

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

P. RAINELLI

Pour une approche économique-écologique

Journal de la société statistique de Paris, tome 115 (1974), p. 59-76

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1974__115__59_0

© Société de statistique de Paris, 1974, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

POUR UNE APPROCHE ÉCONOMIQUE-ÉCOLOGIQUE

The first part of the paper shows us the inadequation of economic theory in surrounding studies, inadequation underlined by economic reckoning weakness. The second part insists on necessity of an approach linking ecology and economy so that surrounding may be defined.

Der erste Teil dieses Artikels zeigt die Nichtanpassung der Wirtschaftstheorie hinsichtlich der Studien betreffend die Probleme der Umgebung; diese Nichtanpassung wird besonders durch die « Schwäche » der Rechnungen hinsichtlich der Wirtschaft bewiesen. Der zweite Teil unterstreicht die Notwendigkeit einer Annäherung dieser Probleme, indem man die Economie mit einschliesst. Die wechselseitige Einwirkung dieser beiden Gebiete gestattet die « Umgebung » zu definieren.

La primera parte de este artículo muestra la inadaptación de la teoría económica en vista del estudio de problemas del alrededor, inadaptación subrayada por la debilidad del cálculo económico. La segunda parte pone el acento sobre la necesidad de una aproximación integrando escologia y economia, la inserción de estos dos dominios permiten de definir el alrededor.

Les désagréments nés des pollutions et nuisances ne datent pas d'aujourd'hui. Ainsi Kneese, 1971 [27, p. 8] cite le cas de la Tamise à Londres qui dégageait au milieu du XIX^e siècle une telle odeur pestilentielle que l'on était parfois obligé de suspendre les séances du Parlement! Mais si cet état des choses est révolu, du moins à Londres, il faut bien reconnaître que globalement il y a dégradation de ce qu'il est convenu de nommer « l'environnement ».

Cette dégradation est liée au poids croissant de l'homme dans la biosphère. Autrefois son action à l'intérieur de l'écosystème entendu au sens large ⁽¹⁾, n'avait pas ce caractère déséquilibrant. Aujourd'hui, l'activité humaine, en raison même de son importance, intervient par ses effets d'amont — prélèvement des ressources — et d'aval — rejet de déchets — perturbant ainsi le milieu naturel.

A partir du moment où les atteintes ont dépassé un certain seuil, seuil essentiellement psychologique correspondant à une prise de conscience d'une fraction de l'opinion publique, s'est posée la question des remèdes à apporter. Des actions ont été proposées, et les économistes ont été conviés à fournir des éléments de réponse sur les coûts et les implications socio-économiques des mesures de protection. Or, malgré les progrès de la science écono-

1. Selon la définition de R. DAJOZ, 1970 (13 p. 230) l'écosystème « inclut à la fois les êtres vivants et le milieu dans lequel ils vivent avec toutes les interactions réciproques entre le milieu et les organismes ». L'écosystème qui se décompose en biocénose, composante organique correspondant au peuplement, et en biotope, de nature organique ou non, support de la biocénose. Il a un contenu assez précis (micro-écosystème comme une flaque d'eau, méso-écosystème comme un lac, macro-écosystème comme l'océan.

mique, l'économiste se sent désarmé face aux problèmes soulevés et à leurs implications. Serait-ce parce que les progrès enregistrés dans cette discipline sont plus apparents que réels, en raison d'une réflexion trop partielle et limitée dans son champ? Ou bien est-ce comme le pense Joan Robinson, 1973 [39, p. 5] parce que « les économistes orthodoxes négligent les grands problèmes que le reste de l'humanité considère comme urgents et menaçants? » On pourrait être tenté de conclure qu'il y a conjonction des deux, les finalités réelles de l'économie n'étant pas prises en compte par une approche trop restreinte dans son champ et avec des méthodes inadaptées.

Nous voudrions dans ce qui suit montrer dans un premier point en quoi l'analyse économique de type néo-classique est insatisfaisante pour résoudre les problèmes d'environnement. Puis nous tenterons de préciser dans un second point le sens d'une démarche plus apte, à notre sens, à prendre en compte l'activité économique dans ses rapports avec l'écologie.

I — LES LIMITES DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE FACE AUX QUESTIONS D'ENVIRONNEMENT

En tant que discipline l'analyse économique ne paraît pas apte à apporter une réponse générale aux questions d'environnement. Ceci tient à son orientation et à sa démarche, ainsi qu'aux concepts retenus. Les limites sont mises en lumière dès que l'on a recours au calcul économique en vue de résoudre des problèmes liés à l'environnement. Celles-ci, à notre sens, ne résultent pas d'insuffisances qui pourraient être surmontées par un approfondissement des méthodes en cours, ou grâce à la démonstration de nouveaux théorèmes permettant des calculs plus sophistiqués. Ces limites traduisent plutôt une inadaptation de fond de la théorie qui les sous-tend, et plus particulièrement la théorie néo-classique.

A — *Le calcul économique appliqué à l'environnement*

Confrontés aux cas concrets, aux politiques à mettre en œuvre, les économistes se sont tout naturellement référés aux schémas éprouvés. Ils ont fait appel aux méthodes ayant fait leurs preuves au niveau des unités de production, proposant sur la base de la gestion des entreprises, une gestion de l'environnement. Mais, l'application aux ressources naturelles des techniques élaborées pour la firme se heurte à de très nombreuses difficultés que l'on peut apprécier à travers la recherche d'effets correctifs par l'internalisation des effets externes de production. Le recours à la théorie du surplus du consommateur et à l'actualisation des revenus ou des surplus montre un autre aspect des limites du calcul économique. L'analyse coûts-avantages enfin, permet de mettre en lumière toutes les difficultés inhérentes à ce type de démarche.

1. *L'internalisation des effets externes de production*

Classiquement, les effets externes apparaissent quand il y a interdépendance des fonctions d'utilité des agents, ou interdépendance des fonctions de production des firmes, ce qui a pour résultat un écart entre coût privé et coût social. Quand le premier terme est plus petit que le second, l'individu ou l'entreprise, profite au détriment de la société d'un certain nombre d'avantages : utilisation gratuite de biens non appropriés ⁽¹⁾, dégradation non comptabilisée d'éléments du patrimoine privé ou public. Dans ce cas, on est en présence d'effets externes négatifs.

1. Pour une étude sur les effets externes provenant de la non-appropriation de certaines ressources on peut se rapporter à LOUIS MAHE, 1973 [33].

Ces derniers sont analysés comme étant sources de distorsions dans le mécanisme d'allocation des coûts et des facteurs. Leur origine est attribuée à des insuffisances du marché. Suivant la tradition pigouvienne on aura une solution optimale en imputant aux individus qui en sont la cause des coûts équivalents à la valeur du dommage social causé. Le pollueur intégrant cette charge dans ses calculs, « l'environnement est transformé en une ressource de production comme le travail et les matières premières » note Hannequart, 1973 [20, p. 32]. Ainsi l'internalisation des effets externes permet d'approcher l'allocation optimale des facteurs grâce au principe « pollueur-payeur ».

L'application de ce principe simple en apparence, soulève d'importantes difficultés que reflète une abondante littérature ⁽¹⁾. Sous sa forme la plus opératoire (redevances du type existant pour les Agences financières de Bassin), il doit conduire l'entreprise à épurer ses affluents de sorte que les coûts marginaux privé et social soient égaux au montant de la redevance au niveau d'équilibre de la firme. Pour être efficace, ceci suppose, un certain degré d'épuration étant fixé, que l'on connaisse les coûts marginaux des différents pollueurs, ce qui est loin d'être le cas. Et même est-il si simple de déterminer d'un point de vue juridique le responsable (le pollueur)? Si les agriculteurs emploient des pesticides dangereux pour la santé des consommateurs, on doit plus incriminer les firmes mettant au point et commercialisant ces produits, que les agriculteurs qui les emploient sans connaître leur toxicité, toxicité dont ils peuvent être les premiers à subir les effets. Notons d'autre part que se pose le problème de l'information dont le rôle est fondamental.

Face à des entreprises, l'internalisation est déjà malaisée à appliquer. Mais que dire lorsqu'on a affaire à des sources de pollution nombreuses et diffuses telles celles qui résultent de l'urbanisation ⁽²⁾?

