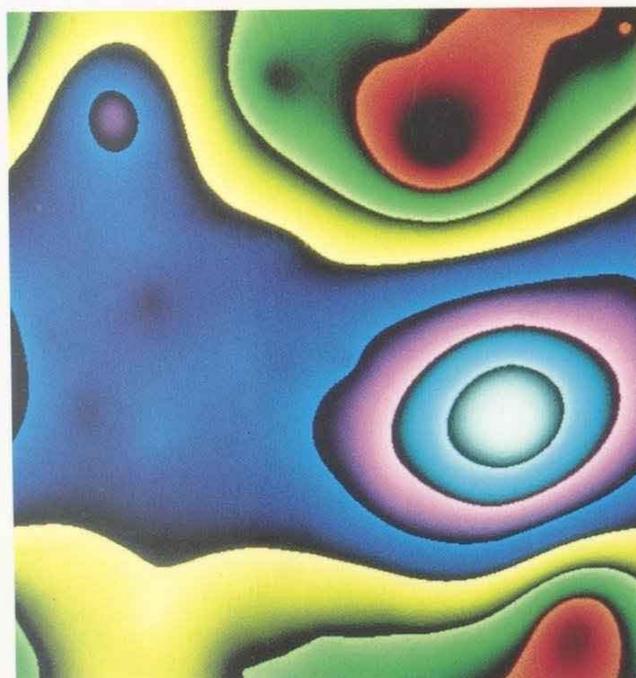


René PASSET

L'Économie et Le Vivant



2^e édition

 ECONOMICA

Nouvelle édition actualisée de l'ouvrage désormais classique qui, dès 1979, ouvrait la voie encore inexplorée de la recherche d'harmonisation entre les deux processus de destruction créatrice que sont le développement économique et l'évolution naturelle.

Après avoir analysé les conflits de logiques opposant la sphère productive à celle de la vie, l'auteur situe les mécanismes du développement dans les comportements sociaux et les régulations de la nature ; il en tire des principes fondamentaux concernant l'organisation sociale et la politique économique.

Précurseur du développement durable, ce livre annonce clairement l'émergence de la société informationnelle et applique une approche multidimensionnelle de systèmes complexes.

René PASSET

L'Économique et Le Vivant

2^e édition

Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences Morales et
Politiques

ECONOMICA
49, rue Héricart, 75015 Paris

1996
[1979]

Sommaire

Couverture

Présentation

Page de titre

Extraits de presse :

AVANT-PROPOS DE L'ÉDITION 1996

INTRODUCTION

PREMIÈRE PARTIE - *LE CONFLIT DES LOGIQUES*

CHAPITRE I - *L'extension de la sphère d'activité économique*

I. L'EFFET DE MASSE

II. LES MUTATIONS

III. L'ACCÉLÉRATION

IV. LA CONSCIENCE DES LIMITES

CHAPITRE II - *La réduction du champ de la pensée économique*

I. LE REPLIEMENT

II. L'INVERSION

III. LE RÉDUCTIONNISME

CHAPITRE III - *Le conflit*

I. L'ENVIRONNEMENT, BIEN COLLECTIF SOUMIS À

UNE LOGIQUE DE GESTION PRIVÉE

II. CAUSALITÉ LINÉAIRE CONTRE

INTERDÉPENDANCE ET CIRCULARITÉ

III. LES CONFLITS DE RYTHMES

IV. SIMPLIFICATION DES ÉCOSYSTÈMES CONTRE

STABILITÉ

V. LE JEU COMBINÉ DE CES FACTEURS

DEUXIÈME PARTIE - *L'APPROCHE BIO-ÉCONOMIQUE*

CHAPITRE I - *Les comportements économiques*

I. LA FINALITÉ DE L'ACTE ÉCONOMIQUE : ÊTRE OU AVOIR ?

A) Le règne de l'avoir

B) La vraie finalité de l'Homme : Être

C) Les conséquences économiques

II. LES CONDUITES ÉCONOMIQUES : LE RATIONNEL ET LE RELATIONNEL

A) La réduction au rationnel

B) Les enseignements de la biologie comportementale :
l'indissociabilité du rationnel et du relationnel

C) Les implications pour l'économie

CHAPITRE II

I. LA DOUBLE DIMENSION ÉNERGÉTIQUE ET

INFORMATIONNELLE DE L'ACTE ÉCONOMIQUE

- A) La dimension énergétique
- B) La dimension informationnelle et la production de néguentropie
- C) La production d'entropie

II. LA DOUBLE DIMENSION ÉNERGÉTIQUE ET INFORMATIONNELLE DU DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

- A) La dimension énergétique
- B) La dimension informationnelle

TROISIÈME PARTIE - *L'INTÉGRATION À LA BIOSPHERE*

CHAPITRE I - *Les instruments et la mesure*

I. LA MESURE DE L'INFORMATION

- A) Comment se mesure l'information : la formule de Shannon
- B) L'économiste est-il tenu de mesurer l'information ? Les deux paradoxes de l'information

II. LA MESURE EN TERMES ÉNERGÉTIQUES : L'ANALYSE ÉCO-ÉNERGÉTIQUE

- A) La productivité énergétique des écosystèmes
- B) Les bilans énergétiques de l'activité économique
- C) Le raccordement entre mesures énergétiques et

évaluations monétaires

CHAPITRE II - *L'organisation sociale et la reproduction*

I. L'INTERDÉPENDANCE DU TOUT ET DES PARTIES : LA REPRODUCTION DE LA SPHÈRE ÉCONOMIQUE INDISSOCIABLE DE CELLE DU MILIEU NATUREL

A) Le tout et ses parties

B) Les deux leçons du vivant

II. L'ARTICULATION DES FINALITÉS : LE PRIMAT DE L'UTILITÉ SOCIALE

A) La primauté de la finalité du tout sur celle des sous-
systèmes : le principe de contrainte descendante

B) La conception de l'économisme réductionniste :
l'illusion que le tout peut être réglé par le sous-système du
marché

C) La hiérarchisation des finalités : le pouvoir économique
et les normes

III. LE PRINCIPE DE CONTRAINTE MINIMALE : LA RÉPARTITION DU POUVOIR DE DÉCISION PAR NIVEAUX D'ORGANISATION

A) Les limites de la centralisation

B) Centralisation et décentralisation, deux conceptions
complémentaires et non antagonistes

CONCLUSION

NOTES ET RÉFÉRENCES

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION

PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER

CHAPITRE II

CHAPITRE III

DEUXIÈME PARTIE

INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER

CHAPITRE II

TROISIÈME PARTIE

INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER

CHAPITRE II

NOTE COMPLÉMENTAIRE

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

À propos de l'auteur

Notes

Copyright d'origine

Extraits de presse :

« ... Un livre remarquable. Pour son auteur, il ne s'agit pas de ramener l'économie à la biologie, ni de transposer les lois biologiques au monde de l'économie. Il s'agit, parmi les lois générales des systèmes complexes, fondées notamment sur la transformation de l'énergie (lutte contre l'entropie) et l'utilisation de l'information (régulations), de dégager des principes susceptibles de s'appliquer au système économique dans son ensemble, c'est-à-dire à un système capable d'intégrer l'homme et l'environnement.

