific purpose. It has a significance beyond the statistic or parameter itself. Other ways of expressing this general point is to say that indicators are "representative" and "condense" or "summarise"

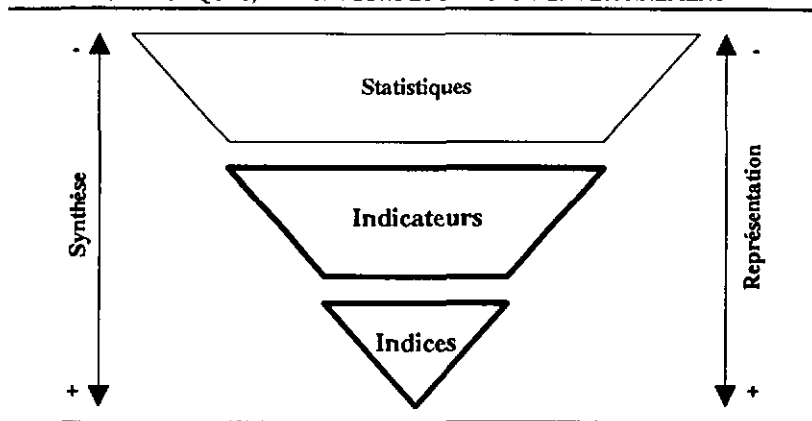
³⁷Voir Adriannse (1993), Alberti et Parker (1991), Alfsen et Saebø (1993), Alfsen et al. (1992), BAK (1993), Bayliss et Walker (1993), Environment Canada (1991), Eurostat (1993a), Grosclaude (1993), Hall et Kerr (1992), Hope et Parker (1990), Hope, Parker et Peake (1992), Inhaber (1974, 1975a, 1975b et 1976), Jesinghaus (1993a, 1993b, 1993c et 1994), Liu (1976), Liverman et al. (1988), Ministry of Housing, Physical Planning and Environment of the Netherland (1991 et 1993), Mukheyee, Ray et Rajyalakshmi (1979), Nations Unies (1985 et 1988), OCDE (1991a, 1991b et 1993), Ott (1978), Pearce et al. (1991), PNUD (1992), Sheehy (1989), Stehling (1988), Tuntstall (1979), UNESCO (non daté), VHB Research and Consulting Inc. (1989), World Resources Institute (1994).

data. An environmental indicator concerns the state of or the development of important aspects concerning the environment» (OCDE 1993, p. 3).

Les indices d'environnement ont, comme les indicateurs, un rôle de synthèse et de représentation. Deux points les séparent cependant. Tout d'abord, les indices ont pour objet de mesurer les variations d'une - ou plusieurs - variable(s) d'environnement entre deux situations: une situation de base - qui sert de référence - et une situation courante. Ils ne visent par contre pas à décrire le niveau absolu de cette (ces) variable(s). Ensuite, les indices sont des mesures uniques. Lorsqu'ils intègrent une seule variable, on dit que les indices sont simples, ou univariés. Lorsque le nombre de ces variables est supérieur à un, on parle d'indices composites. Ainsi, le rapport des émissions de SO_x entre deux périodes est un indice simple; par contre, le rapport des émissions de SO_x et de COV (composés organiques volatils) est un indice composite³⁸.

«An environmental index is an indicator without a unit of measurement, often constructed by aggregating or weighting together a subset of indicators» (OCDE 1993, p. 3).

FIGURE 1-6
STATISTIQUES, INDICATEURS ET INDICES D'ENVIRONNEMENT



³⁸A propos des indices d'environnement, voir également les parties 2 et 3.

4.3 Buts

Les indicateurs et les indices d'environnement visent à réduire le nombre d'informations nécessaires à la description de phénomènes complexes. Cette réduction permet avant tout de faciliter le processus de communication au cours duquel l'information est transmise du producteur à l'utilisateur.

«[A]n indicator is supposed to make a certain phenomenon perceptible that is not - or at least not immediately - detectable. This means that an indicator has a significance extending beyond that what is directly obtained from observation. Derived from the concepts three main functions of indicators can be revealed: simplification, quantification and communication. Indicators generally simplify in order to make complex phenomena quantifiable in such a manner that communication is either enabled or promoted» (Ministry of Housing, Physical Planning and Environment of the Netherlands 1993, p. 7).

Les indicateurs et les indices visent ensuite des objectifs spécifiques qui varient d'une étude à l'autre. Les indicateurs d'environnement de l'OCDE ont ainsi pour objet de mesurer les résultats en matière d'environnement et d'intégrer les problèmes d'environnement dans les politiques sectorielles et économiques (Barde 1991, OCDE 1991b). Pearce et al. (1991a) considèrent eux que les buts des indicateurs d'environnement sont, premièrement, de montrer les liens qu'entretiennent l'économie et l'environnement et, deuxièmement, de mesurer l'efficacité environnementale des politiques économiques et de l'économie dans son ensemble³⁹.

4.4 Cadre

Lorsque, en 1973, la CSE s'intéressa pour la première fois au problème de l'environnement, elle avait pour objectif la construction d'un véritable système statistique. Les Nations Unies (1985) considérèrent elles que, dans ce domaine, le concept de cadre statistique était plus approprié que celui de système. Selon cette organisation, le concept de système statistique suppose l'existence d'un modèle théorique, de normes

³⁹Voir également Adriaanse (1993), Alfsen et Saebø (1993), Alfsen et al. (1992), Environment Canada (1991).

statistiques et d'une unité de mesure de référence. Si l'on prend l'exemple du système de comptabilité nationale, celui-ci se fonde tout d'abord sur un modèle théorique d'échanges et de flux économiques; il associe ensuite toutes les parties et les variables du système au moyen d'identités comptables; enfin, il peut être globalisé ou détaillé à l'aide d'un numéraire unique. Dans le domaine des statistiques d'environnement - mais aussi dans celui des statistiques démographiques ou sociales -, tant le modèle théorique, les normes statistiques que le numéraire font défaut. Par conséquent, le concept de cadre statistique - moins rigide que celui de système - est plus approprié.

Durant les années 70 et 80, nombreux sont les pays qui se sont attachés à mettre en place des cadres statistiques spécifiques aux statistiques d'environnement. Bien que chacun de ces pays adoptait alors des méthodes différentes pour le développement et l'organisation de ces statistiques, les structures proposées présentaient néanmoins un certain nombre d'éléments communs. Ceux-ci permettent de distinguer quatre approches: (a) l'approche par élément, (b) l'approche agression-réaction, (c) l'approche comptable et (d) l'approche écologique (Nations Unies 1985).

- a) **L'approche par élément** vise à évaluer la situation des principaux éléments du milieu (air, eau, terre/sol et milieu artificiel) à différents moments déterminés. Elle ne permet cependant pas d'analyser les actions réciproques entre l'économie et l'environnement.
- b) **L'approche agression-réaction** a pour objet de répondre aux insuffisances de l'approche par élément lorsqu'il s'agit de rendre compte des processus d'évolution du milieu; elle repose sur la mesure des sources d'agression, des agresseurs, des réactions de l'environnement, des réactions collectives et individuelles et des stocks.
- c) **L'approche de la comptabilité des ressources** vise à suivre le flux des ressources naturelles dans le cycle extraction-transformation-consommation jusqu'à leur retour à l'environnement sous forme de déchets⁴⁰.

⁴⁰A ce sujet, voir également le Chapitre 3.3, Point A.

- d) Les **approches écologiques** reposent sur des modèles et des indices écologiques tels que l'évaluation de la biodiversité, la dynamique des populations, la stabilité des écosystèmes, etc.

Sur la base de cette analyse des pratiques nationales, les Nations Unies élaborèrent, au milieu des années 80, un Cadre pour le Développement des Statistiques d'Environnement (CDSE). Ce cadre repose sur une combinaison de l'approche par élément et de l'approche agression-réaction (tab. 1-2). Ses principales propriétés sont, selon ses auteurs, la souplesse, la

TABLEAU 1-2
CADRE POUR LE DÉVELOPPEMENT DES STATISTIQUES D'ENVIRONNEMENT
(source: Nations Unies 1985, p. 12)

Eléments de l'environnement	Catégories de renseignements			
	<i>Activités sociales et économiques, événements naturels</i>	<i>Incidences des activités/ événements sur l'environnement</i>	<i>Réactions aux incidences sur l'environnement</i>	<i>Inventaires, stocks et conditions de référence</i>
1. Flore				
2. Faune				
3. Atmosphère				
4. Eau				
a) douce				
b) de mer				
5. Terres/sol				
a) sol				
b) sous-sol				
6. Etablissements humains				

cohérence et l'étendue.

« a) **Souplesse.** Une souplesse suffisante permet d'ajuster le cadre aux conditions de l'environnement, aux priorités et aux capacités statistiques particulières, ainsi que d'y incorporer les connaissances nouvelles en matière de phénomènes du milieu et de méthodes d'évaluation. On assure la souplesse en maintenant le cadre à un niveau suffisamment général et en laissant à ses utilisateurs le soin de l'élargir et de le modifier ou de choisir et réorganiser ses éléments...

b) **Cohérence.** La cohérence des concepts, des définitions et des classifications permet d'assurer le lien entre les différentes parties et les différents éléments d'un système statistique. Les définition et classification du CDSE sont très rudimentaires pour assurer un maximum de souplesse...

c) **Etendue.** Un cadre pour les statistiques de l'environnement doit couvrir tout l'ensemble des difficultés connues et éventuelles de l'environnement, qu'il s'agisse de s'attaquer à toutes à la fois ou à un choix d'entre elles» (Nations Unies 1985, p. 11).

Au cours de ces dix dernières années, la majeure partie des expériences entreprises en matière d'indicateurs et d'indices d'environnement se sont inspirées du CDSE. Certains pays se sont cependant éloignés de l'approche par élément pour proposer d'autres formes de classification (tab. 1-3). La tendance actuelle est en fait plutôt de classer les phénomènes d'environnement par thème (Adriaanse 1993, Alfsen et Saebo 1993, Eurostat 1993b, Jesinghaus 1993b, Ministry of Housing, Physical Planning and Environment of the Netherlands 1993).

TABLEAU 1-3
CLASSIFICATION DES PHÉNOMÈNES D'ENVIRONNEMENT: APERÇU
(source: adapté de Alfsen et Saebo 1993, p. 423)

Classification par:	Exemples
A. Secteur économique	Industrie, transport, agriculture, ...
B. Substances polluantes	CO ₂ , SO ₂ , Pb, ...
C. Élément du milieu naturel	Air, eau, sol, ...
D. Ecosystème	Zones urbaines et rurales, zones côtières, ...
E. Effets sur le bien-être	Effets sur la santé, perte d'aménité, ...
F. Thème	Effet de serre, acidification, biodiversité, ...

L'approche agression-réaction a elle progressivement été remplacée par l'approche pression-état-réponse (OCDE 1991a, Eurostat 1993b). Selon cette approche, les liens qu'entretiennent l'environnement et la sphère des activités économiques et humaines constituent une chaîne de relations causales composée de trois maillons. La **pression** correspond au premier de ces maillons. Elle inclut à la fois les activités économiques et humaines qui sont à l'origine des pressions exercées sur l'environnement et les **pressions** correspondantes. Le deuxième maillon se compose des indicateurs d'**état**. Il regroupe les indicateurs de qualité de l'environnement et de ressources naturelles. Le troisième maillon recense les indicateurs de **réponse**. Ceux-ci incluent les efforts tant publics que privés, collectifs qu'individuels, de gestion et de protection de l'environnement. A noter que, contrairement à l'approche agression-réaction, l'approche pression-état-réponse ne tient pas compte de la réaction des écosystèmes aux pressions qui sont exercées sur eux.

Le Tableau 1-4 présente le cadre adopté par Eurostat (1993b) en matière d'indicateurs d'environnement. Ce cadre est une combinaison de l'approche par thème (colonne) et de l'approche pression-état-réponse (ligne).

5 Synthèse partielle

Pour répondre aux limites de la comptabilité nationale lorsqu'il s'agit de décrire les liens qu'entretiennent l'économie et l'environnement, deux approches distinctes sont proposées. La première concerne la construction de comptes d'environnement (chap. 3), la seconde l'élaboration d'indicateurs et d'indices d'environnement (chap. 4). Si chacune de ces approches vise globalement le même objectif (i.e., combler certaines des lacunes de la comptabilité nationale), elles diffèrent cependant sur au moins trois points.

Tout d'abord, ces deux approches reposent sur des fondements théoriques différents. Les comptes d'environnement, et en particulier ceux qui reposent sur l'imputation des coûts environnementaux ou l'extension du concept de production à l'environnement, nécessitent que l'on modifie la théorie des comptes nationaux, principalement la partie qui concerne la

TABLEAU 1-4
 CADRE POUR LE DÉVELOPPEMENT D'INDICATEURS D'ENVIRONNEMENT
 (source: adapté de Eurostat 1993b)

Thème	Indicateur de pression	Indicateur d'état	Indicateur de réponse
Question	Qui est responsable des pressions?	Quel est l'état de l'environnement?	Que doit faire la société?
Changement climatique	PNB, consommation d'énergie; émissions de gaz à effet de serre	concentration de CO ₂ , température globale/nationale, dommages	dépenses de recherches (énergies alternatives), prix de l'énergie
Épuisement de la couche d'ozone	Production de CFC; émissions de CFC, halons, etc.	épaisseur de la couche d'ozone, radiation UV, cancers de la peau	accords internationaux (e.g., Protocole de Montréal)
Perte de biodiversité	Production agricole; modification dans l'affectation du sol, utilisation d'engrais et de pesticides	nombre d'espèces menacées	dépenses de protection, zones protégées
Épuisement des ressources	PNB; production d'énergie, consommation de métal	état des réserves connues, densité de poisson, forêt	taux de recyclage, prix des ressources
Emission de substances chimiques toxiques	PNB, production de substances chimiques; émissions de dioxine, utilisation de pesticides	concentration de substances chimiques dans le sol et dans les oeufs d'oiseaux	législation, dépenses de recherches
Déchets	PNB, population; quantités de déchets produites, traitement	Décharge, qualité des eaux souterraines	dépenses de traitement, taux de recyclage
Pollution de l'air et acidification (sans changement climatique et épuisement de la couche d'ozone)	PNB, trafic, consommation d'énergie; émissions de NO _x , SO ₂ , COV, particules	pH des sols et des lacs, dommages aux forêts, qualité de l'air des villes	dépenses de protection, législation
Environnement marin et zones côtières	transport de pétrole, tourisme marin; accidents, traitement des eaux usées	qualité des écosystèmes marins	accords internationaux
Pollution des eaux et ressources en eaux	population, production agricole et industrielle; utilisation d'eau, émissions	concentrations de substances polluantes dans les lacs et cours d'eau, niveau de nappes phréatiques	législation, dépenses de traitement des eaux usées, population raccordée
Problèmes urbains, bruit, odeur	densité de population, trafic urbain; émissions	exposition au bruit, concentration d'ozone, de NO _x , etc.	législation, dépenses de protection contre le bruit et les odeurs

définition des concepts de revenu et de production (den Butter et Verbruggen 1994). Or, même effectuées dans des comptes satellites, ces modifications ne sont pas sans conséquence pour le cadre central de la

comptabilité nationale (Vanoli 1991). Les indicateurs et les indices d'environnement ne requièrent pas de tels amendements. Leur construction n'affecte, ni de près ni de loin, la théorie des comptes nationaux.

Ensuite, ces deux approches nécessitent des méthodes d'évaluation différentes. La correction des agrégats de la comptabilité nationale implique ainsi que l'on attribue une valeur monétaire à l'épuisement et à la dégradation des ressources naturelles et environnementales. Alors que, dans les comptes nationaux, les flux de biens et services sont généralement estimés au prix du marché, l'intégration des biens et services environnementaux requiert elle que l'on recoure à des méthodes d'évaluation non marchandes (e.g., évaluation contingente). Cette pratique peut, en fin de compte, altérer l'équilibre comptable du système et par conséquent compromettre son utilité (Nations Unies 1993b). Dans le cas des indicateurs et des indices d'environnement, par contre, même si certaines évaluations ne peuvent être évitées, l'appréciation finale est laissée aux utilisateurs. Dans ce sens, l'estimation est plus politique qu'économique (den Butter et Verbruggen 1994).

Enfin, les objectifs spécifiques visés par ces deux approches diffèrent. Les comptes d'environnement ont pour principales fonctions la mesure des effets économiques des politiques d'environnement et l'intégration des objectifs de politiques économiques et environnementales. Les indicateurs et les indices d'environnement sont eux avant tout destinés à la mesure des tendances et à la comparaison des phénomènes d'environnement (Pearce et al. 1991, Scherp 1993).

Partie II

Indices d'environnement: concepts et méthodes

1 Qu'est-ce qu'un indice ?

1.1 Aperçu général

La littérature statistique définit généralement les indices comme des nombres dont l'objet est de mesurer les variations de phénomènes qui échappent à toute observation directe. Cette définition, destinée à l'origine à la mesure du niveau des prix (Bowley 1937, Edgeworth 1925)¹, est aujourd'hui appliquée à d'autres phénomènes, qu'ils soient économiques ou non (Allen 1975). Dans la pratique, il est également courant d'utiliser le concept d'indice pour mesurer les variations de phénomènes que l'on peut observer directement (e.g., le niveau de l'emploi). De manière générale, on peut par conséquent définir un indice comme un nombre dont le but est de mesurer les variations d'une ou plusieurs variables entre deux situations.

On notera qu'il n'existe aucune restriction quant aux types de situation envisageables. Il peut s'agir par exemple aussi bien de deux périodes (e.g., deux années), de deux espaces (e.g., deux pays) que de deux groupes sociaux (e.g., deux classes).

On ajoutera qu'un indice est toujours une mesure unique. Lorsqu'il intègre une seule variable, on dit que l'indice est simple, ou univarié.

¹«I proposed to define an index-number as a number adapted by its variations to indicate the increase or decrease of a magnitude non susceptible of accurate measurement» (Edgeworth 1925, p. 379). «Index-numbers are used to measure the change in some quantity which we cannot observe directly, which we know to have a definite influence on many other quantities which we can so observe, tending to increase, or diminish all, while this influence is concealed by the action of many causes affecting the separate quantities in various ways» (Bowley 1937, p. 196).

Lorsque le nombre de ces variables est supérieur à un, l'indice est composite.

A) INDICE SIMPLE

Supposons un vecteur variable $V = [V_m]$ pour M situations ($m = 1, \dots, M$). Le problème est alors de trouver un vecteur indice $I = [I_m]$ tel que:

$$I_m = \frac{V_m}{V_0} \quad (2-1)$$

où V_0 correspond à la situation de base. On notera que $I_0 = 1$ est une normalisation arbitraire. On peut lui préférer $I_0 = 100$. Dans ce cas,

$$I_m = \frac{V_m}{V_0} \cdot 100 \quad (2-2)$$

B) INDICE COMPOSITE

Supposons une matrice variable $V = [V_{mn}]$ pour M situations ($m = 1, \dots, M$) et N variables ($n = 1, \dots, N$). Le problème est alors de trouver M nombres A_m représentatifs des N variables V_{mn} . Si A_0 est la situation de base, l'indice I_m est alors égal au rapport entre A_m et A_0 .

$$I_m = \frac{A_m}{A_0} \quad (2-3)$$

Comme le relève Diewert (1993), la représentativité des A_m est une notion ambiguë qui donne lieu à de multiples interprétations. On peut rejeter certaines de ces interprétations pour des raisons théoriques ou pratiques. Tel est le cas, par exemple, des indices de prix construits sur la base de moyennes non pondérées. Mais il n'est souvent pas possible de justifier le recours à un type d'indice plutôt qu'à un autre.

1.2 Indices d'environnement

Comme tout indice, un indice d'environnement est soit simple, soit composite. Un indice des émissions de SO_x est un indice simple. Un indice qui regroupe les émissions de SO_x et de COV est un indice composite.

En matière d'environnement, on distingue ensuite les indices normatifs des indices descriptifs². Un indice est normatif lorsque son objet est de mesurer les variations d'une ou plusieurs variables par rapport à une norme qui sert de situation de base. Cette norme est soit légale, soit scientifique. Dans tous les autres cas, on parle d'indices descriptifs.

Enfin, on différencie les indices croissants des indices décroissants. Dans le premier cas, l'indice croît avec la dégradation du phénomène que l'on veut décrire (e.g., un indice de pollution). Dans le second cas, il décroît (e.g., un indice de qualité de l'environnement).

La construction d'un indice simple - qu'il soit normatif ou descriptif, croissant ou décroissant - s'effectue en deux temps. Dans un premier temps, on sélectionne la variable dont on souhaite observer les variations. Dans un second temps, on rapporte cette variable à une situation de base.

La construction d'un indice composite est plus complexe. Elle s'effectue en quatre temps. Dans un premier temps, on sélectionne les variables dont on souhaite observer les variations. Dans un deuxième temps, on ramène ces variables à un dénominateur commun; on effectue alors ce que l'on appelle une transformation. Dans un troisième temps, on agrège les variables transformées pour obtenir une mesure unique. Enfin, dans un quatrième temps, on rapporte cette mesure à une situation de base.

Supposons une matrice variable $V = [V_{mn}]$ pour M situations et N variables d'environnement. Par transformation, on ramène tout d'abord chaque variable V_{mn} à un dénominateur commun. On dispose ainsi d'une matrice de variables transformées $T = [T_{mn}]$. Par agrégation, on calcule ensuite le vecteur $A = [A_m]$. Enfin, on rapporte chaque A_m à une situation de base A_0 . On obtient ainsi le vecteur indice $I = [I_m]$.

²Certains auteurs parlent d'indices absolus, respectivement d'indices relatifs (Ott 1978).

TABLEAU 2-1
ETAPES DE LA CONSTRUCTION D'UN INDICE D'ENVIRONNEMENT

Étapes	Indice	
	Simple	Composite
<i>Sélection</i>	$V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_m \end{bmatrix}$	$V = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix}$
<i>Transformation</i>	Aucune	$T = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & \dots & T_{1n} \\ T_{21} & T_{22} & \dots & T_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{m1} & T_{m2} & \dots & T_{mn} \end{bmatrix}$
<i>Agrégation</i>	Aucune	$A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{bmatrix}$
<i>Division</i>	$I = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_m \end{bmatrix}$	$I = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_m \end{bmatrix}$

2 Sélection des thèmes et de leurs composantes

Chaque indice d'environnement est constitué d'un certain nombre de thèmes et de composantes. Un thème regroupe généralement plusieurs composantes qui décrivent un même problème d'environnement. On peut ainsi dire que le réchauffement global est un thème d'environnement dont les émissions de CO₂, de CH₄ et de CFC constituent les composantes³.

La fonction première de tout indice d'environnement est de réduire le nombre d'informations nécessaires à la description statistique des

³A ce sujet, voir le Tableau 1-4.

problèmes que l'on souhaite décrire. Ce processus de réduction commence avec la sélection des thèmes.

2.1 Sélection des thèmes

La sélection des thèmes dépend en premier lieu des objectifs visés; ceux-ci définissent le champ d'analyse des indices. Dans le cas des indicateurs économiques, ce champ d'analyse est généralement établi par convention et repose partiellement ou entièrement sur un ensemble plus ou moins complexe de considérations théoriques et méthodologiques. Même si ces conventions sont souvent arbitraires et consensuelles, elles sont d'ordinaire acceptées par une majorité. Tel est par exemple le cas des indicateurs macro-économiques construits sur la base du Système de Comptabilité Nationale (SCN). Cette situation ne prévaut par contre pas lorsque l'on s'intéresse à la description statistique de l'environnement. Ainsi, «... si l'on peut facilement citer des sujets qui sont sans aucun doute unanimement considérés comme relevant de l'environnement, il y a de grandes questions dont l'inclusion, ou l'exclusion, continue de faire l'objet de controverse» (Nations Unies 1991a, p. 4). Lorsque l'on s'intéresse à des notions aussi subjectives que celle de la qualité de l'environnement par exemple, toute définition se fonde obligatoirement sur des jugements de valeurs. Il est par conséquent souvent aussi difficile de délimiter le champ d'analyse d'un indice que de sélectionner les thèmes qui le composent. Ces dernières années cependant, d'importants développements ont eu lieu dans ce domaine, notamment grâce aux travaux entrepris au sujet des indicateurs d'environnement (OCDE 1991b, Eurostat 1993a).

A) UTILISATEURS

Les besoins et les attentes des utilisateurs varient selon que l'on a affaire à des spécialistes des sciences de la nature, à des politiciens, à des économistes ou au grand public.

«The choice of environmental indicators will be determined by what is important. But what is important depends on perception and hence on the audience for the indicators. Politicians may give prominence to indicators of environmental concern, for example, whereas a biologist or botanist may give less prominence to such indicators and more to statistics of species diversity, etc.» (Pearce et al. 1991).

Certains auteurs considèrent que, idéalement, les thèmes sélectionnés devraient répondre aux besoins de tous ou, tout au moins, d'une majorité (Jesinghaus 1993b, Pearce et al. 1991)⁴. D'autres, au contraire, pensent que ces thèmes devraient répondre uniquement aux besoins de certains utilisateurs (Alfsen et Saebo 1993).

La définition des utilisateurs influence non seulement le choix des thèmes d'environnement mais également leur nombre. Ainsi, les spécialistes des sciences de la nature refuseront sans doute une liste de thèmes inférieure à trente. Par contre, pour le citoyen moyen, le nombre idéal sera probablement de un. Pour les économistes et les politiciens enfin, le nombre de dix semble constituer un bon compromis (Jesinghaus 1993b)⁵.

B) CRITÈRES

Compte tenu des utilisateurs auxquels ils sont destinés, les indices ne peuvent prétendre à l'exhaustivité. Ils doivent permettre de donner un aperçu général d'un phénomène donné tout en appliquant un strict principe de parcimonie. Les indices comme les indicateurs constituent par conséquent un compromis entre l'exhaustivité requise par les uns (e.g., les spécialistes des sciences de la nature) et la parcimonie demandée par les autres (e.g., les politiciens, les économistes et le grand public). La recherche de ce compromis implique que l'on définisse un certain nombre de critères de sélection.

⁴«An ideal list would serve the needs of all users. However, to arrive at a common list, compromises have to be made. The aim would be to serve as many users as possible, and to exclude as few users as possible» (Jesinghaus 1993b). «Since the very first function of indicators is information it is imperative that sets of comparative indicators be made readily accessible to the widest possible audience» (Pearce et al. 1991).

⁵«The optimum number of problems in the list is dependent on the type of user... For the average voter, the optimum number might be one: he will give his vote to the party which he thinks will treat 'the' environmental problem right. In contrast, many natural scientists will refuse any aggregation of problems and insist on a long list of at least indicators. For interdisciplinary experts and for policy purposes the complexity must be drastically reduced, without blurring the picture. The average of ... eight international list ... is 9.6, and for most users a list of eight to ten problems could indeed be regarded as a good compromise. Shorter lists lead to dirty compromises, e.g., joining ozone depletion and greenhouse effects. Longer lists are not meaningful for many users, and environmental journalists may be tempted to blow up problems of minor importance» (Jesinghaus 1993b, p. 2).

Comme l'une des principales fonctions des indices est de réduire la quantité d'information nécessaire à la description d'un phénomène d'environnement donné, les thèmes sélectionnés ne devraient premièrement inclure que des problèmes d'environnement.

«[T]he list should include only environmental problems: where there is no problem, there is no need for political action. A description of 'neutral' phenomena, e.g. land use or forestry statistics, may serve a variety of planning purposes, but will not be a priority for environmental policy» (Jesinghaus 1993b, p. 3).

Deuxièmement, les thèmes sélectionnés devraient décrire les problèmes eux-mêmes et non les causes de ces problèmes. Par exemple, la croissance de la population est la cause première de nombreux problèmes d'environnement. Mais elle ne constitue pas elle-même un problème d'environnement. Elle ne devrait par conséquent pas être sélectionnée.

Troisièmement, les thèmes sélectionnés devraient concerner des problèmes d'importance comparable. Considérer à la fois l'épuisement de la couche d'ozone et les effets de la consommation passive de tabac sur la santé de l'homme n'a que peu de sens. «Do not compare mice and elephants» (Jesinghaus 1993b, p. 3).

Quatrièmement, la sélection devrait tenir compte des thèmes que les utilisateurs visés considèrent comme importants (Pearce et al. 1991). Cette prise en compte accroît la légitimité des thèmes sélectionnés et leur degré d'acceptation. A ce sujet, Jesinghaus (1993b) suggère de distinguer les trois sources de légitimité que sont la compétence, l'autorité et le processus démocratique. Selon lui, toute sélection fondée sur un mélange de ces trois sources de légitimité devrait augmenter les chances d'arriver rapidement à un consensus quant aux thèmes à considérer⁶.

⁶«The selection process can be short, if the list enjoys a high legitimacy. Legitimacy may arise from several sources:

- *Competence* is a possible way to legitimate the list: if it is well designed, and if the author is a known authority, the user may just accept it instead of wasting efforts to elaborate alternatives.

- The list may be legitimated by *authority*: a list coming from the UN, the OECD or the EC Council of Environmental Ministers has more chances to be adopted than the list of a private research institute.

2.2 *Sélection des composantes*

Que l'on s'intéresse à la construction d'un indice d'environnement composé d'un thème unique ou de plusieurs thèmes, le choix des composantes⁷ doit reposer sur des critères de sélection préalablement définis. On considère ainsi généralement que les composantes sélectionnées devraient premièrement fournir une description aussi générale que possible du thème retenu. Dans le cas du réchauffement global, les émissions de CO₂ fournissent une telle description puisque le CO₂ est le principal gaz à effet de serre. A l'opposé, les émissions de halons ne constituent qu'une part marginale des émissions de ces gaz; leur prise en compte n'est par conséquent pas primordiale. Deuxièmement, les composantes sélectionnées devraient faciliter la comparaison dans le temps ou dans l'espace de chaque thème; ceci suppose en particulier que l'on dispose d'une base de données adéquate. Troisièmement, elles devraient être sensibles aux modifications du thème d'environnement qu'elles décrivent. Toujours dans le cas du réchauffement global, certains auteurs considèrent ainsi aujourd'hui que nombre de gaz à effet de serre (comme la vapeur d'eau par exemple) ont atteint leur niveau de saturation. Un accroissement des concentrations de ces gaz n'entraînerait en fait «... aucune modification de l'équilibre radiatif global dans l'infrarouge» (Miran 1990, p. 36). En revanche, toute augmentation d'un gaz non saturé (e.g., le méthane) aurait des conséquences significatives sur le réchauffement global. Quatrièmement, les composantes sélectionnées devraient pouvoir être interprétées sans connaissances approfondies des sciences de la nature. On rappellera à ce sujet que les indices sont avant tout destinés à des utilisateurs qui ne sont pas des spécialistes de l'environnement. Cinquièmement, les données nécessaires devraient être facilement accessibles et disponibles à un coût

- The list may be legitimated by a democratic process: all users are asked to elaborate proposals... Then the users are asked to choose the best two or three lists. Finally, they asked to elect the common list out of the remaining preselection» (Uesinghaus 1993b, p. 7-8).

⁷Il peut également s'agir d'une composante unique.

raisonnable (Alfsen et Saebo 1993, Environment Canada 1991)⁸. Enfin on devrait disposer pour chaque thème d'une méthode de transformation fiable. Tel est par exemple le cas avec la conversion des émissions de gaz à effet de serre en équivalents-CO₂.

3 Transformation des thèmes et de leurs composantes

La transformation a pour objet de ramener les thèmes et les composantes à un dénominateur commun tel que:

$$T_{mn} = t_n(V_{mn}) \quad (2-4)$$

où V_{mn} correspond à la matrice des thèmes (respectivement des composantes) sélectionnés et T_{mn} à leurs valeurs transformées.

Dans cette démarche, on distingue deux approches: l'approche monétaire d'une part et l'approche physique d'autre part.

⁸«Along with the requirements of being effect oriented and not too uncertain or controversial, there are further properties we ideally would like the indicator set and the individual indicators to have. Very briefly they are related to the following items.

General overview. The set of indicators should give an impression of some the more important aspects of the state of the environment, but without being too large. Too many individual indicators will tend to clutter the overview.

Reference points. Information about the environment may be hard to interpret by itself and in isolation. To provide points of reference in time and space, the indicator set should preferably be comparable with indicators in other countries and should contain long time series.

Sensitivity. The indicators should be sensitive to changes in the state of the environment...

Easy interpretation. The indicators should be as self explanatory as possible. At least, interpretation of the indicators should not require advanced knowledge of disciplines like for instance biology, earth sciences or economics.

Data. Data underlying environmental indicators should be easily accessible and available at a reasonable cost» (Alfsen et Saebo 1993, p. 418).