D'autre part, le principe d'une taxation ou de versement de dommages se révèle inapplicable, ou du moins difficilement soutenable quand les nuisances ont des effets irréversibles sur la santé de l'homme, ou qu'elles conduisent à la destruction de certains paysages que l'on peut estimer irremplaçables. Dans ce cas, nulle compensation monétaire ne peut remédier à ces dégâts.

Dans la logique de l'internalisation des effets externes, il convient de tenir compte non seulement des effets négatifs, mais aussi des effets positifs. Les efforts permettant de rendre un cours d'eau propre profitent non seulement aux entreprises, mais aussi aux particuliers au point de vue pêche, loisirs ou esthétique. D'où l'essai d'évaluation de ces avantages à l'aide du critère du surplus du consommateur.

2. Le critère du surplus du consommateur

Ce critère trouve une application dans l'évaluation des ressources naturelles, et plus particulièrement des espaces périurbains ayant un caractère récréatif ⁽³⁾. On part du principe que les consommateurs, entendus au sens large, bénéficient à peu de frais, d'un bien naturel pour lequel ils seraient disposés à payer un certain prix. La « valeur » du bien est estimé à partir de la différence entre la somme maximale que seraient prêts à verser l'ensemble des utilisateurs, et les frais qu'ils engagent réellement (essentiellement frais liés au transport).

Une des justifications de la théorie du surplus élaborée au départ pour les ouvrages

1. Citons simplement HANNEQUART, 1973 [20]; KNEESE, 1967 [26]; KOLM, 1971 [28]; O. C. D. E., 1971 [35]; PRUD'HOMME, 1972 [38].

2. Dès qu'il y a un groupe, se trouve posé le problème des choix collectifs (préférences révélées, agrégation).

3. Cf. BOURGAU, 1970 [8]; CLAWSON-KNEFTCH, 1966 [9]; CUSSET, 1970 [12].

d'art, autoroutes... est le principe de compensation développé par Kaldor, Hicks, Scitovsky, Samuelson... Henri Guillaume [18, p. 365] l'énonce de la manière suivante : « un état économique est plus efficace qu'un autre état (par exemple le statu quo) s'il est possible aux bénéficiaires de la transformation de compenser les perdants afin d'éviter que leur bien-être diminue ». Ceci suppose évidemment que l'on admet que l'individu est le meilleur juge de son bien-être, hypothèse assez peu réaliste discutée par Coddington et al. 1972 [10].

Pour mieux éclairer la démarche suivie supposons qu'il y a dans une ville un terrain vague dont la collectivité peut user soit pour construire des habitations, soit pour aménager un espace vert. Suivant le principe de compensation la solution logements sera retenue si on pense produire dans cette optique une « valeur » supérieure à celle obtenue avec le parc. On juge que dans un cas la valeur monétaire de l'accroissement de surplus est 100 (somme que les bénéficiaires de constructions sont prêts à payer), tandis que dans l'autre elle n'est que de 80. C'est-à-dire que les utilisateurs potentiels de l'espace vert sont dans une situation équivalente à celle qu'ils avaient auparavant, s'ils perçoivent ce montant, alors que les amateurs de logement ont un niveau de bien-être identique en sacrifiant plus. Donc mieux vaut bâtir.

Certains théoriciens de l'économie du bien-être, tel Graaf, 1970 [17, p. 110] critiquent cette démarche soulignant le caractère potentiel du surplus : « La grande difficulté est que le fait d'essayer de mesurer en termes monétaires (ou en unités d'un bien quelconque pris comme numéraire) des variations de bien-être ordinal ne sert pas à grand-chose puisque la « valeur » exprimée en bien-être, d'une unité de monnaie est fonction des prix et dépend par conséquent de la quantité de monnaie que les autres individus ont à dépenser. » Si la compensation devenait effective, étant donné qu'il s'agit d'opérations non marginales distraquant des facteurs de production d'autres usages, le système de prix serait différent et l'on pourrait très bien avoir un surplus négatif au lieu d'un positif.

Par ailleurs dans sa mise en œuvre le critère du surplus suppose la détermination des courbes de demande des consommateurs ⁽¹⁾. Celle-ci est plus qu'approximative, même si l'on a recours à des estimations implicites donnant une borne inférieure. Il suffit par exemple que les individus intéressés par l'espace vert soient des mères de familles aisées, au lieu de retraités démunis pour que le surplus calculé soit totalement modifié. De même il suffit de prévoir la possibilité de garer sa voiture pour que la clientèle potentielle du parc soit plus importante, ce qui revient encore à modifier le montant du surplus.

3. L'actualisation

L'agrégation de revenus ou de surplus étalés dans le temps, afin de comparer plusieurs projets, nécessite le choix d'un taux d'actualisation, traduction de la rareté du capital. En matière d'environnement, la plupart des grands projets relèvent d'un financement public par l'intermédiaire du budget de la nation ou bien des collectivités locales. Aussi pour l'actualisation, comme le note A. Bernard [6, pp. 506-507] « dans la mesure où ce taux reflète fidèlement les préférences temporelles de la collectivité, son utilisation par tous les agents est un moyen d'atteindre l'optimum social que le Plan est censé révéler ».

Le choix des investissements est théoriquement fait de telle sorte qu'un transfert de ressources d'un projet à l'autre ne se traduise pas par une amélioration. Il y a donc égalisation des rentabilités marginales pour les différents secteurs. Pour ce qui est des investissements

1. Pour une critique de la méthode appliquée à l'estimation de la valeur des forêts à proximité des villes. Cf. POUPARDIN, RINGWALD, WOLFER, 1972 [37].

publics, les cloisons budgétaires vont à l'encontre d'une telle égalisation. Mais Duharcourt, 1972 [15, pp. 503-504] pense que si les avantages et inconvénients des divers projets publics ont été correctement appréciés « les enveloppes budgétaires attribuées *a priori* aux différents secteurs d'intervention publique reflètent les véritables préférences de l'État et on peut considérer que si par exemple l'État accorde une priorité à tel secteur d'intervention, c'est en fait qu'il attribue aux avantages escomptés une valeur plus importante que celle qu'on avait primitivement supposée ».

Ceci signifie en clair que, réciproquement on peut juger de l'importance que la collectivité attache à un problème d'après la part de budget qui lui est allouée. Vu la proportion de fonds publics allant aux actions de protection du milieu naturel, il y a de quoi s'alarmer ! Les générations futures, qui elles sont susceptibles d'avoir un taux d'actualisation psychologique très élevé pour les investissements d'environnement, sont sacrifiées. Or, ces générations, bien que concernées par nos décisions actuelles, ne peuvent se manifester en tant que demandeurs. Ainsi, le principe d'actualisation qui reconnaît aux services rendus une valeur décroissante dans le temps est-il en soi particulièrement dommageable pour ce qui est de certaines ressources naturelles, en raison du caractère irréversible de leur destruction.

Hormis cette objection de caractère plutôt philosophique, on doit noter les implications pratiques résultant du choix d'un taux d'actualisation. Pour l'État, si l'on suit Abraham et Thomas 1970 [1, p. 323] on a un taux unique se situant à un niveau élevé. En effet selon ces auteurs [1, p. 324] le taux d'actualisation varie comme le taux de croissance de l'économie, et en raison inverse du niveau de développement de celle-ci. Rappelons que pour les 5^e et 6^e Plans, il a été fixé à 10 % en termes réels. Ceci conduit donc bien à sacrifier, les investissements très longs de faible « rentabilité », tels ceux ayant trait à l'environnement au profit du secteur autoroutier ou téléphonique où l'investissement marginal a une forte rentabilité ⁽¹⁾.

4. *L'analyse coûts-avantages*

Partant de l'idée que l'obstacle le plus important à l'application du calcul économique pour l'environnement réside dans le fait qu'on a affaire à des productions non marchandes, les économistes ont développé l'analyse coûts-avantages. D'après Terny 1967 [41, p. 532] elle « consiste en quelque sorte à simuler, en l'enrichissant, le fonctionnement d'un marché concurrentiel et à trouver des estimations monétaires des coûts et avantages liés à la production d'un service non marchand, en recherchant quel est le prix que les individus consentiraient à payer s'il existait un marché ».