Pour René Passet, la reproduction de la sphère économique ne peut plus être pensée indépendamment du milieu qui l'englobe et la porte. La mission de l'économiste consiste donc non seulement à gérer des flux, mais aussi à préserver un patrimoine de ressources qui, rares ou non, reproductibles ou non, doivent être convenablement administrées. Le mérite de René Passet est d'avoir réussi à analyser dans ce contexte la série de conflits qui se sont créés entre l'économie au sens traditionnel et les sciences de la vie ou celles de l'environnement...

... Grâce à l'ouvrage de René Passet, on comprend mieux les relations systémiques entre l'économie et le vivant et leur impact sur l'organisation sociale... Il faut espérer que de tels efforts nous fourniront peu à peu les moyens de gérer nos sociétés, dans le respect de la personne et dans un souci d'équité et de justice sociale... »

Joël de Rosnay, *L'Expansion*

« La dégradation de l'environnement, l'épuisement des ressources naturelles, le sous-emploi, l'inflation, autant de maux chroniques qui semblent se jouer des diagnostics et des remèdes de tous nos docteurs en sciences économiques et sociales. De cette double « crise » de nos sociétés et des sciences qui ont pour vocation d'étudier les mécanismes économiques, René Passet entend donner une interprétation solidaire. »

Pour la science

« Voilà un ouvrage sans précédent, qui rétablit enfin le lien entre la vie et une économie qui, par une curieuse déviation de son sens, est devenue fin en soi, au lieu d'être outil au service du vivant. »

Témoignage chrétien

« Un ouvrage qui décrasse, à garder à portée de la main par tous ceux

qui cherchent une approche économique neuve, riche, susceptible d'intégrer dans une même logique les phénomènes de la sphère économique et ceux de la biosphère. »

Reflets et perspectives

« Pour une fois, on nous offre un ouvrage économique véritablement nouveau, ouvrant des perspectives inaperçues jusqu'ici. Tous ceux qui se sentent mal à l'aise dans la pensée économique courante, qu'elle soit libérale ou marxiste, doivent lire ce livre. »

Banque

« Un livre que tout géographe devrait lire. »

Information géographique

« Il mérite d'être lu par un vaste public, ce qui est d'autant plus aisé que la démarche du raisonnement est rigoureusement construite, que le style est aussi clair que concis et que les références sont nombreuses. »

Année biologique

AVANT-PROPOS DE L'ÉDITION 1996

La première édition de ce livre remonte à 1979. Il couronnait une série d'articles initiés en janvier 1971.

Les évolutions survenues depuis cette époque nous paraissent avoir confirmé le sens général du message dont il voulait être porteur : l'urgence qu'il y avait à se préoccuper de la reproduction dans le temps de l'économie et de la biosphère (ce qu'on appelle aujourd'hui le "développement durable") et la nécessité pour cela d'une approche bioéconomique multidimensionnelle^a situant l'économie à sa vraie place de servante des hommes et respectueuse des mécanismes naturels qui assurent la bonne marche de la biosphère.

Cependant, des évolutions importantes se sont produites. L'émergence d'une société informationnelle est passée du stade de l'interrogation à celui de l'affirmation. La nouvelle grille de lecture du monde, conçue en termes de complexification et de destruction créatrice s'est précisée. Si la croissance démographique exponentielle (et même surexponentielle) telle qu'elle pouvait être alors décrite continuera de faire sentir ses effets pendant de nombreuses décennies à venir, il n'est pas possible d'ignorer la "transition" amorcée au plan mondial qui fait espérer une stabilisation moins éloignée dans le temps, et à des niveaux moins explosifs qu'on ne pouvait le redouter il y a près de vingt ans. Si l'augmentation des produits nationaux dans le monde continue à susciter la croissance des consommations énergétiques, c'est dans des proportions plus faibles dont tiennent compte de nouveaux scénarios prévisionnels.

Le problème était donc d'intégrer ces évolutions extrêmement importantes tout en essayant de conserver ce qui pouvait faire l'originalité de l'ouvrage au moment de sa parution. On a essayé d'y parvenir en insérant les mises à jour et les actualisations dans des caractères typographiques permettant de les distinguer du texte initial dont la structure générale a été intégralement conservée. C'est aussi la raison d'être de cet avant-propos destiné à brosser un tableau de la situation telle qu'elle se présente aujourd'hui.

Où en sommes-nous de l'évolution des systèmes économiques, du regard que nous portons sur le monde et de la prise de conscience de nos

responsabilités en face de l'avenir ?

Des deux technologies majeures caractérisant notre époque :

- l'une, le réacteur nucléaire, marque l'apogée d'une phase de développement finissante caractérisée par la concentration, le gigantisme, l'organisation hiérarchique, l'importance des bouleversements infligés au milieu ;
- l'autre, l'ordinateur, déplace les forces du développement vers l'immatériel et favorise les structures en réseau mais véhicule aussi une logique qui n'est pas nécessairement de préservation ou de mise en valeur des milieux naturels.

Tous les problèmes de notre temps se situent au carrefour de cette rencontre.

A) A l'apogée de l'énergétique, **la question du développement durable** confirme le choix que nous avons fait ici « *d'une approche globale et d'un éclairage multidimensionnel* » en vue de « *dégager les conditions d'une insertion durable des activités humaines dans le milieu qui les porte* ». Le développement durable n'est pas une question comme les autres, à côté des autres. Il exprime un passage aux limites à travers lequel se transforme le jeu des lois économiques.

A partir des années 1980, en effet, avec la question des atteintes globales portées à la biosphère¹ (déchirure de la couche d'ozone stratosphérique, effet de serre, réduction de la biodiversité...) ce ne sont plus des ressources ou des milieux spécifiques qui se trouvent menacés, mais les mécanismes régulateurs de la Planète (Rapport Clarck et Munn, *Sustainable development of the biosphère*, 1986 ; rapport Brundtland, *Our common future*, 1987).