«To be considered for inclusion in the list of national indicator candidates, a measure should: be scientifically valid; be supported by sufficient data in order to show trends over time; be responsive to changes in the environment; be representative; be understandable; be relevant to stated goals, objectives, and issues of concern; and (ideally) have a target or threshold level against which to compare it. Indicators should be either national in scope or applicable to regional environmental issues of national significance» (Environment Canada 1991, p. 4-5).

3.1 *Approches monétaires*

Ces approches reposent sur la conversion de grandeurs physiques (e.g., tonnes) en grandeurs monétaires (e.g., dollars). Cependant, contrairement à la majeure partie des biens et services produits par l'homme, les biens et services environnementaux ne font généralement pas l'objet d'échanges marchands. Dans ces conditions, il est souvent difficile de leur attribuer un prix ou une valeur monétaire.

Cette absence de marché n'a pas empêché les économistes de s'intéresser à l'évaluation monétaire des biens et services d'environnement (Freeman 1979, Oates et Cropper 1992, Pearce et Markandya 1989, Pearce, Markandya et Barbier 1989, Pearce et Turner 1990). Les méthodes d'évaluation proposées, développées pour la majeure partie dans le cadre des analyses coûts-bénéfices, sont cependant rarement utilisées en matière d'indices. Parmi les principales raisons évoquées, on retiendra en particulier celles de Comolet pour qui, tout d'abord, «...la valeur monétaire des biens naturels ne constitue pas, tant s'en faut, l'unique expression de leur valeur. D'autre part, le fait est que la majeure partie de ces éléments se situe hors du cadre marchand, il est donc matériellement impossible de leur imputer à tous des prix fictifs» (Comolet 1990, p. 202-203). Cet avis est partagé par l'INSEE qui considère que «... l'éclairage fourni par les évaluations monétaires ne peut en aucun cas se substituer aux évaluations physiques» (INSEE 1986b, p. 53).

3.2 *Approches physiques*

Lorsqu'il s'agit d'exprimer sous la forme d'un dénominateur physique commun plusieurs variables d'environnement, on distingue généralement trois approches: la réduction, la conversion et la combinaison (INSEE 1986b). Le recours à l'une ou à l'autre de ces approches dépend à la fois de la complexité du phénomène à décrire et de l'homogénéité des variables à transformer. Ainsi, la réduction n'a véritablement de sens que dans le cas de phénomènes simples et de variables homogènes. A l'opposé, la combinaison peut être utilisée dans le cas de phénomènes complexes et de variables hétérogènes (tab. 2-2).

TABLEAU 2-2
RÉDUCTION, CONVERSION ET COMBINAISON: CARACTÉRISTIQUES

Approches	Complexité des phénomènes à décrire	Homogénéité des variables à transformer
<i>Réduction</i>	Faible	Elevée
<i>Conversion</i>	Moyenne	Moyenne
<i>Combinaison</i>	Elevée	Faible

A) RÉDUCTION

La réduction revient, «... face à la multiplicité des dimensions d'une famille d'objets, ... à se ramener à l'une d'entre elles qui leur est commune» (INSEE 1986b). En général, cette dimension est une unité physique simple telle que la longueur, la superficie, le volume ou la masse. La réduction n'a de sens que lorsque l'on s'intéresse à la transformation de variables suffisamment homogènes pour pouvoir être agrégées. Elle ne peut par conséquent être appliquée qu'à des phénomènes relativement simples. La réduction est utilisée notamment dans le cas de l'émission de substances chimiques toxiques (US EPA 1991) ou dans celui de la production de déchets exprimés en tonnes (OFEFP 1990, Adriaanse 1993). Dans un cas comme dans l'autre, la dimension commune est le poids exprimé en tonnes.

B) CONVERSION

La conversion revient à «... réduire un ensemble d'objets à une dimension qui n'appartienne en propre à aucun d'entre eux ou qui est seulement commune à certains d'entre eux» (INSEE 1986b). Tel est par exemple le cas des émissions de gaz à effet de serre exprimées en équivalents-CO₂ ou celles de polluants atmosphériques exprimés en équivalents-acide. La conversion permet de tenir compte de variables moins homogènes que dans le cas de la réduction. Elle s'applique également à des phénomènes d'environnement plus complexes tels que

l'effet de serre, l'épuisement de la couche d'ozone, la pollution de l'air ou la pollution de l'eau⁹.

Théoriquement, la conversion repose sur l'existence d'une fonction de dommage (ou fonction doses-effets) pour chacune des composantes sélectionnées. Dans la pratique cependant, de telles fonctions sont généralement soit incomplètes, soit inexistantes. Dans le cas des effets de la pollution de l'air sur la santé de l'homme par exemple, Ott (1978) relève:

«Because of the complexity of establishing meaningful dose-effect functions over the entire range of a pollutant variable, most published studies have focused on determining the nature and character of an effect, or the minimum concentration at which adverse effects occur rather than a full dose-effect function. The problem of establishing valid dose-effect functions in air pollution is extremely formidable from a scientific standpoint, because so many other factors affect human health in ways that are not yet well understood. Establishing a more general damage function that includes the entire range of effects - sickness and increased incidence of respiratory illness, impaired physical activity and reduced coordination, soiling of building, corrosion of materials, reduced plant growth, reduced visibility, and other factors - is even more formidable» (Ott 1978, p. 28).

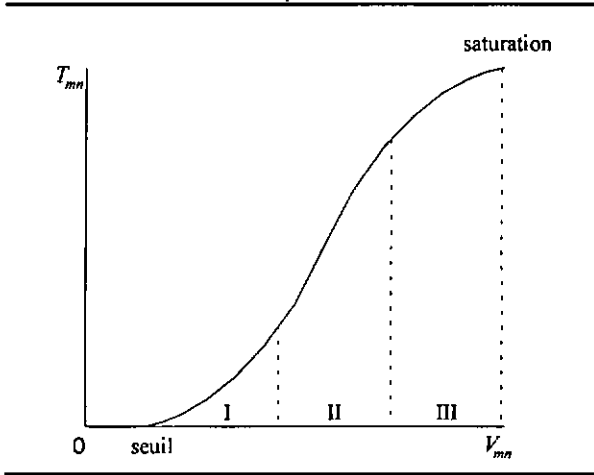
Si l'on ne dispose généralement pas de fonctions de dommage complètes, l'on connaît par contre souvent au moins un point de ces fonctions. Tel est le cas par exemple des valeurs limites d'immission fixées par la loi pour les polluants atmosphériques¹⁰. A partir de cette information partielle, le problème est alors d'extrapoler pour trouver les autres points de la fonction de dommage. Cette extrapolation implique en particulier que l'on s'interroge sur la forme théorique de cette fonction. Pour les polluants

⁹A ce sujet, voir également les applications de BAK (1993), Braunschweig (1988), Müller-Wenk (1978 et 1980), Planco Consulting (1993a et b) et Schaltegger et Sturm (1992a et b).

¹⁰A noter que les valeurs limites d'immission légales peuvent varier d'un pays à l'autre (OFEFP 1986). C'est la raison pour laquelle certains auteurs préfèrent se référer aux standards de la science plutôt qu'aux limites fixées par la loi (Planco Consulting 1993a et b). «To meet current standards of impact research, the limits recommended by science were used for the weighting, rather than the legal limits. Where different threshold values were recommended, the calculation of toxicity factors was based on the more stringent limit. For example in view of ozone formation caused by nitrogen oxide the World Health Organisation proposes a significantly lower limit for NO_x as compared to the recommendations of the 'German Association of Engineers ... Commission'» (Planco Consulting 1993a).

atmosphériques non cancérogènes par exemple, on considère généralement qu'il existe un seuil au-dessous duquel on n'observe aucun effet dommageable (fig. 2-1). Passé ce seuil, les dommages augmentent tout d'abord de manière exponentielle (zone I), puis linéairement (zone II). Finalement, la pente de la fonction diminue (zone III) jusqu'à ce que les dommages atteignent un maximum. Ce maximum correspond au niveau de saturation. Pour ces polluants, la fonction de dommage théorique est de forme sigmoïdale.

FIGURE 2-1
FONCTION DE TRANSFORMATION: EXEMPLE
(source: adapté de Ott 1978)



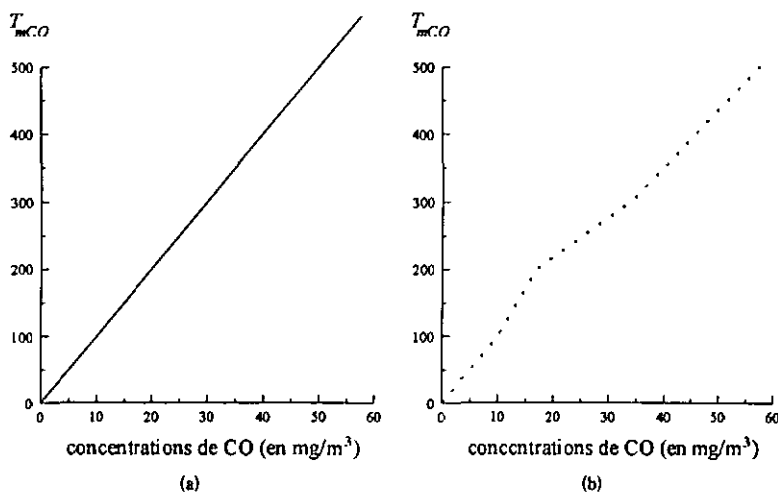
Pour la construction de leur indice de pollution de l'air, Hunt et al. (Ott 1978, p. 53) font l'hypothèse de fonctions de dommage linéaires. Ils considèrent que $T_{mn} = 0$ lorsque $V_{mn} = 0$ et que $T_{mn} = 100$ lorsque V_{mn} est égal à la norme légale S_n . Par conséquent:

$$T_{mn} = (V_{mn}/S_n) \cdot 100 \quad (2-5)$$

Dans le cas du CO par exemple, $S_n = 10 \text{ mg/m}^3$, ce qui correspond à la valeur limite d'immission du CO aux Etats-Unis (Code of Federal Regulations 1990). Compte tenu de l'hypothèse de linéarité, la fonction de

dommage passe par l'origine et possède une pente de 10 (fig. 2-2a). Ott (1978) fait lui l'hypothèse d'une fonction de dommage de type linéaire segmentée. Chaque segment est borné par des points qui correspondent soit à des normes légales, soit à des standards scientifiques (fig. 2-2b).

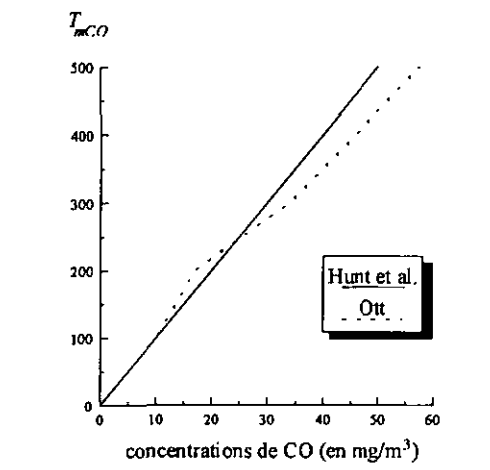
FIGURE 2-2
FONCTION DE TRANSFORMATION DU CO
(source: Ott 1978, p. 53 et 151)



La superposition des figures (2-2a) et (2-2b) montre que les résultats obtenus avec ces deux fonctions de dommage diffèrent peu l'un de l'autre (fig. 2-3). Aucune de ces fonctions ne reproduit cependant la forme sigmoïdale de la fonction de dommage théorique (fig. 2-1)¹¹.

¹¹A noter cependant que, malgré ses limites, la méthode proposée par Ott (1978) est utilisée depuis la fin des années 70 par l'US EPA pour le calcul de son indice de pollution de l'air.

FIGURE 2-3
 FONCTION DE TRANSFORMATION DU CO:
 COMPARAISON
 (source: Ott 1978, p. 53 et 151)



C) COMBINAISON

La combinaison sert de base à l'élaboration de mesures complexes uniques destinées à donner «... une image globale soit de la santé des systèmes naturels, soit des pressions auxquelles ils sont soumis» (Comolet 1990, p. 206). On recourt à ce type de transformation lorsque les variables sélectionnées sont trop hétérogènes pour pouvoir être réduites ou converties et que les phénomènes à décrire sont trop complexes. Tel est le cas par exemple des indices d'environnement qui tiennent compte de variables aussi hétérogènes que la qualité de l'air, l'émission de substances chimiques toxiques et l'utilisation d'énergie (World Resources Institute 1994).

Dans la littérature, on trouve principalement quatre sortes de combinaison. La première revient à calculer une valeur standardisée T_{mn} telle que:

$$T_{mn} = \frac{(v_{mn} - \bar{v}_n)}{\sigma_n} \quad (2-6)$$

où \bar{V}_n correspond à la moyenne arithmétique des V_{mn} et σ_n à leur écart-type. Pour chaque variable, la distribution des T_{mn} est centrée réduite. Par conséquent, quel que soit n , la moyenne des T_{mn} est nulle et leur écart-type - qui correspond au dénominateur commun - est égal à un. Ce type de transformation est utilisé notamment par Liu (1976) pour comparer la qualité de vie des principales agglomérations américaines¹². On y recourra ici pour comparer les performances environnementales des 50 Etats américains¹³.

Deuxièmement, on peut recourir à une combinaison de type:

$$T_{mn} = \frac{(V_{m+} - V_{mn})}{(V_{m+} - V_{m-})} \quad (2-7)$$

où V_{m+} correspond au maximum des V_{mn} et V_{m-} à leur minimum. Comme les variables transformées sont comprises dans un intervalle allant de zéro (le minimum) à un (le maximum), leur dénominateur commun est égal à un (i.e., l'écart entre le minimum et le maximum). Le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) utilise cette approche pour le calcul de son indice de développement humain (IDH)¹⁴.

¹²«The standardised additive method involves the transformation of data on individual variables into standard scores, which in turn are added linearly to generate the quality of live indexes for each of the five components. The conventional method of standardisation is to use the Z score method. The Z score is a linear transformation of the original data, such that the mean of the Z score becomes '0' and its standard deviation becomes '1'. In other words, two important parameters of the initial distribution of the original data set are normalised to show a uniform zero mean and unitary standard deviation. The basic reason for this standardisation is to eliminate the units of measurement among different variables so that they can be neutral and further operated with addition or subtraction, depending only on the direction of those variables toward the explanation of the variations in the quality of live» (Liu 1976, p. 83).

¹³A ce sujet, voir la Partie 3.

¹⁴«Pour chacun des composants de l'IDH [indice de développement humain], un examen des données recueillies permet de déterminer la valeur actuelle minimale et la valeur maximale observées dans l'ensemble des pays étudiés... On calcule ensuite en pourcentage, pour chaque pays, l'écart entre la valeur de l'indicateur dans le pays et la valeur maximum observée sur l'ensemble des pays étudiés. Ce résultat est ensuite divisé par l'écart maximum relevé au niveau de l'ensemble des pays. On peut ainsi situer chaque pays sur une échelle comprise entre le minimum et le maximum, ce qui permet de combiner entre eux les divers composants de l'IDH. En d'autres termes, et c'est là

Troisièmement, certains auteurs recommandent l'approche ordinale qui revient à classer les variables sélectionnées selon un ordre croissant - où décroissant - et à leur attribuer un rang. Chaque variable transformée T_{mn} prend alors une valeur comprise entre 1 et M . Cette approche est utilisée notamment par Hall et Kerr (1992), Slottje et al. (1991) et World Resources Institute (1994)¹⁵.

Finalement, il est également possible de calculer une valeur standardisée T_{mn} telle que:

$$T_{mn} = \frac{V_{mn}}{V_{m0}} \cdot 100 \quad (2-8)$$

où V_{m0} est égale à une valeur de référence¹⁶. Cette valeur correspond soit à un objectif à atteindre (e.g., un objectif de développement durable), soit, dans le cas de séries temporelles, à une année de base. Ce type de combinaison est utilisé notamment par Adriaanse (1993) et Parker, Hope et Peake (1992).

L'avantage de la méthode de calcul utilisée, le dénominateur commun est constitué par la distance (exprimée en pourcentage) accomplie par chaque pays en direction d'un maximum observé. Ceci confère également à l'indicateur son caractère dynamique du fait qu'il mesure une évaluation en direction d'un objectif recherché» (Programme des Nations Unies pour le Développement 1992, p. 22).

¹⁵«To make comparison of our 75 metro areas easier, we have ranked each metro area on each of the eight metrowide environmental indicators, from the most environmentally favourable (given a rank of 1) to the least environmentally favourable (ranked 75). We have done this for each environmental indicator separately, ranking metro areas from 1 to 75 in each case.... This ensures that each environmental indicators is of equal importance in the overall Green Metro Index. The ranks thus compare air quality to air quality, water quality to water quality, and so on. These comparisons can give residents of a given metro area a clear sense of where their area stands in regard to other to other metro areas on that aspect of environmental quality or performance. A rank of 30 on a given measure of environmental quality, for example, means that 29 metro areas had a better score on that indicator» (WRI 1994, p. 212).

¹⁶A noter que $T_{m0}=100$ est une normalisation arbitraire.

4 Agrégation des thèmes et de leurs composantes

4.1 Remarques préliminaires

L'agrégation a pour objet de ramener les variables T_{mn} à une variable unique A_m telle que:

$$A_m = a_m(T_{m1}, \dots, T_{mN}) \quad (2-9)$$

Par définition, la variable A_m devrait être représentative des N variables T_{mn} . Or, on l'a vu, la représentativité est une notion ambiguë qui donne lieu à de multiples interprétations. Le problème est lié au fait que les variables prises en compte ne sont pas toujours indépendantes et que de nombreux exemples d'interaction existent. Ainsi, dans le domaine de la pollution de l'air, de telles interactions existent entre le SO_2 et les particules (Ott 1978), entre le SO_2 et le NO_x et très probablement entre le SO_2 et d'autres gaz comme l'ozone. Dans le cas des interactions entre le SO_2 et le NO_x , Stehling (1988) observe ainsi qu'en présence de NO_x , le rythme de croissance de certaines plantes augmente de 17% alors qu'il diminue de 19% si celles-ci sont exposées à des concentrations identiques de SO_2 . L'effet combiné du SO_2 et du NO_x est lui négatif (- 43%).

On distingue généralement trois formes d'interaction: la superposition, la synergie et l'antagonisme:

- a) **superposition**: il y a superposition lorsque l'effet combiné de deux (ou plusieurs) variables est égal à la somme de leurs effets individuels. Pour reprendre l'exemple du SO_2 et du NO_x , il y aurait eu superposition si l'effet combiné des deux gaz avait été de - 2%;
- b) **synergie**: dans le cas de la synergie, il convient de faire une distinction entre les indices croissants et les indices décroissants¹⁷. Dans le premier cas, il y a synergie lorsque l'effet combiné de deux (ou plusieurs) variables est supérieur à la somme de leurs effets

¹⁷On parle d'indice croissant lorsque la valeur de l'indice croît avec la dégradation du phénomène qu'il décrit (e.g., la qualité de l'air diminue lorsque les concentrations de gaz atmosphériques augmentent). Un indice est décroissant lorsque sa valeur diminue avec la dégradation du phénomène qu'il décrit (e.g., la qualité de l'eau des lacs et rivières diminue lorsque les concentrations d'oxygène dissous diminuent également).

individuels; dans le second, il y a synergie lorsque cet effet est inférieur. Dans l'exemple ci-dessus, on est en présence d'un indice décroissant; le phénomène décrit s'améliore avec l'augmentation du rythme de croissance des plantes. Par conséquent, comme l'on observe une diminution de 43% de ce rythme de croissance, on peut en conclure que l'on est en présence d'une situation de synergie;

- c) **antagonisme**: comme avec la synergie, il convient de distinguer les indices croissants des indices décroissants. Dans le cas d'un indice croissant, il y a antagonisme lorsque l'effet combiné de deux (ou plusieurs variables) est inférieur à la somme de leurs effets individuels; dans le cas d'un indice décroissant, il y a antagonisme lorsque cet effet est supérieur. Un cas extrême d'antagonisme se présente lorsque l'effet combiné des variables considérées est égal à l'effet individuel de la variable la plus dommageable; on est alors en présence d'une situation de **neutralité**. Dans le cas d'un indice croissant (respectivement décroissant), on considère la variable dont la valeur transformée est la plus élevée (la plus basse). Pour reprendre l'exemple du SO_2 et du NO_x , il y aurait eu neutralité si l'effet combiné des deux polluants avait été de -19%.

Supposons deux variables T_{m1} et T_{m2} . Par hypothèse, on considère que $A_m = x$ lorsque $T_{m2} = 0$ et que $A_m = y$ lorsque $T_{m1} = 0$. On a par conséquent:

$$A_m = a_m (T_{m1}, T_{m2} = 0) = x$$

$$A_m = a_m (T_{m1} = 0, T_{m2}) = y$$

où x ($x > 0$) et y ($y > 0$) sont deux points quelconques de l'abscisse T_{m1} , respectivement de l'ordonnée T_{m2} . Lorsque x et y décrivent deux situations identiques, la fonction d'agrégation a_m correspond au lieu de toutes les combinaisons T_{m1} et T_{m2} qui produisent le même agrégat A_m . Le Tableau 2.3 présente la description formelle des trois cas d'interaction présentés ci-dessus pour T_{m1} et T_{m2} .

Les figures 2-4 (indices croissants) et 2-5 (indices décroissants) représentent graphiquement les situations de superposition, de synergie et d'antagonisme. A noter que la fonction d'agrégation (i.e., la droite xy) est linéaire lorsqu'elle décrit une situation de superposition; la pente de la

TABLEAU 2-3
SUPERPOSITION, SYNERGIE ET ANTAGONISME

Indices croissants	
<i>Superposition</i>	$a_m(T_{m1}, T_{m2}) = a_m(T_{m1}, T_{m2}=0) + a_m(T_{m1}=0, T_{m2})$
<i>Synergie</i>	$a_m(T_{m1}, T_{m2}) > a_m(T_{m1}, T_{m2}=0) + a_m(T_{m1}=0, T_{m2})$
<i>Antagonisme</i>	$a_m(T_{m1}, T_{m2}) < a_m(T_{m1}, T_{m2}=0) + a_m(T_{m1}=0, T_{m2})$
Indices décroissants	
<i>Superposition</i>	$a_m(T_{m1}, T_{m2}) = a_m(T_{m1}, T_{m2}=0) + a_m(T_{m1}=0, T_{m2})$
<i>Synergie</i>	$a_m(T_{m1}, T_{m2}) < a_m(T_{m1}, T_{m2}=0) + a_m(T_{m1}=0, T_{m2})$
<i>Antagonisme</i>	$a_m(T_{m1}, T_{m2}) > a_m(T_{m1}, T_{m2}=0) + a_m(T_{m1}=0, T_{m2})$

droite (i.e., le taux marginal de substitution de T_{m2} par rapport à T_{m1} , TMS_{21} ¹⁸) est constante et sa première dérivée (TMS'_{21} ¹⁹) est nulle. En ce qui concerne la synergie, l'antagonisme et la neutralité, la forme de la fonction dépend du type d'indice considéré. Dans le cas d'indices croissants, il y a synergie lorsque la fonction d'agrégation est convexe par rapport à l'origine, TMS_{21} est négatif et TMS'_{21} est positif; il y a antagonisme lorsque xy est concave ($TMS_{21} < 0$ et $TMS'_{21} < 0$).

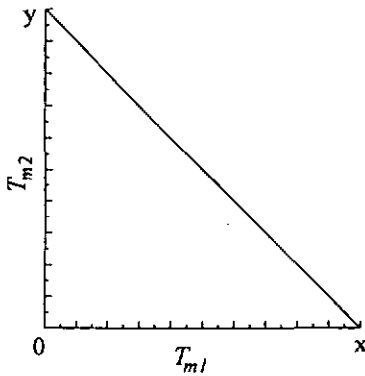
¹⁸Formellement, le taux marginal de substitution de T_{m2} par rapport à T_{m1} s'écrit:

$$TMS_{21} = \frac{\Delta T_{m2}}{\Delta T_{m1}}$$

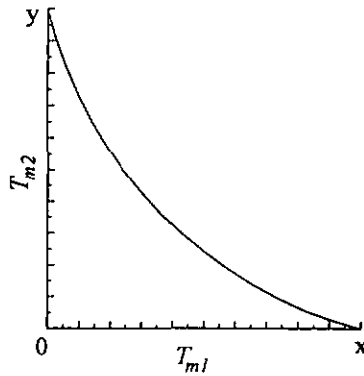
¹⁹La première dérivée du taux marginal de substitution s'écrit:

$$TMS'_{21} = \frac{\Delta TMS_{21}}{\Delta T_{m1}}$$

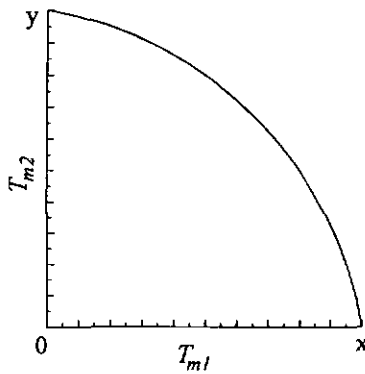
FIGURE 2-4
INDICES CROISSANTS: FORMES D'AGRÉGATION



(A-SUPERPOSITION)



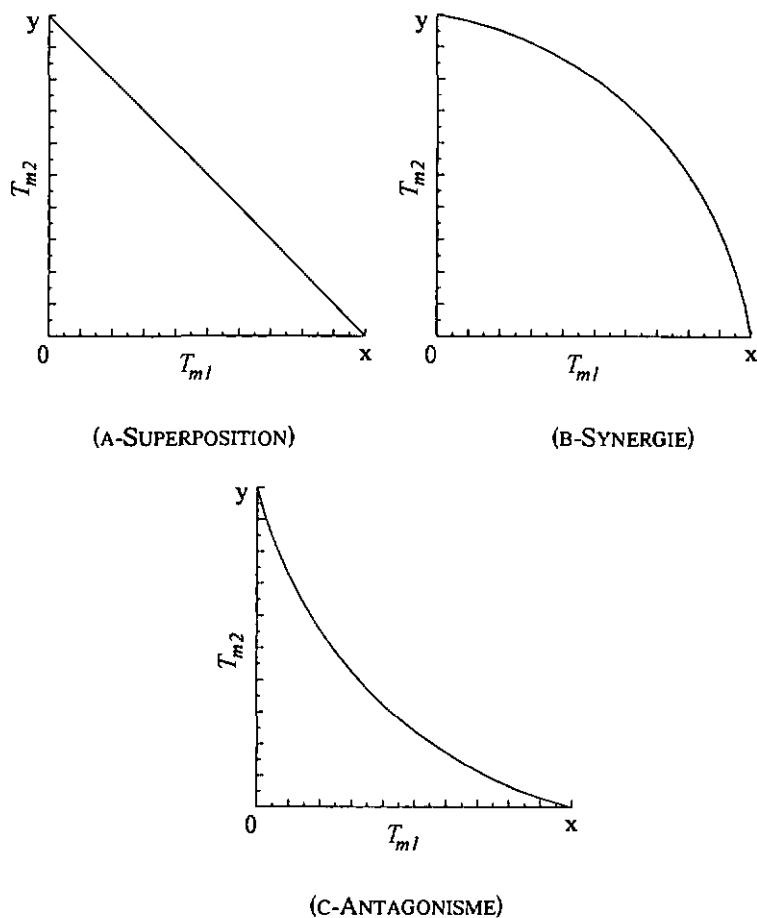
(B-SYNERGIE)



(C-ANTAGONISME)

Dans les cas d'indices décroissants, il y a synergie lorsque la courbe de la fonction d'agrégation (xy) est concave par rapport à l'origine ($TMS_{21} < 0$ et $TMS'_{21} < 0$). Il y a antagonisme lorsque xy est convexe ($TMS_{21} < 0$ et $TMS'_{21} > 0$).

FIGURE 2-5
INDICES DÉCROISSANTS: FORMES D'AGRÉGATION



Dans la pratique, pour agréger les thèmes et les composantes d'un indice d'environnement, on recourt généralement soit à l'addition, à la multiplication ou à la sélection.

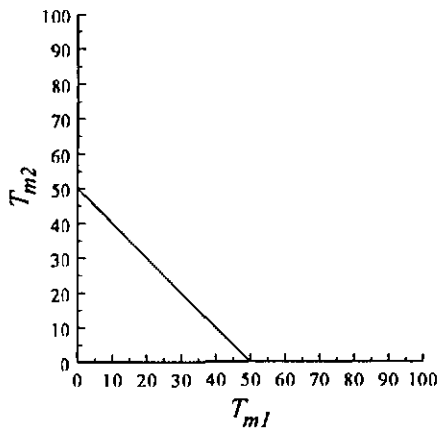
4.2 Addition

La somme non pondérée des variables transformées est sans doute la forme d'agrégation la plus couramment utilisée. Elle correspond à une situation de superposition (2-10). On y recourt en particulier lorsqu'il s'agit d'agrèger des variables transformées soit par réduction, soit par conversion²⁰.

$$A_m = \sum_{n=1}^N T_{mn} \quad (2-10)$$

La Figure 2-6 représente graphiquement l'Equation 2-10 pour $N = 2$ et $A_m = 50$.

FIGURE 2-6
FORMES D'AGRÉGATION: LA SOMME NON
PONDÉRÉE



Lorsque les variables transformées sont moins homogènes, on recourt généralement à une somme pondérée. Comme la somme non pondérée, la somme pondérée correspond à une situation de superposition (2-11). On

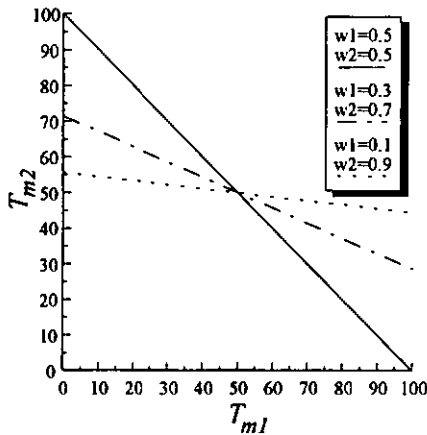
²⁰Voir Hall et Kerr (1992), PNUD (1992), Slotte et al. (1991) ou World Resources Institute (1994).

l'utilise en particulier lorsque les variables sont transformées par combinaison²¹.

$$A_n = \sum_{n=1}^N w_n \cdot T_{mn} \quad (2-11)$$

où w_n correspond au coefficient de pondération associé à la variable T_{mn} . La Figure 2-7 représente graphiquement l'Equation 2-11 pour $N = 2$, $A_m = 50$ et différentes valeurs de w_1 et w_2 .

FIGURE 2-7
FORMES D'AGRÉGATION: LA SOMME
PONDÉRÉE



Il est également possible de calculer la racine $p^{\text{ème}}$ de la somme des variables transformées préalablement élevées à la puissance p (2-12). En présence d'un indice croissant (respectivement décroissant), cette forme d'agrégation permet de décrire aussi bien des situations de synergie ($p < 1$,

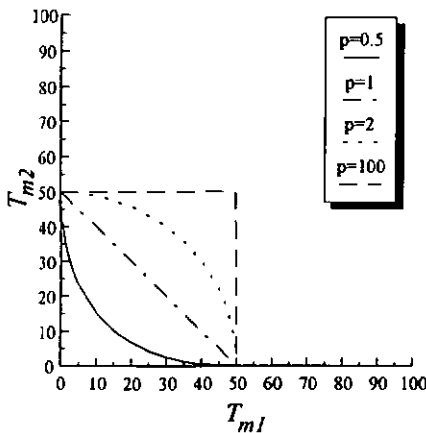
²¹Voir les applications de Liu (1976), Hope, Parker et Peake (1992) et Jesinghaus (1993a et c).

respectivement $p > 1$), de superposition ($p = 1$) ou d'antagonisme ($p > 1$, respectivement $p < 1$)²².

$$A_m = \left(\sum_{n=1}^N (T_{mn})^p \right)^{1/p} \quad (2-12)$$

La Figure 2-8 représente graphiquement l'Equation 2-12 pour $N = 2$, $A_m = 50$ et différentes valeurs de p . A noter que lorsque p tend vers l'infini, l'on est en présence d'une situation de neutralité.

FIGURE 2-8
FORMES D'AGRÉGATION: LA RACINE DE LA
SOMME DES PUISSANCES



4.3 Multiplication

Le produit pondéré des variables transformées correspond soit à une situation de synergie (indice croissant), soit à une situation d'antagonisme (indice décroissant).