Selon Henri Guillaume 1972 [18, p. 363] il s'agit d'« une analyse d'équilibre partiel, classant les projets publics en fonction du surplus économique qu'ils procurent à la collectivité ». L'intérêt de cette définition c'est la mise en évidence des fondements mêmes de l'ensemble des techniques que l'on vient d'étudier : utilisation du surplus collectif en incluant les seuls effets externes d'ordre technologique, raisonnement basé sur une notion de l'équilibre.

La méthode repose sur une fonction d'utilité collective qui, remarque Marc Guillaume 1972 [19, p. 416], est déduite d'une situation d'équilibre donnée. C'est une fonction implicitement associée à l'équilibre spontané des agents. Le critère du surplus est utilisé lors d'une transformation marginale pour lesquelles le surplus (variation de la valeur de la consommation globale calculée avec les prix associés à l'équilibre) est positif sont avantageuses

1. Pour être plus complet il conviendrait de faire intervenir les critiques relatives à la prise en compte de l'incertitude. Pour un exemple clair, cf. Ballion, Henry, Le Roux, Renard, 1972 [5, pp. 291-296].

du point de vue de la fonction d'évaluation associée à l'équilibre » note Marc Guillaume, 1972 [19, p. 417].

Ainsi l'emploi du critère du surplus revient à entériner la fonction implicite d'évaluation et l'on admet que la situation de départ est optimale et plus particulièrement en ce qui concerne la répartition des revenus ⁽¹⁾. D'autre part, d'après Henri Guillaume 1972 [18, p. 386], « le surplus collectif doit être calculé par rapport à l'état d'équilibre final défini par la politique économique d'ensemble de l'état, et non par rapport à l'état initial ».

Il s'agit d'une analyse d'équilibre partiel, ce qui revient à admettre que les décisions prises dans le secteur qui nous intéresse n'ont qu'un impact réduit sur l'ensemble de l'économie, ne touchant qu'un très petit nombre d'entreprises. De ce point de vue les relations entre l'environnement et l'économie sont si importantes en raison du poids intrinsèque des projets ou de leurs implications générales, qu'une telle hypothèse est irréaliste. Enfin, à la suite de Margolis, certains auteurs tel Wildavsky, 1971 [42] mettent en évidence la possibilité de conflits entre la rationalité économique telle qu'elle découle de la recherche d'un optimum parétien, et la rationalité politique. Si l'on met entre parenthèses l'ensemble des difficultés précédemment évoquées, on voit que la simulation du fonctionnement du marché conduit l'économiste à proposer aux décideurs des choix qui peuvent se trouver en contradiction avec la notion d'intérêt général sous-jacente aux processus de décision politique et administratif en cours. Dans ce cas, il y a des contradictions débouchant sur une possibilité de conflit.

Pour terminer, nous voudrions citer les conclusions d'un spécialiste du calcul économique, Lesourne, 1972 [31, pp. 450-451]. Il constate que plus on se rapproche des situations réelles, et plus le calcul économique doit s'entourer de précautions pour avoir un sens. Constatant toutes les hypothèses et restrictions dont on doit s'entourer Lesourne considère que le principal mérite du calcul économique réside dans son caractère « d'éducateur du jugement » pour les décideurs. On peut souscrire à ce jugement, relativement prudent, pour l'économie de la production. Mais dans le domaine de l'environnement, le calcul économique a-t-il encore cette vertu? Rien n'est moins sûr.

B — *Démarche économique et environnement*

Les insuffisances du calcul économique en matière d'environnement ont pour nous un caractère fondamental. Elles sont le reflet d'une inadéquation théorique et d'une démarche trop restreinte. Ceci apparaît dans la primauté du consommateur, pierre d'angle de la construction et de l'explication du système économique, dans la prééminence de l'analyse sous forme de flux, et enfin dans le fait que les analyses soient uniquement en termes monétaires.

1. *La primauté du consommateur*

Dans sa lutte contre la rareté, l'économie s'est surtout préoccupée d'analyser parmi les activités humaines « celles consacrées sciemment et systématiquement à la production d'effets voulus et reconnus pour positifs » comme le souligne Bertrand de Jouvenel, 1972 a [25, p. 54]. En effet, le domaine de ce que l'on nomme activités économiques, couvre l'ensemble des actes destinés à satisfaire des destinataires, pour lesquels ils sont conçus. A

1. Cette hypothèse de répartition optimale des revenus du point de vue de la collectivité est difficilement soutenable. Elle conduit à affirmer qu'un transfert de revenu donné procure la même augmentation de bien-être social que l'on soit en présence d'un manoeuvre ou d'un P. D. G. Azzri et Cox 1973 [4] montrent bien qu'il est impossible de spécifier une fonction d'utilité collective n'incluant pas de jugement de valeur sur la répartition. De ce fait, les analyses coûts-avantages qui aboutissent à une classification des projets selon leur rentabilité supposent au départ une répartition des revenus optimale.

une demande précise formulée par les consommateurs répond la production de biens. Cet état de choses tient essentiellement à des raisons pratiques, les économistes ayant centré leur attention sur les problèmes les plus immédiats liés à la production.

Par contre, les effets à caractère négatif dus à l'activité humaine, qu'ils soient ou non directement issus de l'acte de production (pollutions, nuisances) ne sont pas prévus en fonction de destinataires précis. Il s'agit de contreparties fâcheuses, malheureuses pourrait-on dire, inhérentes à la nature des choses et que l'on doit subir en contrepartie d'un certain nombre de satisfactions. On ne se préoccupe pas de savoir qui les supporte à l'inverse des actes économiques. En termes informatiques on dirait que ceux-ci sont adressés (on cherche à satisfaire le consommateur), alors que ceux-là ne le sont pas.

Toute la théorie économique est bâtie à partir de la demande des ménages, le « vote des consommateurs » de Samuelson, 1967 [40, p. 60], vote exprimé en dollars bien sûr, puisque seule la demande solvable est prise en considération. Dans ce schéma il est évident que la demande d'environnement à caractère diffus et pas forcément de type marchand, n'est pas prise en considération. Elle n'apparaît au grand jour, c'est-à-dire sur le marché que lorsqu'elle s'exprime dans les formes habituelles : demande d'un bien précis pouvant faire l'objet d'échanges, comme les résidences secondaires. Le refus de voir la nature dégradée n'entre pas dans ce cadre et n'est donc pas pris en compte. Aucun mécanisme, équivalent au marché, ne permet d'éliminer les effets négatifs.

On peut dire avec Joan Robinson, 1973 [39, p. 4] que « le laisser-faire et la prétendue souveraineté du consommateur sont restés des dogmes absolus, exception faite de quelques problèmes mineurs qui sont évoqués sous le titre d'externalités et auxquels on prétend trouver aisément des solutions ». Le rôle croissant de la publicité montre bien dans quelle mesure l'hypothèse que l'individu est le meilleur juge de son bien-être est un faux-semblant. Son développement conduit d'autre part à des distorsions créatrices d'effets externes.

Si la construction économique partant de la primauté du consommateur aboutit à quelque chose de rationnel, séduisant pour l'esprit, on constate que l'introduction des problèmes d'environnement conduit à une remise en cause radicale. Ceci apparaît clairement dans les concepts de base.

2. La prééminence de l'analyse sous forme de flux

Le modèle général dont on dispose pour décrire et expliquer la réalité économique repose essentiellement sur une mécanique des flux. Ceci est évident pour la comptabilité nationale où l'on n'élabore pas de bilan. La primauté du consommateur se traduit par la place privilégiée du concept de consommation au sein de la théorie économique. Les aspects patrimoniaux n'apparaissent qu'à travers les fonctions de production, ou l'étude du comportement des agents. Encore faut-il noter que le capital est parfois pris en considération au moyen de la dépréciation annuelle. Même si l'on établit des bilans annuels à côté des comptes de la nation, ceci est bien insuffisant dans la mesure où l'on néglige entièrement le patrimoine Nature.