La question du développement durable, alors posée, exprime un triple changement qualitatif :

1) Un changement de plan : plus que d'environnement, « ce qui entoure », c'est de *biosphère* qu'il convient désormais de parler, au sens que Vladimir Vernadsky², dès 1926, donnait à ce terme et que James Lovelock³ reprend aujourd'hui : un vaste système complexe et auto-régulé dans les ajustements et l'évolution duquel la vie — donc l'espèce humaine — joue un rôle fondamental. Deux logiques s'affrontent ici : celle qui préside au développement des systèmes économiques et celle qui assure la reproduction dynamique des milieux naturels. Il s'agit de les articuler entre elles.

Le développement durable ne saurait se confondre avec une simple croissance quantitative et unidimensionnelle, mesurée par l'augmentation du produit national. « Développement », on le définira comme une « croissance complexifiante multidimensionnelle » :

- *croissance complexifiante* car accompagnée d'un double mouvement de diversification et d'intégration permettant au système de croître en se réorganisant, sans perdre sa cohérence : la firme, en s'étendant, s'organise en services et départements tous inter-connectés ; la nation diversifie ses structures et ses activités mais son homogénéité dépend des relations (le « noircissement de la matrice ») établies entre ces dernières ;
- *multidimensionnelle*, dans la mesure où, par-delà l'économique au sens strict, est prise également en compte la qualité des relations établies entre les hommes au sein de la sphère humaine et avec leur environnement naturel : lorsque le produit par tête s'accroît au prix d'une dégradation des valeurs socio-culturelles, d'un phénomène d'exclusion sociale ou d'une altération de la relation avec le milieu, on peut parler de croissance mais s'agit-il d'un développement ?
- « *Durable* », il doit, selon les termes du rapport Brundtland, répondre « aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».

2) **Un conflit de logiques** qui se noue autour de quelques axes :

- alors que la nature maximise des stocks (la biomasse) à partir d'un flux donné (le rayonnement solaire), l'économie maximise des flux marchands en épuisant des stocks naturels (non marchands) dont la diminution n'apparaissant dans aucun bilan économique, n'exerce aucune action correctrice ;
- alors que la nature obéit à une logique de l'interdépendance et de la circularité (les grands cycles biogéochimiques, la photosynthèse grâce à laquelle les déchets de la vie sont sources de vie...), la décision économique s'appuie sur une relation causale linéaire simple, confrontant les variations d'une dépense (investissement, achat de biens ou de services productifs) et un résultat (chiffre d'affaires, profit ou part de marché) ; or tout élément introduit selon cette logique dans la sphère économique se répand dans les différents compartiments de la biosphère et continue à y accomplir son œuvre : ainsi les engrais produisent-ils l'eutrophisation et le CO₂ participe-t-il à un éventuel effet de serre ;
- dans les rythmes naturels se déroulant et s'harmonisant sur des

millénaires (parfois des millions d'années) la gestion économique introduit la rupture des maximisations de courte période dont les effets ne se feront sentir que sur les générations à venir : l'actualisation « gomme » un futur lointain où ce qui est en cause concerne moins les valeurs monétaires que la reproduction d'une réalité physique dont dépend l'existence de la sphère économique et des sociétés humaines ;

- alors que les écosystèmes non perturbés se diversifient et par là-même, accroissent leur stabilité dans le temps, la gestion humaine privilégiant les variétés économiquement performantes introduit l'uniformisation et l'instabilité.

3) Un passage aux limites à travers lequel tout système en « transition de phase » voit se modifier son mode de fonctionnement :

- limite de saturation de besoins à partir de laquelle aucune augmentation de consommation d'un bien surabondant ne peut compenser la perte d'une unité d'un autre bien ;
- limite de reproductibilité d'une ressource naturelle à partir de laquelle aucune réduction du flux de prélèvement ne peut être compensée par une intensification de l'effort en capital technique sous peine d'épuisement de la ressource ;
- limite des rythmes d'auto-épuration des milieux à partir de laquelle l'internalisation des coûts (signifiante lorsque les dégâts occasionnés par les pollutions restent cantonnés à l'intérieur de la sphère économique) révèle son impuissance à appréhender les dérèglements de mécanismes naturels dont cependant le bon fonctionnement conditionne la reproduction des systèmes humains.

Ce sont les fondements mêmes du calcul économique qui se trouvent remis en question.

B) « Vers une société informationnelle ? » nous demandions-nous en 1979. A l'aube de l'informationnel, **l'émergence de l'immatériel** fait disparaître le point d'interrogation.

Cette émergence annonce de nouvelles logiques économiques : les moteurs du développement se déplacent vers la manipulation des codes, symboles, messages — l'information, l'immatériel.

L'immatériel c'est d'abord — grâce à la substitution de l'information à l'énergie et à la matière — , la mise en place de processus productifs plus efficaces et donc économes en flux réels⁴ (voir pp. 131 et suiv. ; 173 et suiv.).

Mais c'est aussi un changement de logique concernant le fonctionnement, l'organisation et le champ des systèmes économiques.

1) Mutation fonctionnelle

L'information est tout entière relation. L'importance de la relation dans les combinaisons productives devient prépondérante. Les dépenses relatives à l'investissement immatériel (investissement intellectuel, recherche-développement, évaluation des marchés, mise en place et organisation d'une structure productive...) se situent pour la plupart en amont de la phase de production proprement dite. Ce sont des ensembles intégrés que l'on met en place. Un supplément de production à la marge ne s'obtient pas en ajoutant, comme on le dit traditionnellement, une unité de l'un ou de l'autre facteur, mais en activant la marche du tout, pour un supplément de coût pratiquement nul. *Les notions de productivité marginale et de coût marginal des facteurs perdent leur pertinence.* Deux conséquences en découlent :