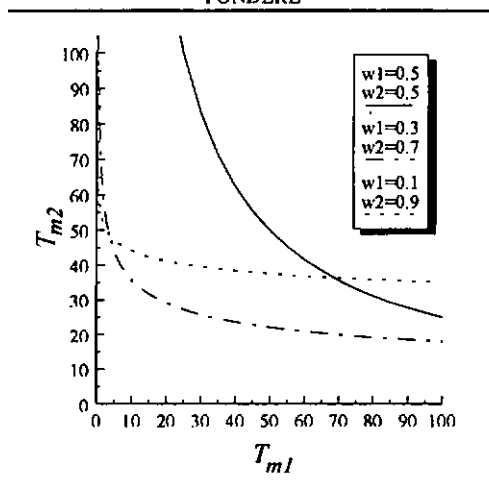
²²A ce sujet, voir les exemples d'indices de pollution de l'air présentés par Ott (1978, p. 114-117).

Formellement, on a :

$$A_m = \prod_{n=1}^N (T_{mn})^{w_n} \quad (2-13)$$

où w_n correspond au coefficient de pondération associé à la variable n . La Figure 2-9 représente graphiquement l'Equation 2-13 pour $N = 2$, $A_m = 50$ et différentes valeurs de w_1 et w_2 ²³.

FIGURE 2-9
FORMES D'AGRÉGATION: LE PRODUIT
PONDÉRÉ



4.4 Sélection

La sélection permet de décrire des situations d'antagonisme extrême (i.e., de neutralité). Dans le cas d'un indice croissant, elle revient à retenir la

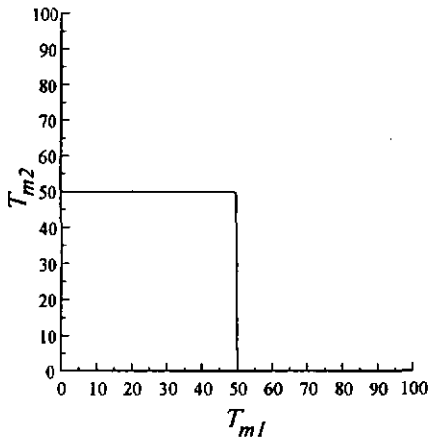
²³A ce sujet, voir les indices de pollution de l'eau de Deininger et Landwehr (Ott 1978, p. 228-233) et de Walski et Parker (Ott 1978, p. 234-237).

variable transformée dont la valeur est maximale (2-14)²⁴.

$$A_m = \text{MAX} (T_{m1}, \dots, T_{mN}) \quad (2-14)$$

La Figure 2-10 représente graphiquement l'Equation 2-14 pour $N = 2$ et $A_m = 50$.

FIGURE 2-10
FORMES D'AGRÉGATION: LE MAXIMUM



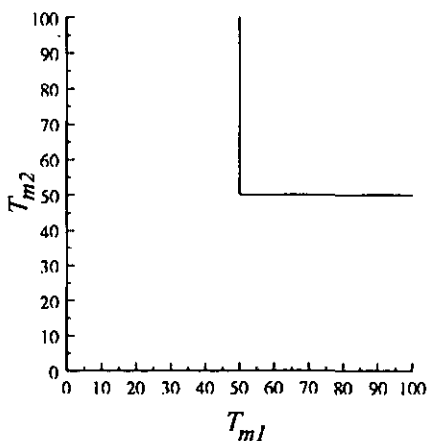
Dans le cas d'un indice décroissant, la sélection revient à retenir la variable transformée dont la valeur est minimale. On a ainsi:

$$A_m = \text{MIN} (T_{m1}, \dots, T_{mN}) \quad (2-15)$$

La Figure 2-11 représente graphiquement l'Equation 2-15 pour $N = 2$ et $A_m = 50$.

²⁴Voir l'indice de pollution de l'air développé par Ott (1978, p. 140-195) pour l'US EPA.

FIGURE 2-11
FORMES D'AGRÉGATION: LE MINIMUM



Le Tableau 2-4 rappelle, pour chaque forme d'agrégation, s'il s'agit d'un cas de superposition, de synergie ou d'antagonisme.

4.5 Pondération

Le problème de la pondération se pose en des termes différents selon que les variables sont transformées par réduction, conversion ou combinaison. Dans le cas de la réduction et de la conversion, il n'est généralement pas nécessaire de pondérer les variables transformées avant de les agréger. Soit les variables sont suffisamment homogènes pour pouvoir être agrégées sans pondération (comme dans le cas de la réduction), soit la pondération a lieu au cours même de la transformation (comme dans celui de la conversion).

Dans le cas de la combinaison, par contre, l'hétérogénéité des variables justifie généralement le recours à des coefficients de pondération. On parle de pondération implicite lorsque l'on attribue à chaque variable un coefficient identique et de pondération explicite dans le cas contraire.

TABLEAU 2-4
FORMES D'AGRÉGATION ET MÉTHODES DE CALCUL
(source: adapté de Ott 1978)

Forme	Superposition	Synergie	Antagonisme
ADDITION			
• Somme non pondérée	√		
• Somme pondérée	√		
• Racine de la somme des puissances lorsque:			
$p < 1$		√ (indice croissant)	√ (indice décroissant)
$p = 1$	√		
$p > 1$		√ (indice décroissant)	√ (indice croissant)
MULTIPLICATION			
• Produit pondéré		√ (indice décroissant)	√ (indice croissant)
SÉLECTION			
• Maximum			√ (indice croissant)
• Minimum			√ (indice décroissant)

A) PONDÉRATION IMPLICITE

Compte tenu de la difficulté de définir des coefficients de pondération pertinents, de nombreux auteurs se contentent d'attribuer un coefficient de pondération identique à chaque variable²⁵. Dans ce cas, le poids de chaque variable dépend exclusivement du nombre total de variables pris en compte. Plus ce nombre est petit, plus le poids de chaque variable est élevé (2-16). On peut écrire:

$$w_m = \frac{1}{M} \quad (2-16)$$

²⁵Voir par exemple Hall et Kerr (1992), Liu (1976), Programme des Nations Unies pour le développement (1992) ou World Resources Institute (1994).

où w_m correspond au coefficient de pondération de la variable m et M au nombre de variables considéré.

B) PONDÉRATION EXPLICITE

Dans le cas de la pondération explicite, on attribue à chaque variable un poids absolu qui lui est propre; son poids relatif dépend lui à la fois de son poids absolu et du nombre de variables prises en compte. Pour définir ce poids, on se réfère généralement soit à l'avis d'experts, soit à celui de la population.

Certains auteurs soutiennent l'idée que le recours aux avis d'experts, même s'il constitue d'une certaine manière une entrave à la démocratie, est préférable. Premièrement, seuls les experts sont à même de comprendre la complexité des phénomènes d'environnement; deuxièmement, les experts prennent conscience plus rapidement que le grand public de l'évolution de ces phénomènes (Jesinghaus 1993a)²⁶. Ces arguments sont combattus par d'autres qui considèrent que c'est en définitive à la population de définir le poids absolu à attribuer à chaque variable d'environnement. Un problème d'environnement ne constitue un problème de société que lorsqu'il est perçu comme tel par la population. Ce sont par conséquent les préférences de la population qui doivent en dernier ressort servir de base à la définition du

²⁶«The objection could be raised that it is not particularly democratic for environmental problems to be assessed and evaluated by environmental experts: However, there are a number of reasons why 'purist' principles of democracy should not be applied:

- Even general, non-environmental political decisions are rarely, if ever, taken by directly consulting the people. Compromises with representatives of interest organisations and other social groups are almost always negotiated and then confirmed only by the people's elected representatives. Although this is not fundamentally democratic, it is, however, generally accepted as a necessary aspect of pluralist society.

- The survey gives environmental experts no decision-making powers at all; like lobbyist they can only provide information on which areas policy should focus on.

- The assessment of complex problems presupposes that the assessor understands them. Environmental problems are so difficult and complex that few environmental experts would claim to 'understand' them. A representative cross-section of the population could not, therefore, be seriously expected to distinguish between for instance the greenhouse effect and the ozone hole and to assess them separately.

- Added to this is the fact that environmental experts are way ahead of the general population in terms of time. The media, as providers of information, can only pass on what experts have already said or written (Jesinghaus 1993a, p. 17).

poids de chaque problème (Hope et Parker 1990, Hope, Parker et Peake 1992).

5 Calcul de l'indice

Pour le calcul de l'indice I_m , on rapporte chaque variable agrégée A_m à une variable de référence A_0 . On a ainsi:

$$I_m = \frac{A_m}{A_0} \quad (2-17)$$

Comme le rappelle Chou (1991), une attention toute particulière doit être portée à la sélection de la variable qui sert de référence.

«The base ... of an index is used for the computation of relatives and as a basis of reference both in describing the behaviour of individual index numbers and in comparing them. Thus it must be carefully selected so that misleading results and interpretations may not arise» (Chou 1991, p. 822).

Lorsque I_m est un indice normatif, A_0 correspond généralement soit à une norme légale, soit à un standard scientifique. Lorsque I_m est un indice descriptif à référence temporelle, A_0 est d'ordinaire égal à la situation qui prévaut à la première période. Par conséquent:

$$A_0 = A_I \quad (2-18)$$

Chou (1991) note à ce sujet que A_0 devrait correspondre à une situation typique. Cette situation ne devrait par conséquent être ni anormalement élevée, ni anormalement basse.

«When the base value is too high, the whole index would appear chronically depressed because most of the index numbers will fall well below it. If the base value is too low, distortions may be created in the opposite direction. A base value may considered typical if it coincides with the trend rather than conforming to a cyclically high or low value» (Chou 1991, p. 822).

De plus, la situation de base devrait être relativement récente.

«This is desirable because we are usually more interested in comparing current fluctuations with some economic framework similar to the present» (Chou 1991, p. 822).

Si I_m est un indice descriptif à référence spatiale, on peut soit sélectionner une situation particulière, soit calculer une situation de base moyenne. Dans le premier cas, on parle de *star system*. Dans le second cas, on parle de système démocratique (*democratic weights method*). La situation de base A_0 correspond alors à la moyenne arithmétique - pondérée (2-19b) ou non (2-19a) - des variables agrégées A_m (Diewert 1993).

$$A_0 = \frac{\sum_{m=1}^M A_m}{M} \quad (2-19a)$$

$$A_0 = \frac{\sum_{m=1}^M w_m A_m}{\sum_{m=1}^M w_m} \quad (2-19b)$$

On peut également recourir à une moyenne géométrique (Diewert 1993), ou à toute autre mesure de tendance centrale (Chou 1991)²⁷.

²⁷A noter que le calcul d'une moyenne n'a de sens que si la distribution du A_m tend vers la normalité. Comme le relève Chou (1991, p. 823), cette tendance est d'autant plus marquée que les espaces sont homogènes.

Partie III

Construction d'un ensemble d'indices d'environnement pour les Etats-Unis: cadre, méthodes et résultats

1 Remarques liminaires

On s'intéresse ici à la construction d'un ensemble de trois indices d'environnement pour les Etats-Unis: un indice de pression, un indice d'état et un indice de réponse.

Pour la construction de chacun de ces indices, on suit la procédure décrite à la Partie 2. Dans un premier temps, on sélectionne les thèmes et les variables de chaque indice; dans un deuxième temps, on transforme les thèmes et les variables sélectionnés de sorte à pouvoir, dans un troisième temps, les agréger. On obtient ainsi un ensemble de trois agrégats; enfin, dans un quatrième temps, on rapporte chacun de ces agrégats à une situation de base qui sert de référence.

2 Fonction et cadre

2.1 Fonction

Les indices d'environnement que l'on développe ici ont pour objet de faciliter l'analyse, l'évaluation et la comparaison des performances environnementales des cinquante Etats américains. Comme il s'agit d'indices descriptifs à référence spatiale, ceux-ci ne visent ni à situer ces performances par rapport à un standard (e.g., objectif de développement durable), ni à suivre leur évolution dans le temps.

Compte tenu de leur caractère synthétique, ces indices sont avant tout destinés aux milieux politiques, aux économistes et au grand public. Ils

n'ont par contre pas pour fonction de répondre aux besoins des sciences de la nature.

2.2 Cadre

L'approche pression-état-réponse de l'OCDE sert de cadre conceptuel à cette étude¹. Plutôt que de proposer un indice d'environnement unique, on calcule, pour chaque Etat, un ensemble de trois indices. Celui-ci est constitué d'un indice de pression, d'un indice d'état et d'un indice de réponse.

1. **Indice de pression:** il décrit les pressions qu'exercent les activités économiques et humaines sur l'environnement (e.g., émissions de substances polluantes);
2. **Indice d'état:** il présente l'état de l'environnement (e.g., la qualité de l'air); et
3. **Indice de réponse:** il montre les réactions de la collectivité face aux menaces qui pèsent sur l'environnement et les ressources naturelles (e.g., dépenses de protection de l'environnement) (fig. 3-1).

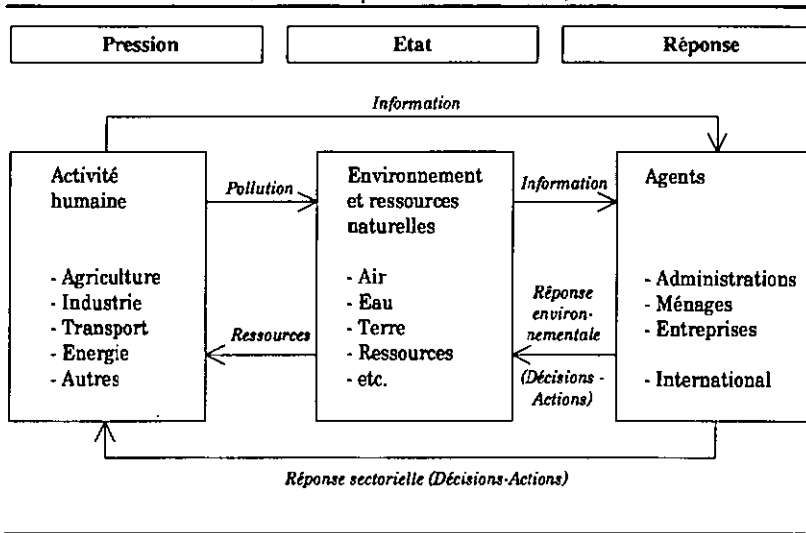
L'application de l'approche pression-état-réponse a ici pour objet d'offrir aux milieux politiques, aux économistes et au grand public une information compréhensible sur les liens qui existent entre les activités économiques et humaines et l'environnement. Pour les politiciens et les économistes, cette information est un préalable indispensable à l'analyse et à l'évaluation des performances économiques et environnementales des politiques mises en oeuvre (Pearce et al. 1991). Pour le grand public, elle vise à répondre à une inquiétude grandissante quant aux menaces qui pèsent sur l'environnement et les ressources naturelles (OCDE 1991b).

«Often environmental policy has to choose between options that are good for one environmental goal and bad for another one. The decision whether to avoid, to incinerate, to recycle or to deposit waste is such a case. To assess the total effect of a combined change of pressure indices, they must be further condensed to an Index of Total Pressure on the Environment... In the public discussion, this index could play a role similar to the unemployment rate, that is, a non-monetary, but highly meaningful

¹Voir Partie 1.

description of an important political issue by one figure» (Eurostat 1993b, p. 4).

FIGURE 3-1
CADRE PRESSION/ÉTAT/RÉPONSE
(source: adapté de Adriaanse 1993)



3 Sélection des thèmes et de leurs composantes

3.1 Sélection des thèmes

On l'a vu au Chapitre 2.1, Point A de la Partie 2, la sélection des thèmes doit avant tout permettre de répondre aux attentes des utilisateurs des indices. Dans le cadre de cette étude, on considère que ces utilisateurs se composent de trois groupes: les milieux politiques, les économistes et le grand public. Les membres de chacun de ces groupes présentent trois points communs. Premièrement, ce ne sont pas des spécialistes de l'environnement. Deuxièmement, l'environnement n'est souvent ni la première, ni la seule de leur préoccupation. Troisièmement, et c'est la conséquence directe des deux points précédents, ils ont besoin d'informations simples, présentées sous une forme attractive et agrégée.

Pour la sélection des thèmes, on se réfère conjointement aux trois sources de légitimité que sont la compétence, l'autorité et le processus démocratique (Jesinghaus 1993b)². Pour ce qui concerne la **compétence**, on tient en particulier compte des résultats des travaux entrepris dans le domaine des indicateurs et des indices d'environnement par l'US EPA (Roberts 1990), l'Université de Mannheim (FGE 1991), les Ministères de l'Environnement néerlandais (MHPPE 1991 et 1993, Adriaanse 1993), canadien (Environment Canada 1991) et anglais (Pearce et al. 1991) et l'Office Statistique norvégien (Alfsen et Saebo 1993). Pour l'**autorité**, on considère les études de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE 1991) et de l'Office Statistique de la Communauté Européenne (Eurostat 1993b, Jesinghaus 1993b). Enfin, pour le **processus démocratique**, on prend en compte les résultats de neuf sondages d'opinion effectués aux Etats-Unis entre 1989 et 1992 (Cambridge Reports Inc. 1992,

TABLEAU 3-1
SÉLECTION DES THÈMES: SOURCES DE LÉGITIMITÉ

Compétence		Autorité		Processus démocratique	
Sources	Pays	Sources	Pays	Sources	Pays
Roberts (1990)	USA	OCDE (1991)	OCDE	Gallup Poll Service (1989 et 1990)	USA
FGE (1991a)	wGE	Eurostat (1993b) et Jesinghaus (1993b)	CEE	Hearst Corporation	USA
MHPPE (1991 et 1993) et Adriaanse (1993)	NET			Los Angeles Times (1989)	USA
Environment Canada (1991)	CAN			RSM Inc. (1989)	USA
Pearce et al. (1991)	UK			NBC News (1990 et 1991)	USA
Alfsen et al. (1992), Alfsen et Saebo (1993)	NOR			Warwick, Baker & Fiore (1990)	USA
				Cambridge Report Inc. (1992)	USA

²Voir également le Chapitre 2.1 de la Partie 2.

Gallup Poll Service 1989 et 1990, Hearst Corporation 1989, Los Angeles Times 1989, NBC News 1990 et 1991, RSM Inc. 1989, Warwick, Baker & Fiore 1990). Par cette démarche, on augmente les chances d'acceptation des thèmes sélectionnés (tab. 3-1).

Sur la base de l'analyse de ces trois sources de légitimité, on retient dix thèmes d'environnement: cinq de ces thèmes concernent l'indice de pression, quatre l'indice d'état et un l'indice de réaction. Premièrement, l'indice environnemental de pression (IEP) différencie les pressions selon qu'elles ont un caractère global ou non. Les pressions globales regroupent l'émission des gaz à effet de serre et celle des gaz responsables de l'épuisement de la couche d'ozone. Les pressions non globales incorporent les émissions de polluants atmosphériques, de substances toxiques et de gaz précurseurs des pluies acides. Deuxièmement, l'indice environnemental d'état (IEE) décrit la dégradation de l'environnement selon les points de vue de la qualité de l'eau potable, des rivières et cours d'eau, du sol et de l'air. Finalement, l'indice environnemental de réponse (IER) se base sur les dépenses de gestion et de protection de l'environnement entreprises par les Etats (tab. 3-2).

TABLEAU 3-2
THÈMES SÉLECTIONNÉS

Indices	Thèmes
INDICE ENVIRONNEMENTAL DE PRESSION (IEP)	<p><i>Pressions globales:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de gaz responsables de l'épuisement de la couche d'ozone • Emissions de gaz à effet de serre <p><i>Pressions non globales:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissions de polluants atmosphériques • Emissions de substances toxiques • Emissions de gaz précurseurs des pluies acides
INDICE ENVIRONNEMENTAL D'ÉTAT (IEE)	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité de l'eau potable • Qualité des rivières et cours d'eau • Qualité du sol • Qualité de l'air
INDICE ENVIRONNEMENTAL DE RÉPONSE (IER)	<ul style="list-style-type: none"> • Dépenses de gestion et de protection de l'environnement

3.2 Sélection des composantes

Pour la sélection des composantes de chaque thème, trois critères ont été retenus: la représentativité, la disponibilité et les possibilités d'agrégation. Premièrement, la représentativité suppose que les composantes sélectionnées fournissent un aperçu général du thème qu'elles décrivent. Dans certains cas, une seule composante par thème suffit pour donner cet aperçu (e.g., émissions de substances toxiques); dans d'autres, plusieurs composantes sont nécessaires (e.g., émissions de gaz à effet de serre). Deuxièmement, la disponibilité implique que les données relatives aux composantes sélectionnées doivent être accessibles facilement et à un coût raisonnable. Pour cette raison, on recourt uniquement à des données publiées. Finalement, l'agrégabilité signifie que pour les thèmes qui regroupent plusieurs composantes (e.g., émissions de gaz à effet de serre), des méthodes d'agrégation fiables existent. En fin de compte, l'on doit pouvoir disposer pour chaque thème d'une seule et unique variable.

Sur la base de ces trois critères de sélection, les composantes suivantes ont été retenues (tab. 3-3).

TABLEAU 3-3
COMPOSANTES SÉLECTIONNÉES

Indices	Thèmes	Composantes	Unités	Années	Sources
IEP	<i>Pression globale:</i>				
	• Couche d'ozone	Emissions de CFC	kilos/capita	1988	US EPA 1990
	• Effet de serre	Emissions de CO ₂ , CH ₄ et CFC	kilos/capita	1988	US EPA 1990
	<i>Pression non globale:</i>				
	• Substances toxiques	Emissions de substances toxiques	kilos/capita	1991	US EPA 1993a
	• Polluants de l'air	Emissions de CO, SO ₂ , NO _x et COV	kilos/capita	1992	US EPA 1993b
	• Pluies acides	Emissions de SO ₂ et NO _x	kilos/capita	1992	US EPA 1993b
IEE	• Qualité de l'eau potable	Population affectée	% de la pop. tot.	1992	NRDC 1993b
	• Qualité des rivières	Rivières impropres	% des km analysés	1992	US EPA 1994
	• Qualité du sol	Sites contaminés	# par km carré	1992	US DoC 1993
	• Qualité de l'air	Population affectée	% de la pop. tot.	1991	US EPA 1991
IER	• Gestion et protection de l'environnement	Dépenses publiques destinées à la gestion et à la protection de l'environnement	% des dépenses publiques totales	1991	CSG 1993

3.3 *Indice environnemental de pression (IEP)*

L'indice environnemental de pression (IEP) compte cinq thèmes. Ceux-ci sont regroupés en deux catégories selon l'échelle de leurs effets: les pressions exercées à l'échelle globale et celles exercées à l'échelle non globale (i.e., continentale, régionale, nationale et locale).

A) **PRESSIONS GLOBALES**

ÉMISSIONS DE GAZ RESPONSABLES DE L'ÉPUISEMENT DE LA COUCHE D'OZONE

La couche d'ozone se situe dans la stratosphère à une distance de douze à 50 kilomètres de la surface de la terre. Elle a pour fonction d'absorber la plupart des rayons ultraviolets dommageables pour les hommes, les animaux, les plantes et les matériaux. Plus les concentrations d'ozone stratosphérique sont faibles, moins les rayons ultraviolets sont absorbés³.

Le problème de l'appauvrissement de la couche d'ozone provient de la présence, dans la stratosphère, de gaz qui détruisent les molécules d'ozone. Les principaux de ces gaz sont les CFC - et plus particulièrement les CFC-11 et CFC-12 -, les halons, le carbone tétrachloride et le méthyle chloroforme.

On retient comme composante de l'épuisement de la couche d'ozone les émissions de CFC. Les données les plus récentes dont on dispose pour l'ensemble des 50 États américains datent de 1988 (US EPA 1990). Ces données figurent aux tableaux B1 (par État) et C1 (par région). Pour le calcul de l'indice, on se base sur les émissions de CFC exprimées en kilogrammes par habitant (tab. B1, col. 2 et tab. C1, col. 3 et 4).

³«Ultraviolet radiation is known to cause some forms of skin cancer, suppress the human immune system, and accelerate skin and eye ageing in humans and animals. Crops such as wheat, rice, corn, and soya beans are sensitive to exposure to ultraviolet radiation. An increase in this type of solar radiation can also disrupt the marine food chain, thereby decreasing oceanic production. Even manufactured products such as paints and plastics have exhibit degradation due to increased exposure to ultraviolet rays» (Environment Canada 1991, p. 20).

EMISSION DE GAZ À EFFET DE SERRE

L'atmosphère joue un rôle essentiel dans la régulation des températures et des climats à la surface de la terre. L'une de ses principales propriétés est de permettre aux rayons du soleil d'atteindre la planète et ensuite d'en retenir la chaleur. Cette propriété porte le nom d'effet de serre.

L'effet de serre est rendu possible grâce à la présence dans l'atmosphère de gaz, tels que la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), les CFC, l'ozone et les oxydes nitreux. On soupçonne aujourd'hui l'augmentation des concentrations de ces gaz d'être à l'origine d'une hausse des températures à la surface de la terre et, indirectement, d'avoir un impact sur les climats, le niveau des mers et la productivité de l'agriculture mondiale.

Pour ce thème, on retient trois composantes: les émissions de CO₂, de CH₄ et de CFC. Comme dans le cas de l'épuisement de la couche d'ozone, les données les plus récentes dont l'on dispose pour les 50 Etats américains datent de 1988 (US EPA 1990). Ces données figurent aux tableaux B2 (par Etat) et C2 (par région). Pour le calcul de l'indice, on tient compte du total des émissions de CO₂, CH₄ et CFC exprimées en équivalents-CO₂ par habitant (tab. B2, col. 8 et tab. C2, col. 3 et 4). Compte tenu du potentiel de réchauffement global de chaque polluant, une tonne d'équivalents-CO₂ correspond à 1 tonne de CO₂, 0.047619 tonne de CH₄ ou 0.00017 tonne de CFC (IPCC 1990 et World Resources Institute 1992)⁴.

⁴Les équivalents-CO₂ tiennent compte du potentiel de réchauffement global (PRG) de chaque polluant. Le PRG permet de comparer l'impact de gaz qui diffèrent aussi bien par la durée de leur présence dans l'atmosphère que par leur potentiel d'absorption de la chaleur. Comme le relèvent les chercheurs du World Resources Institute cette comparaison ne va cependant pas sans poser de problèmes. «One complication inherent in such a comparison is that the potency of a greenhouse gas depends on its concentration in the atmosphere, which in turn depends on assumptions about future emissions. A second complication is that the lifetimes of the greenhouse gases (or conversely, the rate at which they are removed from the atmosphere by natural processes) is not known with any precision, at least for carbon dioxide (CO₂), the most important greenhouse gas. Estimates of removal rates are based on models of atmospheric, oceanic, and biospheric processes that are still the subject of considerable debate» (World Resources Institute 1992, p. 207).

B) PRESSIONS NON GLOBALES

EMISSIONS DE SUBSTANCES TOXIQUES

Les toxiques sont des substances d'origine naturelle ou artificielle qui peuvent être dangereuses pour les organismes vivants. Certains toxiques endommagent les tissus ou les organes en interférant avec des fonctions particulières des cellules, membranes ou organes; d'autres détruisent les membranes de certaines cellules ou empêchent le bon déroulement d'importants processus cellulaires. Parmi les toxiques d'origine anthropogène les plus courants - et aussi souvent les plus dangereux - on trouve les hydrocarbures chlorés (e.g., DDT, PCB), les dérivés du pétrole (e.g., plastiques, solvants industriels), les métaux lourds (e.g., cadmium, plomb, mercure, nickel) et les substances radioactives (e.g., uranium, plutonium).

Depuis 1987, l'US EPA recense l'émission et le transfert de quelque 300 substances toxiques. Ce recensement, qui touche toutes les entreprises employant au moins neuf personnes, sert de base à la compilation du Toxic Release Inventory (TRI). Les données utilisées ici proviennent du TRI de l'année 1991 (US EPA 1993a). Les émissions totales de substances toxiques recensées figurent aux tableaux B3 (par Etat) et C3 (par région)⁵. Pour le calcul de l'indice, on se réfère aux émissions exprimées en tonnes par habitant (tab. B3, col. 2 et tab. C3, col. 3 et 4).

EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Comme l'écrit l'OFEFP (1986, p. 10-11), «[l]'air sec non pollué des couches inférieures de l'atmosphère ... est constitué d'environ 78% en volume d'azote (N₂), 21% d'oxygène (O₂), presque 1% de gaz rare et environ 0.003% de dioxyde de carbone (CO₂)... On [y] rencontre également ... des substances en traces apparaissant naturellement, comme l'anhydride sulfureux (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), des composés organiques volatils, des poussières provenant de l'érosion du sol, du pollen, des spores, etc.».

⁵Le total des émissions de substances toxiques correspond à la somme non pondérée des émissions de chaque substance (US EPA 1993a).

Depuis le début de l'ère industrielle, l'augmentation des émissions de polluants atmosphériques d'origine anthropogène a eu pour effet de modifier la composition naturelle de cet air sec non pollué. S'y sont d'abord ajoutés l'anhydride sulfureux (SO₂) et les poussières, puis le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils (COV). De manière générale, on peut dire que, à partir de certaines concentrations (i.e., de certains seuils), les polluants atmosphériques sont susceptibles d'avoir des effets sur la santé humaine, la faune et la flore et les matériaux. Ce seuil varie selon les polluants considérés, le temps d'exposition et la sensibilité des organismes vivants - ou des matériaux - exposés⁶.

Pour ce thème, on retient quatre des cinq principaux polluants atmosphériques responsables de la pollution de l'air: le CO, le SO₂, le NO_x et les COV⁷. Les données utilisées datent de 1992 (US EPA 1993b). Elles figurent aux tableaux B4 (par Etat) et C4 (par région). Pour le calcul de l'indice, on tient compte du total des émissions de CO, SO₂, NO_x et COV exprimé d'équivalents-CO par habitant (tab. B4, col. 10 et tab. C4, col. 3 et 4). Les équivalents-CO sont calculés de façon à tenir compte des effets de chaque polluant sur la santé de l'homme. Une tonne d'équivalents-CO correspond à 1 tonne de CO, 0.01 tonne de SO₂, 0.005 tonne de NO_x ou 0.005 tonne de COV (Planco Consulting 1993a et 1993b)⁸.

EMISSIONS DE GAZ PRÉCURSEURS DES PLUIES ACIDES

Les précipitations acides, phénomène plus connu sous le nom de pluies acides, ont des effets potentiels sur la santé des êtres humains, les animaux, les plantes et certains matériaux⁹. Elles ont pour principale

⁶Voir également ci-dessous le point consacré à la qualité de l'air.

⁷Pour les particules, qui constituent le cinquième des principaux polluants atmosphériques, l'on ne dispose pas de données pour l'ensemble des cinquante Etats.

⁸Pour le calcul des équivalents-CO, on se réfère aux valeurs limites d'immission (VLI) fixées par la science plutôt qu'à celles définies par les standards légaux. Cette démarche est identique à celle adoptée par Planco Consulting (1993a et 1993b) pour son étude sur l'impact environnemental des infrastructures de transport.

⁹«Acidic precipitation... is threatening fish and plant life in thousands of lakes, injuring plants, and reducing the vigour of trees. Research on health implications shows a link between high concentrations of acidic air pollution and respiratory problems in humans. In addition, this pollution eats away at stone statues, limestone buildings, and metal

origine les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) et d'oxyde d'azote (NO_x) (Environment Canada 1991, Office of Technology Assessment 1985).

On considère ici aussi bien les émissions de SO₂ que celles de NO_x. Les données utilisées datent de 1992 (US EPA 1993b); elles figurent aux tableaux B5 (par Etat) et C5 (par région). Pour le calcul de l'indice, on se réfère au total des émissions de SO₂ et de NO_x exprimé en équivalents-acide par habitant (tab. B5, col. 6 et tab. C5, col. 3 et 4). Les équivalents-acide sont calculés de sorte à tenir compte du potentiel d'acidification de chaque polluant. Une tonne d'équivalents-acide correspond à 1 tonne de SO₂ ou 0.6957 tonne de NO_x (Adriaanse 1993, MHPPE 1993).

3.4 *Indice environnemental d'état (IEE)*

QUALITÉ DE L'EAU POTABLE

La présence de micro-organismes infectieux et de substances chimiques toxiques dans l'eau potable peut être cause de maladies et, dans certains cas de décès, chez l'être humain. Selon certaines estimations récentes, la contamination de l'eau potable par des micro-organismes infectieux serait chaque année responsable de la maladie de plus de 940'000 personnes aux Etats-Unis. Le nombre de décès correspondant serait lui de 900 (NRDC 1993a)¹⁰.

Les standards en matière de qualité de l'eau potable sont fixés par l'US EPA, conformément au Safe Drinking Water Act (SDWA). Selon la loi, tout fournisseur est censé contrôler que l'eau potable servie répond à ces standards. Si ces derniers sont violés, les consommateurs doivent en être avisés.

rooftops» (Environment Canada 1991, p. 25). «Immediate damage is caused to buildings, materials and plants, while man and animals are also directly affected. Indirect damage occurs via the soil. This effect is further enhanced by natural stress factors like drought, frost, fungi and insects» (Adriaanse 1993, p. 33).