Aujourd'hui, les prélèvements sur la nature sont appréciés uniquement à travers le coût des matières premières, tandis que les rejets d'effluents, leur accumulation et leurs effets sont ignorés globalement. La destruction du milieu naturel, destruction dont on n'a pas encore mesuré toute l'étendue, n'intervient pas en déduction dans le calcul du taux de croissance. Nous dilapidons notre patrimoine sans qu'aucun indicateur ne vienne le signaler.

Or d'un strict point de vue matériel une telle attitude est néfaste car aboutissant au gaspillage des ressources naturelles. D'un point de vue général ceci conduit à l'altération

des conditions de vie des consommateurs-producteurs. La conséquence en est l'importance croissante de coûts sociaux autrefois moindres. Ainsi la disparition des espaces verts dans les villes et l'urbanisation forcenée sont cause du développement des résidences secondaires qui distraient d'emplois plus utiles une épargne considérable. D'autre part, ceci provoque un accroissement démesuré de la circulation en fin de semaine, avec ce que cela représente en coûts pour la nation tant en investissements routiers, immobilisation de forces de police qu'en accidents corporels. Les conséquences sur la santé sont plus difficiles à apprécier.

L'utilisation de la nature comme dépotoir préoccupe moins car les conséquences sont moins perceptibles. Et pourtant c'est peut-être plus important. Pour le moment seule la pollution des cours d'eau inquiète, car elle touche de près les individus qu'il s'agisse du pêcheur qui n'attrape plus de poissons, ou de la ménagère qui doit acheter dans le commerce son eau potable. Ayres et Kneese ont calculé [27, p. 22] qu'en 1965 le poids total de matières entrant dans le système économique américain non compris les matériaux de construction s'élevait à 2,6 milliards de tonnes, soit environ 14 tonnes par individu ! On admet que ce qui sort comme déchets du processus productif équivaut, en poids, à ce qui est entré. On voit donc l'ampleur du problème posé.

L'innovation qui stimule la consommation en proposant toujours des produits nouveaux est le moteur de l'économie. Elle conduit, combinée à l'action publicitaire, à accélérer la rotation des biens et marchandises ainsi que des équipements durables. L'accent étant mis sur le renouvellement accéléré, afin de soutenir la croissance cela aboutit à favoriser les gaspillages en entrées, et donc à accroître considérablement les sorties. Notre vision en termes de flux favorise cet état de choses.

Suivant Fisher qui rejette tout découpage arbitraire entre biens de capital et biens de consommation formant le revenu ⁽¹⁾, des auteurs tels Ayres et Kneese, 1969 [3, p. 284] suggèrent que « le mot consommation soit complètement retiré du vocabulaire de l'économiste, car il est fondamentalement mensonger... Le mot consommation ne devrait pas être utilisé pour des biens, mais seulement pour des services, ou des flux d'utilité ». Si l'on admet qu'en fin de compte c'est le stock y compris la nature qui compte, on doit minimiser, sous certaines contraintes, bien sûr les flux qui correspondent à l'usure des biens au lieu de chercher au contraire comme on le fait, à les maximiser. Cette minimisation permet par ailleurs de réduire la masse des effluents.

L'accent mis prioritairement sur le patrimoine conduit à une remise en cause profonde du système économique basé sur la croissance du produit national exprimé en termes monétaires.

3. *L'analyse économique est uniquement en termes monétaires exprimés par le marché*

Par essence l'analyse économique est menée essentiellement en termes monétaires, malgré quelques tentatives pour s'affranchir du lien financier, ne serait-ce que dans la description des interrelations. Tel est le cas de Magaud 1967 [32] cherchant à déterminer le nombre d'heures de travail nécessaires par catégorie de travailleur pour élaborer un bien donné, ou des essais d'élaboration de fonctions de production en remplaçant le capital par des équivalents énergétiques. Mais il s'agit de travaux isolés et partiels.

1. Pour FISHER « La seule véritable méthode... c'est de regarder uniquement comme revenu le service d'habitation pour son propriétaire (abri ou loyer en argent), le service d'un piano (musique) et le service des aliments (nourriture) et d'exclure également de manière toute aussi uniforme de la catégorie du revenu, l'habitation, le piano et même les aliments. Toutes ces choses sont du capital et non du revenu » texte in JEANNENEY, BARRE, FLAMANT, PERROT, 1958 [22, pp. 203-204].

Cette prééminence du raisonnement en termes monétaires est particulièrement choquante dès lors qu'on se fie à l'évolution du Produit national pour chiffrer l'enrichissement de la nation. Ainsi la destruction d'un bois par une entreprise qui l'a acquis pour y garer des voitures intervient dans le Produit national comme élément positif, au même titre que la production de blé par exemple, simplement parce qu'il y a eu paiement. De même, une somme engagée par l'État pour reboiser une zone aride, et donc de créer quelque chose, est comptabilisée de manière identique à une dépense pour l'installation d'un camp militaire qui conduira à la destruction d'une région.

Le comble est atteint avec le développement des industries antipolluantes. Alors qu'il s'agit d'un coût pour la collectivité, le montant de leurs activités est compris dans l'enrichissement de la nation, au même titre que le produit des firmes polluantes. Plus ces dernières sont actives et plus le niveau des premières augmente et donc plus le Produit national est élevé. Jouvenel, 1972 *b* [25, p. 1157] synthétise ces aberrations en écrivant : « ceci donne au Produit national son vrai visage : c'est l'expression abstraite (...) des fournitures correspondant à nos modes de vie (...) et, pourrait-on dire, c'est le coût du train de vie de la nation, dans sa structure, et dans ses mœurs actuelles ».

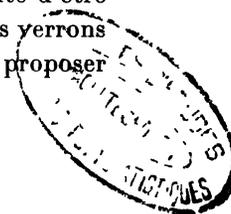
Si choquants soient-ils, ces faits ne sont pas très graves dans la mesure où l'on peut imaginer des méthodes de calcul du Produit national où l'on tiendrait compte des effets négatifs des activités économiques (la notion de gaspillage étant à définir) à côté des effets positifs. Mais ce qui paraît rédhibitoire, c'est l'utilisation des transactions financières comme seul moyen d'appréciation des conditions de vie de l'homme. Cette optique nous écarte obligatoirement des rapports de l'homme avec son milieu naturel. Elle permet simplement de décrire certains types de rapports entre les hommes (rapports marchands) ou bien elle conduit à l'utilisation de méthodes reposant sur des hypothèses fort discutables.

Pour y remédier, et tenir compte des rapports de l'homme avec son environnement deux voies sont ouvertes. La première concerne la recherche d'indicateurs sociaux donnant une idée plus juste et plus complète de la qualité de la vie, ce terme incluant les facteurs non quantifiés habituellement, car de type non marchand. Mais cette approche reste centrée sur l'organisme social, les facteurs d'environnement étant vus seulement par leurs conséquences sur l'homme. On ne tient pas compte des liens organiques et des relations de causalité s'établissant entre l'activité humaine et le milieu naturel. Aussi nous semble-t-il que la priorité doit être donnée à une approche, plus globale, intégrant tous les aspects à la fois et recourant aussi bien aux données économiques qu'écologiques.

Dans la deuxième partie de cet article, nous tenterons de voir en quoi consiste cette approche sur le plan théorique, à quels essais dans cette voie peut se référer, et quelles sont les orientations qui semblent les plus intéressantes.

II — L'APPROCHE ÉCOLOGICO-ÉCONOMIQUE

L'attitude essentiellement normative qui sous-tend la démarche économique, aussi bien dans les techniques du calcul économique que dans le concept de croissance économique est peu adaptée, nous l'avons vu, à la prise en compte des problèmes d'environnement. Mais ce terme assez vague auquel nous nous sommes référé jusqu'à présent, nécessite d'être cerné de plus près, ce en quoi nous nous emploierons dans un premier point. Puis nous verrons dans l'optique qui nous intéresse les tentatives effectuées, et enfin nous essaierons de proposer une démarche pratique plus adaptée à notre avis.