- La première concerne directement l'implantation des activités et des hommes dans l'espace. Prépondérant au sein de la firme, le relationnel le devient dans le choix de sa localisation géographique : celle-ci ne se fait plus principalement en fonction de primes ou avantages financiers spécifiques, mais de la qualité du milieu d'accueil : environnement naturel, infrastructures économiques et sociales (habitat, tissu social, possibilités de scolarisation). Pour une bonne part les ressorts de la productivité de l'entreprise ne se trouvent plus en elle, mais dans la qualité du milieu qui l'entoure, dans l'efficacité des institutions etc., les activités installées — génératrices d'avantages de proximité — appellent les activités ; d'où des phénomènes de concentration concernant directement l'environnement.
- Le second mécanisme s'exprime à travers la formation des revenus. La disparition de la contrepartie productive attribuable à chaque facteur, remet en cause la règle de commutativité qui sous-tendait l'optimisation à la marge. La productivité marginale d'un facteur ne peut servir de base à sa rémunération. Ce n'est pas un hasard si, bien avant la « crise », la part des revenus sociaux n'a cessé de croître dans les revenus des ménages, passant de 5 % en 1938 à 19 % en 1959 et 37 % en 1992. L'apparition du RMI, de la question du revenu minimum garanti — sous des formes et des appellations

diverses — relèvent de la même logique. Ce phénomène pourrait n'être pas sans incidence pour l'occupation et l'entretien de l'espace : en assurant en grande partie la survie des individus, la garantie du revenu n'inciterait-elle pas nombre d'entre eux à se maintenir — grâce à des activités d'appoint en elles-mêmes non rentables — sur des portions du territoire menacées d'abandon, et par conséquent à contribuer à leur entretien ?

2) Mutation organisationnelle

Dans l'entreprise intégrée, où le moindre incident ou panne localisée s'étend à l'ensemble du système, la rapidité des communications devient primordiale. La mise en place de voies latérales permet alors d'établir les contacts directs, sans franchir les différents degrés de la pyramide hiérarchique. Au plan global, la micro-informatique multiplie les centres de décisions et *l'efficacité se déplace vers les structures en réseau*. Les conséquences diffèrent selon qu'il s'agit des dimensions matérielles ou immatérielles des systèmes.

S'agissant des premières — entreprises ou unités de production — , la tendance est à la multiplication des petites ou moyennes dimensions. Ce phénomène n'exclut pas la concentration géographique, dès lors que toutes les entreprises implantent leur unités "déconcentrées" sur les mêmes points du territoire.

Mais la déconcentration des formes matérielles n'est possible que par la concentration de l'immatériel. C'est parce qu'il concentre l'information nécessaire à la marche de l'ensemble, et qu'il se tient à tout moment en contact — malgré la distance — avec ses multiples unités constitutives, que le centre peut réaliser leur dispersion. L'immatériel c'est aussi la finance qui n'est pas matière mais signe, symbole, n'existant qu'à l'état de bits dont l'ordinateur permet le stockage, le traitement et le déplacement en quantité et à des vitesses sans précédent. L'ordinateur constitue un fantastique facteur de concentration de l'immatériel. Or l'immatériel — l'information, la finance... — c'est aussi le pouvoir. Plus que jamais, en dépit de l'efficacité des formes à l'échelle « humaine » et de l'accent mis sur l'importance de la ressource « humaine » ou de l'investissement « humain », la question de la concentration du pouvoir économique reste posée. La logique de la sphère financière, totalement déconnectée du réel, assure son emprise sur l'appareil productif et l'oriente selon des impératifs qui n'ont plus rien à voir avec les exigences du développement durable.

3) Mutation du champ : la globalisation

La double évaluation des transports et des technologies de l'information fait de la planète une seule et même espace où tout événement est partout perçu « en temps réel ». *Tout se passe comme si le temps et l'espace avaient disparu pour laisser place à un vaste réseau immatériel d'interdépendances.* Dérégulation et libération des échanges aidant, les entreprises directement affrontées les unes aux autres doivent, pour conserver leurs parts de marché, réaliser des gains incessants de productivité, pouvant aller jusqu'à 8 % et même 12 % par an selon des responsables d'industries exposées. La conséquence est double.

Concernant l'espace, les firmes se localisent et délocalisent selon des considérations de pure rentabilité financière à court terme n'ayant rien à voir avec la préservation ou la mise en valeur des espaces naturels.

Concernant les hommes, l'obsession de l'efficacité conduit à réinvestir en permanence les surplus dans l'investissement de productivité au détriment de l'emploi ; les profits d'aujourd'hui font donc les investissements de demain qui, contrairement au célèbre théorème de Schmidt, font le sous-emploi d'après-demain. Dans la mesure où le travail reste le principal facteur d'intégration sociale, l'exclusion ne cesse de s'aggraver et, comble de l'absurdité, cette course à la productivité, inévitable pour chacun et suicidaire pour tous, se traduit par une translation de la main-d'œuvre des secteurs performants (qui licencient) vers les secteurs faiblement productifs ; elle a donc pour effet, en dernier ressort, de dégrader la productivité globale de la nation. Selon B. Perret et G. Roustang⁵ s'appuyant sur les statistiques de l'INSEE, l'augmentation de la productivité horaire du travail pour l'ensemble de l'économie française passe de 4,6 % par an, de 1970 à 1974 à 3,3 % de 1974 à 1979, 3 % de 1979 à 1984, 2,7 % de 1984 à 1989. Elle s'abaisse, d'après les *Tableaux économiques de l'économie française*, INSEE 1995-1996, à 2,16 % sur la période 1990-1994.

L'exclusion s'étend à l'échelle mondiale où les pays en voie de développement, incapables de suivre la compétition, voient constamment se réduire leur part dans l'échange international et se trouvent de plus en plus rejetés aux marges du système.

Mais le réel ne se dissocie pas du regard que l'on porte sur lui : avant et après Copernic, nous dit Kuhn⁶ les mêmes astronomes armés des mêmes instruments, ne voient pas les mêmes choses dans le ciel.

C) L'indissociabilité que nous n'avons cessé d'affirmer ici entre l'économie, le vivant et l'évolution complexifiante trouve sa confirmation

dans la formation d'un paradigme de la destruction créatrice.

La société ne se conçoit pas de la même façon selon qu'on la considère comme une sous-partie d'un système matériel animé de mouvements répétitifs, (paradigme de l'horloge) ; d'un système énergétique orienté vers la dégradation, (paradigme de la machine à vapeur), ou d'un système à la fois matériel, énergétique et immatériel, porté par un mouvement incessant de complexification. Tels sont en effet les trois regards que les hommes ont porté sur le monde auquel ils appartiennent.

Ces représentations humaines, fondées sur l'observation, ne s'envolent évidemment pas au premier coup de vent et c'est heureux puisqu'elles ont pour fonction d'affirmer une certaine cohérence des choses par-delà la mouvance des événements. Les paradigmes définissant « la science normale » ont donc un temps de retard sur ceux qu'explore la recherche de pointe.