¹⁰«The 1993 Milwaukee disease outbreak alone reportedly affected 370'000 to 430'000 people, and has been linked by some investigators to the deaths of several AIDS patients and at least one cancer patient» (NRDC 1993a, p. 15).

On considère ici le nombre de personnes rattachées à des systèmes d'approvisionnement en eau potable violant les standards fixés par l'US EPA. Les données utilisées datent de 1991/1992 (NRDC 1993b); elles sont présentées aux tableaux B6 (par Etat) et C6 (par région). Pour le calcul de l'indice, on se réfère au pourcentage de la population rattaché à des systèmes ne respectant pas les standards (tab. B6, col. 2 et tab. C6, col. 3 et 4).

QUALITÉ DE L'EAU DES RIVIÈRES

La qualité de l'eau des rivières, cours d'eau, lacs et réservoirs a une importance à la fois économique, écologique et sociale. Ceci n'empêche cependant pas cette eau d'être le réceptacle d'importantes charges d'eaux usées - traitées ou non - et de déchets. Comme le relève l'OCDE (1991b, p. 26), «... bon nombre de problèmes concernant la qualité de l'eau proviennent de sa pollution par des matières organiques, par des nutriments et par toute une gamme de substances toxiques. Ces types de pollution peuvent constituer un obstacle à la durabilité de l'utilisation des ressources en eau des rivières à des fins agricoles, industrielles et récréatives ainsi qu'[à] l'approvisionnement en eau potable».

On considère ici la longueur de cours d'eau ne respectant pas les standards fixés par l'US EPA, conformément au Clean Water Act (CWA)¹¹.

¹¹«The EPA recommends that States assess support of the following individual beneficial uses:

- Aquatic Life Support: the waterbody provides suitable habitat for survival and reproduction of desirable fish, shellfish, and other aquatic organisms.
- Fish Consumption: the waterbody supports a population of fish free from contamination that could pose a human health risk to consumers.
- Shellfish Harvesting: the waterbody supports a population of shellfish free from toxicants and pathogens that could pose a human health risk to consumers.
- Drinking Water Supply: the water body can supply safe drinking water with conventional treatment.
- Primary Contact Recreation - Swimming: People can swim in the waterbody without risk of adverse human health effects (such as catching waterborne diseases from raw sewage contamination).
- Secondary Contact Recreation - Recreation: People can perform activities on the water (such as canoeing) without risk of adverse human health form occasional contact with the water.

Les données utilisées datent de 1992 (US EPA 1994); elles sont basées sur un échantillon qui regroupe 18% des cours d'eau américains. Ces données figurent aux tableaux B7 (par Etat) et C7 (par région). Pour le calcul de l'indice, on se réfère au rapport, exprimé en pourcentage, entre la longueur des cours d'eau incriminés et la longueur totale des cours d'eau analysés (tab. B7, col. 2 et tab. C7, col. 3 et 4).

QUALITÉ DU SOL

Comme l'air et l'eau, le sol est le réceptacle final de nombreux déchets produits par l'homme. Certains de ces déchets, comme les déchets toxiques, peuvent avoir des effets nocifs tant sur l'homme que sur l'environnement. Aux Etats-Unis, la reconnaissance de l'existence de sites contaminés par l'émission de substances chimiques toxiques remonte à la fin des années 70¹². L'US EPA estimait alors le nombre de ces sites à 18'000. On parle aujourd'hui de 37'645 sites contaminés (Ebersbach 1994, WRI 1994). Dans ce domaine, le 'Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act' (CERCLA), plus connu sous le nom de 'Superfund Cleanup Law', sert de base légale. Il donne au gouvernement l'autorité et les moyens d'entreprendre l'assainissement des sites les plus contaminés et de prévenir l'exposition des hommes, de la faune et de la flore aux déchets toxiques.

On se réfère ici à la liste des 1'275 sites les plus contaminés ('National Priority List'). Les données utilisées datent de 1992 (US DoC 1993); elles figurent au tableau B8 (par Etat) et C8 (par région). Pour le calcul de

- Agriculture: The water quality is suitable for irrigating fields or watering livestock» (US EPA 1994, p. ES-3).

¹²«In 1978, Love Canal brought home the shocking reality of hazardous waste sites in America. This was when some of the 21'000 tons of chemical wastes discarded decades earlier by Hooker Chemical Company began oozing into basements in the Love Canal area of Niagara Falls, New York. Unearthed in playgrounds, school yards, as well as homes, this chemical stew alarmed the public and raised some unsettling questions. How many other toxic areas existed? And how many Americans were unknowingly at risk from exposure to PCB's, dioxin, chlorobenzenes, and other poisonous substances» (Ebersbach 1994, p. 2)?

l'indice, on considère le nombre de sites par kilomètre carré que compte chaque Etat (tab. B8, col 2 et tab. C8, col. 3 et 4).

QUALITÉ DE L'AIR

Comme la qualité de l'eau potable, la qualité de l'air a un impact immédiat sur le bien-être et la santé des individus. Aux Etats-Unis, les standards en matière de qualité de l'air sont fixés par le Clean Air Act (CAA). Les polluants atmosphériques concernés sont l'anhydride sulfureux (SO_2), les poussières en suspension, le monoxyde de carbone (CO), l'ozone (O_3), les oxydes d'azote (NO_x) et le plomb (Pb).

L'anhydride sulfureux (SO_2) est un polluant primaire d'origine anthropogène qui se forme lors de la combustion de combustibles et carburants contenant du soufre. Les principales sources naturelles de SO_2 sont les éruptions volcaniques et la décomposition biologique de la biomasse. A concentrations élevées, le SO_2 peut avoir des effets dommageables pour la végétation et aggraver les symptômes de certaines maladies respiratoires telles que l'asthme et la bronchite. Les poussières en suspension ont une origine à la fois anthropogène et naturelle. Leur origine anthropogène est liée aux foyers industriels et domestiques, aux transports et à certaines activités industrielles telles que la production de papier. Les principales sources naturelles de poussières sont les éruptions volcaniques et les feux de forêt. A forte concentration, les poussières en suspension peuvent compromettre le bon fonctionnement de certaines fonctions respiratoires, réduire la visibilité et endommager la végétation. Le monoxyde de carbone (CO) est un polluant atmosphérique d'origine anthropogène qui se forme lors de la combustion incomplète du carbone et de ses composants. Le trafic automobile en constitue la principale source. L'exposition à des concentrations élevées de CO est dangereuse pour les personnes qui ont des problèmes respiratoires, les fumeurs et les anémiques. Le CO ne semble par contre pas avoir d'effets nocifs sur les plantes et les matériaux. L'ozone (O_3) est un polluant secondaire de la classe des photo-oxydants. Il provient principalement de la transformation photochimique des oxydes d'azote (NO_x) et des composés organiques volatils (COV). L'exposition élevée ou répétée à des concentrations élevées d'ozone peut avoir des effets néfastes tant sur la santé de l'homme (e.g., irritation des yeux, déclenchement de crises d'asthme) que sur la végétation

(e.g., diminution des rendements agricoles). Les **oxydes d'azote** (NO_x) peuvent être d'origine naturelle (e.g., transformations microbiennes dans les sols, décharges électriques dans l'atmosphère) ou anthropogène (principalement transports, industries et ménages). Leurs effets se font sentir aussi bien sur l'homme, la végétation que les matériaux. Comme le SO_2 , les NO_x (en particulier le NO_2) sont des gaz irritants. Selon la concentration et la durée d'exposition, ils peuvent avoir des effets nocifs, réversibles ou irréversibles, au niveau des voies respiratoires. Les NO_x sont également responsables de dommages aux plantes dont ils peuvent réduire de manière importante la croissance. Enfin, ils s'attaquent à certains matériaux, en particulier aux polymères naturels et synthétiques. Le **plomb** (Pb) est un métal lourd d'origine anthropogène; les transports et l'industrie en constituent la principale source. A des concentrations élevées, le plomb peut endommager le système nerveux central de l'homme. Le dépôt de plomb sur les plantes peut lui jouer un rôle important dans la chaîne alimentaire (Environment Canada 1991, OFEFP 1986, Stritt 1994, WRI 1994).

On considère ici le nombre d'individus vivant dans des comtés où les concentrations de polluants atmosphériques (anhydride sulfureux, poussières en suspension, monoxyde de carbone, ozone, oxydes d'azote et plomb) dépassent plus d'une fois par an les valeurs limites d'immissions fixées par l'US EPA conformément au Clean Air Act. Pour chaque polluant, ces valeurs correspondent aux standards jugés nécessaires pour protéger la santé publique¹³. Les données utilisées datent de 1991 (US EPA 1991). Elle sont présentées aux tableaux B9 (par Etat) et C9 (par région). Pour le calcul de l'indice, on se réfère au rapport, exprimé en pourcentage, entre la population touchée et la population totale (tab. B9, col. 2 et tab. C9, col. 3 et 4).

3.5 Indice environnemental de réponse (IER)

L'indice environnemental de réponse (IER) décrit les réactions de la collectivité face aux menaces qui pèsent sur l'environnement. Les seules

¹³«National primary ambient air quality standards define levels of air quality which the Administrator [of the US EPA] judges necessary, with an adequate margin of safety, to protect the human health» (Code of Federal Regulations 1990).

données dont on dispose sur ce thème pour l'ensemble des cinquante Etats américains concernent les dépenses publiques de gestion et de protection de l'environnement (Council of State Governments 1993). Ces données datent de 1991. Elles figurent aux tableaux B10 (par Etat) et C10 (par région). Pour le calcul de l'indice, on se réfère au rapport, exprimé en pourcentage, entre ces dépenses et le budget total de l'Etat (tab. B10, col. 2 et tab. C10, col. 3 et 4).

4 Transformation des thèmes environnementaux

La transformation a elle pour objet de ramener les thèmes sélectionnés à un dénominateur commun ou, en d'autres termes, à standardiser leurs unités de mesure. Par transformation - ou standardisation - on obtient ainsi $m \cdot n$ variables transformées T_{mn} telles que:

$$T_{mn} = t_n(V_{mn}) \quad (3-1)$$

Pour la transformation des thèmes, on recourt ici à la procédure adoptée par Liu (1976) dans le cadre de son étude sur la qualité de vie dans les agglomérations américaines. Cette procédure revient à transformer les variables de chaque thème de sorte que la moyenne des variables transformées soit nulle et leur écart-type égal à l'unité. Formellement, pour tout Etat m et thème n , la variable transformée T_{mn} correspond à:

$$T_{mn} = \frac{(V_{mn} - \bar{V}_n)}{\sigma_n} \quad (3-2)$$

où V_{mn} est la valeur originale prise par le thème n pour l'Etat m , \bar{V}_n la moyenne du thème n et σ_n son écart-type. Pour chaque variable V_{mn} , la variable transformée T_{mn} représente l'écart à la moyenne exprimé en unité d'écart-type.

Les variables transformées, exprimées en valeurs standardisées, sont présentées aux tableaux B11 et C11 (pression), B12 et C12 (Etat) et B13 et C13 (réponse).

5 Agrégation des thèmes environnementaux

La standardisation des unités de mesure autorise ensuite l'agrégation des variables sélectionnées. L'agrégation pour objet de ramener les variables transformées T_{mn} à une variable agrégée unique A_m telle que:

$$A_m = a_m (T_{m1}, \dots, T_{mN}) \quad (3-3)$$

Comme Liu (1976), Hall et Kerr (1992), WRI (1994), Hope, Parker et Peake (1992), on considère ici qu'il y a superposition entre les variables sélectionnées¹⁴. Pour chaque Etat m , la variable agrégée A_m est égale à une somme pondérée des variables transformées, soit:

$$A_m = \left(\sum_{n=1}^N w_n T_{mn} \right) \quad (3-4)$$

où w_n est le coefficient de pondération associé au thème n .

Pour le calcul des coefficient de pondération, on tient ici compte des préoccupations du grand public. On se réfère en particulier aux résultats d'un sondage d'opinion effectué entre les 5 et 8 août 1990 aux États-Unis par Gallup auprès d'un échantillon représentatif de 1 223 personnes adultes (Gallup Poll Service 1990). Il ressort de cette enquête que 65 % des personnes interrogées s'inquiète beaucoup de la pollution de l'eau potable, 64 % de la pollution des rivières, lacs et réservoirs, 63 % de la contamination des sols par des déchets toxiques, 58 % de la pollution de l'air, 43 % de l'épuisement de la couche d'ozone, 34 % des pluies acides, et 30 % de l'effet de serre. A partir de ces résultats, on a calculé pour chaque thème sélectionné les coefficients de pondération suivants (tab. 3-4).

¹⁴A ce sujet, voir le Chapitre 4 de la Partie 2.

TABLEAU 3-4
COEFFICIENTS DE PONDÉRATION
(source: adapté de Gallup Poll Service 1990)

Indices	Thèmes	Pondération
INDICE ENVIRONNEMENTAL DE PRESSION (IEP)	<i>Pression globale:</i>	
	• Emissions de gaz responsables de l'épuisement de la couche d'ozone	0.19
	• Emissions de gaz à effet de serre	0.13
	<i>Pression non globale:</i>	
	• Emissions de polluants atmosphériques	0.28
INDICE ENVIRONNEMENTAL D'ÉTAT (IEE)	• Emissions de substances toxiques	0.25
	• Emissions de gaz précurseurs des pluies acides	0.15
	• Qualité de l'eau potable	0.26
	• Qualité des rivières et cours d'eau	0.26
INDICE ENVIRONNEMENTAL DE RÉPONSE (IER)	• Qualité du sol	0.25
	• Qualité de l'air	0.23
	• Dépenses de gestion et de protection de l'environnement	1.00

Compte tenu du nombre de personnes interrogées, on peut dire avec un seuil de signification de 95% que la marge d'erreur des résultats est de plus ou moins trois unités de pourcentage, ce qui correspond à une augmentation (respectivement une diminution) des coefficients de pondération de 4,2 à 9,0% (de -4,6 à -11,1%)¹⁵. Les risques de distorsion liés à un biais d'échantillonnage sont par conséquent très limités¹⁶.

En ce qui concerne l'évolution dans le temps des préoccupations du public américain en matière d'environnement, on relèvera qu'à court terme, les résultats des sondages d'opinion varient relativement peu (Dunlap et Scarce 1991, Gillroy et Shapiro 1986 et Niemi, Mueller et Smith 1989). Entre 1989 et 1990, la proportion de personnes qui s'inquiétaient beaucoup de la dégradation de l'environnement est ainsi passée de 57,7 à 52,4%, ce

¹⁵Une procédure identique est utilisée notamment par Hope, Parker et Peake (1992)

¹⁶«The results are based on telephone interviews with a randomly-selected national sample of 1223 adults, 18 and older, conducted April 5-8, 1990. For results based on samples of this size, one can say with 95 percent confidence that the error attributable to sampling and other random effects could be plus or minus 3 percentage points. In addition to sampling error, question wording and practical difficulties in conducting surveys can introduce error or bias into the findings of public opinion polls» (Gallup Poll Service 1990, p. 3).

qui correspond à une diminution moyenne de 11,7%¹⁷. Les variations moyennes des coefficients de pondération sont elles de -0,9% pour l'indice environnemental de pression et de +0,1% pour l'indice environnemental d'état¹⁸.

Les variables agrégées sont présentées par Etat aux tableaux B14 (pression) et B15 (Etat) et par région au tableau C14 (pression) et C15 (Etat). Pour les indices de réponse, les valeurs agrégées sont identiques aux valeurs standardisées (tab. B13 et C13).

6 Calcul des indices

Comme pour la transformation des thèmes environnementaux, on recourt ici à la normalisation des variables agrégées. Chaque indice I_m est le résultat d'une transformation linéaire des variables agrégées A_m telle que la moyenne des M indices I_m est égale à zéro et leur écart-type à l'unité.

¹⁷Pollution de l'eau potable (-11,1%), pollution des rivières, lacs et réservoirs (-11,1%), contamination des sols par des déchets toxiques (-8,7%), pollution de l'air (+7,9%), épaissement de la couche d'ozone (-15,7%), pluies acides (-17,1%) et effet de serre (-14,3%) (sources: adapté de Gallup Poll Service 1989 et 1990).

¹⁸

VARIATION DES COEFFICIENTS DE PONDÉRATION
(sources: adapté de Gallup Poll Service 1989 et 1990)

Indices	Thèmes	Pondération		Variation
		1989	1990	(en %)
IEP	<i>Pression globale:</i>			
	• Emissions de gaz responsables de l'épuisement de la couche d'ozone	0.20	0.19	-4.2
	• Emissions de gaz à effet de serre	0.14	0.13	-2.6
	<i>Pression non globale:</i>			
	• Emissions de polluants atmosphériques	0.24	0.28	4.6
	• Emissions de substances toxiques	0.27	0.25	3.7
	• Emissions de gaz précurseurs des pluies acides	0.16	0.15	-5.8
IEE	• Qualité de l'eau potable	0.26	0.26	-1.5
	• Qualité des rivières et cours d'eau	0.26	0.26	-1.5
	• Qualité du sol	0.25	0.25	1.2
	• Qualité de l'air	0.23	0.23	2.1
IER	• Dépenses de gestion et de protection de l'environnement	1.00	1.00	0.0

L'indice I_m est donné par:

$$I_m = \frac{(A_m - \bar{A})}{\sigma} \quad (3-5)$$

où \bar{A} correspond à la moyenne des valeurs agrégées et σ à leur écart-type.

Les trois indices de pression, d'état et de réponse sont présentés aux tableaux B16 (par Etat) et C16 (par région).

7 Résultats

Sur la base du concept, de la méthode et des données présentés ci-dessus, on développe un ensemble de trois indices d'environnement pour les Etats-Unis. Cet ensemble est composé d'un indice environnemental de pression (IEP), d'un indice environnemental d'état (IEE) et d'un indice environnemental de réponse (IER). Les résultats chiffrés sont présentés aux tableaux 3-5 (par région) et 3-6 (par Etat). Ils y sont exprimés en valeurs standardisées (moyenne = 0, écart-type = 1) et classés par rang.

TABLEAU 3-5
INDICES ENVIRONNEMENTAUX DE PRESSION, D'ÉTAT ET DE RÉPONSE,
PAR RÉGION
(Etats-Unis, 1988-1992)
(source: tab. C16)

	Indice environnemental de pression				Indice environnemental d'état				Indice environnemental de réponse			
	(en valeurs standardisées*)		(rang)		(en valeurs standardisées*)		(rang)		(en valeurs standardisées*)		(rang)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Northeast	-0.64		(1)		0.18		(3)		-0.33		(4)	
New England	-0.46		(2)		0.40		(8)		-0.28		(6)	
Middle Atlantic	-0.70		(1)		0.17		(7)		-0.34		(7)	
Midwest	0.17		(3)		0.01		(2)		-0.20		(2)	
East North Central	0.23		(7)		-0.13		(2)		-0.40		(8)	
West North Central	0.03		(5)		-0.12		(3)		0.30		(3)	
South	0.37		(4)		-0.22		(1)		-0.27		(3)	
South Atlantic	-0.04		(4)		-0.49		(1)		-0.25		(5)	
East South Central	0.97		(9)		-0.06		(4)		-0.42		(9)	
West South Central	0.70		(8)		0.05		(5)		-0.23		(4)	
West	-0.09		(2)		0.48		(4)		0.84		(1)	
Mountain	0.08		(6)		0.07		(6)		0.59		(2)	
Pacific	-0.06		(3)		0.87		(9)		0.91		(1)	
Etats-Unis	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00		

* moyenne = 0, écart-type = 1.

TABLEAU 3-6
 INDICES ENVIRONNEMENTAUX DE PRESSION, D'ÉTAT ET DE RÉPONSE,
 PAR ÉTAT
 (Etats-Unis, 1988-1992)
 (source: tab. B16)

	Indice environnemental de pression		Indice environnemental d'état		Indice environnemental de réponse	
	(en valeurs standardisées*)	(rang)	(en valeurs standardisées*)	(rang)	(en valeurs standardisées*)	(rang)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Alabama	0.77	(39)	-1.05	(3)	-0.93	(50)
Alaska	-0.24	(21)	2.66	(50)	3.99	(1)
Arizona	-0.04	(29)	0.79	(37)	-0.69	(46)
Arkansas	0.00	(30)	-0.62	(12)	-0.17	(27)
California	-0.87	(4)	1.68	(46)	0.84	(10)
Colorado	-0.48	(14)	-0.35	(20)	1.62	(4)
Connecticut	-0.36	(17)	0.65	(35)	-0.79	(49)
Delaware	-0.16	(23)	1.15	(42)	0.33	(16)
Florida	-0.71	(9)	-0.49	(17)	0.03	(23)
Georgia	-0.04	(28)	-0.49	(16)	-0.39	(37)
Hawaii	-0.83	(5)	-0.48	(18)	-0.59	(42)
Idaho	0.05	(32)	2.51	(49)	1.92	(3)
Illinois	-0.16	(22)	0.92	(39)	0.14	(20)
Indiana	1.67	(47)	-1.04	(4)	-0.75	(47)
Iowa	0.02	(31)	0.12	(26)	-0.47	(39)
Kansas	0.31	(35)	0.03	(25)	-0.33	(35)
Kentucky	0.89	(44)	-0.82	(8)	-0.30	(33)
Louisiana	2.53	(48)	1.20	(43)	0.46	(14)
Maine	-0.47	(15)	-0.61	(13)	0.16	(19)
Maryland	-0.66	(11)	-0.68	(9)	-0.24	(29)
Massachusetts	-0.45	(16)	1.40	(44)	-0.30	(34)
Michigan	-0.15	(24)	-1.38	(1)	-0.52	(40)
Minnesota	-0.30	(18)	-0.19	(22)	0.24	(17)
Mississippi	0.85	(43)	1.02	(40)	0.03	(22)
Missouri	0.17	(33)	-0.16	(24)	1.21	(7)
Montana	0.84	(41)	-0.25	(21)	0.88	(9)
Nebraska	-0.09	(27)	0.43	(29)	-0.12	(25)
Nevada	-1.39	(1)	1.14	(41)	0.13	(21)
New Hampshire	-0.52	(13)	-0.19	(23)	0.53	(13)
New Jersey	-0.72	(8)	2.28	(48)	0.23	(18)
New Mexico	0.30	(34)	0.77	(36)	-0.26	(30)
New York	-0.97	(2)	-0.88	(6)	-0.54	(41)
North Carolina	0.84	(42)	-0.89	(5)	-0.68	(45)
North Dakota	1.36	(46)	0.50	(31)	1.26	(6)
Ohio	0.42	(37)	0.17	(27)	-0.78	(48)
Oklahoma	-0.25	(20)	0.80	(38)	-0.60	(43)
Oregon	-0.93	(3)	0.56	(33)	0.74	(11)
Pennsylvania	-0.28	(19)	-0.67	(10)	-0.37	(36)
Rhode Island	-0.60	(12)	0.55	(32)	-0.29	(31)
South Carolina	0.41	(36)	-1.06	(2)	-0.18	(28)
South Dakota	-0.67	(10)	0.43	(28)	0.68	(12)
Tennessee	1.27	(45)	-0.57	(15)	-0.29	(32)
Texas	0.52	(38)	-0.65	(11)	-0.39	(38)
Utah	0.84	(40)	0.62	(34)	0.34	(15)
Vermont	-0.76	(7)	0.46	(30)	1.32	(5)
Virginia	-0.10	(26)	-0.84	(7)	-0.15	(26)
Washington	-0.81	(6)	1.41	(45)	0.89	(8)
West Virginia	2.58	(49)	-0.40	(19)	-0.63	(44)
Wisconsin	-0.15	(25)	-0.59	(14)	-0.03	(24)
Wyoming	4.05	(50)	2.23	(47)	3.76	(2)
Etats-Unis	0.00		0.00		0.00	

* moyenne = 0, écart-type = 1.

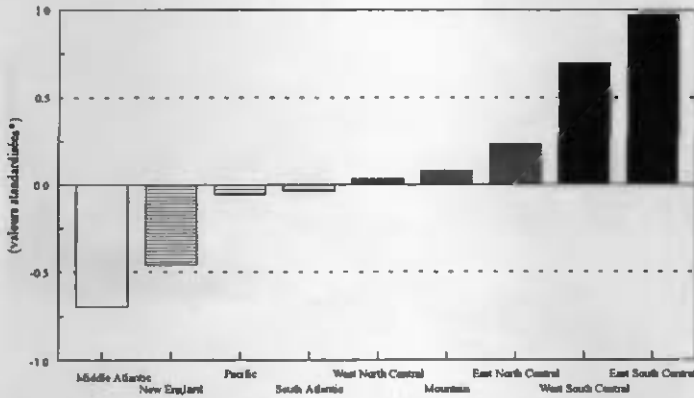
7.1 Indice environnemental de pression

L'indice environnemental de pression (IEP) regroupe les émissions de gaz responsables de l'épuisement de la couche d'ozone, de gaz à effet de serre, de substances toxiques, de polluants atmosphériques et de gaz précurseurs des pluies acides. Il est calculé de façon à ce que la valeur de l'indice soit minimale lorsque les pressions sont elles aussi minimales; en d'autres termes, plus l'indice est petit, plus les pressions environnementales sont faibles. L'indice pour les Etats-Unis, qui correspond à la moyenne, est lui égal à zéro.

La Figure 3-2 présente l'IEP par région. Il apparaît que les pressions sont supérieures à la moyenne dans le Sud-Central, les Montagnes et le Nord-Central; elles en sont par contre inférieures aussi bien sur la côte ouest (Pacifique) que sur la côte est (Nouvelle-Angleterre, Atlantique-Central et Atlantique-Sud).

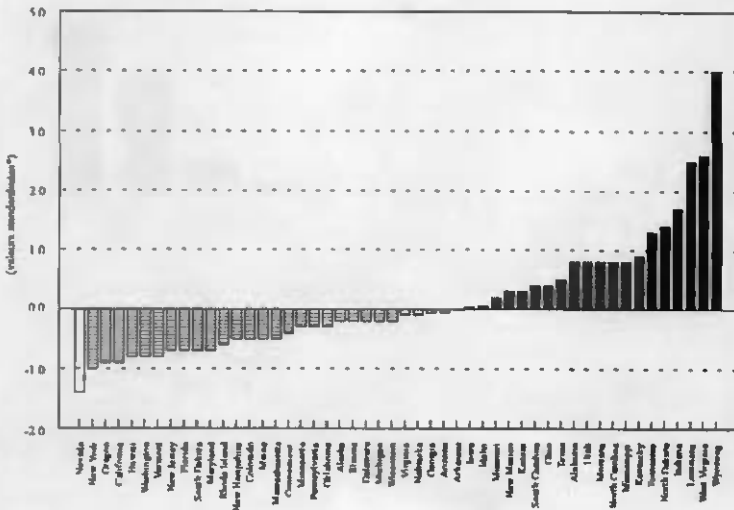
Si l'on considère les résultats par Etat (fig. 3-3), on remarque que les pressions exercées par le Wyoming, la Virginie Occidentale, la Louisiane, l'Indiana, le Dakota du Nord et le Tennessee dépassent de plus d'un écart-type la moyenne nationale. Dans une majorité d'Etats du Sud-Central, l'IEP se trouve dans un intervalle compris entre la moyenne et plus un écart-type; seuls font exception l'Oklahoma et l'Arkansas. La situation est quelque peu meilleure dans les Montagnes et le Nord-Central où six Etats sur quinze se situent en-dessous de la moyenne; il s'agit du Nevada, de l'Arizona, du Colorado, du Dakota du Sud, du Nebraska et du Minnesota. L'IEP des cinq Etats de la région pacifique (Washington, Oregon, Californie, Alaska et Hawaii) est également inférieur à la moyenne, comme celui d'une majorité d'Etats de la côte est.

FIGURE 3-2
 INDICE ENVIRONNEMENTAL DE PRESSION, PAR RÉGION
 (Etats-Unis, 1988-1992)
 (source: tab. C16)



* moyenne = 0, écart-type = 1.

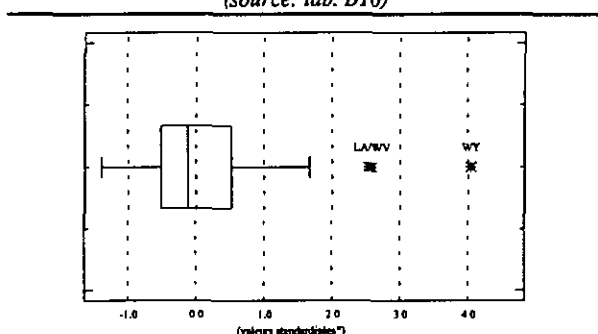
FIGURE 3-3
 INDICE ENVIRONNEMENTAL DE PRESSION, PAR ETAT
 (Etats-Unis, 1988-1992)
 (source: tab. B16)



* moyenne = 0, écart-type = 1.

On observe de grandes différences entre les Etats. En effet, si l'on considère les deux extrêmes, le Nevada et le Wyoming, la différence des indices est de 5.44, soit plus de 5 écarts-types. L'IEP de la moitié des Etats se situe dans un intervalle compris entre -0.54 et 0.58, soit une différence de 1.12 (fig. 3-4)¹.

FIGURE 3-4
DISPERSION DE L'INDICE ENVIRONNEMENTAL DE
PRESSION
(Etats-Unis, 1988-1992)
(source: tab. B16)



* moyenne = 0, écart-type = 1.

7.2 Indice environnemental d'état

L'indice environnemental d'état (IEE) regroupe quatre thèmes: la qualité de l'eau potable, la qualité des cours d'eau, la qualité du sol et la qualité de l'air. Selon la procédure de calcul utilisée, la valeur de l'IEE croît avec la détérioration de l'environnement; par conséquent, plus l'IEE est élevé, plus l'état de l'environnement est mauvais. L'indice pour les Etats-Unis, qui correspond à la moyenne, est égal à zéro.

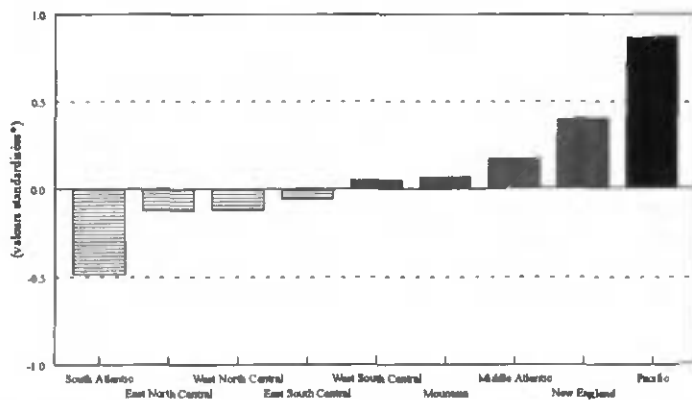
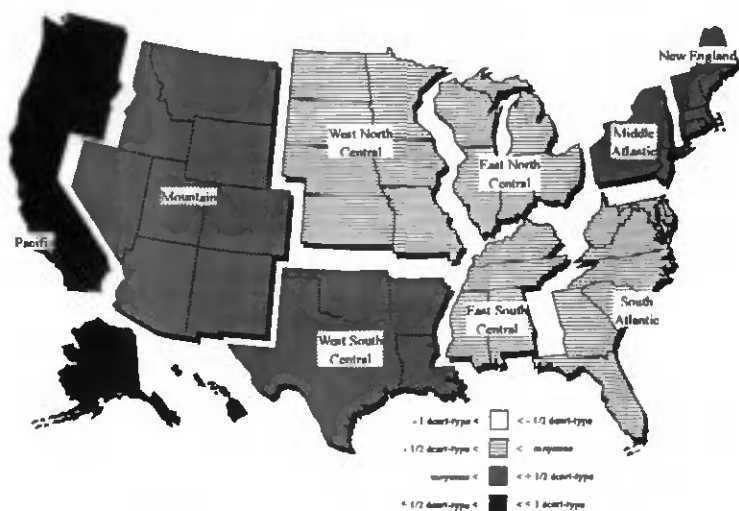
¹La série est divisée en quatre groupes d'importance égale séparés par le 1er quartile, la médiane et le 3e quartile. Le rectangle donne les limites des 1er et 3e quartiles et la position de la médiane (trait vertical). Les observations qui sortent des normes (i.e., position située au-delà de 1.5 intervalles interquartiles), Louisiane, Virginie de l'Ouest et Wyoming, sont représentées par une étoile.

Des neuf régions que comptent les Etats-Unis, le Pacifique est celle dont l'état de l'environnement est le moins bon. Il est suivi de loin par le Nord-Est (Nouvelle-Angleterre et Atlantique-Central), les Montagnes et le Sud-Ouest-Central. En-dessous de la moyenne nationale, on trouve le Sud-Est-Central, le Nord-Ouest et l'Atlantique-Sud (fig. 3-5).