A — *Essai de définition*

La meilleure définition, nous semble-t-il, est due à Prud'homme, 1972 [38, p. 1226] pour qui l'environnement se trouve à l'intersection des domaines de l'économie et de l'écologie, car précise-t-il « Qu'est-ce que l'environnement sinon cette partie du domaine de l'écologie qui est affectée par les activités économiques des hommes ou si l'on préfère, cette partie du domaine de l'économie qui est affectée par les relations et les cycles écologiques? On voit d'ailleurs pourquoi l'importance de l'environnement grandit d'année en année : c'est parce que l'importance de cette intersection croît constamment ».

L'écologie, « science qui étudie les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toutes natures qui existent entre ces êtres vivants et leur milieu », selon Dajoz, 1970 [13, p. 2] introduit une dimension supplémentaire. En effet, elle permet de prendre en compte non seulement tout ce qui touche aux ressources naturelles, qu'il s'agisse des biens libres (air, eaux fluviales, mers) ou de biens faisant l'objet d'une appropriation quelconque (terre, gisements miniers...) mais aussi les processus de recyclage. Ce dernier point est fondamental car il modifie du tout au tout notre façon d'aborder les problèmes, ce qu'a bien senti Bertrand de Jouvenel, 1970 [24, p. 531] quand il déclare : « La vision à laquelle nous sommes accoutumés est celle d'un parcours des marchandises qui est à sens unique, des producteurs aux consommateurs. Il nous faut y substituer la vision d'un parcours des matières, qui est circulaire. Prises dans l'environnement, les matières s'y retrouvent, sous des formes altérées. »

Il faut noter la place de choix qu'accorde l'écologie à l'étude des flux d'énergie lors des transferts de matière dans les écosystèmes ⁽¹⁾, rejoignant par là les préoccupations actuelles des économistes. Matière et énergie sont prélevées et fixées le long de la chaîne alimentaire avec intervention des agents biologiques, dont l'homme. Mais l'intervention de celui-ci a pour caractéristique des prélèvements et des rejets considérables sans mise en place corrélative de système de recyclage à caractère régulateur.

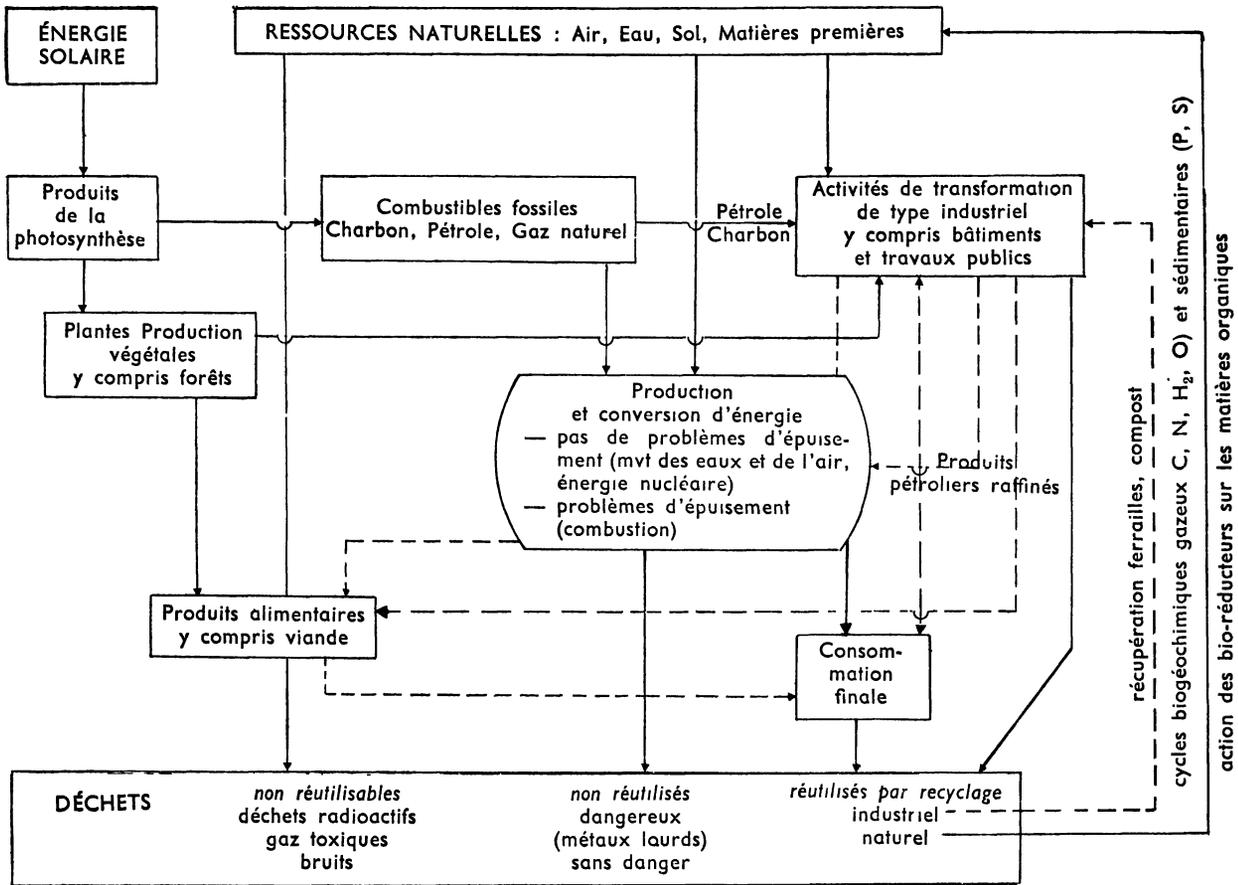
Nous inspirant de divers auteurs, dont Ayres et Kneese, 1969 [3, p. 285] nous avons élaboré un schéma général des interrelations entre l'homme et son milieu naturel sur un plan strictement fonctionnel, les aspects esthétiques étant négligés. Toutefois, la prise en compte des activités de construction introduit un élément quantitatif permettant d'apprécier la destruction des paysages. En effet, ces activités ont pour conséquence, outre l'édification de bâtiments, routes... l'ouverture de carrières, sablières; l'abattage de forêts; le déversement de déblais; la production de fumées par les cimenteries, etc. En 1963, un rapport officiel américain estimait au total de 17 tonnes par habitant le poids de matériaux de construction utilisés ainsi que de produits remués pour les obtenir ⁽²⁾.

La figure 1 met en évidence trois pôles correspondant aux activités économiques :
— la production d'énergie et sa conservation en vue de son utilisation. Les sources d'énergie peuvent être classées selon qu'il y a ou non des problèmes d'épuisement. Ainsi tout ce qui trouve son origine dans le mouvement des eaux (barrages ou utilisation des marées) ou des airs (éoliennes) s'oppose à l'énergie provenant de la combustion directe. D'autre part, il convient de tenir compte de l'existence de déchets plus ou moins importants ou difficiles à éliminer, ce qui est le cas pour l'énergie d'origine nucléaire. Ce double critère

1. Cf. DAJOZ, 1970 [13], chap. 12 et ODUM, 1971 [36], chap. 9.

2. Cf. Restoring the Quality of our Environment. Report of the Environmental Pollution Panel President's Science Advisory Committee, Washington, the Withe House, novembre 1965, p. 11, cité par JOUVENEL, 1970 [24, p. 524].

FIG. 1. — Schéma des interrelations entre activités économiques et milieu naturel



Note : Les relations entre pôles, d'activités économiques figurent en pointillé, celles avec le milieu naturel en traits pleins.

(caractère renouvelable, déchets) est particulièrement important en matière d'environnement, et conduit à penser que l'énergie solaire, malgré les difficultés technologiques soulignées par Aigrain, 1972 [2] est la source d'avenir;

— les activités de transformation de type industriel y compris les bâtiments et travaux publics. A cette catégorie il faut joindre la production de denrées alimentaires (végétales et animales) dissociées des précédentes en raison de l'importance du facteur terre dans leur obtention. Ces activités font appel à l'énergie et aux ressources naturelles et produisent aussi des déchets;

— la consommation finale qui est le but des activités précédentes et leur point de convergence et qui se traduit par des déchets sous la forme la plus visible d'ordures ménagères, mais aussi d'eaux d'écoulement, fumées...