Ainsi la conception du monde qu'affiche **l'école néo-classique libérale**, à la fin du XIX^e siècle, relève-t-elle de l'approche mécaniste newtonienne. C'est très expressément que Walras, Jevons et plus tard Rueff, invoquent ce rattachement. En somme, au moment où la machine à vapeur bouleverse l'ordre social, l'école libérale découvre... l'horloge à ressort. Dans l'équilibre général comme dans le cosmos, l'ajustement des forces résulte de l'action d'un très grand nombre de composantes (agents économiques ou autres) qui chacune, y contribue pour une part infime tout en lui restant globalement soumise.

Résultant de l'action de forces purement mécaniques, cet équilibre s'établit spontanément par-dessus la tête des entités individuelles.

Le Démon de Laplace — censé tout connaître de la position et de la loi du mouvement de chacun des éléments qui constituent l'univers — a pour petit frère le « commissaire-priseur » de Walras qui, informé des dispositions d'esprit de tous les agents individuels — vendeurs ou acheteurs potentiels — peut proclamer le prix d'équilibre auquel chacun devra se plier. Et quand on veut se débarrasser du commissaire-priseur, les anticipations rationnelles font de chaque individu une voyante extralucide (voir R. Passet, *Une économie de rêve*, chap. VIII, « La voyante extralucide », Calmann-Lévy, 1995).

Enfin, dans ce monde comme dans l'horloge à laquelle on l'assimile, c'est la même loi de la mécanique que l'on trouve à tous les niveaux : le passage d'un de ces niveaux à l'autre — le ressort, le complexe de rouages, l'horloge tout entière ; ou l'individu, le groupe, la société — s'effectue à logique constante. En ce sens, le tout résulte de l'addition des éléments qui le composent ; l'horloge est la somme de ses

rouages, la société une somme d'individus et l'intérêt général la somme des intérêts individuels. Ce qui est bon pour General Motors est bon pour les Etats-Unis ; ce qui est bon pour l'économie ne saurait être mauvais pour la nature.

Alors :

- on retrouve J.B. Say pour qui « les richesses naturelles sont inépuisables, car sans cela nous ne les obtiendrions pas gratuitement. Ne pouvant être multipliées ou épuisées, elles ne sont pas l'objet des sciences économiques » (*Cours d'Economie Politique*, 1828-1830)
- et pour W. Beckerman⁷ la question de l'environnement se ramène à une « simple question de correction d'un léger défaut d'allocation des ressources au moyen de redevances de pollution » ; ici la logique marchande n'est pas en cause, mais ses dysfonctions ; c'est donc en rétablissant le bon fonctionnement du marché que l'on règle du même coup, la question de l'environnement.

La vision marxienne se situe à l'heure de la machine à vapeur qui la voit naître. La correspondance de Marx et Engels témoigne de l'intérêt constant qu'ils ont porté à la thermodynamique de leur temps. Sans qu'on puisse évidemment réduire leur pensée à celà^b, ils définissent la force de travail comme un potentiel énergétique qui s'épuise par l'activité et se reconstitue par l'alimentation ; ils dissertent sur l'entropie — qu'ils récuse dans un premier temps, avant de l'adopter, semble-t-il, implicitement, par la suite (voir René Passet⁸).

S'agissant de la nature, Marx écrit que « la production capitaliste (...) ne fait qu'épuiser les deux sources originelles de toute richesse : la terre et les travailleurs ». Plus près de nous dans le temps, N. Georgescu-Roegen⁹ est le grand précurseur à qui revient l'incalculable mérite d'avoir clairement inscrit le développement économique dans le courant de l'entropie universelle qu'il ne peut, selon lui, qu'accélérer ; il ouvrait ainsi les voies de l'économie écologique et de la bioéconomie que le paradigme ultérieur de la « destruction créatrice » permettra ensuite d'explorer plus avant. De son côté, K. Boulding¹⁰ compare la situation de l'humanité à celle des occupants d'un vaisseau spatial, ayant à gérer, dans un engin de dimensions finies, des ressources qui ne sont pas illimitées. Il s'agit là, on le voit, d'une attitude essentiellement défensive et préservatrice. Dans tous les cas c'est la dégradation qui est censée avoir le dernier mot ; le combat de l'homme pour préserver la nature est un combat en retraite perdu d'avance et on ne peut que différer l'échéance finale.

La conception horlogère et la conception thermodynamicienne du monde ont en commun de ne pouvoir rendre compte de l'apparition de la vie : les mouvements répétitifs de la première n'y conduisent pas et la marche à la dégradation, liée à la seconde, lui tourne le dos.

C'est ce fossé que **le regard de la destruction créatrice** s'efforce de combler. Le rapprochement de deux titres est significatif : en 1824 Sadi Carnot s'interrogeait « *Sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance* » ; cent vingt ans plus tard, en 1944, l'ouvrage classique d'Erwin Schrödinger prolongeant cette première thermodynamique, pose la question de la vie — « *What is Life ?* » — question derrière laquelle se profile tout le mouvement de complexification de l'univers.

La science d'hier s'intéressait à la découverte des lois régissant le bon fonctionnement de l'horloge ou de la machine à vapeur universelles ; celle d'aujourd'hui s'intéresse aussi à leur construction, sans préjuger du fait qu'il s'agisse d'une horloge, d'une machine à vapeur ou de rien. Nous verrons plus loin les apports d'I. Prigogine, R. Thom, H. van Foerster, H. Atlan et des théoriciens du Chaos à cette nouvelle façon de penser le monde. Leur regard est celui de la destruction créatrice. La dégradation entropique est reprise ici dans le mouvement plus large d'une complexification : si le soleil s'éteint tous les jours un peu, l'énergie qu'il dissipe dans l'espace anime le mouvement des grands cycles biogéochimiques et permet le développement de la vie sur notre planète.

Elle s'intéresse à la singularité du micro-événement. Alors que la logique du fonctionnement découle de la répétition des mouvements (« Il n'y a de science que du général » disait Aristote), la construction, au contraire, s'édifie à partir du point singulier, du « point critique » à partir duquel le mouvement diverge de façon imprévisible pour engendrer la structuration : l'infime irrégularité, sur la goutte d'eau se congelant à mesure qu'elle descend vers le sol, sert de point de départ à la formation d'une excroissance sur laquelle d'autres irrégularités constitueront de nouveaux points de départ qui à leur tour, etc. Ainsi l'édification d'un flocon de neige devient un fait scientifique. Il en va de même de la formation du tourbillon dans le torrent, de la structuration en cellules hexagonales d'un liquide huileux que l'on chauffe, de la formation d'un nuage, des volutes d'une fumée... Mais en les observant c'est la construction de l'univers que l'on observe.