Si l'on considère les résultats de l'IEE par Etat (fig. 3-6), on remarque que l'état de l'environnement est inférieur à la moyenne ($IEE > 0$) dans quatre des cinq Etats de la côte pacifique; la situation est particulièrement mauvaise en Alaska, en Californie et dans l'Etat de Washington. L'état de l'environnement est à peine meilleur dans les Montagnes et le Nord-Ouest-Central où seul un quart des Etats se trouve en-dessous de la moyenne nationale ($IEE < 0$). Au Sud-Ouest-Central, la Louisiane et le Mississippi se trouvent à plus d'un écart-type au-dessus de la moyenne, tout comme le Massachussets (Nouvelle-Angleterre) et le New Jersey (Atlantique-Central). A noter les excellents résultats du Michigan, de la Caroline du Sud, de l'Alabama et de l'Indiana qui se trouvent les quatre à plus d'un écart-type en-dessous de la moyenne nationale.

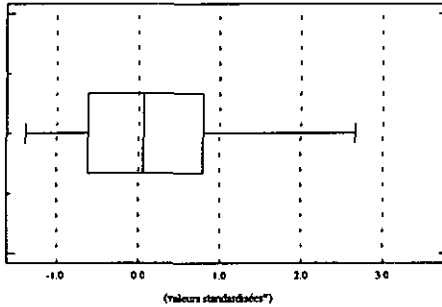
Comme le montre la Figure 3-7, les cinquante Etats américains constituent un groupe relativement homogène, la différence entre le minimum (Michigan) et le maximum (Alaska) n'étant que de 4.4. L'IEE de la moitié des Etats se situe dans un intervalle compris entre -0.61 et 0.83, soit une différence de 1.44. A relever qu'aucune observation ne s'écarte de plus de 1.5 intervalles interquartiles du premier ou du troisième quartile.

FIGURE 3-5
 INDICE ENVIRONNEMENTAL D'ÉTAT, PAR RÉGION
 (Etats-Unis, 1991-1992)
 (source: tab. C16)



* moyenne = 0, écart-type = 1.

FIGURE 3-7
DISPERSION DES INDICES ENVIRONNEMENTAUX D'ÉTAT
(Etats-Unis, 1991-1992)
(source: tab. B16)



* moyenne = 0, écart-type = 1.

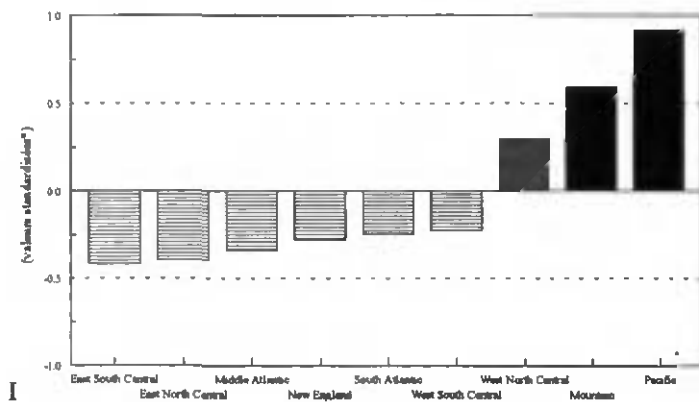
7.3 Indice environnemental de réponse

L'indice environnemental de réponse (IER) se fonde sur les dépenses publiques consacrées à la gestion et à la protection de l'environnement et des ressources naturelles. Selon la procédure de calcul retenue, l'indice croît avec la part occupée par ces dépenses dans le budget de l'Etat. Par conséquent, plus l'indice est important, plus la réponse est forte. L'indice pour les Etats-Unis, qui correspond à la moyenne, est lui égal à zéro.

Comme le montre la Figure 3-8, trois régions attribuent à la protection de l'environnement une importance supérieure à celle de la moyenne nationale; il s'agit du Pacifique, des Montagnes et du Nord-Ouest-Central. Les six autres régions se situent toutes dans un intervalle compris entre la moyenne et moins un demi écart-type.

Quatre des cinq Etats du Pacifique se situent en-dessus de la moyenne nationale (IER > 0). L'IER est particulièrement élevé pour l'Alaska qui consacre 5.8 % de son budget à la gestion et à la protection de l'environnement (IER = 3.99). L'indice de trois des huit Etats des Montagnes dépasse la moyenne nationale d'un plus d'un écart-type; l'IER est ainsi de 3.76 au Wyoming, de 1.92 en l'Idaho et de 1.62 au Colorado.

FIGURE 3-8
 INDICE ENVIRONNEMENTAL DE RÉPONSE, PAR RÉGION
 (Etats-Unis, 1991)
 (source: tab. C16)

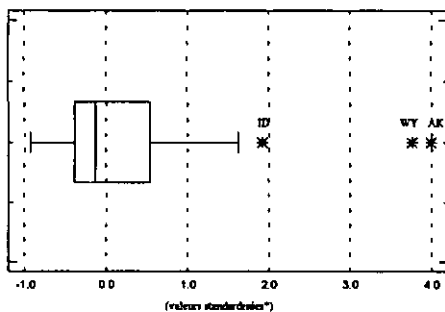


* moyenne = 0, écart-type = 1.

Au Nord-Ouest-Central, l'indice d'environ deux tiers des Etats se situe au-dessus de la moyenne; au Missouri et au Dakota du Nord il s'en trouve à plus d'un écart-type, alors qu'au Dakota du Sud et au Minnesota il s'en trouve à moins d'un écart-type. Dans le reste des Etats-Unis, seuls le New Hampshire, la Louisiane, le Delaware, le New Jersey, le Maine, l'Illinois, le Nevada, le Mississippi et la Floride présentent des résultats positifs (i.e., supérieurs à la moyenne) (fig. 3-9).

La dispersion des indices est relativement forte puisque, entre le minimum (Alabama) et le maximum (Alaska), la différence est de près de cinq écarts-types. Si l'on considère uniquement les Etats compris entre le premier et le troisième quartiles, cette différence est de 0.98. A relever que l'Idaho, le Wyoming et l'Alaska se situent tous les trois à plus de 1.5 intervalles interquartiles du troisième quartile (fig. 3-10).

FIGURE 3-10
DISPERSION DES INDICES DE RÉPONSE
(Etats-Unis, 1991)
(source: tab. B16)



* moyenne = 0, écart-type = 1.

Conclusion

Pour combler les lacunes de la comptabilité nationale lorsqu'il s'agit de décrire les liens qu'entretiennent l'économie et l'environnement, deux approches distinctes sont proposées. La première est fondée sur la présentation des statistiques d'environnement dans un cadre comptable comparable à celui des comptes nationaux, la seconde sur l'élaboration d'un nombre limité d'indicateurs et d'indices d'environnement. Ces deux approches ont pour objet commun de répondre à une inquiétude croissante des milieux politiques et de la population quant aux menaces que font peser les activités économiques et humaines sur l'environnement.

L'expérience accumulée ces vingt dernières années dans le domaine de la comptabilité de l'environnement a récemment conduit les Nations Unies à proposer la construction, en marge de leur système de comptabilité nationale, d'un Système de Comptes Economiques et Environnementaux intégrés (SCEE). Le SCEE ne fait cependant pas l'unanimité. Nombreux sont encore aujourd'hui les auteurs qui considèrent que, compte tenu de l'existence de problèmes théoriques et pratiques non résolus, l'intégration des statistiques économiques et environnementales est prématurée. Telle est en particulier l'opinion défendue par l'OCDE et Eurostat pour qui l'effort devrait avant tout être porté sur la construction de comptes des ressources naturelles (exprimés en termes physiques) et de comptes des dépenses de gestion et de protection de l'environnement (exprimés en termes monétaires).

L'approche comptable n'est pas la seule à avoir connu d'importants développements au cours de ces deux dernières décennies. Ainsi, depuis la fin des années 80, les travaux entrepris dans le domaine des indicateurs et des indices ont permis de donner aux statistiques d'environnement la cohérence et le suivi qui leur manquaient encore souvent. Objectif visé: placer l'environnement au centre du débat public!

Les indicateurs et les indices environnementaux ont pour objet de réduire le nombre d'informations nécessaires à la description des principaux

phénomènes d'environnement. Comme ils proposent une synthèse de l'information statistique plutôt qu'une description exhaustive, ils sont avant tout destinés à des personnes qui s'intéressent à l'environnement sans en être des spécialistes (politiciens, économistes, grand public). Dans ce sens, leur fonction principale est de faciliter la diffusion des données tout en simplifiant leur prise en compte à tous les niveaux du processus de décision.

En matière d'indice d'environnement, le souci de synthèse est présent à toutes les étapes du processus de construction. Que ce soit la sélection des variables, leur transformation ou leur agrégation, l'objectif premier est de réduire la quantité d'informations nécessaire à la construction des phénomènes considérés. Cette réduction ne va cependant pas sans poser de problèmes. Ainsi, lors du processus de sélection, la question de l'inclusion ou de l'exclusion des variables porte souvent à discussion. La solution généralement proposée aujourd'hui est de sélectionner ces variables en référence aux trois sources de légitimité que sont la compétence, l'autorité et la démocratie. En sélectionnant les variables de cette manière, on réduit le risque d'omission d'une variable significative tout en améliorant les chances d'acceptation de la liste proposée.

La transformation a pour objet de ramener les variables sélectionnées à une unité de mesure commune. On distingue d'ordinaire la réduction, la conversion et la combinaison. Le recours à l'une ou à l'autre de ces méthodes dépend (a) de la complexité des phénomènes à décrire et (b) de l'homogénéité des variables à transformer. Quelle que soit la méthode utilisée cependant, un risque de distorsion existe. La réduction implique ainsi que l'on recoure à une unité de mesure qui soit commune à toutes les variables sélectionnées (e.g., production de déchets solides exprimée en tonnes); par conséquent, plus ces variables sont hétérogènes, plus les risques de biais sont grands. La conversion autorise elle la transformation de variables moins homogènes (e.g., émission de polluants atmosphériques exprimée en équivalents-acides); les phénomènes décrits doivent cependant rester relativement simples. En présence de phénomènes complexes, la combinaison est la seule méthode envisageable. Comme elle implique le recours à des transformations mathématiques, un risque de distorsion n'est pas non plus à exclure.

L'agrégation des variables transformées est sans doute l'étape la plus importante de la construction de tout indice d'environnement; c'est également à ce stade que le risque de distorsion est le plus grand. Rappelons que l'agrégation a pour objet de ramener les variables sélectionnées et préalablement transformées à une variable unique. Par définition, cette variable agrégée devrait être représentative de toutes les variables transformées. Or, la représentativité est une notion ambiguë qui donne lieu à de multiples interprétations, notamment en ce qui concerne la forme de la fonction qui doit servir à l'agrégation de ces variables. On distingue généralement trois formes d'agrégation: la superposition, la synergie et l'antagonisme. Il y a superposition lorsque l'influence combinée des variables transformées est supérieure à la somme de leurs influences individuelles; il y a synergie (respectivement antagonisme) lorsque leur influence combinée est plus grande (plus petite) que la somme de leurs influences individuelles. En l'absence de fonctions doses-effets qui permettraient d'agréger aisément des variables plus ou moins homogènes, on est d'ordinaire contraint à faire des hypothèses quant à la forme de la fonction d'agrégation. Ces hypothèses introduisent un risque de distorsion et peuvent conduire soit à la surestimation, soit à la sous-estimation des indices.

Lors de l'agrégation, la pondération des variables transformées pose un autre type de problème. Lorsque les variables sélectionnées sont transformées par réduction ou conversion, il n'est en général pas nécessaire de pondérer les variables avant de les agréger; la pondération fait partie intégrante du processus de transformation. Par contre, lorsque l'on recourt à une transformation par combinaison, la pondération des variables s'impose. On distingue les pondérations selon qu'elles sont implicites ou explicites. On parle de pondération implicite lorsque l'on attribue un poids identique à chaque variable; dans ce cas, les coefficients de pondération dépendent uniquement du nombre des variables sélectionnées. La pondération est dite explicite lorsque l'on attribue à chaque variable un poids absolu qui lui est propre. Ce poids est généralement défini soit par des experts, soit par la population. Le recours à l'avis d'experts est d'ordinaire considéré comme préférable à l'utilisation des résultats de sondages d'opinion; les experts semblent être mieux à même à la fois de comprendre la complexité des phénomènes d'environnement et d'anticiper leur évolution. Certains auteurs

considèrent eux qu'un phénomène d'environnement ne constitue un problème de société que lorsqu'il est perçu comme tel par la population. Dans ce sens, ce sont bel et bien les préoccupations du grand public qui devraient en dernier ressort servir de base au calcul des coefficients de pondération. Cependant, pour que ces coefficients puissent être considérés comme fiables, il convient de veiller (1) à ce que la méthode d'échantillonnage utilisée garantisse la signification des résultats et (2) que les personnes interrogées soient correctement informées.

Le souci de réduire au minimum les risques de distorsion qu'implique la construction de tout indice a été présent à chaque étape de ce travail. Lors de la sélection des variables tout d'abord, on a tenu compte à la fois des résultats de travaux d'experts et de l'avis de la population; on peut par conséquent considérer que le risque d'avoir omis une variable significative est faible. Lors du processus de transformation ensuite, on a toujours choisi la méthode la mieux à même de tenir compte de la spécificité de chaque variable. Les composantes de chaque thème sont ainsi transformées soit par réduction (e.g., production de déchets toxiques exprimée en tonnes), soit par conversion (e.g., émission de gaz à effet de serre exprimée en équivalents CO₂); les thèmes de chaque indice sont eux transformés par combinaison. Enfin, la fonction d'agrégation prend la forme d'une superposition; chaque indice est égal à la somme pondérée de la valeur transformée des thèmes qui le composent. Les coefficients de pondération sont calculés en référence aux préoccupations de la population; plus le thème considéré préoccupe le grand public, plus le coefficient de pondération est élevé. Comme tenu du nombre de personnes interrogées, on peut considérer avec un seuil de signification de 95% que la marge d'erreur n'est que de plus ou moins 3%. Les risques de distorsion liés à l'existence d'un biais d'échantillonnage sont par conséquent minimes.

Les trois indices d'environnement présentés dans le cadre de ce travail visent avant tout à permettre la comparaison des performances environnementales des cinquante Etats américains du point de vue de la pression, de l'état et de la réponse. Compte tenu de leur caractère descriptif et statique, ces trois indices doivent être vus comme une première tentative de fournir aux milieux intéressés une information concise quant aux liens qu'entretiennent les activités économiques et l'environnement. Dans ce domaine, une prochaine étape pourrait consister en la construction d'indices

à la fois normatifs et dynamiques. Celle-ci impliquerait alors (1) que l'on fixe des normes ou des objectifs à atteindre pour chacun des thèmes d'environnement pris en compte (e.g., normes relatives aux émissions de gaz à effet de serre) et (2) que l'on dispose, pour chaque composante, de séries chronologiques.

Aujourd'hui, seuls les Pays-Bas disposent de tels indices. Les travaux entrepris par Eurostat dans ce domaine montrent cependant que la volonté existe, à l'échelle internationale, de proposer des indices d'environnement qui puissent constituer des compléments crédibles aux agrégats de la comptabilité nationale. Compte tenu de l'importance que revêtent les systèmes d'information statistique dans l'orientation des politiques économiques et environnementales, ces efforts constituent à n'en pas douter le préalable indispensable à la poursuite d'un développement soutenable.

TABLEAU A1
RÉGIONS, DIVISIONS ET ETATS
(Etats-Unis, 1992)
(source: *US DoC 1993*)

Northeast			
<i>New England</i>	<i>N.E.</i>	<i>Middle Atlantic</i>	<i>M.A.</i>
Maine	ME	New York	NY
New Hampshire	NH	New Jersey	NJ
Vermont	VT	Pennsylvania	PA
<i>Massachusetts</i>	<i>MA</i>		
Rhode Island	RI		
Connecticut	CT		
Midwest			
<i>East North Central</i>	<i>E.N.C.</i>	<i>West North Central</i>	<i>W.N.C.</i>
Ohio	OH	Minnesota	MN
Indiana	IN	Iowa	IA
Illinois	IL	Missouri	MO
Michigan	MI	North Dakota	ND
Wisconsin	WI	South Dakota	SD
		Nebraska	NE
		Kansas	KS
South			
<i>South Atlantic</i>	<i>S.A.</i>	<i>East South Central</i>	<i>E.S.C.</i>
Delaware	DE	Kentucky	KY
Maryland	MD	Tennessee	TN
Virginia	VA	Alabama	AL
West Virginia	WV	Mississippi	MS
North Carolina	NC		
South Carolina	SC	<i>West South Central</i>	<i>W.S.C.</i>
Georgia	GA	Arkansas	AR
Florida	FL	Louisiana	LA
		Oklahoma	OK
		Texas	TX
West			
<i>Mountain</i>	<i>Mt</i>	<i>Pacific</i>	<i>Pac</i>
Montana	MT	Washington	WA
Idaho	ID	Oregon	OR
Wyoming	WY	California	CA
Colorado	CO	Alaska	AK
New Mexico	NM	Hawaii	HI
Arizona	AZ		
Utah	UT		
Nevada	NV		

TABLEAU A2
STATISTIQUES DIVERSES
Population, surface, cours d'eau, dépenses publiques
(Etats-Unis, 1988-1992)

(sources: adapté de US DoC 1993*/**, US EPA 1994*** et CSG 1993****)

	Population (1988)*	Population (1991)*	Population (1992)*	Surface (1992)**	Cours d'eau (1992)***	Dépenses publiques (1991)****
	(en milliers d'habitants)			(en kilomètres carrés)	(en kilomètres)	(en milliers de US\$)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Alabama	4024	4091	4136	135776	19782	8855000
Alaska	542	570	587	1'708 141	6524	4941000
Arizona	3535	3748	3832	295276	7179	7872000
Arkansas	2343	2373	2399	137741	12009	4649000
California	28464	30380	30867	424001	9139	85640000
Colorado	3262	3376	3470	269619	43765	6992000
Connecticut	3272	3289	3281	14357	1437	11'115000
Delaware	648	680	689	6449	1292	2318000
Florida	12306	12666	13488	170313	12767	25168000
Georgia	6316	6623	6751	153952	6524	13286000
Hawaii	1080	1137	1160	28312	169	4510000
Idaho	986	1040	1067	216457	20902	2305000
Illinois	11'390	11541	11631	150008	22498	24619000
Indiana	5492	5610	5662	94328	11922	11'948000
Iowa	2768	2795	2812	145755	16064	6820000
Kansas	2462	2495	2523	213'111	27524	5134000
Kentucky	3680	3713	3755	104665	15671	9948000
Louisiana	4289	4254	4287	134273	14627	10537000
Maine	1204	1234	1235	91655	50970	3515000
Maryland	4658	4859	4908	32134	27360	12576000
Massachusetts	5980	5996	5998	27337	2530	20348000
Michigan	9218	9380	9437	250463	16354	24037000
Minnesota	4296	4412	4480	225182	7456	12730000
Mississippi	2580	2593	2614	125444	57700	5171000
Missouri	5082	5157	5193	180546	33819	9254000
Montana	800	809	824	380849	104085	2384000
Nebraska	1571	1593	1606	200360	12973	3266000
Nevada	1075	1283	1327	286369	2296	3436000
New Hampshire	1083	1104	1111	24219	17446	2135000
New Jersey	2712	2753	2789	22590	2436	23250000
New Mexico	1490	1549	1581	314933	5776	4527000
New York	17941	18055	18119	141300	83247	64321000
North Carolina	6481	6736	6843	139397	56422	15036000
North Dakota	655	635	636	183123	14762	1793000
Ohio	10799	10941	11016	116104	12718	27791000
Oklahoma	3167	3175	3212	181049	11339	7267000
Oregon	2741	2922	2977	254817	46845	7249000
Pennsylvanie	11'846	11958	12009	119293	39832	26710000
Rhode Island	996	1005	1005	4002	1070	3465000
South Carolina	3412	3560	3603	82900	6363	8970000
South Dakota	698	704	711	199744	5798	1417000
Tennessee	4822	4953	5024	109155	17421	9238000
Texas	16667	17348	17656	695676	22702	29526000
Utah	1689	1770	1813	219901	12161	4108000
Vermont	550	567	570	24903	8473	1736000
Virginie	6037	6280	6377	110793	28900	13352000
Washington	4646	5012	5136	184672	9872	15665000
West Virginia	1830	1903	1812	62761	8507	4741000
Wisconsin	4822	4956	5007	169545	18245	12448000
Wyoming	465	460	466	253351	9677	1812000
Etats-Unis	243866	251563	254492	9809201	1023652	628633000

* Population résidante totale.

** Surface totale.

*** Rivières et cours d'eau analysés.

**** Dépenses totales de l'Etat.

TABLEAU B1
 PRESSION - COUCHE D'OZONE
 Emissions de CFC
 (Etats-Unis, 1988)
 (source: adapté de US EPA 1990)

	(en milliers de tonnes)	(en kilogrammes par habitant)
	(1)	(2)
Alabama	7.0	1.7
Alaska	--	--
Arizona	6.0	1.7
Arkansas	4.0	1.7
California	49.0	1.7
Colorado	6.0	1.8
Connecticut	7.0	2.1
Delaware	1.0	1.5
Florida	20.0	1.6
Georgia	11.0	1.7
Hawaii	--	--
Idaho	2.0	2.0
Illinois	20.0	1.8
Indiana	12.0	2.2
Iowa	5.0	1.8
Kansas	4.0	1.6
Kentucky	7.0	1.9
Louisiana	7.0	1.6
Maine	2.0	1.7
Maryland	8.0	1.7
Massachusetts	12.0	2.0
Michigan	18.0	2.0
Minnesota	8.0	1.9
Mississippi	5.0	1.9
Missouri	9.0	1.8
Montana	1.0	1.3
Nebraska	3.0	1.9
Nevada	1.0	0.9
New Hampshire	2.0	1.8
New Jersey	14.0	1.8
New Mexico	2.0	1.3
New York	29.0	1.6
North Carolina	17.0	2.6
North Dakota	1.0	1.5
Ohio	20.0	1.9
Oklahoma	5.0	1.6
Oregon	4.0	1.5
Pennsylvania	21.0	1.8
Rhode Island	2.0	2.0
South Carolina	7.0	2.1
South Dakota	1.0	1.4
Tennessee	10.0	2.1
Texas	29.0	1.7
Utah	3.0	1.8
Vermont	1.0	1.8
Virginia	12.0	2.0
Washington	7.0	1.5
West Virginia	3.0	1.6
Wisconsin	9.0	1.9
Wyoming	1.0	2.2
Etats-Unis	440.0	1.8

TABLEAU B2
PRESSION -EFFET DE SERRE
Emissions de CO₂, CH₄ et CFC
(Etats-Unis, 1988)

(source: adapté de US EPA 1990)

	CO ₂	CH ₄	CFC	CO ₂	CH ₄	CFC	Total
	(en milliers de tonnes)			(en milliers de tonnes d'équivalents-CO ₂)			(en tonnes d'équivalents-CO ₂)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(4+5+6)
Alabama	129163.0	1200.0	7.0	129163.0	25200.0	41111.0	195474.0
Alaska	..	..	..	..	..	..	..
Arizona	68031.0	350.0	6.0	68031.0	7350.0	35238.0	110619.0
Arkansas	71113.0	370.0	4.0	71113.0	7770.0	23492.0	102375.0
California	452615.0	2200.0	49.0	452615.0	46200.0	287777.0	786592.0
Colorado	73512.0	670.0	6.0	73512.0	14070.0	35238.0	122820.0
Connecticut	41903.0	290.0	7.0	41903.0	6090.0	41111.0	89104.0
Delaware	16401.0	61.0	1.0	16401.0	1281.0	5873.0	23555.0
Florida	161178.0	1100.0	20.0	161178.0	23100.0	117460.0	301738.0
Georgia	165060.0	650.0	11.0	165060.0	23100.0	64603.0	252763.0
Hawaii	..	..	..	..	..	..	..
Idaho	14197.0	230.0	2.0	14197.0	4830.0	11746.0	30773.0
Illinois	345814.0	1400.0	20.0	345814.0	29400.0	117460.0	492674.0
Indiana	264793.0	71.0	12.0	264793.0	1491.0	70476.0	336760.0
Iowa	71620.0	640.0	5.0	71620.0	13440.0	29165.0	114425.0
Kansas	77557.0	660.0	4.0	77557.0	13860.0	23492.0	114909.0
Kentucky	124089.0	700.0	7.0	124089.0	14700.0	41111.0	179900.0
Louisiana	213892.0	800.0	7.0	213892.0	16800.0	41111.0	271803.0
Maine	21925.0	100.0	2.0	21925.0	2100.0	11746.0	35771.0
Maryland	81857.0	360.0	8.0	81857.0	7560.0	46984.0	136401.0
Massachusetts	83989.0	530.0	12.0	83989.0	11310.0	70476.0	166595.0
Michigan	189598.0	1000.0	18.0	189598.0	21000.0	105714.0	316121.0
Minnesota	83502.0	660.0	8.0	83502.0	13860.0	46984.0	144346.0
Mississippi	51722.0	370.0	5.0	51722.0	7770.0	79360.0	88857.0
Missouri	120585.0	810.0	9.0	120585.0	17010.0	52857.0	190452.0
Montana	30155.0	260.0	1.0	30155.0	9460.0	5873.0	41488.0
Nebraska	37776.0	340.0	3.0	37776.0	11340.0	17619.0	66735.0
Nevada	24821.0	130.0	1.0	24821.0	2730.0	5873.0	33424.0
New Hampshire	15318.0	86.0	2.0	15318.0	1866.0	11746.0	28670.0
New Jersey	99472.0	710.0	14.0	99472.0	14910.0	82222.0	196604.0
New Mexico	65429.0	260.0	2.0	65429.0	5460.0	11746.0	82535.0
New York	201125.0	1500.0	29.0	201125.0	31500.0	170317.0	402942.0
North Carolina	119947.0	640.0	17.0	119947.0	13440.0	99414.0	233228.0
North Dakota	56299.0	180.0	1.0	56299.0	3990.0	5873.0	66162.0
Ohio	286392.0	1200.0	20.0	286392.0	25200.0	117460.0	429052.0
Oklahoma	101290.0	770.0	5.0	101290.0	16170.0	79165.0	146825.0
Oregon	36216.0	380.0	4.0	36216.0	7980.0	23492.0	67688.0
Pennsylvania	270663.0	1800.0	21.0	270663.0	37800.0	123133.0	431786.0
Rhode Island	9275.0	85.0	2.0	9275.0	1785.0	11746.0	22806.0
South Carolina	60078.0	340.0	7.0	60078.0	7140.0	41111.0	108329.0
South Dakota	14146.0	110.0	1.0	14146.0	6510.0	5873.0	26529.0
Tennessee	117431.0	630.0	10.0	117431.0	13230.0	58730.0	189391.0
Texas	517239.0	3100.0	29.0	517239.0	65100.0	170317.0	752666.0
Utah	47453.0	280.0	3.0	47453.0	5880.0	17619.0	70952.0
Vermont	7871.0	70.0	1.0	7871.0	1470.0	5873.0	15214.0
Virginia	103508.0	1200.0	12.0	103508.0	25200.0	70476.0	199184.0
Washington	79805.0	530.0	7.0	79805.0	11130.0	41111.0	132046.0
West Virginia	106234.0	1100.0	3.8	106234.0	23100.0	17619.0	148953.0
Wisconsin	104299.0	690.0	9.0	104299.0	14490.0	52857.0	171646.0
Wyoming	73273.0	160.0	1.0	73273.0	3360.0	5873.0	82506.0
Etats-Unis	5517223.0	33900.0	440.0	5517223.0	693000.0	2584120.0	8794343.0

Note: 1 tonne d'équivalents-CO₂ correspond à 1 tonne de CO₂, 0,047619 tonne de CH₄ ou 0,00017 tonne de CFC
(sources: adapté de IPCC 1990, p. axi et World Resources Institute 1992, p. 207).

TABLEAU B3
PRESSION -TOXIQUES
Emissions de substances chimiques toxiques
(Etats-Unis, 1991)
(source: adapté de US EPA 1993a)

	(en tonnes)	(en kilogrammes par habitant)
	(1)	(2)
Alabama	53 557,8	13,1
Alaska	8 176,8	14,3
Arizona	28 510,1	7,6
Arkansas	22 483,9	9,5
Californie	40 007,4	1,3
Colorado	3 077,0	0,9
Connecticut	9 146,6	2,8
DélaWare	2 894,5	4,3
Floride	39 850,2	3,0
Georgia	28 995,7	4,4
Hawaï	414,2	0,4
Idaho	4 593,3	4,4
Illinois	55 763,3	4,8
Indiana	61 878,5	11,0
Iowa	17 644,8	6,3
Kansas	33 998,5	13,6
Kentucky	28 537,3	7,7
Louisiane	208 002,9	48,9
Maine	7 113,6	5,8
Maryland	6 138,4	1,3
Massachusetts	7 710,0	1,3
Michigan	41 748,1	4,5
Minnesota	18 892,9	4,3
Mississippi	50 846,8	19,6
Missouri	27 256,8	5,3
Montana	18 616,4	23,0
Nbraska	7 057,1	4,4
Nevada	1 554,0	1,2
New Hampshire	2 443,4	2,2
New Jersey	10 479,2	1,4
New Mexico	18 135,2	11,7
New York	30 882,5	1,7
North Carolina	48 994,7	7,3
North Dakota	861,3	1,4
Ohio	27 631,3	7,1
Oklahoma	16 011,5	5,0
Oregon	8 714,5	3,0
Pennsylvanie	34 416,1	2,9
Rhode Island	2 039,6	2,0
South Carolina	29 118,8	8,2
South Dakota	1 216,2	1,7
Tennessee	97 625,1	19,7
Texas	186 251,3	10,7
Utah	44 631,0	25,2
Vermont	458,9	0,8
Virginie	32 469,1	5,2
Washington	13 899,4	2,8
West Virginie	13 113,0	7,3
Wisconsin	18 218,1	3,7
Wyoming	5 383,7	11,6
Etats-Unis	1 527 431,2	7,4

TABLEAU B4
PRESSION - SMOG
Emissions de CO, SO₂, NO_x et COV
(Etats-Unis, 1992)
(source: adapté de US EPA 1993b)

	CO SO ₂ NO _x COV				CO SO ₂ NO _x COV				Total	
	(en milliers de tonnes)				(en milliers de tonnes d'équivalents-CO)				en milliers de tonnes d'équivalents-CO	en tonnes d'équivalents-CO par habitant
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)=(5+6+7+8)	(10)
Alabama	1725.5	704.0	481.7	525.3	1725.5	70397.2	96342.5	105051.4	273516.6	66.1
Alaska	72.6	0.9	10.9	13.6	72.6	90.7	2177.2	2721.5	5062.1	8.6
Arizona	1173.0	510.7	350.2	222.3	1173.0	51074.2	70304.3	44451.8	166733.3	43.5
Arkansas	790.2	102.5	233.1	201.4	790.2	10251.1	46629.1	40278.8	97949.1	40.8
California	6616.1	235.0	1314.5	1787.1	6616.1	23496.0	262900.8	357428.9	650441.7	21.1
Colorado	1056.0	98.9	292.1	195.0	1056.0	9888.3	58422.4	39008.7	106375.4	31.2
Connecticut	772.9	60.8	125.2	168.7	772.9	6078.1	25038.2	33747.1	65636.3	20.0
Delaware	235.0	85.3	56.2	103.4	235.0	8527.5	11249.0	20683.7	40695.2	59.1
Florida	3925.4	799.2	827.3	749.3	3925.4	79922.6	165469.6	149866.1	399183.7	29.6
Georgia	2633.5	812.4	626.9	570.6	2633.5	81756.9	125377.3	114123.2	323866.0	48.0
Hawaii	186.0	22.7	29.9	38.1	186.0	2268.0	5987.4	7620.3	16061.6	13.8
Idaho	1012.4	33.6	82.6	156.0	1012.4	3356.6	16510.7	31207.0	52666.6	48.8
Illinois	2674.4	1130.3	806.5	845.5	2674.4	113034.6	161296.6	169098.4	446104.0	58.4
Indiana	2377.7	1737.2	899.0	522.5	2377.7	173725.0	179803.1	104507.1	501412.9	81.3
Iowa	768.4	250.4	272.2	196.0	768.4	23038.2	54308.8	39390.2	139427.5	42.5
Kansas	832.8	114.3	362.9	205.0	832.8	11430.5	72574.4	41904.5	125842.2	49.9
Kentucky	1251.0	910.8	573.3	303.9	1251.0	91080.9	114667.6	60781.1	267780.5	71.3
Louisiana	2250.7	382.8	712.1	605.1	2250.7	38281.0	142427.3	121017.8	303978.8	70.9
Maine	491.7	76.2	68.9	85.3	491.7	7620.3	13789.1	17055.0	38956.1	31.5
Maryland	1220.2	323.9	290.3	246.8	1220.2	32386.3	58059.5	49350.6	141016.6	28.7
Massachusetts	1583.9	260.4	280.3	360.2	1583.9	26036.1	56063.7	72030.1	155713.8	26.0
Michigan	3109.8	472.6	712.1	673.1	3109.8	47264.1	142427.3	134625.5	327426.7	34.7
Minnesota	1493.2	125.2	344.7	342.9	1493.2	12519.1	68945.7	68582.8	151546.8	33.8
Mississippi	1031.5	216.8	264.9	275.8	1031.5	21681.6	52979.3	55156.5	130848.9	50.1
Missouri	1923.2	850.0	533.4	449.1	1923.2	85002.8	106684.4	89818.0	283421.2	54.6
Montana	759.3	72.6	149.7	120.7	759.3	7275.4	29936.9	24131.0	62084.7	75.3
Nebraska	441.8	60.8	158.8	112.5	441.8	6078.1	31751.3	22498.1	60769.3	37.8
Nevada	450.9	61.7	124.3	74.4	450.9	6168.8	24856.7	14877.8	46354.2	34.9
New Hampshire	362.0	54.4	66.2	67.1	362.0	5443.1	13244.8	13426.3	32476.1	29.2
New Jersey	1856.1	155.1	348.4	531.6	1856.1	15512.8	69671.4	106321.5	193361.8	24.0
New Mexico	705.8	226.8	254.9	117.9	705.8	22679.5	50983.5	23586.7	97955.5	62.0
New York	3743.9	557.9	690.4	873.6	3743.9	55791.6	138072.8	174722.9	372331.2	20.5
North Carolina	2359.6	498.0	528.9	678.6	2359.6	49804.2	105777.2	133714.1	293655.1	42.9
North Dakota	230.4	226.8	167.8	68.0	230.4	22679.5	33565.7	13607.7	70083.3	10.2
Ohio	3328.4	2399.5	1012.4	748.4	3328.4	239949.1	202482.6	149684.7	595444.8	54.1
Oklahoma	1965.0	147.9	390.1	248.6	1965.0	14787.0	78017.5	49713.5	143581.0	44.7
Oregon	1190.2	50.8	187.8	236.6	1190.2	5080.2	37557.3	47717.7	91545.3	30.8
Pennsylvania	3374.7	1297.3	841.0	798.3	3374.7	129726.7	168191.2	159663.7	460956.3	38.4
Rhode Island	244.9	7.3	29.9	62.6	244.9	725.7	5987.4	12519.1	19477.2	19.4
South Carolina	1214.7	238.6	264.9	631.4	1214.7	23838.8	52979.3	126279.5	204332.3	56.7
South Dakota	378.3	35.4	59.0	80.7	378.3	3536.0	11793.3	16147.8	31857.4	44.8
Tennessee	1818.0	899.0	496.2	500.8	1818.0	89901.5	99245.5	100152.7	291117.7	57.9
Texas	6143.4	1128.5	2605.4	2722.4	6143.4	112853.2	521084.2	544489.4	1184570.2	67.1
Utah	699.4	68.0	206.8	118.8	699.4	6803.9	41367.4	23768.1	72638.8	40.1
Vermont	218.6	5.4	24.5	34.1	218.6	544.3	4898.8	7620.3	13282.0	23.3
Virginia	1937.7	336.6	409.1	525.3	1937.7	33656.4	81827.6	105951.4	222473.2	54.9
Washington	2474.8	138.8	338.4	403.7	2474.8	15875.7	67675.6	80739.0	166765.1	32.5
West Virginia	828.3	1095.9	404.6	512.6	828.3	109587.3	80920.5	102511.3	293847.4	162.2
Wisconsin	1684.6	381.9	397.3	425.5	1684.6	58192.3	79469.0	85993.5	204439.4	40.8
Wyoming	274.0	127.0	275.1	52.5	274.0	12700.5	54612.2	10704.7	78291.4	168.0
Etats-Unis	78991.8	20613.9	20381.3	20595.7	78991.8	2061385.1	4196251.8	4119141.5	10455770.2	41.1

Note: 1 tonne d'équivalents-CO correspond à 1 tonne de CO, 0.01 tonne de SO₂, 0.005 tonne de NO_x ou 0.005 tonne de COV
(source: adapté de Planco Consulting 1993b, p. 161).