Ces trois pôles, entre lesquels s'échangent des flux, sont en rapport avec en haut les ressources naturelles, l'énergie solaire se situant à ce niveau, et en bas avec le déversement des déchets. Dans les deux cas, il y a une notion de stock sous-jacente : stock d'air, d'eau, terre et de matières premières disponibles et stock de rebuts dont on ne sait que faire. Les cycles biogéochimiques permettent le recyclage naturel sous forme gazeuse ou de sédiments d'une partie de déchets. Tout ce qui n'est pas recyclé naturellement doit faire l'objet d'une

récupération dans le cycle économique si on ne veut pas le voir s'accumuler, à moins de réduire la production de déchets.

Les rebuts sont classés selon leur nature :

— non réutilisables, déchets radioactifs, gaz nocifs, bruits, éléments dont il faut réduire la production de façon draconienne;

— non réutilisés en distinguant ceux qui sont dangereux tels les métaux lourds susceptibles de provoquer de très sérieuses perturbations sur la flore et la faune, de ceux qui ne sont pas dangereux. Parmi ces derniers, citons les scories, ballasts, la pollution thermique, les appareils au rebut, les gravois...

— réutilisés soit par recyclage naturel, soit pour la récupération dans le processus de production, récupération qui nécessite une consommation d'énergie et de ressources naturelles.

A cette classification fonctionnelle, il faudrait superposer une classification physique (solide, liquide, gazeux) correspondant à des procédés technologiques pouvant être utilisés pour des traitements visant soit à réduire le volume des rebuts, soit à les récupérer. Ainsi l'intégration des activités humaines dans les cycles écologiques conduit à combiner la vision en termes de flux, propre à l'économie, avec la vision en termes de patrimoine propre à l'environnement, avec les conséquences déjà signalées sur la durée de vie des biens de consommation et des biens d'équipement.

Dans le deuxième point, nous allons examiner les tentatives de formalisation d'une approche écologico-économique sur la base des tableaux d'entrées-sorties. C'est dans cette voie à l'heure actuelle, où l'on a le plus avancé sur le plan opératoire.

B — *L'utilisation des tableaux d'entrées-sorties*

Au premier abord, cette méthode d'analyse des phénomènes économiques paraît bien adaptée à une approche écologico-économique, en raison de ses principes, ainsi que de son caractère plus positif que normatif. Elle permet de prévoir les effets d'une politique d'environnement sur les prix et les revenus comme l'indique Kolm, 1973 [29] qui cite les résultats de divers travaux entrepris à l'étranger. Ainsi une action efficace contre la pollution de l'air et de l'eau par les six branches les plus polluantes de l'économie italienne se solderait par une augmentation des prix de 5 % environ. Des études effectuées au Japon montrent qu'une diminution de 50 % de la pollution atmosphérique due au SO₂ se traduirait par une hausse des prix de 4 % tandis que si l'on souhaite une épuration à 100 %, il en résulterait une hausse de 6 %.

L'insertion des activités économiques dans le milieu naturel à l'aide des modèles d'entrées-sorties a fait l'objet de formulations plus ou moins poussées. Daly, 1968 [14] présente d'une façon assez générale, comment s'articulent secteur humain et non humain au sein de l'écosystème. Quant au créateur de la méthode, Leontief, 1970 [30], lui-même, propose une extension de sa technique permettant d'intégrer les effets externes de production et de consommation aux tableaux d'entrées-sorties habituellement utilisés.

Leontief considère la pollution comme un produit fatal, parmi d'autres, de l'activité économique. Elle dépend de la technologie en cours dans chaque branche, ainsi que du niveau de production et de consommation. On peut donc la mesurer, et grâce à un système de coefficients techniques, il est aisé de décrire et analyser l'interdépendance structurelle entre branches de production, consommation et importance de la pollution. Ainsi au tableau

classique est ajoutée une activité pollution et une anti-pollution. Les coefficients de la ligne pollution indiquent le montant de produits polluants dû à chaque branche, tandis que l'élimination faite par les branches anti-pollution apparaît en colonne.

En reprenant les notations de Leontief, on a les matrices de coefficients techniques :

- A_{ij} matrice des coefficients techniques classiques représentant l'input du bien i par unité produite de j ;
- A_{ig} représentant l'input de bien i nécessaire pour éliminer une unité de polluant g ;
- A_{gi} représentant la production de polluant g pour produire une unité du bien i ;
- A_{gk} représentant la production de polluant g quand on élimine une unité de polluant k (l'activité anti-pollution a en effet des sous-produits polluants);
- Q_{gi} où l'on a multiplié la part de polluant g produite par i par le coefficient technique a_{gi} ;
- Q_{gk} où l'on a multiplié la part de polluant g produite par l'élimination d'une unité de k par le coefficient technique a_{gk} .

En ce qui concerne les variables, on a les matrices :

- X_i qui représente la production totale du bien i ;
- X_g qui représente le montant du polluant g qui est élimé;
- Y_i qui représente le total des consommations finales de i par les ménages;
- Y_g qui représente le total des consommations finales de g par les ménages;
- P_i prix d'une unité du bien i ;
- P_g coût d'élimination d'une unité du polluant g ;
- V_i valeur ajoutée de la branche i pour la production d'une unité du bien i ;
- V_g valeur ajoutée de la branche anti-pollution g quand elle élimine une unité du polluant g ;

L'équilibre physique des entrées et des sorties est assuré par le système :

$$\begin{bmatrix} 1 - A_{ij} & -A_{ig} \\ A_{gi} & -1 + A_{gk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ X_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_i \\ Y_g \end{bmatrix}$$

L'équilibre entre prix et valeurs ajoutées est assuré par le système :

$$\begin{bmatrix} 1 - A'_{ij} & -Q'_{gi} \\ -A'_{ig} & 1 - Q'_{gk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_i \\ P_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_i \\ V_g \end{bmatrix}$$

Ces équations permettent de déterminer pour un vecteur de demande finale donné quel niveau de production on doit avoir pour chacune des branches, y compris les activités anti-pollution. De même, connaissant les valeurs ajoutées par branche, on peut chiffrer le prix des produits et le coût de la lutte contre la pollution ainsi que les incidences sur le revenu des ménages.

En réalité, la présentation de Leontief paraît plus une extension de l'analyse à partir des tableaux d'échanges interindustriels, qu'une prise en compte des phénomènes d'environnement. Cumberland 1973 [11] tente d'aller plus loin dans cette voie, s'orientant vers des applications concrètes.

Il propose un modèle où l'élément de départ est un tableau d'échanges interindustriels classique, complété par une série de matrices interdépendantes dites de traitement des déchets, et d'environnement qui indiquent les rapports entre activités économiques, et pollution et ressources naturelles. Alors que les activités économiques apparaissent en termes monétaires, les flux matériels sont indiqués en tonnage dans les colonnes des matrices de traitement et d'environnement.

*Modèle d'entrées-sorties de Cumberland intégrant les aspects d'environnement**Sorties, ventes et distribution*

Matrices des échanges économiques (production et consommation) en termes monétaires					Matrice des processus de traitement en termes physiques : tonnage	Matrice de l'environnement en termes physiques : tonnage	Évaluation coût avantage
Intrants et achats	échanges inter-industriels (en termes monétaires)	consommations intermédiaires	traitement	demande finale	production	résidus rejetés peut être traités	résidus non traités rejetés dans l'environnement
		traitement					
		valeur ajoutée		PIB		résidus de la consommation	résidus de la consommation
		production					
	processus de traitement (tonnage)	déchets recyclés			transfert d'un traitement à un autre	résidus rejetés dans l'environnement après traitement	Bénéfices provenant d'une réduction des dommages causés à l'environnement.
	environ- nement (tonnage)	intrants de l'environnement à recyclage naturel : air, terre, eau			intrants de l'environnement pour les processus de traitement	échanges dans l'environnement	
	évaluation coût avantage	coût des améliorations de l'environnement					

Source : A model of economic and environment relationships, Cumberland, 1973 (p. 46).

Pour tenir compte des effets des rejets sur l'écosystème, Cumberland complète son modèle par un secteur coût-avantage qui permet de chiffrer le coût de la lutte anti pollution par l'utilisation d'intrants supplémentaires, et les bénéfices retirés d'une diminution des dégâts causés en milieu naturel. Cette approche combine donc une analyse d'équilibre général, avec l'analyse coût-avantage comme moyen d'affecter de façon optimale les ressources. Le tableau symbolise la démarche adoptée.