Elle s'intéresse à la morphogenèse. La déviation ici n'est pas résorbée par les grands nombres. Rencontrant ou créant un milieu de propagation, le micro-événement s'étend et entraîne la formation du phénomène global.

La goutte d'eau qui, sous la force du torrent, se met à rouler sur elle-même engendre le tourbillon. Le micro-écart est le moyen par lequel émerge, au niveau supérieur, une nouvelle forme.

Dans le champ économique, les analyses prophétiques de J. Schumpeter se révèlent en parfaite harmonie avec un paradigme qui, au moment où elles sont formulées, n'existe pas encore.

- L'entrepreneur-innovateur « qui crée sans répit car il ne peut rien faire d'autre » (*Théorie de l'évolution économique, 1912*) représente le point critique venant rompre le circuit et déclenchant le phénomène « d'imitation en grappe » par lequel l'innovation s'étend à l'ensemble du système ; c'est déjà la théorie de l'écart créateur ;
- L'évolution du système s'effectue par un « processus de mutation qui (...) révolutionne constamment de l'intérieur la structure économique, en détruisant continuellement ses éléments vieillis et en créant en permanence des éléments neufs. Ce processus de *Destruction créatrice* (l'expression est soulignée par Schumpeter) constitue la donnée fondamentale du capitalisme » (*Capitalisme, socialisme et démocratie, 1942*).

Le développement durable s'inscrit dans ce même mouvement par lequel l'entropie constitue le prix à payer pour une création. Il est donc faux d'affirmer que l'action humaine ne peut qu'accélérer la dégradation de la planète, tout comme il serait faux de prétendre, à l'opposé — avec certains partisans de « l'hypothèse Gaïa » (clairement récusés par Lovelock lui-même dans son ouvrage, *Les âges de Gaïa*) — que la biosphère finit toujours, quoique nous fassions, par s'autoréguler. S'autoréguler peut-être, mais les ajustements qui en résulteront se situeront-ils ou non dans les limites extrêmement fines permettant l'épanouissement de la vie ?

Trois économistes japonais, Atushi Tsuchida, Takeshi Murota et Nobuo Kawamiya¹¹ — disciples du pionnier Tamanoï — prenant en compte le travail régénérateur des cycles biogéochimiques (et particulièrement du cycle de l'eau, tout-à-fait prépondérant de ce point de vue) montrent que les activités économiques n'accélèrent pas l'entropie naturelle de la Planète si elles se situent dans les limites des capacités de régénération de ces cycles.

A la soumission passive et au combat défensif en retraite doit alors se substituer la *recherche positive d'une harmonisation* entre les deux processus de destruction créatrice qui animent respectivement l'évolution naturelle et le développement économique. Les mécanismes assurant la

reproduction dynamique des sphères économique, humaine et naturelle définissent les contraintes dans les limites desquelles doit se tenir le jeu de l'optimisation économique. Le respect de ces contraintes repose, chaque fois que cela est suffisant, sur le recours aux instruments de l'économie et, à défaut sur la réglementation.

D) L'invitation que nous faisons à l'économie, à la fin de la première édition de ce livre, de « *participer à l'œuvre de vie qui se poursuit à travers l'espèce humaine et peut seule donner un sens à l'acte de production* » soulevait **la question de L'ÉTHIQUE et de LA RESPONSABILITÉ envers les générations futures**. Le *Principe de responsabilité*, de Hans Jonas, paru en 1979 et traduit en français en 1990 a magnifiquement développé cette question.

1) La « Responsabilité » suppose l'existence d'une certaine capacité de choix

Où donc se situe dans la vision libérale-horlogère du monde, cette liberté individuelle qui, par la grâce de la « main invisible », convergerait spontanément vers l'harmonie sociale. Tout dans l'horloge n'est que déterminisme ; chaque élément se trouve dans la seule position qu'implique le jeu des forces auxquelles il est soumis. Dans ce système, l'homme n'est pas acteur mais chien crevé charrié par le courant d'une histoire qui n'en est pas une, puisque nul événement ne vient à aucun moment y rompre le cours programmé des choses.

La conception thermodynamicienne en revanche, concilie le comportement erratique des micro-éléments avec le déterminisme des grands nombres. Le sens de l'histoire s'impose aux hommes mais non les modalités de son cheminement. Le torrent s'écoule inexorablement de la source à l'embouchure ; le nageur ne peut en remonter durablement le cours mais, s'il en a reconnu l'orientation, il peut choisir son parcours et hâter le moment de son arrivée. Sans cette marge de liberté individuelle les théories marxistes de la praxis ou de la lutte des classes seraient incompréhensibles. L'homme, non point acteur **de** l'histoire qui se fait pardessus sa tête mais acteur **dans** l'histoire.

Dans un de ses derniers ouvrages *Les Dieux et les Rois* (1967), Jacques Rueff¹² dont *l'Ordre social* (1948) s'était borné à transposer le modèle de l'horloge à l'économie, se ralliait à ce déterminisme statistique, seul susceptible, disait-il à juste titre, de concilier la libre initiative individuelle avec l'existence de lois déterministes au niveau de la société globale.

La destruction créatrice va plus loin. Pourvu qu'il rencontre un milieu favorable, le micro-écart, loin d'être résorbé par la moyenne, s'étend, se propage et détermine le macro-phénomène : de la molécule « déviante » qui, au lieu de glisser se met à rouler, émerge le tourbillon. L'écart devient créateur. L'équilibre des forces au point critique permet à une action minime le plus souvent imprévisible, de faire basculer le cours des choses. Et cela s'applique fort bien aux sociétés humaines où les minorités agissantes, bien plus que la masse, influencent le déroulement de l'histoire. Par définition, cette possibilité concerne le petit nombre. Mais l'action sur le milieu de propagation, sans lequel rien n'est possible, dépend de tous : de deux hommes effectuant des tentatives comparables l'un, Krouchtchev, se heurtant à l'absence de réponse du milieu, se trouve rapidement balayé sans avoir changé le cours des choses ; l'autre Gorbatchev déclenche — sans doute au-delà de ses espérances — un mouvement irréversible qui balaie le système et l'emporte lui-même...

... Acteur de l'histoire donc, mais comme nous l'enseignent les systèmes chaotiques sensibles à leurs conditions initiales, d'une histoire susceptible de s'emballer et d'échapper à tout contrôle. Le monde « globalisé » contemporain est devenu une gigantesque caisse de résonance. Le battement d'aile du papillon de Lorenz peut déclencher une tornade. A la possibilité d'agir s'attache un impératif de vigilance. Cet homme-là est responsable.