TABLEAU B5
PRESSION - PLUIES ACIDES
Emissions de SO₂ et NO_x
(Etats-Unis, 1992)
(source: adapté de US EPA 1993b)

	SO ₂	NO _x	SO ₂	NO _x	Total	
	(en milliers de tonnes)	(en milliers de tonnes)	(en milliers de tonnes d'équivalents-acide)	(en milliers de tonnes d'équivalents-acide)	(en milliers de tonnes d'équivalents-acide)	(en kilogrammes d'équivalents-acide par habitant)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)-(3+4)	(6)
Alabama	704.0	481.7	704.0	335.1	1039.1	251.2
Alaska	0.9	10.9	0.9	7.6	8.5	14.4
Arizona	510.7	350.2	510.7	243.6	754.3	196.9
Arkansas	102.5	231.1	102.5	162.2	264.7	110.3
California	235.0	1'314.5	235.0	914.4	1'149.4	37.2
Colorado	98.9	292.1	98.9	203.2	302.1	87.1
Connecticut	60.8	125.2	60.8	87.1	147.9	45.1
Delaware	85.3	56.2	85.3	39.1	124.4	180.6
Florida	799.2	827.3	799.2	575.5	1'374.8	101.9
Georgia	817.4	626.9	817.4	436.1	1'253.4	185.7
Hawaii	22.7	29.9	22.7	20.8	43.5	37.5
Idaho	33.6	82.6	33.6	57.4	91.0	85.3
Illinois	1'130.3	806.5	1'130.3	561.0	1'691.4	145.4
Indiana	1'737.2	899.0	1'737.2	625.4	2'362.7	417.3
Iowa	250.4	272.2	250.4	189.3	439.7	156.4
Kansas	114.3	362.9	114.3	252.4	366.7	145.4
Kentucky	910.8	573.3	910.8	398.8	1'309.7	348.8
Louisiana	382.8	712.1	382.8	495.4	878.2	204.9
Maine	76.2	68.9	76.2	48.0	124.2	100.5
Maryland	323.9	290.3	323.9	201.9	525.8	107.1
Massachusetts	260.4	280.3	260.4	195.0	455.4	75.9
Michigan	472.6	712.1	472.6	495.4	968.0	102.6
Minnesota	125.2	344.7	125.2	239.8	365.0	81.5
Mississippi	216.8	264.9	216.8	184.3	401.1	153.4
Missouri	850.0	533.4	850.0	371.1	1'221.1	235.1
Montana	72.6	149.7	72.6	104.1	176.7	214.4
Nevada	60.8	158.8	60.8	110.4	171.2	106.6
Nevada	61.7	124.3	61.7	86.5	148.1	111.6
New Hampshire	34.4	66.2	34.4	46.1	80.5	90.5
New Jersey	155.1	348.4	155.1	242.3	397.5	51.0
New Mexico	226.8	254.9	226.8	177.3	404.1	255.6
New York	557.9	690.4	557.9	480.3	1'038.2	57.3
North Carolina	498.0	528.9	498.0	367.9	866.0	126.5
North Dakota	226.8	167.8	226.8	116.8	343.5	540.2
Ohio	2'399.5	1'012.4	2'399.5	704.3	3'103.8	281.8
Oklahoma	147.9	390.1	147.9	271.4	419.2	130.5
Oregon	50.8	167.8	50.8	130.6	181.4	60.9
Pennsylvanie	1'297.3	841.0	1'297.3	585.0	1'882.3	156.7
Rhode Island	7.3	29.9	7.3	20.8	28.1	27.9
South Carolina	238.6	264.9	238.6	184.3	422.9	117.4
South Dakota	35.4	59.0	35.4	41.0	76.4	107.5
Tennessee	899.0	496.2	899.0	545.2	1'244.2	247.7
Texas	1'128.5	2'605.4	1'128.5	1'812.5	2'941.0	166.6
Utah	68.0	206.8	68.0	143.9	211.9	116.9
Vermont	5.4	24.5	5.4	17.0	22.5	39.4
Virginia	336.6	409.1	336.6	284.6	621.2	97.4
Washington	158.8	338.4	158.8	235.4	394.1	76.7
West Virginia	1'095.9	404.6	1'095.9	281.5	1'377.3	760.1
Wisconsin	381.9	397.3	381.9	276.4	658.3	131.5
Wyoming	127.0	273.1	127.0	190.0	317.0	680.2
Etats-Unis	20'613.9	20'981.3	20'613.9	14'595.7	35'209.5	138.4

Note: 1 tonne d'équivalents-acide correspond à 1 tonne de SO₂ ou 0.6957 tonne de NO_x
(source: adapté de MHPPE 1993, p. 36).

TABEAU B6
ETAT - EAU POTABLE
 Personnes desservies par des systèmes d'approvisionnement
 en eau potable violant les standards fixés par l'US EPA
 (Etats-Unis, 1991-1992)

(source: adapté de NRDC 1993b)

	<i>(en milliers d'habitants)</i>	<i>(en % de la population totale)</i>
	(1)	(2)
Alabama	290	7.0
Alaska	84	14.3
Arizona	522	13.6
Arkansas	158	6.6
California	3699	12.0
Colorado	86	2.5
Connecticut	247	7.5
Delaware	20	2.9
Florida	1'433	10.6
Georgia	171	2.5
Hawaii	173	14.9
Idaho	426	39.9
Illinois	2'013	17.3
Indiana	62	1.1
Iowa	286	10.2
Kansas	228	9.0
Kentucky	338	9.0
Louisiana	1'209	28.2
Maine	52	4.2
Maryland	99	2.0
Massachusetts	1'169	19.5
Michigan	151	1.6
Minnesota	70	1.6
Mississippi	688	26.3
Missouri	243	4.7
Montana	40	4.9
Nebraska	220	13.7
Nevada	125	9.4
New Hampshire	136	17.6
New Jersey	2'186	28.1
New Mexico	241	15.2
New York	1'188	6.6
North Carolina	178	2.6
North Dakota	25	3.9
Ohio	1'542	14.0
Oklahoma	903	28.1
Oregon	228	7.7
Pennsylvanie	606	5.0
Rhode Island	221	22.0
South Carolina	144	4.0
South Dakota	60	8.4
Tennessee	123	2.4
Texas	1'135	6.4
Utah	242	13.3
Vermont	110	19.3
Virginie	451	7.1
Washington	1'504	29.3
West Virginie	77	4.2
Wisconsin	247	4.9
Wyoming	95	20.4
Etats-Unis	26'014	10.2

TABEAU B7
ETAT - COURS D'EAU
 Cours d'eau ne répondant pas aux standards fixés par l'US EPA
 (Etats-Unis, 1992)
 (source: adapté de US EPA 1994)

	(en kilomètres)	(en % des cours d'eau analysés)
	(1)	(2)
Alabama	5618.1	28.4
Alaska	4649.3	71.3
Arizona	5865.9	81.7
Arkansas	6155.6	51.3
California	7991.8	87.4
Colorado	5610.0	12.8
Connecticut	814.3	56.7
Delaware	1'152.3	89.2
Florida	4642.8	36.4
Georgia	4649.3	71.3
Hawaii	80.5	47.6
Idaho	19881.3	95.1
Illinois	12'942.0	57.5
Indiana	3'381.1	30.7
Iowa	16'064.0	100.0
Kansas	26'078.7	94.7
Kentucky	5'230.2	33.4
Louisiane	10'785.5	73.7
Maine	759.6	1.5
Maryland	2'111.4	7.7
Massachusetts	1'905.4	75.3
Michigan	2'077.6	5.7
Minnesota	5'705.0	76.5
Mississippi	5'424.5	94.0
Missouri	16'052.8	47.5
Montana	27'585.0	26.5
Nebraska	9'564.1	73.7
Nevada	1'762.2	76.7
New Hampshire	365.3	2.1
New Jersey	2'438.1	100.0
New Mexico	5'272.1	91.3
New York	7'494.5	9.0
North Carolina	35'623.5	63.1
North Dakota	14'472.4	98.0
Ohio	8'514.8	66.9
Oklahoma	10'415.4	91.9
Oregon	26'484.3	56.5
Pennsylvanie	7'418.9	18.6
Rhode Island	738.7	69.0
South Carolina	1'789.5	28.1
South Dakota	4810.2	83.0
Tennessee	9'216.5	52.9
Texas	5'996.3	26.4
Utah	5'252.8	43.2
Vermont	3'403.2	40.9
Virginie	5'692.1	19.7
Washington	6'462.9	71.2
West Virginia	7'359.3	86.5
Wisconsin	3'223.4	17.7
Wyoming	8'450.4	87.3
Etats-Unis	444'311.6	43.4

TABLEAU B8
 ETAT - SOL
 Sites contaminés figurant sur la National Priority List
 (Etats-Unis, 1992)

(source: adapté de US DoC 1993)

	(nombre)	(nombre par millier de kilomètres carrés)
	(1)	(2)
Alabama	12	0.1
Alaska	7	0.0
Arizona	10	0.0
Arkansas	12	0.1
Californie	95	0.2
Colorado	17	0.1
Connecticut	15	1.0
DélaWare	19	2.9
Floride	55	0.3
Georgia	13	0.1
Hawaï	2	0.1
Idaho	9	0.0
Illinois	37	0.2
Indiana	33	0.3
Iowa	21	0.1
Kansas	10	0.0
Kentucky	19	0.2
Louisiane	12	0.1
Maine	9	0.1
Maryland	10	0.3
Massachusetts	26	1.0
Michigan	77	0.3
Minnesota	42	0.2
Mississippi	2	0.0
Missouri	23	0.1
Montana	8	0.0
Nebraska	10	0.0
Nevada	1	0.0
New Hampshire	17	0.7
New Jersey	100	4.8
New Mexico	11	0.0
New York	83	0.6
North Carolina	23	0.2
North Dakota	2	0.0
Ohio	33	0.3
Oklahoma	10	0.1
Oregon	9	0.0
Pennsylvanie	98	0.8
Rhode Island	12	3.0
South Carolina	24	0.3
South Dakota	4	0.0
Tennessee	14	0.1
Texas	29	0.0
Utah	13	0.1
Vermont	8	0.3
Virginie	22	0.2
Washington	50	0.3
West Virginia	5	0.1
Wisconsin	40	0.2
Wyoming	3	0.0
Etats-Unis	1724	0.1

TABLEAU B9
ETAT - AIR
 Personnes vivant dans des comtés où la qualité de l'air
 ne répond pas aux standards fixés par l'US EPA
 (Etats-Unis, 1991)
(source: adapté de US EPA 1991)

	(en milliers d'habitants)	(en % de la population totale)
	(1)	(2)
Alabama	651.5	15.9
Alaska	330.8	58.0
Arizona	2219.7	59.2
Arkansas	49.9	2.1
California	22643.4	74.5
Colorado	652.7	19.4
Connecticut	3184.6	96.8
Delaware	555.2	81.6
Florida	834.1	6.3
Georgia	725.1	10.9
Hawaii	0.0	0.0
Idaho	0.0	0.0
Illinois	6329.7	54.8
Indiana	1596.5	28.5
Iowa	39.9	1.4
Kansas	0.0	0.0
Kentucky	70.0	1.9
Louisiana	567.7	13.3
Maine	606.9	49.2
Maryland	2784.6	57.3
Massachusetts	4509.3	75.2
Michigan	2060.2	22.0
Minnesota	485.8	11.0
Mississippi	0.0	0.0
Missouri	182.1	3.5
Montana	211.6	26.1
Nebraska	416.4	26.1
Nevada	996.1	77.6
New Hampshire	245.8	22.3
New Jersey	5196.7	67.0
New Mexico	480.6	31.0
New York	6492.7	36.0
North Carolina	0.0	0.0
North Dakota	0.0	0.0
Ohio	3634.1	33.2
Oklahoma	0.0	0.0
Oregon	1356.9	46.4
Pennsylvania	4908.0	41.0
Rhode Island	161.1	16.0
South Carolina	131.5	3.7
South Dakota	81.3	11.6
Tennessee	1036.2	20.9
Texas	5308.9	30.6
Utah	989.5	55.9
Vermont	0.0	0.0
Virginia	1009.1	16.1
Washington	711.2	14.2
West Virginia	69.9	3.9
Wisconsin	1868.9	37.7
Wyoming	0.0	0.0
Etats-Unis	86387.7	34.3

TABLEAU B10
RÉACTION
Dépenses de l'Etat destinées à la gestion et la protection de
l'environnement et des ressources naturelles
(Etats-Unis, 1991)

(source: adapté de CSG 1993)

	(en milliers de US\$)	(en % des dépenses totales de l'Etat)
	(1)	(2)
Alabama	41739.6	0.5
Alaska	285905.9	5.8
Arizona	57280.4	0.7
Arkansas	60315.5	1.3
Californie	2036746.0	2.4
Colorado	225361.5	3.2
Connecticut	68976.8	0.6
Délaware	42434.7	1.8
Floride	379017.9	1.5
Géorgie	140500.2	1.1
Hawaï	37728.2	0.8
Idaho	81766.4	3.5
Illinois	402028.4	1.6
Indiana	77510.2	0.7
Iowa	65922.1	1.0
Kansas	57377.9	1.1
Kentucky	104581.6	1.2
Louisiane	207441.8	2.0
Maine	58146.6	1.7
Maryland	152899.9	1.2
Massachusetts	235107.4	1.2
Michigan	218969.2	0.9
Minnesota	220934.0	1.7
Mississippi	78262.0	1.5
Missouri	257441.3	2.8
Montana	57791.5	2.4
Nevada	44023.5	1.3
Nevada	55489.1	1.6
New Hampshire	43815.4	2.1
New Jersey	400796.0	1.7
New Mexico	53968.9	1.2
New York	577049.2	0.9
North Carolina	112401.5	0.7
North Dakota	50772.5	2.8
Ohio	176375.5	0.6
Oklahoma	60147.5	0.8
Oregon	165912.3	2.3
Pennsylvanie	286679.0	1.1
Rhode Island	40521.7	1.2
South Carolina	114790.3	1.3
South Dakota	31936.6	2.2
Tennessee	107481.3	1.2
Texas	311849.0	1.1
Utah	75726.4	1.8
Vermont	50422.7	2.9
Virginie	174901.9	1.3
Washington	381769.4	2.4
West Virginia	37689.8	0.8
Wisconsin	179745.9	1.4
Wyoming	100332.7	5.5
Etats-Unis	9285285.2	1.5

TABLEAU B11
PRESSION
Valeurs standardisées
(Etats-Unis, 1988-1992)
(sources: tab. B1-B5)

	Echelle globale		Echelle non globale		
	Couche d'ozone	Effet de serre	Toxiques	Smogs	Pluies acides
	(en valeurs standardisées *)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Alabama	-0.29	0.50	0.68	0.82	0.75
Alaska	..	..	0.83	-1.07	-0.81
Arizona	-0.45	-0.20	0.02	0.08	0.39
Arkansas	-0.41	0.30	0.25	-0.01	-0.19
California	-0.35	-0.35	-0.74	-0.66	-0.67
Colorado	0.09	0.06	-0.79	-0.32	-0.34
Connecticut	1.21	-0.37	-0.56	-0.69	-0.62
Delaware	-1.02	0.00	-0.38	0.59	0.28
Florida	-0.71	-0.48	-0.53	-0.38	-0.24
Georgia	-0.28	0.15	-0.37	0.23	0.32
Hawaii	..	..	-0.85	-0.89	-0.67
Idaho	0.79	-0.21	-0.36	0.25	-0.35
Illinois	-0.23	0.28	-0.31	-0.09	0.05
Indiana	1.38	1.02	0.43	1.32	1.86
Iowa	-0.04	0.21	-0.13	0.05	0.12
Kansas	-0.72	0.42	0.75	0.29	0.05
Kentucky	0.32	0.51	0.03	0.99	1.40
Louisiana	-0.69	1.11	5.00	0.98	0.44
Maine	-0.58	-0.27	-0.20	-0.31	-0.25
Maryland	-0.37	-0.29	-0.74	-0.41	-0.21
Massachusetts	0.71	-0.35	-0.74	-0.50	-0.42
Michigan	0.51	-0.06	-0.36	-0.21	-0.24
Minnesota	0.17	-0.11	-0.38	-0.24	-0.38
Mississippi	0.45	-0.06	1.47	0.29	0.10
Missouri	-0.17	0.05	-0.26	0.44	0.64
Montana	-2.12	0.64	1.88	1.13	0.51
Nebraska	0.35	0.25	-0.36	-0.11	-0.21
Nevada	-3.31	-0.21	-0.75	-0.20	-0.18
New Hampshire	0.11	-0.39	-0.63	-0.39	-0.32
New Jersey	0.00	-0.44	-0.73	-0.53	-0.58
New Mexico	-1.77	0.78	0.52	0.69	0.78
New York	-0.75	-0.57	-0.69	-0.67	-0.54
North Carolina	3.02	-0.01	-0.02	0.06	-0.06
North Dakota	-1.06	2.64	-0.73	2.27	2.68
Ohio	0.13	0.14	-0.04	0.43	0.96
Oklahoma	-0.89	0.41	-0.29	0.12	-0.05
Oregon	-1.33	-0.47	-0.54	-0.34	-0.52
Pennsylvania	-0.16	0.01	-0.55	-0.09	0.12
Rhode Island	0.72	-0.35	-0.65	-0.71	-0.74
South Carolina	0.88	-0.19	0.09	0.51	-0.14
South Dakota	-1.43	0.07	-0.69	0.12	-0.21
Tennessee	0.96	0.12	1.48	0.55	0.73
Texas	-0.29	0.36	0.40	0.85	0.19
Utah	-0.15	0.23	2.14	-0.03	-0.14
Vermont	0.01	-0.35	-0.80	-0.58	-0.66
Virginia	0.64	-0.14	-0.27	-0.20	-0.27
Washington	-1.15	-0.32	-0.56	-0.28	-0.41
West Virginia	-0.66	1.64	-0.02	3.98	4.14
Wisconsin	0.19	-0.03	-0.45	-0.01	-0.05
Wyoming	1.25	5.77	0.51	4.17	3.61
Etats-Unis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* moyenne = 0, écart-type = 1.

TABLEAU B12
 ETAT
 Valeurs standardisées
 (Etats-Unis, 1991-1992)
 (sources: tab. B6-B9)

	Eau potable Cours d'eau Sol Air			
	en valeurs standardisées %			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Alabama	-0,36	-0,50	-0,93	-0,70
Alaska	0,45	0,93	3,99	0,90
Arizona	0,38	1,27	-0,69	0,95
Arkansas	-0,40	0,26	-0,17	-1,23
Californie	0,20	1,46	0,84	1,53
Colorado	-0,86	-1,02	1,62	-0,57
Connecticut	-0,30	0,44	-0,79	2,38
DélaWare	-0,81	1,52	0,33	1,80
Floride	0,04	-0,23	0,03	-1,07
Georgia	-0,85	0,93	-0,39	-0,89
Hawaï	0,52	0,14	-0,59	-1,31
Idaho	3,30	1,72	1,92	-1,31
Illinois	0,79	0,47	0,14	0,78
Indiana	-1,01	-0,42	-0,75	-0,22
Iowa	-0,01	1,88	-0,47	-1,25
Kansas	-0,13	1,71	-0,33	-1,31
Kentucky	-0,14	-0,33	-0,30	-1,23
Louisiane	2,00	1,01	0,46	-0,80
Maine	-0,67	-1,39	0,16	0,56
Maryland	-0,91	-1,19	-0,24	0,87
Massachusetts	1,03	1,06	-0,30	1,55
Michigan	-0,96	-1,25	-0,52	-0,47
Minnesota	-0,96	1,10	0,24	-0,89
Mississippi	1,79	1,66	0,03	-1,31
Missouri	-0,62	0,13	1,21	-1,17
Montana	-0,60	-0,56	0,88	-0,31
Nebraska	0,39	1,01	-0,12	-0,31
Nevada	-0,09	1,11	0,13	1,65
New Hampshire	0,82	-1,37	0,53	-0,46
New Jersey	1,98	1,88	0,23	1,24
New Mexico	0,56	1,59	-0,26	-0,13
New York	-0,40	-1,14	-0,54	0,06
North Carolina	-0,85	0,66	-0,68	-1,31
North Dakota	-0,70	1,82	1,26	-1,31
Ohio	0,42	0,78	-0,78	-0,04
Oklahoma	1,99	1,61	-0,68	-1,31
Oregon	-0,26	0,44	0,74	0,46
Pennsylvanie	-0,56	-0,82	-0,37	0,25
Rhode Island	1,31	0,85	-0,29	-0,70
South Carolina	-0,69	-0,51	-0,18	-1,16
South Dakota	-0,20	1,31	0,68	-0,87
Tennessee	-0,86	0,32	-0,29	-0,51
Texas	-0,42	-0,56	-0,39	-0,14
Utah	0,35	-0,01	0,34	0,82
Vermont	1,01	-0,08	1,32	-1,31
Virginie	-0,35	-0,79	-0,15	-0,69
Washington	2,12	0,92	0,89	-0,77
West Virginie	-0,66	1,43	-0,63	-1,16
Wisconsin	-0,59	-0,86	-0,03	0,13
Wyoming	1,13	1,46	3,76	-1,31
Etats-Unis	0,00	0,00	0,00	0,00

* moyenne = 0, écart-type = 1.

TABLEAU B13
 RÉACTION
 Valeurs standardisées
 (Etats-Unis, 1991)
 (source: tab. B10)

	en valeurs standardisées*)
	(1)
Alabama	-0,93
Alaska	3,99
Arizona	-0,69
Arkansas	-0,17
California	0,84
Colorado	1,62
Connecticut	-0,79
Delaware	0,33
Florida	0,03
Georgia	-0,39
Hawaii	-0,59
Idaho	1,92
Illinois	0,14
Indiana	-0,75
Iowa	-0,47
Kansas	-0,33
Kentucky	-0,30
Louisiana	0,46
Maine	0,16
Maryland	-0,24
Massachusetts	-0,30
Michigan	-0,52
Minnesota	0,24
Mississippi	0,63
Missouri	1,21
Montana	0,88
Nebraska	-0,12
Nevada	0,13
New Hampshire	0,53
New Jersey	0,23
New Mexico	-0,26
New York	-0,54
North Carolina	-0,68
North Dakota	1,26
Ohio	-0,78
Oklahoma	-0,60
Oregon	0,74
Pennsylvanie	-0,37
Rhode Island	-0,29
South Carolina	-0,18
South Dakota	0,66
Tennessee	-0,29
Texas	-0,39
Utah	0,34
Vermont	1,32
Virginie	-0,15
Washington	0,89
West Virginia	-0,63
Wisconsin	-0,03
Wyoming	3,76
Etats-Unis	0,00

* moyenne = 0, écart-type = 1.

TABLEAU B14
PRESSION
Valeurs pondérées et agrégées
(Etats-Unis, 1988-1992)
(sources: *tab. 3-4 et B11*)

	Echelle globale		Echelle non globale			Total
	Couche d'ozone	Effet de serre	Toxiques	Smog	Pluies acides	
	<i>(en valeurs pondérées)</i>					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(1+2+3+4+5)	
Alabama	-0,05	0,07	0,19	0,21	0,11	0,52
Alaska	..	..	0,23	-0,27	-0,12	-0,16
Arizona	-0,08	-0,03	0,01	0,02	0,06	-0,03
Arkansas	-0,08	0,04	0,07	0,00	-0,03	0,00
California	-0,07	-0,05	-0,20	-0,17	-0,10	-0,58
Colorado	0,02	0,01	-0,22	-0,08	-0,05	-0,33
Connecticut	0,23	-0,05	-0,15	-0,18	-0,09	-0,24
Delaware	-0,19	0,06	-0,11	0,15	0,04	-0,11
Floride	-0,13	-0,06	-0,15	-0,10	-0,04	-0,48
Georgia	-0,05	0,02	-0,10	0,06	0,05	-0,03
Hawaii	..	..	-0,24	-0,23	-0,10	-0,56
Idaho	0,15	-0,03	-0,10	0,06	-0,05	0,03
Illinois	-0,04	0,04	-0,09	-0,02	0,01	-0,11
Indiana	0,26	0,13	0,12	0,34	0,28	1,13
Iowa	-0,01	0,03	-0,04	0,01	0,02	0,01
Kansas	-0,14	0,06	0,21	0,07	0,01	0,21
Kentucky	0,06	0,07	0,01	0,25	0,21	0,60
Louisiana	-0,13	0,15	1,38	0,25	0,07	1,71
Maine	-0,11	-0,04	-0,06	-0,08	-0,04	-0,32
Maryland	-0,07	-0,04	-0,21	-0,10	-0,03	-0,45
Massachusetts	0,13	-0,05	-0,20	-0,13	-0,06	-0,30
Michigan	0,10	-0,01	-0,10	-0,05	-0,04	-0,10
Minnesota	0,03	-0,01	-0,11	-0,06	-0,06	-0,20
Mississippi	0,09	-0,01	0,41	0,07	0,01	0,57
Missouri	-0,03	0,01	-0,07	0,11	0,10	0,11
Montana	-0,40	0,08	0,52	0,29	0,08	0,56
Nebraska	0,07	0,03	-0,10	-0,03	-0,03	-0,06
Nevada	-0,62	-0,03	-0,21	-0,05	-0,03	-0,94
New Hampshire	0,02	-0,05	-0,17	-0,10	-0,05	-0,35
New Jersey	0,00	-0,06	-0,20	-0,14	-0,09	-0,48
New Mexico	-0,33	0,10	0,14	0,17	0,12	0,20
New York	-0,14	-0,07	-0,19	-0,17	-0,00	-0,66
North Carolina	0,57	0,00	-0,01	0,02	-0,01	0,57
North Dakota	-0,20	0,35	-0,20	0,58	0,40	0,92
Ohio	0,03	0,02	-0,01	0,11	0,14	0,28
Oklahoma	-0,17	0,05	-0,06	0,03	-0,01	-0,17
Oregon	-0,25	-0,06	-0,15	-0,09	-0,06	-0,63
Pennsylvanie	-0,03	0,00	-0,15	-0,02	0,02	-0,19
Rhode Island	0,14	-0,07	-0,18	-0,18	-0,11	-0,41
South Carolina	0,17	-0,02	0,02	0,13	-0,02	0,28
South Dakota	-0,27	0,01	-0,19	0,03	-0,03	-0,45
Tennessee	0,18	0,02	0,41	0,14	0,11	0,86
Texas	-0,05	0,05	0,11	0,22	0,03	0,35
Utah	-0,03	0,03	0,59	-0,01	-0,02	0,56
Vermont	0,00	-0,05	-0,22	-0,15	-0,10	-0,51
Virginie	0,12	-0,02	-0,08	-0,05	-0,04	-0,06
Washington	-0,22	-0,04	-0,16	-0,07	-0,06	-0,55
West Virginia	-0,12	0,24	-0,01	1,01	0,62	1,74
Wisconsin	0,04	0,00	-0,12	0,00	-0,01	-0,10
Wyoming	0,24	0,76	0,14	1,00	0,54	2,73
Etats-Unis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLEAU B15
 ETAT
 Valeurs pondérées et agrégées
 (Etats-Unis, 1991-1992)
 (sources: tab. 3-4 et B12)