Par rapport à Leontief, la démarche de Cumberland a l'avantage d'être à la fois plus générale et plus précise en distinguant les flux économiques des flux d'environnement. Ce point est souligné par le fait que le traitement des déchets est envisagé dans la sous-matrice industrielle. Il convient aussi de souligner l'intérêt d'une prise en compte des flux d'environnement et de traitement en termes physiques, bien que l'auteur ne soit pas explicite quant à leur rôle dans le modèle.

Si tentante que soit la méthode des tableaux d'entrées-sorties, elle n'est pas sans poser de problèmes. Il y a les questions classiques liées à l'utilisation de fonctions linéaires et homogènes ⁽¹⁾.

Mais on peut aussi s'interroger avec Jessua 1968 [23, pp. 43-59] sur la signification des coûts sociaux tels qu'ils sont pris en compte dans les tableaux d'échanges interindustriels. Ceci est particulièrement important pour le modèle de Cumberland où la méthode coûts-

1. Walter ISARD, 1972 [21, p. 95] propose une approche écologico-économique basée sur divers modèles, dont les tableaux d'échanges interindustriels. Pour les processus non linéaires que l'on ne peut négliger il pense qu'il vaut mieux les traiter à part, alors que d'autres auteurs cherchent plutôt à intégrer ces processus dans les tableaux d'entrées-sorties.

avantages tient un rôle prépondérant. Le recours à ce type d'analyse dont les limites ont déjà été examinées est ici plus critiquable que lors d'études partielles. Ainsi que nous l'avons vu, il s'agit d'une analyse d'équilibre partiel; sa généralisation lui ôte donc tout sens. Enfin, reste l'approche en termes de patrimoine qui est totalement absente de la méthode.

Ainsi, les limites propres à l'utilisation des tableaux d'entrées-sorties jointes à la rigidité de la méthode nous incitent à rechercher autre chose. En l'état actuel de nos connaissances, il semble que l'analyse de systèmes, à la base du modèle du MIT sur les limites de la croissance Meadows et all 1972 [34] soit la technique la mieux adaptée à une approche écolo-gico-économique.

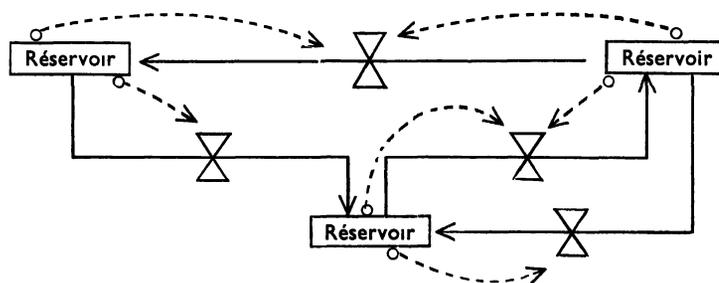
C — *L'analyse de systèmes*

Au départ, il y a la mise au point de la « dynamique industrielle » vue comme une méthode de gestion. Les applications se sont développées touchant de nombreux domaines, ce qui conduit son créateur à proposer le concept plus général de « dynamique des systèmes », Forrester, 1971 [16, p. 13].

Cette méthode tient compte de l'aspect cybernétique des décisions économiques avec prise en considération des stocks et des flux, et plus particulièrement des flux d'information. Chaque système, le système étant entendu comme un ensemble de variables ayant des relations définies, est considéré comme un ensemble de réseaux. Chacun d'eux comprend des réservoirs entre lesquels s'établissent des flux dont le débit dépend de centres de décision, lesquels sont reliés au niveau des réservoirs.

Reprenant le schéma de Bonnieux, 1971 [7, p. 26] qui donne une excellente présentation de la méthode, on a la structure de base représentée figure 2 avec des réservoirs, les flux transportant le contenu d'un réservoir dans un autre, les centres de décision qui contrôlent les débits et les canaux d'information. Ces derniers qui connectent les centres de décision au niveau des réservoirs, jouent un rôle très important assurant la cohérence du modèle. D'autre part, à chaque centre de décision se trouve associée une fonction de décision ou de transfert, c'est-à-dire un ensemble de règles permettant de convertir des informations en actions fixant le débit des flux. « Les informations concernent soit l'état du système (c'est-à-dire la valeur de ses niveaux), soit l'environnement. Les fonctions de décision déterminent le mode d'action du système. Elles peuvent dépendre automatiquement de l'état du système, ou bien traduire la politique à un moment donné d'un agent responsable de la conduite du système » Bonnieux, 1971 [7, p. 27].

FIG. 2. — Structure de base d'un réseau



Signification des symboles : ∇ centre de décision
 \rightarrow flux
 \dashrightarrow canal d'information

Dans la dynamique des systèmes, les effets de couplage, ou rétroactions, ont un rôle essentiel, justifiant pleinement le terme de dynamique par opposition à de nombreux modèles à caractère cinématique. En effet, toute décision prise en fonction d'un flux d'information se traduit par une action, qui elle-même a un effet sur l'environnement du centre de décision. Ceci entraîne des modifications perçues par le centre de décision par l'intermédiaire de nouvelles informations. Il en résulte une nouvelle décision. Ainsi, tout centre de décision appartient à une boucle de rétroaction formée des éléments : information — décision — action — information. Le mérite de Forrester tient dans la mise en évidence des effets de couplage et leur rôle dans les systèmes sociaux du point de vue de leur croissance, des fluctuations et de leur stabilité.

C'est une approche de type positif visant à décrire dans une première phase. Mais elle peut dans une deuxième étape avoir un caractère plus normatif car le modèle doit permettre de concevoir un nouveau système meilleur que le précédent. Le recours aux méthodes de simulation rend l'aspect normatif moins rigide que l'utilisation des techniques d'optimisation. En faisant varier en direction et en amplitude certains paramètres que l'on juge importants on peut explorer les effets de ces changements sur le comportement du système, en tenant compte des interrelations existantes. De nombreux problèmes concernant la validation des modèles restent à résoudre néanmoins.

Il faut noter que les critiques à l'encontre du rapport du MIT sur les limites de la croissance, dont certaines très vives ⁽¹⁾, ont surtout trait aux hypothèses retenues. Il est essentiellement fait reproche aux auteurs d'avoir basé leur travail sur la croissance exponentielle. L'aspect d'épuisement des ressources naturelles est d'autre part le plus contesté. Mais ces critiques ne remettent nullement en cause ni la validité, ni les fondements du modèle théorique.

Par rapport à l'écologie, l'analyse de systèmes est parfaitement adaptée. En effet, dans ses développements les plus récents, cette discipline se préoccupe des niveaux d'organisation en se référant à des « systèmes fonctionnels caractéristiques » Odum, 1971 [36, p. 4]. La notion de système des écologistes est entendue dans le même sens que Forrester. Il est donc très aisé d'appliquer aux écosystèmes les principes de la dynamique des systèmes.

Par ailleurs, on sait que l'écologie accorde un rôle fondamental aux rétroactions dans l'étude de la dynamique des populations. Ainsi Dajoz 1970 [13, p. 210] indique que chez la mésange *Parus major* les nichées sont de l'ordre de 14 oisillons pour une densité inférieure à un couple à l'hectare, mais il n'y a plus que 8 jeunes au maximum dès que la densité passe à 18 couples à l'hectare. Plus généralement, chez les oiseaux en hiver, il y a une relation étroite entre densité des populations et abondance de nourriture. Il s'agit donc d'un effet de couplage type.

La dynamique des systèmes par l'importance qu'elle attache aux stocks (les réservoirs du réseau) convient parfaitement à l'approche écologico-économique. Nous avons vu que les modèles du type Leontief étaient particulièrement déficients de ce point de vue. Il faut aussi signaler que cette méthode ne s'oppose pas à l'intégration de variables de nature psychosociologique, même si à notre connaissance, il n'existe pas d'applications dans cette voie. Ceci peut se révéler fort utile dans l'étude des problèmes d'environnement souvent perçus par les individus de façon plus qualitative que quantitative.