2) *Le principe responsabilité*

Tant que les conséquences des actions humaines ne dépassaient guère, dans le temps comme dans l'espace, le cadre clairement circonscrit des relations directes interpersonnelles, tant qu'elles ne mettaient en cause ni la biosphère ni les générations futures, une ligne de conduite simple s'imposait aux hommes. Elle s'exprimait dans l'impératif catégorique de Kant : « Agis de telle sorte que tu puisses également vouloir que ta maxime devienne une loi universelle ». Le caractère irréfutable de ce principe reposait sur la parfaite symétrie des droits et des devoirs qui en découlaient : si l'Autre est bien l'Autre pour moi, je suis également l'Autre pour lui ; mon droit sur lui fonde mon devoir envers lui et réciproquement.

S'agissant des générations futures, la symétrie est rompue. N'existant pas encore, elles ne sauraient avoir envers la génération présente ces devoirs qui fonderaient les devoirs de cette dernière envers elles. Nous sortons des limites de l'impératif catégorique et c'est pourquoi le

philosophe allemand Hans Jonas¹³ propose de lui substituer un « *principe responsabilité* » ainsi conçu : « Agis de telle façon que les effets de ton action soient compatibles avec la permanence d'une vie authentiquement humaine sur terre », qu'il tente de fonder sur des bases aussi objectivement irréfutables que l'était l'impératif kantien.

Selon lui, en tout dernier ressort — pour autant qu'on ose résumer une pensée aussi riche — le nécessaire respect de la vie s'inscrit dans l'existence même de celle-ci. Toute l'évolution l'affirme :

- par le métabolisme, l'organisme le plus élémentaire et le moins conscient se dissocie du milieu ambiant pour affirmer son existence en s'opposant aux mécanismes qui tendent à le dissoudre : « un soi, écrit Paul Ricœur¹⁴ s'annonce face au monde » ;
- avec l'animal, émergent la crainte de disparaître, la quête de nourriture et la lutte pour la vie ; un nouveau pas est franchi : « le soi s'intériorise », ajoute Ricœur ;
- l'homme enfin, producteur d'images et de symboles donne des noms aux choses et les met en relation ; conscient d'être il se pose la question de l'être ; selon H. Jonas, le prix des choses se révélant à travers la menace de leur disparition, « l'heuristique de la peur » apparaît comme le révélateur de la valeur même de la vie ; la prise de conscience devient alors affirmation ; « un soi s'affirme », écrit encore Paul Ricœur.

Ainsi donc, c'est tout au long du processus de la vie que s'affirme la valeur de cette dernière. L'affirmation et le processus ne se séparent pas. Nous ajouterons que le phénomène d'auto-transcendance, menant l'évolution à se dépasser vers toujours plus de complexité est indissociable de la définition même de la vie. Celle-ci est à la fois auto-organisation, auto-régulation, auto-régénération et auto-transcendance. Cela implique une réelle présence du futur dans le présent.

Un point cependant semble résister : le contenu de la vie « authentiquement humaine » que l'on entend assurer aux générations futures ne saurait être objectivement établi. Nous ignorons tout, en effet, de ce que seront les sources de satisfaction de ces dernières. Mais l'essentiel n'est pas là. Il se situe dans l'apparition de l'éthique au cœur du questionnement économique.

L'éthique frappe à la porte. L'entendre — et plus encore lui ouvrir — nous éloignerait-il de l'économie ? « Tout économiste, disait Keynes, devrait être un tant soit peu mathématicien, historien, homme d'Etat et philosophe ». L'économie n'a jamais été aussi grande que

lorsqu'elle a su associer une construction théorique, une conception de l'homme et une vision du monde.

INTRODUCTION

I. Selon Alfred Marshall « l'économique est une science de la vie, voisine de la biologie plutôt que de la mécanique »¹.

Telle semble être en effet l'évidence, puisque :

- l'Homme, comme moyen, agent de décision et finalité, se retrouve à tous les niveaux de l'activité économique ;
- cette dernière se déroule dans un milieu vivant qu'elle transforme ;
- le calcul rationnel visant à tirer le maximum de satisfaction des provisions limitées de moyens dont disposent les hommes contribue à développer, à la fois, la quantité et la qualité de la vie que peut porter le monde.

Sa logique ne semble devoir être autre que celle du vivant.

Mais la vision tronquée^c liée aux calculs d'efficacité veut que l'on n'accorde de prix qu'à ce qui est rare et que l'on compte pour rien ce qui paraît surabondant. Dans la mesure où le capital, sous sa forme technique autant que financière, est apparu pendant longtemps comme le facteur limitant dont l'insuffisante accumulation entravait la production des biens, dans la mesure également où la précarité des niveaux de vie conduisait à confondre le mieux-être des hommes avec l'accumulation de moyens matériels, cet impératif, parfaitement justifié au plan technique, conduisait à centrer le calcul sur la gestion des choses inanimées. Puis, selon un processus historique et pour des raisons dont il nous faudra rendre compte, l'objet central du calcul se confondait avec l'objectif ultime de ce dernier, la relation du moyen à la fin s'inversait et la logique des choses mortes devenait la loi suprême de l'économie. Il semble que nous en soyons là aujourd'hui.

Il n'y a plus alors à s'étonner si, au moment précis où la puissance des appareils productifs pose, en termes de vie, le problème de la reproduction dans le temps des milieux naturels, la science économique fondée, malgré toutes les affirmations, sur cette seule logique se trouve particulièrement dépourvue d'arguments devant les faits. Jamais sans doute, au cours de son histoire, ne s'est-elle révélée plus inapte qu'aujourd'hui, non seulement à résoudre les problèmes majeurs de son époque, mais simplement à les

détecter

Une vision rétrécie, limitée aux seuls domaines de la production et de l'échange, lui interdisant de situer les événements dans leur cohérence globale, elle ne connaît, hors de son champ, que des faits isolés : la catastrophe lui semble être accident et la multiplication de ces « accidents » lui apparaît comme une déviation — caractérisant une crise — par rapport à un ordre des choses qu'elle décrit comme normal.

Or, ce n'est pas la notion de crise, mais celle de mutation, qui nous paraît caractériser la situation dans laquelle se trouve engagé le monde contemporain.

La crise suggère l'existence d'un état normal momentanément rompu et appelé à se rétablir. La mutation, au contraire, évoque les bouleversements irréversibles situés dans la logique d'une évolution ; c'est ici la norme même qui se transforme, un ordre qui s'efface et un autre qui se dessine.