	Eau potable	Cours d'eau	Air	Soi	Total
	les valeurs pondérées				(en valeurs agrégées)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(1+2+3+4)
Alabama	-0.09	-0.13	-0.16	-0.23	-0.62
Alaska	0.12	0.24	0.21	1.01	1.57
Arizona	0.10	0.33	0.22	-0.18	0.47
Arkansas	-0.11	0.07	-0.28	-0.04	-0.36
Californie	0.05	0.37	0.35	0.21	0.99
Colorado	-0.22	-0.26	-0.13	0.41	-0.21
Connecticut	-0.08	0.11	0.55	-0.20	0.39
DélaWare	-0.21	0.39	0.42	0.08	0.68
Floride	0.01	-0.06	-0.25	0.01	-0.29
Georgia	-0.22	0.24	-0.21	-0.10	-0.29
Hawaïi	0.14	0.04	-0.30	-0.15	-0.28
Idaho	0.86	0.44	-0.30	0.48	1.48
Illinois	0.20	0.12	0.18	0.04	0.54
Indiana	-0.26	-0.11	-0.05	-0.19	-0.61
Iowa	0.00	0.48	-0.29	-0.12	0.07
Kansas	-0.03	0.44	-0.30	-0.08	0.02
Kentucky	-0.04	-0.09	-0.29	-0.08	-0.48
Louisiane	0.52	0.26	-0.19	0.11	0.71
Maine	-0.17	-0.36	0.13	0.04	-0.36
Maryland	-0.24	-0.30	0.20	-0.06	-0.40
Massachusetts	0.27	0.27	0.36	-0.08	0.82
Michigan	-0.25	-0.32	-0.11	-0.13	-0.81
Minnesota	-0.25	0.28	-0.21	0.06	-0.11
Mississippi	0.47	0.43	-0.30	0.01	0.60
Missouri	-0.16	0.03	-0.27	0.30	-0.09
Montana	-0.16	-0.14	-0.07	0.22	-0.15
Nebaska	0.10	0.26	-0.07	-0.03	0.26
Nevada	-0.02	0.28	0.38	0.03	0.67
New Hampshire	0.21	-0.35	-0.11	0.13	-0.11
New Jersey	0.52	0.48	0.29	0.06	1.34
New Mexico	0.15	0.41	-0.03	-0.07	0.46
New York	-0.10	-0.29	0.01	-0.14	-0.52
North Carolina	-0.22	0.17	-0.30	-0.17	-0.53
North Dakota	-0.18	0.46	-0.30	0.32	0.30
Ohio	0.11	0.20	-0.01	-0.20	0.10
Oklahoma	0.52	0.41	-0.30	-0.15	0.47
Oregon	-0.07	0.11	0.11	0.19	0.33
Pennsylvanie	-0.15	-0.21	0.06	-0.09	-0.40
Rhode Island	0.34	0.22	-0.16	-0.07	0.32
South Carolina	-0.18	-0.13	-0.27	-0.05	-0.63
South Dakota	-0.05	0.34	-0.20	0.17	0.26
Tennessee	-0.22	0.08	-0.12	-0.07	-0.34
Texas	-0.11	-0.14	-0.03	-0.10	-0.39
Utah	0.09	0.00	0.19	0.09	0.36
Vermont	0.26	-0.02	-0.30	0.33	0.27
Virginie	-0.09	-0.20	-0.16	-0.04	-0.49
Washington	0.55	0.24	-0.18	0.22	0.83
West Virginia	-0.17	0.27	-0.27	-0.16	-0.23
Wisconsin	-0.15	-0.22	0.03	-0.01	-0.35
Wyoming	0.29	0.37	-0.30	0.95	1.31
Etats-Unis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TABEAU B16
INDICES ENVIRONNEMENTAUX DE PRESSION, D'ÉTAT ET DE RÉPONSE
 (Etats-Unis, 1988-1992)
 (sources: tab. B13-B15)

	Indice environnemental de pression		Indice environnemental d'état		Indice environnemental de réponse	
	(en valeurs standardisées*)	(rang)	(en valeurs standardisées*)	(rang)	(en valeurs standardisées*)	(rang)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Alabama	0.77	(39)	-1.05	(7)	-0.93	(50)
Alaska	-0.24	(21)	2.66	(50)	3.99	(1)
Arizona	-0.04	(29)	0.79	(37)	-0.69	(46)
Arkansas	0.00	(30)	-0.62	(12)	-0.17	(27)
California	-0.87	(4)	1.68	(46)	0.84	(10)
Colorado	-0.48	(14)	-0.35	(20)	1.62	(4)
Connecticut	-0.36	(17)	0.65	(35)	-0.79	(49)
Delaware	-0.16	(23)	1.15	(42)	0.33	(16)
Florida	-0.71	(9)	-0.49	(17)	0.03	(23)
Georgia	-0.04	(28)	-0.49	(16)	-0.39	(37)
Hawaii	-0.83	(5)	-0.48	(18)	-0.59	(42)
Idaho	0.05	(32)	2.51	(49)	1.92	(3)
Illinois	-0.16	(22)	0.92	(39)	0.14	(20)
Indiana	1.67	(47)	-1.04	(4)	-0.75	(47)
Iowa	0.02	(31)	0.12	(26)	-0.47	(59)
Kansas	0.31	(35)	0.03	(25)	-0.33	(35)
Kentucky	0.89	(44)	-0.82	(8)	-0.30	(33)
Louisiana	2.53	(48)	1.20	(43)	0.46	(14)
Maine	-0.47	(15)	-0.61	(13)	0.16	(19)
Maryland	-0.66	(11)	-0.68	(9)	-0.24	(29)
Massachusetts	-0.45	(16)	1.40	(44)	-0.30	(34)
Michigan	-0.15	(24)	-1.38	(1)	-0.52	(40)
Minnesota	-0.30	(18)	-0.19	(22)	0.24	(17)
Mississippi	0.85	(43)	1.02	(40)	0.03	(22)
Missouri	0.17	(33)	-0.16	(24)	1.21	(7)
Montana	0.84	(41)	-0.25	(21)	0.88	(8)
Nebraska	-0.09	(27)	0.43	(29)	-0.32	(25)
Nevada	-1.39	(1)	1.14	(41)	0.13	(21)
New Hampshire	-0.52	(13)	-0.19	(23)	0.53	(13)
New Jersey	-0.72	(8)	2.28	(48)	0.23	(18)
New Mexico	0.30	(34)	0.77	(36)	-0.26	(30)
New York	-0.97	(2)	-0.88	(6)	-0.54	(41)
North Carolina	0.84	(42)	-0.89	(5)	-0.66	(45)
North Dakota	1.36	(46)	0.50	(31)	1.26	(6)
Ohio	0.42	(37)	0.17	(27)	-0.78	(48)
Oklahoma	-0.28	(20)	0.80	(38)	-0.60	(43)
Oregon	-0.93	(3)	0.56	(33)	0.74	(11)
Pennsylvanie	-0.28	(19)	-0.67	(10)	-0.37	(36)
Rhode Island	-0.60	(12)	0.55	(32)	-0.29	(31)
South Carolina	0.41	(36)	-1.06	(2)	-0.18	(28)
South Dakota	-0.67	(10)	0.43	(28)	0.68	(12)
Tennessee	1.27	(45)	-0.57	(15)	-0.29	(32)
Texas	0.52	(38)	-0.65	(11)	-0.39	(37)
Utah	0.84	(40)	0.62	(34)	0.34	(15)
Vermont	-0.76	(7)	0.46	(30)	1.32	(5)
Virginie	-0.10	(26)	-0.84	(7)	-0.15	(26)
Washington	-0.81	(6)	1.41	(45)	0.89	(8)
West Virginia	2.58	(49)	-0.40	(19)	-0.63	(44)
Wisconsin	-0.15	(25)	-0.59	(14)	-0.03	(24)
Wyoming	4.05	(50)	2.23	(47)	3.76	(2)
Etats-Unis	0.00		0.00		0.00	

* moyenne = 0, écart-type = 1.

TABLEAU C1
PRESSION - COUCHE D'OZONE
Emissions de CFC, par région
(Etats-Unis, 1988)
(source: adapté de US EPA 1990)

	en milliers de tonnes		en kilogrammes par habitant	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	90.0		1.8	
New England		26.0		2.0
Middle Atlantic		64.0		1.7
Midwest	110.0		1.9	
East North Central		79.0		1.9
West North Central		31.0		1.8
South	153.0		1.8	
South Atlantic		79.0		1.9
East South Central		29.0		1.9
West South Central		45.0		1.7
West	82.0		2.2	
Mountain		22.0		1.7
Pacific*		60.0		2.4
Etats-Unis*	440.0	440.0	1.8	1.8

* sans Alaska et Hawaii.

TABLEAU C2
PRESSION - EFFET DE SERRE
Emissions de CO₂, CH₄ et CFC, par région
(Etats-Unis, 1988)
(source: adapté de US EPA 1990)

	en milliers de tonnes d'équivalents-CO ₂		en tonnes d'équivalents-CO ₂ par habitant	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	1'388'692		27.5	
New England		357'360		27.3
Middle Atlantic		1'031'332		27.5
Midwest	2'470'002		41.7	
East North Central		1'746'444		41.9
West North Central		723'558		41.3
South	3'331'432		40.0	
South Atlantic		1'404'151		33.7
East South Central		653'622		43.3
West South Central		1'273'659		48.1
West	1'561'543		31.8	
Mountain		575'217		43.2
Pacific*		986'326		26.7
Etats-Unis*	8'794'343	8'794'343	36.3	36.3

Note: 1 tonne d'équivalents-CO₂ correspond à 1 tonne de CO₂, 0,047619 tonne de CH₄ ou 0,00617 tonne de CFC

(sources: adapté de IPCC 1990, p. xxi et World Resources Institute 1992, p. 207).

* sans Alaska et Hawaii.

TABEAU C3
PRESSION -TOXIQUES
 Emissions de substances chimiques toxiques, par région
 (Etats-Unis, 1991)
 (source: adapté de US EPA 1993a)

	<i>(en tonnes)</i>		<i>(en kilogrammes par habitant)</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	104690.0		2.1	
<i>New England</i>		28912.2		2.2
<i>Middle Atlantic</i>		75777.8		2.0
Midwest	362167.0		6.0	
<i>East North Central</i>		255238.3		6.0
<i>West North Central</i>		106927.7		6.0
South	864891.0		10.0	
<i>South Atlantic</i>		201574.3		4.6
<i>East South Central</i>		239567.0		15.0
<i>West South Central</i>		422749.7		15.9
West	195683.1		3.6	
<i>Mountain</i>		124470.8		8.9
<i>Pacific</i>		71212.3		1.8
Etats-Unis	1527431.2	1527431.2	7.4	7.4

TABEAU C4
PRESSION - SMOG
 Emissions de CO, SO₂, NO_x et COV, par région
 (Etats-Unis, 1992)
 (source: adapté de US EPA 1993b)

	<i>(en milliers de tonnes d'équivalents-CO)</i>		<i>(en tonnes d'équivalents-CO par habitant)</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	1352190.8		26.5	
<i>New England</i>		325541.5		24.7
<i>Middle Atlantic</i>		1026648.3		27.1
Midwest	2878769.4		47.4	
<i>East North Central</i>		2033827.7		47.6
<i>West North Central</i>		842941.7		46.9
South	4612414.3		52.7	
<i>South Atlantic</i>		1919069.4		43.2
<i>East South Central</i>		963263.7		62.0
<i>West South Central</i>		1730081.2		62.8
West	1614395.8		29.3	
<i>Mountain</i>		684519.9		47.6
<i>Pacific</i>		229875.8		22.8
Etats-Unis	10455770.2	10455770.2	41.1	41.1

Note: 1 tonne d'équivalents-CO correspond à 1 tonne de CO, 0,01 tonne de SO₂, 0,005 tonne de NO_x ou 0,005 tonne de COV (source: adapté de Planco Consulting 1993, p. 161).

TABLEAU C5
 PRESSION - PLUIES ACIDES
 Emissions de SO₂ et NO_x, par région
 (Etats-Unis, 1992)
 (source: adapté de US EPA 1993b)

	en milliers de tonnes d'équivalents-acide)		en kilogrammes d'équivalents- acide par habitant	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	4196.4		82.1	
New England		878.5		66.6
Middle Atlantic		3317.9		82.5
Midwest	11767.9		193.8	
East North Central		8784.2		205.5
West North Central		2983.7		166.1
South	15063.0		172.0	
South Atlantic		6565.8		147.6
East South Central		3994.0		257.2
West South Central		4503.2		163.4
West	4182.3		75.9	
Mountain		2405.3		167.3
Pacific		1777.0		43.6
Etats-Unis	35209.5	35209.5	138.4	138.4

Note: 1 tonne d'équivalents-acide correspond à 1 tonne de SO₂ ou 0,6957 tonne de NO_x
 (source: adapté de MHPPE 1993, p. 36).

TABLEAU C6
 ETAT - EAU POTABLE
 Personnes desservies par des systèmes d'approvisionnement
 en eau potable violant les standards fixés par la loi, par région
 (Etats-Unis, 1991-1992)
 (source: adapté de NRDC 1993b)

	en milliers d'habitants)		en % de la population totale)	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	5985		11.7	
New England		1995		15.1
Middle Atlantic		3990		10.5
Midwest	5147		8.5	
East North Central		4015		9.4
West North Central		1132		6.3
South	7417		8.5	
South Atlantic		2573		5.8
East South Central		1439		9.3
West South Central		3405		12.4
West	7465		13.5	
Mountain		1777		12.4
Pacific		5688		14.0
Etats-Unis	26014	26014	10.2	10.2

TABLEAU C7
ÉTAT - COURS D'EAU
 Cours d'eau ne répondant pas aux standards fixés par l'US EPA, par région
 (Etats-Unis, 1992)
(source: adapté de US EPA 1994)

	<i>(en kilomètres)</i>		<i>(en % des cours d'eau analysés)</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	25398.0		12.2	
<i>New England</i>		87046.5		9.8
<i>Middle Atlantic</i>		17351.5		13.8
Midwest	122886.1		56.1	
<i>East North Central</i>		30139.0		29.9
<i>West North Central</i>		92747.2		78.3
South	170679.1		53.4	
<i>South Atlantic</i>		63020.2		42.5
<i>East South Central</i>		74306.2		67.2
<i>West South Central</i>		33352.7		53.0
West	125348.4		45.2	
<i>Mountain</i>		79679.7		38.7
<i>Pacific</i>		45668.7		63.7
Etats-Unis	444311.6	444311.6	43.4	43.4

TABLEAU C8
ÉTAT - SOL
 Sites contaminés figurant sur la National Priority List, par région
(source: adapté de US DoC 1993)

	<i>(nombre)</i>		<i>(nombre par millier de kilomètres carrés)</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	376.0		0.8	
<i>New England</i>		87.0		0.5
<i>Middle Atlantic</i>		289.0		1.0
Midwest	332.0		0.2	
<i>East North Central</i>		220.0		0.3
<i>West North Central</i>		112.0		0.1
South	281.0		0.1	
<i>South Atlantic</i>		171.0		0.2
<i>East South Central</i>		47.0		0.1
<i>West South Central</i>		63.0		0.1
West	235.0		0.0	
<i>Mountain</i>		72.0		0.0
<i>Pacific</i>		163.0		0.1
Etats-Unis	1224.0	1224.0	0.1	0.1

TABLEAU C9
 ETAT - AIR
 Personnes vivant dans des comtés où la qualité de l'air
 ne répond pas aux standards fixés par l'US EPA, par région
 (Etats-Unis, 1991)

(source: adapté de US EPA 1991)

	en milliers d'habitants		en % de la population totale	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	25305.2		49.7	
New England		8707.8		66.0
Middle Atlantic		16597.4		43.9
Midwest	16695.0		27.7	
East North Central		15489.5		36.5
West North Central		1205.6		6.8
South	13793.8		16.0	
South Atlantic		6109.5		13.9
East South Central		1757.7		11.5
West South Central		5926.5		21.8
West	30593.6		56.6	
Mountain		5551.3		39.6
Pacifique		25042.4		62.6
Etats-Unis	86387.7	86387.7	34.3	34.3

TABLEAU C10
 RÉACTION
 Dépenses de l'Etat destinées à la gestion et la protection de
 l'environnement et des ressources naturelles, par région
 (Etats-Unis, 1991)

(source: adapté de CSG 1993)

	en milliers de US\$		en % des dépenses totales de l'Etat	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Northeast	1761514.8		1.1	
New England		496990.6		1.2
Middle Atlantic		1264524.2		1.1
Midwest	1782437.0		1.3	
East North Central		1054629.2		1.0
West North Central		727807.8		1.8
South	2126454.7		1.2	
South Atlantic		1154836.3		1.2
East South Central		332064.6		1.0
West South Central		639753.8		1.2
West	3614878.7		2.4	
Mountain		707716.9		2.1
Pacifique		2907161.8		2.5
Etats-Unis	9285285.2	9285285.2	1.5	1.5

TABLEAU C11
PRESSION
Valeurs standardisées, par région
(Etats-Unis, 1988-1992)
(sources: tab. B1-B5 et C1-C5)

	Echelle globale			Echelle non globale						
	Couches d'ozone		Effet de serre	Techniques		Smog	Pluies acides			
	(1)	(2)		(3)	(4)		(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	<i>(en valeurs standardisées*)</i>									
Northeast	-0.14		-0.36		-0.65		-0.48		-0.37	
New England		0.64		-0.37		-0.63		-0.54		-0.48
Middle Atlantic		-0.41		-0.36		-0.65		-0.46		-0.34
Midwest	0.15		0.22		-0.17		0.21		0.37	
East North Central		0.29		0.23		-0.17		0.21		0.45
West North Central		-0.18		0.20		-0.17		0.19		0.19
South	0.08		0.15		0.31		0.38		0.22	
South Atlantic		0.29		-0.11		-0.34		0.07		0.06
East South Central		0.39		0.28		0.31		0.69		0.79
West South Central		-0.43		0.48		1.03		0.71		0.17
West	1.32		-0.19		-0.46		-0.39		-0.42	
Mountain		-0.61		0.28		0.17		0.21		0.19
Pacific**		2.36		-0.39		-0.68		-0.60		-0.63
Etats-Unis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* moyenne = 0, écart-type = 1.

** Echelle globale: sans Alaska et Hawaii.

TABLEAU C12
ETAT
Valeurs standardisées, par région
(Etats-Unis, 1991-1992)
(sources: tab. B6-B9 et C6-C9)

	Eau potable		Cours d'eau		Sol		Air	
	<i>(en valeurs standardisées*)</i>							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Northeast	0.17		-1.04		0.78		0.58	
New England		0.54		-1.12		0.39		1.20
Middle Atlantic		0.03		-0.98		1.03		0.37
Midwest	-0.19		0.42		0.04		-0.25	
East North Central		-0.09		-0.45		0.18		0.08
West North Central		-0.44		1.16		-0.05		-1.05
South	-0.19		0.33		-0.01		-0.70	
South Atlantic		-0.49		-0.03		0.12		-0.78
East South Central		-0.11		0.79		-0.03		-0.87
West South Central		0.24		0.38		-0.08		-0.48
West	0.37		0.06		-0.09		0.85	
Mountain		0.24		-0.16		-0.11		0.20
Pacific		0.42		0.67		-0.07		1.07
Etats-Unis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* moyenne = 0, écart-type = 1.

TABLEAU C15
 ETAT
 Valeurs pondérées et agrégées, par région
 (Etats-Unis, 1991-1992)
 (sources: tab. A4 et C12)

	Eau potable		Rivières				Sol		Air		Total	
	(1)	(2)	en valeurs pondérées				(7)	(8)	en valeurs agrégées		(9) = (1+3+5+7)	(10) = (2+4+6+8)
			(3)	(4)	(5)	(6)			(9)	(10)		
Northeast	0.04		-0.27		0.20		0.14				0.11	
New England		0.14		-0.29		0.10			0.28			0.23
Middle Atlantic		0.01		-0.25		0.26			0.06			0.10
Midwest	-0.05		0.31		0.01		-0.06		0.00		0.01	
East North Central		-0.02		-0.11		0.05			0.02			-0.07
West North Central		-0.11		0.30		-0.01			-0.24			-0.07
South	-0.05		0.09		0.09		-0.16				-0.13	
South Atlantic		-0.13		-0.01		0.03			-0.18			-0.29
East South Central		-0.03		0.20		-0.01			-0.20			-0.03
West South Central		0.06		0.10		-0.02			-0.11			0.03
West	0.10		0.01		-0.02		0.20				0.29	
Mountain		0.06		-0.04		-0.03			0.05			0.04
Pacific		0.11		0.17		-0.02			0.25			0.51
Etats-Unis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TABLEAU C16
 INDICES DE PRESSION, D'ÉTAT ET DE RÉPONSE, PAR RÉGION
 (Etats-Unis, 1988-1992)
 (sources: tab. C13-C15)

	Indice environnemental de pression				Indice environnemental d'état				Indice environnemental de réponse			
	en valeurs standardisées*		(rang)		en valeurs standardisées*		(rang)		en valeurs standardisées*		(rang)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Northeast	-0.64		(1)		0.18		(3)		-0.33		(4)	
New England		-0.46		(2)		0.40		(8)		-0.28		(6)
Middle Atlantic		-0.70		(1)		0.17		(7)		-0.34		(7)
Midwest	0.17		(3)		0.01		(2)		-0.20		(2)	
East North Central		0.23		(7)		-0.13		(2)		-0.40		(8)
West North Central		0.03		(5)		-0.12		(3)		0.30		(3)
South	0.37		(4)		-0.22		(1)		-0.27		(3)	
South Atlantic		-0.04		(4)		-0.49		(1)		-0.25		(5)
East South Central		0.57		(9)		-0.06		(4)		-0.42		(9)
West South Central		0.70		(8)		0.06		(5)		-0.23		(4)
West	-0.09		(2)		0.48		(4)		0.84		(1)	
Mountain		0.08		(6)		0.07		(6)		0.59		(2)
Pacific		-0.06		(3)		0.87		(9)		0.91		(1)
Etats-Unis	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00		

* moyenne = 0, écart-type = 1.

Références

- AAHEIM A., LONE O. ET NYBORG K. (1991), *Natural Resource Accounting: The Norwegian Experience*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- ADLER H. J. (1982), "Selected Problems of Welfare and Production in the National Accounts", *Review of Income and Wealth*, Vol. 28, pp. 121-132.
- ADRIANSE A. (1993), "The Development of Environmental Policy Performance Indicators (EPPi's) in the Netherlands", *mimeo*, Ministry of Housing, Physical Planning and Environment of the Netherlands (MHPPE), Den Haag.
- AHMAD Y.J., EL SERAFY S. ET LUTZ E. ÉDS. (1989), *Environmental Accounting for Sustainable Development*, World Bank, Washington DC.
- ALBERTI M. ET PARKER J.D. (1991), "Indices of Environmental Quality - The Search for Credible Measures", *Environmental Impact and Assessment Review*, Vol. 11, pp. 95-101.
- ALFSEN K.H. ET SAEBO H.V. (1993), "Environmental Quality Indicators: Background, Principles and Examples from Norway", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 3, p. 415-435.
- ALFSEN K.H., BREKKE K.A., BRUNVOLL F. LURAS H., NYBORG K. ET SAEBO H.V. (1992), "Environmental Indicators", *Discussion Paper*, No. 71, Central Bureau of Statistics of Norway, Oslo.
- ALFSEN K.H., BYE T. ET LORENTSEN L. (1987), *Natural Resource Accounting and Analysis - The Norwegian Experience 1978-1986*, Central Bureau of Statistics of Norway, Oslo.
- ALLEN R.G.D. (1975), *Index Numbers in Theory and Practice*, Aldine Publishing Company, Chicago.

- ANTILLE G. (1992), *Intégration des dépenses environnementales dans l'analyse entrées-sorties*, 33ème colloque international de l'Association d'économétrie appliquée "Econométrie et environnement", Genève, janvier 1992.
- ARCHAMBAULT E. (1980), "L'impasse comptable: les limites de l'intégration de l'environnement à la comptabilité nationale", in *Une approche multidisciplinaire de l'environnement*, Passet R. (éd.), Economica, Paris.
- ARCHAMBAULT E. (1988), *Comptabilité nationale*, Economica, Paris.
- ARCHAMBAULT E. ET BENARD J. (1988), *Environment Accounting Systems and Problems of Economic Evaluation*, Conférence internationale "Environment and Development", Milan, mars 1988.
- AYRES R.U. (1978), *Resources, Environment and Economics - Applications of the Materials/Energy Balance Principle*, John Wiley & Sons, New York.
- AYRES R.U. (1991), *Materials/Energy Flows and Balances as a Component of Environmental Statistics*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- AYRES R.U. ET KNEESE A.V. (1969), *Production, Consumption and Externalities*, American Economic Association.
- AYRES R.U. ET KNEESE A.V. (1989), "Externalities, Economics & Thermodynamics", in *Economy and Ecology: Towards Sustainable Development*, Archibugi F. et Nijkamp P (éds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- BAK (1993), *Wirtschaft und Umwelt Nordwestschweiz*, BAK, Basel.
- BARDE J.-P. (1991), *Economie et politique de l'environnement*, Presses universitaires de France, Paris.
- BARTELMUS P. (1987), "Beyond GDP - New Approaches to Applied Statistics", *Review of Income and Wealth*, Vol. 33, pp. 347-358.

- BARTELMUS P. (1989), "Environmental Accounting and the System of National Accounts", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- BARTELMUS P., LUTZ E. ET SCHWEINFEST S. (1993), "Integrated Environmental and Economic Accounting: A Case Study for Papua New Guinea", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- BARTELMUS P., LUTZ E. ET VAN TONGEREN J. (1993), *Environmental Accounting with an Operational Perspective*, First Annual International Conference on Environmentally Sustainable Development "Valuing the Environment", World Bank, Washington DC, septembre/octobre 1993.
- BARTELMUS P., STAHER C ET VAN TONGEREN J. (1993), "Integrated Environmental and Economic Accounting - A Framework for an SNA Satellite System", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- BARTELMUS P., STAHER C. ET VAN TONGEREN J. (1991a), "Integrated Environmental and Economic Accounting Framework for a SNA Satellite System", *Review of Income and Wealth*, Vol. 37, pp. 111-148.
- BARTELMUS P., STAHER C. ET VAN TONGEREN J. (1991b), *Selected Issues in Integrated Environmental-Economic Accounting*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- BAYLISS D.H. ET WALKER G.P. (1993), "UK Environmental Index", *Energy Policy*, janvier 1993, pp. 3-4.
- BENEDETTI A., CONSOLO G. ET FOUQUET A. (1981), "L'expérience française de comptabilité patrimoniale: sources, méthodes et résultats", *Review of Income and Wealth*, Vol. 27, pp. 265-297.
- BLADES D.W. (1980), "Survey of Country Practices in Compiling Balance-Sheet Statistics", *Review of Income and Wealth*, Vol. 26, pp. 325-339.

- BLADES D.W. (1989), "Measuring Pollution within the Framework of the National Accounts", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- BLAZEJCZAK J. ET EDLER D. (1991), *Modelling in Order to Calculate Avoidance Costs*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- BÖRLIN M. (1992), *Environmental Defensive Expenditures by Industry Do Not Inflate GNP? The GNP Revision Revisited*, 33ème colloque international de l'association d'économétrie appliquée "Econométrie et environnement", Genève, janvier 1992.
- BOULDOING K.E. (1966), "The Economics of the Coming Spaceship Earth", in *Environmental Quality*, Jarret H. (éd.), Johns Hopkins Press, Baltimore.
- BOWLEY A.L. (1937), *Elements of Statistics*, Scribner's Sons, New York.
- BRAIBANT M. (1993), *Quels comptes de l'environnement?* Cinquième colloque de comptabilité nationale de l'Association de Comptabilité Nationale, Paris, décembre 1993.
- BRAIBANT M. (1994), "Satellite Accounts", *Document de travail*, INSEE, Direction de la coordination statistique et des relations internationales, Paris.
- BRAUNSCHWEIG A. (1988), *Die Oekologische Buchhaltung als Instrument der städtischen Umweltpolitik*, Verlag Rüegger, Grüşch.
- CABANIS L., KEILBACH M.C. ET PUECH D. (1990), *Contribution à la mise en place d'un système de statistiques économiques sur l'environnement au niveau communautaire - Rapport final provisoire*, Centre régional de la productivité et des études économiques, Université de Montpellier I, Montpellier.
- CAMBRIDGE REPORTS INC. (1992), *July Omni Survey Results*, Cambridge Reports Inc., Cambridge, juillet 1992.

- CHOU Y.-L. (1989), *Statistical Analysis for Business and Economics*, Elsevier, New York.
- COBB C. (1993), *The Index of Sustainable Economic Welfare: Resisting the Dominance of GNP*, Human Economy Center, Mankato.
- CODE OF FEDERAL REGULATIONS (1990), *National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards*, Title 40, Protection of Environment, Part 50.
- COMMON M. (1991), *Natural Resource Accounting and Sustainability*, Centre for Resource and Environmental Studies, Lyneham.
- COMOLET A. (1990), *La comptabilité de la nature: éléments pour une analyse critique du système français de comptes du patrimoine naturel*, Thèse, Université de Paris I, Paris.
- COMOLET A. ET WEBER J.-L. (1990), "Un instrument de connaissance et d'aide à la décision: le système de comptes du patrimoine naturel français", *Revue Economique*, mars 1990, pp. 243-267.
- COUNCIL OF STATE GOVERNMENTS, CSG (1993), *Resource Guide To State Environmental Management*, Third Edition, CSG, Lexington.
- CREMEANS J.E. (1974), "Capital Expenditures by Business for Air and Water Pollution Abatement, 1973 and Planned 1974", *Survey of Current Business*, juillet 1974, pp. 58-64.
- CREMEANS J.E. (1977), "Conceptual and Statistical Issues in Developing Environmental Measures - Recent US Experience", *Review of Income and Wealth*, Vol. 23, pp. 97-115.
- DALY H.E. (1974), *The Economics of the Steady State*, American Economic Association.
- DALY H.E. (1977), *Steady-State Economics - The Economics of Biophysical Equilibrium and Moral Growth*, Freeman and Company, San Francisco.
- DALY H.E. (1989a), "Steady-State and Growth Concepts for the Next Century", in *Economy and Ecology: Towards Sustainable*

- Development*, Archibugi F. et Nijkamp P (éds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrech.
- DALY H.E. (1989b), "Toward a Measure of Sustainable Net National Product", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- DALY H.E. ET COBB JR. J.B. (1989), *For the Common Good*, Beacon Press, Boston
- DE BOO B., BOSCH P., GORTER C. ET KEUNING S. (1991), *An Environmental Module and the Complete System of National Accounts*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- DELL'MOUR R., FLEISSNER P., HOFKIRCHNER W. ET STEURER A. (1991), *A Model for the Linkage Between Economy and Environment*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- DEN BUTTER F.A.G. ET VERBRUGGEN H. (1994), "Measuring the Trade-Off Between Economic Growth and a Clean Environment", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 4, pp. 187-208.
- DENISON E.F. (1971), Welfare Measurement and the GNP, *Survey of Current Business*, janvier 1971, pp. 13-39.
- DERAVAJAN S. ET WEINER R.J. (1991), *Natural Resource Depletion and National Income Accounting*, draft, Harvard University.
- DESAIGUES B. ET POINT P. (1990), "Les méthodes de détermination d'indicateurs de valeur ayant la dimension de prix pour les composantes du patrimoine naturel", *Revue Economique*, mars 1990, pp. 269-319.
- DIEWERT W.E. (1993), "Index Numbers", in *Essays in Index Number Theory*, Diewert W.E. et Nakamura A.O. (éds.), Volume 1, North Holland, Amsterdam.

- DRECHSLER L. (1976), "Problems of Recording Environmental Phenomena in National Accounting Aggregates", *Review of Income and Wealth*, Vol. 22, pp. 239-252.
- DUNLAP R.E. ET SCARCE R. (1991), "The Polls - Poll Trends, Environmental Problems and Protection", *Public Opinion Quarterly*, Vol. 55, pp. 651-672.
- EBERSBACH K. (1994), "Fulfilling the Promise of Superfund", *Superfund Justice*, Vol. 1, No. 1, pp. 2-7.
- EDGEWORTH F.Y. (1925), "The Plurality of Index Numbers", *Economic Journal*, Vol. 35, pp. 379-388.
- EISNER R. (1988), "Extended Accounts for National Income and Product", *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, décembre 1988, pp. 1611-1684.
- EL SERAFY S. (1989), "The Proper Calculation of Income from Depletable Natural Resources, in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- EL SERAFY S. (1991a), "Sustainability, Income Measurement and Growth", in *Environmentally Sustainable Economic Development: Building on Brundtland*, Goodland R., Daly H., El Serafy S. et von Droste B. (éds.), UNESCO, Paris.
- EL SERAFY S. (1991b), *Depletable Resources: Fixed Capital or Inventories*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- EL SERAFY S. (1993), "The Environment as Capital", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- EL SERAFY S. ET LUTZ E. (1989), "Environmental and Resource Accounting: An Overview", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.