Il nous semble enfin que par rapport aux autres modèles la dynamique des systèmes

1. Joan ROBINSON, 1973 [39, p. 5] parlant de Meadows le qualifie, ainsi que d'autres auteurs de « faux-prophète » et « d'esprit chimérique ».

bénéficie d'une grande souplesse d'emploi étant utilisable à tous les échelons de l'activité économique, de micro-écosystème au macro-écosystème. Divers travaux sont d'ailleurs engagés en vue de formaliser un tel modèle au niveau d'une zone restreinte concernant un bassin versant.

P. RAINELLI
Chargé de recherches
à l'I. N. R. A.

Cet article se situe dans le prolongement du colloque organisé le 26 avril 1973 sur le thème : « Environnement et développement rural ».

La discussion reste ouverte pour les lecteurs du Journal de la Société de statistique de Paris quant au fond et à la forme de l'économie-écologie.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ABRAHAM C., THOMAS A., Microéconomie. Décisions optimales dans l'entreprise et dans la nation, 2^e édition, Dunod, 1970.
- [2] AIGRAIN Pierre, L'avenir de l'énergie solaire. *Analyse et Prévision*, juin 1972, n° 6, p. 641-663.
- [3] AYRES R., KNEESE A., Production, Consumption and Externalities. *American Economic Review*, juin 1969, pp. 282-296.
- [4] AZZI Corry F., COX James C., Equity and efficiency in program evaluation. *The Quarterly Journal of Economics*, august 1973, n° 3, pp. 495-502.
- [5] BALLION R., HENRY Cl., LE ROUX P., RENARD V., Procédures d'évaluation et de décision en matière d'équipements collectifs contribuant à la qualité de l'environnement. *Analyse et Prévision*, février 1972, n° 2, pp. 167-196 et mars 1972, n° 3, pp. 271-300.
- [6] BERNARD Alain, Une nouvelle évaluation du taux d'actualisation pour l'économie française. *Revue Économique*, mai 1972, n° 3, pp. 506-533.
- [7] BONNIEUX François, Présentation et applications d'une méthode de simulation. INRA, Station d'Économie rurale de Rennes. Série *Travaux de recherche*, n° 10, février 1971, 116 p.
- [8] BOURGAU J.-M., Essai d'évaluation économique de la fonction récréative de la forêt. *Revue Forestière Française*, mai-juin 1970, n° 3, pp. 401-414.
- [9] CLAWSON M., KNETCH J. L., Economics of outdoor recreation. John Hopkins Press, Baltimore, 1966.
- [10] CODDINGTON, OPSCHOOR, PEARCE, Limites de l'analyse des coûts et avantages appliquée aux programmes qui ont une incidence sur l'environnement. Problèmes d'économie de l'environnement. O. C. D. E., Paris, 1972, pp. 135-140.
- [11] CUMBERLAND John H., Un modèle concernant les relations économiques de l'environnement. *Revue Économique de Sud-Ouest*, n° 1, 1973, pp. 35-50.
- [12] CUSSET J.-M. Ressources naturelles, espaces de loisir et analyse économique. *Revue Économique*, n° 1, janvier 1970, pp. 58-89.
- [13] DAJOZ R., Précis d'écologie, Dunod, 1970, 357 p.
- [14] DALY Herman E., On economics as a life science. *The Journal of political Economy*, may-june 1968, n° 3, pp. 392-406.
- [15] DUHARCOURT Pierre, Choix des investissements publics et taux d'actualisation. *Revue Économique*, n° 3, mai 1972, pp. 493-505.
- [16] FORRESTER Jay W., World dynamics. Whright-Allen Press, Massachussets, 1971, 137 p.
- [17] GRAFF J. de V., Fondements théoriques de l'économie du bien-être. Dunod, 1970, 169 p.
- [18] GUILLAUME Henri, L'analyse coûts-avantages et la préparation des décisions publiques. *Revue Économique*, n° 3, mai 1972, pp. 358-409.

- [19] GUILLAUME Marc, La révélation des préférences dans l'analyse des choix collectifs, *Revue Économique*, n° 3, mai 1972, pp. 410-441.
- [20] HANNEQUART Achille, L'intégration des coûts de la pollution dans le calcul économique. *Revue d'Économie Politique*, n° 1, janvier-février 1973, pp. 26-55.
- [21] ISARD Walter et all., *Ecologic-economic analysis for regional development*. The Free Press, New York, 1972, 270 p.
- [22] JEANNENEY, BARRE, FLAMANT, PERROT, Documents économiques. Thémis, P. U. F., 1958, t. 1, 474 p.
- [23] JESSUA Claude, Coûts sociaux et coûts privés, P. U. F., 1968, 304 p.
- [24] JOUVENEL Bertrand de, Le thème de l'environnement. *Analyse et Prévision*, septembre 1970, n° 3, pp. 517-534.
- [25] JOUVENEL Bertrand de :
 a) Les économistes et l'environnement — Deuxième partie : Les outils. *Analyse et Prévision*, janvier 1972, n° 1, pp. 53-75.
 b) Sur la croissance économique. *Analyse et Prévision*, octobre 1972, n° 4, pp. 1143-1191.
- [26] KNEESE Allen. Économie et gestion de la qualité des eaux. Dunod, 1967, 267 p.
- [27] KNEESE Allen, Background for the economic analysis of environmental pollution in *The Economics of Environment*, edited by Peter Bohm, Allen Kneese, Mac Millan, 1971, 163 p.
- [28] KOLM Serge-Christophe, Instrument et critères d'une politique d'environnement. *Analyse et Prévision*, décembre 1971, pp. 1443-1460.
- [29] KOLM Serge Christophe, Les payeurs seront-ils les consommateurs? *Le Monde*, 10 avril 1973.
- [30] LEONTIEF Wassily, Environmental repercussions and the economic structure; an input-output approach. *The review of Economics and Statistics*, august 1970, n° 3, pp. 262-271.
- [31] LESOURNE Jacques, Le calcul économique. Théorie et applications. 2^e édition, Dunod, 1972, 464 p.
- [32] MAGAUD Jacques, Équivalent travail d'une production. *Population*, n° 2, mars-avril 1967, pp. 193-238.
- [33] MAHE Louis P., Une théorie économique simplifiée de l'exploitation des ressources naturelles libres ou non appropriées. Sciences agronomiques de Rennes (Bulletin de l'ENSA et du Centre de Recherche de Rennes), année 1974 (à paraître).
- [34] MEADOWS Donnella H. et all., Rapport sur les limites de la croissance in *Halte à la croissance?* Fayard, 1972, 314 p.
- [35] O. C. D. E., Le principe « pollueur-payeur » et les instruments d'allocation des coûts d'environnement. Note de secrétariat, août 1971, comité de l'environnement, 21 p.
 O. C. D. E., Problèmes et instruments relatifs à l'allocation des coûts d'environnement. Note du secrétariat. Comité de l'environnement, août 1971, 29 p.
- [36] ODUM Eugène P., *Fundamentals of ecology*, 3^e édition. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 1971.
- [37] POUPARDIN D., RINGWALD P. M., WOLFER B., La contribution des économistes à l'étude de la disparition des espaces naturels périurbains. *Annales d'Économie et Sociologie rurales*, 1972 vol. 1, n° 1, pp. 69-86.
- [38] PRUD'HOMME Rémy, Note sur la gestion de l'environnement. *Analyse et Prévision*, octobre 1972, n° 4, pp. 1223-1248.
- [39] ROBINSON Joan, La théorie de Keynes et la crise actuelle de la pensée économique; le point de vue de Joan ROBINSON, *Problèmes économiques*, 3 janvier 1973, n° 1303.
- [40] SAMUELSON Paul, *L'économie*, t. 1, Armand Colin, 4^e édition, 1967.
- [41] TERNY Guy, Techniques modernes de calcul économique, choix des programmes et projets d'investissements publics. *Analyse et Prévision*, juillet-août 1967, nos 1-2, pp. 517-544.
- [42] WILDAVSKY A., « L'aspect politique de l'efficacité » dans Rationalisation des choix budgétaires: vers une nouvelle raison d'État. *La Documentation Française*, 1971, Notes et études documentaires, n° 3815-3816.