- ENVIRONMENT CANADA (1991), "A Report on Canada's Progress towards a National Set of Environmental Indicators", *SOE Report*, No. 91-1, Environment Canada, Ottawa.
- EUROSTAT (1991a), *Système européen de rassemblement de l'information économique sur l'environnement (S.E.R.I.E.E.)*, Manuel, Eurostat, Luxembourg, Doc. ENV/47 rev2/A.
- EUROSTAT (1991b), *Système européen de rassemblement de l'information économique sur l'environnement (S.E.R.I.E.E.)*, Annexes au manuel, Eurostat, Luxembourg, Doc. ENV/47 rev2/B.
- EUROSTAT (1993a), "Environmental Indicators and Accounting", *Internal Working Papers*, F3, Eurostat.
- EUROSTAT (1993b), "Green Accounting and Indicators - Statistical Concepts for a Rational Environmental Policy", *Internal Working Paper*, Eurostat, Luxembourg, octobre 1993.
- FARROW S. ET KRAUTKRAEMER J.A. (1991), "Economic Indicators of Resource Scarcity: Comment", in *Journal of Environmental Economics Management*, Vol. 20, pp. 190-194.
- FICKI S. (1991), *Environment in a National Accounts Framework: The Austrian Approach to Environmental Accounting*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- FISCHER-KOWALSKI M., HABERL H., PAYER H., STEURER A. ET VYMAZAL R. (1991), *Causer-Related Environmental Indicators - A Contribution to the Environmental Satellite-System of the Austrian SNA*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- FORSCHUNGSTELLE FÜR GESSELLSCHAFTLICHE ENTWICKLUNGEN, FGE (1991), *Umweltbewusstsein beim Experten und Bevölkerung*, Zwischenbericht zum Projekt, Universität Mannheim, Mannheim.
- FOY G.E. (1991), Accounting for Non-Renewable Natural Resources in Louisiana's Gross State Product, *Ecological Economics*, Vol 3, pp. 25-41.

- FRANZ A. (1991), *Entwicklung einer öko-VGR in Oesterreich: Input-Output als Alpha und Omega?* Stuttgarter Input-Output-Workshop, février 1991.
- FRANZ A. ET RAINER N. (1991), *Classification in Environmental Accounting: Some Observations on the Present State*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- FREEMAN A.M. (1979), *The Benefits of Environmental Improvement: Theory and Practice*, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore.
- FRIEND A.M. (1991), *Pluralism in National Accounting*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- FRIEND A.M. ET RAPPORT D.J. (1991), "Evolution of Macro-Information Systems for Sustainable Development", *Ecological Economics*, Vol. 3, pp. 59-76.
- GALLUP POLL SERVICE (1989), *The Environment*, The Gallup Organization, Princeton, mai 1989.
- GALLUP POLL SERVICE (1990), *Americans Strongly in Tune with the Purpose of Earth Day*, The Gallup Organization, Princeton, avril 1990.
- GEORGESCU-ROEGEN (1979), *Demain la décroissance*, Favre, Lausanne.
- GERNASJORDET A. ET LONGVA P. (1980), *Un système de comptabilité des ressources - L'expérience norvégienne*, OCDE, Direction de l'environnement, Paris, 1980.
- GIANNONE A. ET CARLUCCI M. (1991), *Environmental Variables in National Accounts: A Case Study for Italy*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- GILBERT A., ONNO K. ET AMTZEN J. (1991), *Natural Resource Accounting: Issues Related to Classification and Valuation of Environmental Assets*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.

- GILLROY J.M. ET SHAPIRO R.Y. (1986), "The Polls: Environmental Protection", *Public Opinion Quarterly*, Vol. 50, pp. 270-279.
- GOODLAND R. (1991), "The Case that the World Has Reached Limits: More Precisely that Current Throughput Growth in the Global Economy Cannot Be Sustained", in *Environmentally Sustainable Economic Development: Building on Brundtland*, Goodland R., Daly H., El Serafy S. et von Droste B. (éds.), UNESCO, Paris.
- GRAMBSCH A.E., MICHAELS R.G. ET PESKIN H.M. (1993), "Taking Stock of Nature: Environmental Accounting for Chesapeake Bay", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- GROSCLAUDE P. (1993), *Comptabilité nationale et indices d'environnement*, Cinquième colloque de comptabilité nationale de l'Association de Comptabilité Nationale, Paris, décembre 1993.
- HALL B. AND KERR M.L. (1992), *1991-1992 Green Index*, Island Press, Washington DC.
- HAMER G. ET STAHRMER C. (1991), *Integrierte Volkswirtschaftliche und Umweltgesamtrechnung - Konzeptionelle Ueberlegungen des Statistischen Amtes der Vereinten Nationen*, Wissenschaftlicher Beirat zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung, Sitzung am 24. April 1991.
- HAMILTON K., PEARCE D., ATKINSON G., GOMEZ-LOBO A. ET YOUNG C. (1993), *The Policy Implications of Natural Resource and Environment Accounting*, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), UCL, London.
- HARRISON A. (1989a), "Environmental Issues and the SNA, *Review of Income and Wealth*, Vol. 35, pp. 377-388.
- HARRISON A. (1989b), "Introducing Natural Capital into the SNA, in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.

- HARRISON A. (1990), "Major Changes Proposed for the Next SNA: An Overview", *Review of Income and Wealth*, Vol. 36, pp. 335-352.
- HARRISON A. (1993), "Natural Assets and National Accounting", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- HARTWICK J.M. (1990), "Natural Resources, National Accounting and Economic Depreciation", *Journal of Public Economics*, Vol. 43, pp. 291-304.
- HARTWICK J.M. (1991a), "Degradation of Environmental Capital and National Accounting Procedures", *European Economic Review*, Vol. 35, pp. 642-649.
- HARTWICK J.M. (1991b), *Notes on Economic Depreciation of Natural Resource Stocks and National Accounting*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- HARTWICK J.M. ET HAGEMAN A.P. (1991), "Economic Depreciation of Mineral Stocks and the Contribution of El Serafy", *Working paper*, No. 1991-27, World Bank, Policy and Research Division, Washington DC.
- HEARST CORPORATION (1989), *The American Public's Hopes and Fears for the Decade of the 1990s - A National Survey of Public Awareness and Personal Opinion*, Hearst Corporation, New York.
- HERFINDAHL O.C. ET KNEESE A.V. (1973), "Measuring Social and Economic Change: Benefits and Costs of Environmental Pollution", in *The Measurement of Economic and Social Performance*, Moss M. (éd.), National Bureau of Economic Research, Columbia University Press, New York.
- HICKS J.R. (1956), *Valeur et capital*, Dunod, Paris.
- HOLUB H.W. (1981), "Some Reflections on a Universal System of National Accounting", *Review of Income and Wealth*, Vol. 27, pp. 333-338.

- HOLUB H.W. (1983), "Some Critical Reflections on Measures of Net Economic Welfare", *Review of Income and Wealth*, Vol. 29, pp. 317-321.
- HOPE C, PARKER J. AND PEAKE S. (1992), "A Pilot Environmental Index for the UK in the 1980s", *Energy Policy*, avril 1992, p. 335-343.
- HOPE C. ET PARKER J. (1990), *Environmental Information for All: The Need for a Monthly Index*, Management Studies Group, University of Cambridge, Cambridge.
- HUETING R. (1980), *New Scarcity and Economic Growth - More Welfare Through Less Production ?* North Holland, Amsterdam.
- HUETING R. (1987), "An Economic Scenario that Gives Top Priority to Saving the Environment", *Ecological Modelling*, Vol. 38, pp 123-140.
- HUETING R. (1989), "Correcting National Income for Environmental Losses: Toward a Practical Solution", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- HUETING R. (1991), *Correcting National Income for Environmental Losses: A Practical Solution for a Theoretical Dilemma*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- HUETING R. ET BOSCH P. (1990), "On the Correction of National Income for Environmental Losses", *Statistical Journal of the United Nations*, Vol. 7, pp. 75-83.
- HUETING R., BOSCH P. ET DE BOER B. (1992), *Methodology for the Calculation of Sustainable National Income*, Central Bureau of Statistics of the Netherlands, Voorburg, 1992.
- INHABER H. (1974), "Environmental Quality: Outline for National Index for Canada", *Science*, Vol. 186, pp. 798-805.
- INHABER H. (1975a), "A Set of Suggested Air Quality Indices for Canada", *Atmospheric Environment*, Vol. 9, pp. 353-364.

- INHABER H. (1975b), "An Approach to a Water Quality Index for Canada", *Water Research*, Vol. 9, pp. 821-833.
- INHABER H. (1976), *Environmental Indices*, John Wiley and Sons, New York.
- INSEE (1986A), *Les comptes satellites de l'environnement*, INSEE, Série C 130, Paris.
- INSEE (1986B), *Les comptes du patrimoine naturel*, INSEE, C 137-138, Paris.
- IPCC (1990), *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Houghton J.T., Jenkins G.J. and Ephraums J.J. (éds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- JACZI G. (1973), "Comment", in *The Measurement of Economic and Social Performance*, Moss M. (éd.), National Bureau of Economic Research, Columbia University Press, New York.
- JESINGHAUS J. (1993a), *EXTASY: Toward an Environmental Index with the Help of Expert Surveys*, OCDE, GEP Workshop, Paris, janvier 1993.
- JESINGHAUS J. (1993b), "Environmental Problem Lists: A Methodology Proposal", *Internal Working Paper*, Eurostat, Luxembourg, avril 1993.
- JESINGHAUS J. (1993c), "Economic Statistics on the Environment for a Rational Environment Policy", *Discussion and Strategy Paper*, Eurostat, Luxembourg, août 1993.
- JESINGHAUS J. (1994), *Pressure Index Project: Goals and Methodology*, Draft, Eurostat, Luxembourg, mars 1994.
- JUSTER F.T. (1973), "A Framework for the Measurement of Economic and Social Performance". in *The Measurement of Economic and Social Performance*, Moss M. (éd.), National Bureau of Economic Research, Columbia University Press, New York.
- KLAUS J.K. ET STAHRMER C. (1991), *Environmental Accounting in Germany*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.

- KOLTTOLA L. (1991), *Natural Resource Accounting in Finland*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- KUIK O. ET VERBRUGGEN H. (1991), *Indicators of Sustainable Development*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- LAGANIER J. (1984), "The Possible Impact of National Accounts and Balances on the Development of Frameworks for Environment Statistics", *Statistical Journal of the United Nations*, Vol. 2, pp. 43-61.
- LANDEFELD J.S. ET HINES J.R. (1985), "National Accounting for Non-Renewable Natural Resources in the Mining Industries, *Review of Income and Wealth*, Vol. 31, pp. 1-20.
- LEIPERT C. (1986), "Social Costs of Economics Growth", *Journal of Economic Issues*, Vol. 10, No. 1, pp. 109-131.
- LEIPERT C. (1989), "Environmental Protection Expenditures - The German Example", *Rivista internazionale di scienze economiche e commerciali*, Vol. 36, No. 3, pp. 255-269.
- LEIPERT C. ET SIMONIS U.E. (1991), *Environmental Damage - Environmental Expenditure: Statistical Evidence on the Federal Republic of Germany*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- LEONTIEF W. (1970), "Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach", *Review of Economics and Statistics*, août 1970, pp. 262-271.
- LEONTIEF W. (1973), "National Income, Economic Structure, and Environmental Externalities", in *The Measurement of Economic and Social Performance*, Moss M. (éd.), National Bureau of Economic Research, Columbia University Press, New York.
- LEVIN J. (1991a), "Comment traiter l'environnement dans la comptabilité nationale?", *Problèmes Economiques*, No. 2225, pp. 30-32.

- LEVIN J. (1991b), *Varying Perspectives on the Valuation of Depletable Resources*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- LEVIN J. (1993), "Valuation and Treatment of Depletable Resources in the National Accounts", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- LIU B.-C. (1976), *Quality of Life Indicators in U.S. Metropolitan Areas - A Statistical Analysis*, Praeger Publishers, New York.
- LIVERMAN D.M., HANSON M.E., BROWN B.J. ET MERIDETH JR. R.W. (1988), "Global Sustainability: Toward Measurement", *Environmental Management*, Vol. 12, pp. 133-143.
- LONGVA P. (1981), *A System of Natural Resource Accounts*, Central Bureau of Statistics of Norway, Oslo.
- LOS ANGELES TIMES (1989), *Los Angeles Times Poll*, Los Angeles Times, Los Angeles, novembre 1989.
- LUTZ E. (1991), "Die ökologische Blindheit der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung", *NZZ*, 21 juin 1991.
- LUTZ E. ÉD. (1993a), *Toward Improved Accounting for the Environment*, World Bank, Washington DC.
- LUTZ E. (1993b), "Toward Improved Accounting for the Environment: An Overview", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- LUTZ E. ET EL SERAFY S. (1988), "Environmental and Resource Accounting: An Overview", *Working Paper*, No. 6, World Bank, Environment Department, Washington DC.
- LUTZ E. ET EL SERAFY S. (1989), "Recent Developments and Future Work, in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- LUTZ E. ET MUNASINGHE M. (1991), "La comptabilisation de l'environnement - Une amélioration des comptes nationaux pourrait

- contribuer à un développement plus soutenable”, *Finances & Développement*, mars 1991, pp. 19-21.
- LUTZ E. ET MUNASINGHE M. (1993), “Integration of Economic Concerns into Economic Analyses with Special Emphasis on Valuation Issues”, in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- MÄLER K.-G. (1991), “National Accounts and Environmental Resources”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 1, pp. 1-15.
- MARCEWSKI J. (1979), *Comptabilité nationale*, Troisième édition, Dalloz, Paris.
- MARIN A. (1978), “National Income, Welfare, and the Environment”, *Review of Income and Wealth*, Vol. 24, pp. 415-428.
- MEADOWS D.H., MEADOWS D.L, RANDERS J. ET BEHRENS III W.W. (1972), *Halte à la croissance*, Fayard, Paris.
- MEYER J.R. ET LEONE R.A. (1977), “The Urban Desamenity Revisited”, in *Public Economics and the Quality of Life*, Wingo L. et Evans A. (éds.), Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- MICHAELS R.G., GRAMBSCH A. ET PESKIN H.M. (1991), *Neither Fish nor Fowl? Can Environmental Accounts Guide Economic Policy, Environmental Policy, Both or Neither?* Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- MILOT J.-P., TEILLET P. ET VANOLI A. (1989), “How to Treat Non-Produced Assets and Exceptional Events in the National Accounts? Considerations on the Variations in Wealth Accounting”, *Review of Income and Wealth*, Vol. 35, pp.163-186.
- MINISTRY OF HOUSING, PHYSICAL PLANNING AND ENVIRONMENT OF THE NETHERLANDS, MHPPE (1991), *Essential Environmental Information*, Den Haag.

- MINISTRY OF HOUSING, PHYSICAL PLANNING AND ENVIRONMENT OF THE NETHERLANDS, MHPPE (1993), *Environmental Policy Performance Indicators*, MHPPE, Den Haag.
- MIRAN P. (1990), "Effet de serre: les vaches plus que l'industrie", *Science et Vie*, Septembre 1990, pp. 32-40.
- MITSHAN E. J. (1984), "GNP - Measurement or Mirage?", *National Westminster Bank Review*, London, Novembre 1984, pp. 2-13.
- MOSS M. ÉD. (1973), *The Measurement of Economic and Social Performance*, National Bureau of Economic Research, Columbia University Press, New York.
- MOSS M. (1980), "Social Challenges to Economic Accounting and Economic Challenges to Social Accounting", *Review of Income and Wealth*, Vol. 26, pp. 1-17.
- MUKHERJEE M., RAY A.K. ET RAJYALAKSHMI C. (1979), "Physical Quality of Life Index", *Social Indicators Research*, Vol. 6, pp. 283-292.
- MÜLLER-WENK R. (1978), *Die ökologische Buchhaltung - Ein Information- und Steuerinstrument für umweltkonforme Unternehmenspolitik*, Campus Verlag, Frankfurt.
- MÜLLER-WENK R. (1980), *Konflikt Oekonomie-Oekologie*, Verlag Müller, Karlsruhe.
- NAREDO J.M. (1986), "L'axiomatique de l'enregistrement comptable du système économique et les limites de l'intégration d'une comptabilité nationale de patrimoine", in *Etudes de comptabilité nationale*, Archambault E. et Arkhipoff O. (éds.), Economica, Paris.
- NAREDO J.M. (1988), "Comment l'économiste doit-il prendre en compte les ressources naturelles?", in *Nouveaux aspects de la comptabilité nationale*, Archambault E. et Arkhipoff O. (éds.), Economica, Paris.
- NATIONS UNIES (1970), *Système de comptabilité nationale*, Département des affaires économiques et sociales, Bureau de statistique des Nations Unies, New York.

- NATIONS UNIES (1977a), *Directives internationales provisoires relatives aux comptes de patrimoine et d'ajustement nationaux et sectoriels du système de comptabilité nationale*, Département des affaires économiques et sociales, Bureau de statistique des Nations Unies, New York.
- NATIONS UNIES (1977b), *The Feasibility of Welfare-Oriented Measures to Supplement the National Accounts and Balances: A Technical Report*, Studies in Methods, Series F, No. 22, Nations Unies, New York.
- NATIONS UNIES (1982), *Survey of Environment Statistics: Frameworks, Approaches and Statistical Publications*, Statistical Papers, Series M, No. 73, Nations Unies, New York.
- NATIONS UNIES (1985), *Cadre pour le développement des statistiques de l'environnement*, Département des affaires économiques et sociales, Bureau de statistique des Nations Unies, New York.
- NATIONS UNIES (1988), *Concepts and Methods of Environment Statistics Human Settlements Statistics - A Technical Report*, Série F, No. 51, Nations Unies, New York.
- NATIONS UNIES (1991a), *Quelques approches de la comptabilité de l'environnement*, Trente-neuvième réunion plénière de la Commission de statistique et Commission économique pour l'Europe et de la Conférence des statisticiens européens, documents de séance, Genève, 17-21 juin 1991.
- NATIONS UNIES (1991b), *Statistiques et comptabilité de l'environnement*, Trente-neuvième réunion plénière de la Commission de statistique et Commission économique pour l'Europe et de la Conférence des statisticiens européens, documents de séance, Genève, 17-21 juin 1991.
- NATIONS UNIES (1993a), *System of National Accounts 1993*, Nations Unies, New York.
- NATIONS UNIES (1993b), *Integrated Environmental and Economic Accounting*, Nations Unies, New York.

- NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL, NRDC (1993a), *Think Before You Drink - The Failure of the Nation's Drinking Water System to Protect Public Health*, NRDC, Washington DC.
- NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL, NRDC (1993b), *Think Before You Drink - The Failure of the Nation's Drinking Water System to Protect Public Health*, Appendices, NRDC, Washington DC.
- NBC NEWS (1990), *NBC News/Wall Street Journal Poll Results*, NBC News, New York, avril 1990.
- NBC NEWS (1991), *NBC News/Wall Street Journal Poll Results*, NBC News, New York, août 1991.
- NIEMI R.G., MUELLER J. ET SMITH T.W. (1989), *Trends in Public Opinion*, Greenwood Press, New York.
- NORDHAUS W.D. ET TOBIN J. (1972), "Is Growth Obsolete?", in *Economic Growth*, Fiftieth Anniversary Colloquium, National Bureau of Economic Research, New York.
- NORGAARD R.B. (1989a), "The Case for Methodological Pluralism", *Ecological Economics*, Vol. 1, pp. 37-57.
- NORGAARD R.B. (1989b), "Three Dilemmas of Environmental Accounting", *Ecological Economics*, Vol. 1, p. 303-314.
- NORGAARD R.B. (1989c), "Linkages between Environmental and National Income Accounts", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- NYBORG K. (1991), "Eco Domestic Product": *The Answer to Which Questions?* Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- OATES W.E. ET CROPPER M.L. (1992), "Environmental Economics: A Survey", in *Journal of Economic Literature*, Vol. 30, pp. 675-740.
- OCDE (1980), *Un système de comptabilité des ressources: l'expérience norvégienne*, OCDE, Direction de l'environnement, Paris.

- OCDE (1990), *Dépenses de lutte contre la pollution dans les pays de l'OCDE - Compendium statistique*, Monographie de l'environnement, No. 38, OCDE, Paris.
- OCDE (1991a), *Indicateurs d'environnement*, Réunion du comité de l'environnement au niveau ministériel, Document de référence, No. 4, OCDE, Paris, janvier 1991.
- OCDE (1991b), *Indicateurs d'environnement - Une étude pilote*, OCDE, Paris.
- OCDE (1993), "Environmental Indicators: Basic Concepts and Terminology", *Background Paper*, No. 1, Group of the State of Environment, Paris, janvier 1993.
- OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORÊTS ET DU PAYSAGE, OFEFP (1986), *Valeurs limites d'immissions pour les polluants atmosphériques- Aperçu général*, OFEFP, Berne.
- OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORÊTS ET DU PAYSAGE, OFEFP (1990), "Methodik für Oekobilanzen auf der Basis ökologischer Optimierung", *Schriftenreihe Umwelt*, No. 133, Berne.
- OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE, OFS (1992), *Les comptes économiques de l'environnement - Vers une intégration des données de l'environnement dans la comptabilité nationale*, OFS, Berne.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, OTA (1985), *Acid Rain and Transported Air Pollutants - Implications for Public Policy*, OTA, Congress of the United States, Washington DC.
- OLSON M. (1977), "The Treatment of Externalities in National Income Statistics", in *Public Economics and the Quality of Life*, Wingo L. et Evans A. (éds.), Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- OTT W. (1978), *Environmental Indices - Theory and Practice*, Ann Arbor Science, Ann Arbor.

- PEARCE D., TURNER R.K., BROWN D. ET BATEMAN I. (1991), *The Development of Environmental Indicators*, Report to the Department of the Environment, Vol. 1, Department of Economics, UCL, London.
- PEARCE D.W. ET MARKANDYA A. (1989), *L'évaluation monétaire des avantages des politiques d'environnement*, OCDE, Paris.
- PEARCE D.W. ET TURNER R.K. (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, London.
- PEARCE D.W., MARKANDYA A. ET BARBIER E.B. (1989), *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan Publications, London.
- PESKIN H.M. (1981), "National Income Accounts and the Environment", *Natural Resources Journal*, Vol. 21, pp. 511-537.
- PESKIN H.M. (1989), "Environmental and Nonmarket Accounting in Developing Countries", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- PESKIN H.M. (1990), "A Survey of Resource and Environmental Accounting in Industrialized Countries", *Working Paper*, No. 37, World Bank, Environment Department.
- PESKIN H.M. (1991), *National Accounting for Resource and Environmental Degradation: Alternative Approaches and Concepts*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- PESKIN H.M. ET LUTZ E. (1989), "A Proposed Environmental Accounts Framework", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC.
- PESKIN H.M. ET LUTZ E. (1993), "A Survey of Resource and Environmental Accounting Approaches in Industrialized Countries", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.

- PESKIN H.M. ET PESKIN J. (1978), "The Valuation of Nonmarket Activities in Income Accounting", *Review of Income and Wealth*, Vol. 24, pp. 71-90.
- PEZZEY J. (1989), "Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development", *Working Paper*, No. 15, World Bank, Environment Department, Washington DC.
- PICHOT A. (1988), *Comptabilité nationale et modèles économiques*, Presses universitaires de France, Paris.
- PILLET G. (1988), *Bilan des coûts économiques de la pollution*, SPE, Genève.
- PLANCO CONSULTING (1993a), *Environmental Impacts of Transport Infrastructure Projects: Evaluation Methods Used for the German Federal Transport Investment Plan*, International Workshop on Quantitative Methods for the Environmental Impact Assessment of Land Transport, Paris, décembre 1993.
- PLANCO CONSULTING (1993b), "Evaluation macro-économique des investissements dans les infrastructures de transport - Méthode d'évaluation appliquée dans le cadre du plan d'infrastructures fédérales de transport 1992", *Publications du Ministre fédéral des transports*, No. 72, Bonn.
- POINT P. (1990), "Economie de l'environnement et du patrimoine naturel: introduction", *Revue économique*, mars 1990, pp. 181-194.
- PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DÉVELOPPEMENT, PNUD (1992), *Rapport mondial sur le développement humain 1992*, PNUD, Economica, Paris.
- REICH U.-P. (1991a), "Concept and Definition of Income in the National Accounts", *Review of Income and Wealth*, Vol. 37, No. 3, pp. 235-247.
- REICH U.-P. (1991b), *Implications for the National Accounts of the Treatment of Depletable Resources in Business Accounts*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.

- REPETTO R. (1989), "Nature's Resources as Productive Assets", *Challenge*, septembre-octobre 1989, pp. 16-20.
- REPETTO R. (1990), "The Case for National Resource Accounting", *Economic Impact*, février 1990, pp. 41-46.
- REPETTO R., MAGRATH W., WELLS M., BEER C. ET ROSSINI F. (1989), *Wasting Assets: Natural Resources in the National Income Accounts*, World Resources Institute, Washington DC.
- RESEARCH/STRATEGY/MANAGEMENT INC., RSM INC. (1989), *Global Warming and Energy Priorities: A National Perspective*, RSM Inc., Washington DC, novembre 1989.
- RICHTER J. (1991), *Environmental Accounting: Some Non-Technical Remarks*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- ROBERTS L. (1990), "Counting On Science at EPA", *Science*, Vol. 240, 10 août 1990.
- ROMANS J.T. (1977), "Welfare Economics and the Measurement of NNP", *Review of Income and Wealth*, Vol. 23, pp. 277-290.
- SCHAFFER D. ET STAMMER C. (1990), "Conceptual Considerations on Satellite Systems", *Review of Income and Wealth*, Vol. 36, pp. 167-176.
- SCHALTEGGER S. ET STURM A. (1992a), "Methodik der ökologischen Rechnungslegung in Unternehmen", *WWZ-Studien*, No 33, WWZ, Basel.
- SCHALTEGGER S. ET STURM A. (1992b), *Oekologieorientierte Entscheidungen in Unternehmen - Oekologisches Rechnungswesen statt Oekobilanzierung: Notwendigkeit, Kriterien, Konzepte*, Haupt, Band 27.
- SCHERP J. (1993), *Accounting for the Environment in Statistical Information Systems*, Cinquième colloque de comptabilité nationale de l'Association de Comptabilité Nationale, Paris, décembre 1993.

- SCHMID R. (1992), *Interprétation de la dépense en faveur de l'environnement*, 33ème colloque international de l'Association d'économétrie appliquée "Econométrie et environnement", Genève, janvier 1992.
- SCHWALLER A. (1991), "Un produit national 'vert', donc acceptable du point de vue écologique. Qu'advient-il des étiquettes de prix?" *Cahier des questions conjoncturelles*, No. 3/91, Office fédéral des questions conjoncturelles, Berne.
- SHEEHY G. (1989), *Environmental Indicators Research: A Literature Review for State of the Environment Reporting*, Report No. 7, Draft, Environment Canada, Ottawa.
- SIBERT H. (1987), *Economics of the Environment*, Springer-Verlag, Berlin.
- SLOTTJE D.J., SCULLY G.W., HIRSCHBERG J.G. ET HAYES K.J. (1991), *Measuring the Quality of Life Across Countries - A Multidimensional Analysis*, Westview Press, Boulder.
- STAHMER C. (1991), *Integrierte Volkswirtschaftliche und Umweltgesamtrechnung*, Stuttgarter Input-Output-Workshop, février 1991.
- STAUFFER T.R. (1986), "Accounting for 'Wasting Assets': Measurements of Income and Dependency in Oil-Rentier States", *Journal of Energy and Development*, Vol. 11, pp. 69-93.
- STEHLING F. (1988), "Environmental Quality Indices: Problems, Concepts, Examples", in *Measurement in Economics*, Eichhorn W. (éd.), Physica-Verlag, Heidelberg.
- STEVEN J. ET COOK P. (1991), *Zen and the Art of Capital Maintenance - A Perspective on the Service Flows of Natural, Physical and Human Capital*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- STRITT M.-A. (1994), "Certificats échangeables: applications possibles dans le domaine de l'environnement", *Working Paper*, No. 9401, IRER, Université de Neuchâtel, Neuchâtel.

- SUNGA P.S. (1988), "Conceptual Incongruity in the National Accounts", *Review of Income and Wealth*, Vol. 34, No. 393-409.
- TEILLET P. (1988), "A Concept of Satellite Account in the Revised SNA", *Review of Income and Wealth*, Vol. 34, No. 4, pp. 411-439.
- THAGE B. (1991), *The National Accounts and the Environment*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- THEYS J. (1989), "Environmental Accounting in Development Policy: The French Experience", in *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Ahmad Y.J., El Serafy S. et Lutz E. (éds.), World Bank, Washington DC..
- THOMAS W.A. ÉD. (1972), *Indicators of environmental quality*, Plenum Press, New York.
- TINBERGEN J. ET HUETING R. (1991), "GNP and Market Prices: Wrong Signals for Sustainable Economic Success that Mask Environmental Destruction", in *Environmentally Sustainable Economic Development: Building on Brundtland*, Goodland R., Daly H., El Serafy S. et von Droste B. (éds.), UNESCO, Paris.
- TUNSTALL D. B. (1979), "Developing Indicators of Environmental Quality: The Experience of the Council on Environmental Quality", *Social Indicators Research*, Vol. 6, p. 301-347.
- UNESCO (NON DATÉ), "Indicators of Environmental Quality and Quality of Life", *Reports and Papers in the Social Sciences*, No. 38, UNESCO, Paris.
- UNO K. (1989a), "Economic Growth and Environmental Change in Japan - Net National Welfare and Beyond", in *Economy and Ecology: Towards Sustainable Development*, Archibugi F. et Nijkamp P (éds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- UNO K. (1989b), *Quality-of-Life and Environmental Accounting: Assessment of Pollution Prevention Investment*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.

- US DEPARTMENT OF COMMERCE, US DoC (1993), *Statistical Abstract of the United States 1993*, US DoC, Washington DC.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, US EPA (1990), *National- and State-Level Emissions Estimates of Radiatively Important Trace Gases (RITGS) from Anthropogenic Sources*, US EPA, Office of Research and Development, Washington DC.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, US EPA (1993a), "1991 Toxics Release Inventory", in *Resource Guide To State Environmental Management*, Third Edition, Council of State Governments, Lexington.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, US EPA (1993b), *National Air Pollutant Emission Trends, 1900-1992*, US EPA, Office of Air Quality, Research Triangle Park.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, US EPA (1994), *National Water Quality Inventory - 1992 Report to Congress*, US EPA, Office of Water, Washington DC.
- VAN TONGEREN J., SCHWEINFEST S, LUTZ E, GOMEZ LUNA M., MARTIN G. (1993), "Integrated Environmental and Economic Accounting: A Case Study for Mexico", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- VANOLI A. (1986), "Sur la structure générale du SCN à partir de l'expérience du système élargi de comptabilité nationale français", *Review of Income and Wealth*, Vol. 32, pp. 155-199.
- VANOLI A. (1991), *La révision du système de comptabilité nationale des Nations-Unies (SCN)*, 4ème colloque de comptabilité nationale, Paris, mars 1991.
- VATERLAUS S. (1991), "Integrierte ökonomisch-ökologische Gesamtrechnungen - Uebersicht über theoretische und praktische Ansätze", *WWZ-Forschungsbericht*, No. 4/91, WWZ, Basel.

- VHB RESEARCH AND CONSULTING INC. (1989), *Indicators and Indices of the State of the Environment*, Report No. 15, Environment Canada, Ottawa.
- VICTOR P. A. (1991), "Indicators of Sustainable Development: Some Lessons from Capital Theory", *Ecological Economics*, Vol. 4, p. 191-213.
- WALTHER A. (1990), *Die Folgekostenrechnung von Umweltschäden - Erweiterung des volkswirtschaftlichen Rechnungswesens am Beispiel der Schweiz*, Dissertation, No. 1209, Difo-Druck GmbH, Bamberg.
- WARWICK, BAKER AND FIORE INC. (1990), *How Concerned Are Consumers over Factors Affecting the Environment?* Warwick, Baker and Fiore Inc., New York, mai 1990.
- WEBER J.-L. (1986), "Articulation des comptes nationaux et des données physiques: comptes satellites de l'environnement et comptes du patrimoine naturel", in *Etudes de comptabilité nationale*, Archambault E. et Arkhipoff O. (éds.), Economica, Paris.
- WEBER J.-L. (1991), *Comptabilité du patrimoine naturel et intégration des statistiques de l'environnement*, Special Conference of Environmental Accounting, Baden, mai 1991.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE, WRI (1991), *Costa Rica Natural Resource Accounting Study*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE, WRI (1992), *World Resources 1992-1993*, WRI, Washington DC.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE, WRI (1994), *Environmental Almanac*, WRI, Washington DC.
- YOUNG M. (1991), *Natural Resource Accounting*, Special Conference of Environmental Accounting, IARIW, Baden, mai 1991.

- YOUNG M. (1993), "Natural Resource Accounting: Some Australian Experiences and Observations", in *Toward Improved Accounting for the Environment*, Lutz E. (éd.), World Bank, Washington DC.
- ZIMMERMANN H. (1991), *Kosten der Umweltverschmutzung und "Umweltökonomische Gesamtrechnung"*, Symposium "Kosten der Umweltverschmutzung/Nutzen des Umweltschutzes", Bonn, septembre 1991.
- ZOLOTAS X. (1981), *Economic Growth and Declining Social Welfare*, New York University Press, New York.