Et la « crise » actuelle est trop générale, les crises spécifiques se révèlent trop nombreuses, pour ne pas traduire une transformation fondamentale des mécanismes sur lesquels fonctionnent les sociétés, en même temps qu'une régression des systèmes de valeurs dont elles tirent leur justification.

De la dégradation de l'environnement, illustrée par l'explosion d'une centrale nucléaire ou le naufrage d'un pétrolier géant, au malaise des consciences individuelles, en passant par l'épuisement des ressources naturelles, le sous-emploi ou les outrances de certains particularismes, tout se tient :

- l'accident ne peut être considéré comme tel qu'au niveau de l'événement isolé ; replacé dans son contexte, il apparaît comme la conséquence statistiquement inévitable d'une certaine logique de l'efficacité matérielle ou de la rentabilité, ignorante des solidarités aussi bien que du risque social ;
- là où la poursuite des valeurs communes rassemblait les hommes, la conquête des richesses matérielles les oppose et conduit chacun à négliger les dommages qu'il inflige à autrui.

Ce qui se trouve mis en cause derrière ces événements, c'est le primat de l'économique posé comme finalité des conduites individuelles et critère ultime des grandes décisions publiques.

II. Or, les activités de production, échange, consommation, grâce à la combinaison efficace des « moyens rares à usages alternatifs^d », ne constituent en fait qu'une première sphère des activités humaines. Celle-ci

représente bien cet *ensemble finalisé^e d'éléments en interdépendance* par lequel on s'accorde généralement à définir un système². Elle est en effet :

- orientée par sa *finalité* : satisfaire les besoins humains ;
- animée par ses *agents* (les ménages, les entreprises, l'Etat...) au sens propre, des entités qui agissent, des effecteurs,
- caractérisée par ses interdépendances et coordonnée par ses *régulations* : offre et demande déterminent le prix, mais le prix fixe le niveau d'ajustement de l'offre et de la demande...

Cependant, pour aussi fondamentales qu'elles soient, ces activités ne sauraient englober l'ensemble des préoccupations humaines : par-delà le domaine du calcul, il existe tout un univers de l'inspiration, de l'affectivité, de l'esthétique, du sacré... dans lequel les hommes trouvent généralement leurs raisons de vivre. Les positions de principe, sur ce point, sont à peu près unanimes :

- l'économie représente, nous dit-on du côté libéral (A. Marshall)³, cette part de l'activité individuelle et sociale qui a plus particulièrement trait à l'acquisition et à l'usage des choses matérielles nécessaires au bien-être, et la science qui les explore ne saurait être qu'« une partie de l'étude de l'Homme » ;
- cependant que, du côté marxiste (Godelier)⁴, on soulignait que l'économique, présent en tout mais loin d'être tout, ne constitue qu'« un *champ particulier* d'activité tournée vers la production, la répartition et la consommation d'objets matériels... en même temps qu'un *aspect particulier* de toutes les activités non économiques ».

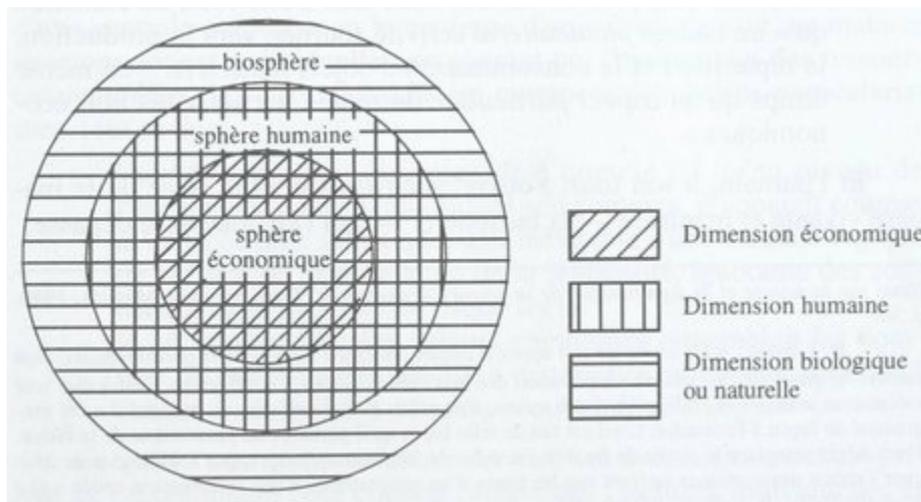
Et l'humain, à son tour, s'ouvre^f sur l'univers plus large de la matière vivante et inanimée — la biosphère^g — qui l'englobe et le dépasse.

Cette simple relation d'inclusion entre trois sphères suffit à nous placer devant un certain nombre d'évidences :

- si les activités économiques n'ont de sens que par rapport aux hommes, c'est dans la sphère des relations humaines et non en elles-mêmes qu'elles trouvent leur finalité : le bien-être social (et là encore, chacun en est d'accord avant de proposer, en fait, le contraire de ce qu'il affirme) ne se réduit pas à une simple accumulation de biens et de services ;
- la reproduction de chacune de ces sphères passe par celle des deux autres : l'économique et l'humain ne sauraient subsister dans le temps sans la nature qui les supporte, et cette dernière ne serait plus la même

si l'homme qui ne lui est pas extérieur mais couronne l'aboutissement de sa longue évolution venait à disparaître ;

- et si, par définition, tous les éléments d'un ensemble inclus appartiennent à l'ensemble plus large qui les englobe, tous les éléments de ce dernier n'appartiennent pas au précédent : en d'autres termes, les éléments de la sphère économique appartiennent à la biosphère et obéissent à ses lois, mais tous les éléments de la biosphère n'appartiennent pas à l'économique et ne se plient pas à ses régulations



Or, l'économique, activité rationnelle menée par des êtres conscients, est, par essence, transformation de la nature. Ses relations avec cette dernière se situent à deux niveaux :

- celui d'un prélèvement de matériaux auxquels sont données des formes utiles (et qui se trouvent donc « in-formés », au sens aristotélicien du terme) ; de ce point de vue, il s'agit d'une activité structurante, créatrice d'ordre, participant au développement de la vie ;
- celui d'une restitution de produits résiduels qui se trouvent « déformés » après utilisation ; et en cela, l'économique apparaît comme une activité destructurante, destructrice d'ordre, c'est-à-dire contribuant à la dégradation du milieu dans lequel elle se développe.

A ce propos, nous parlerons plus loin de négentropie, d'entropie et de destruction créatrice.

III. Pensée dans les limites de la sphère la plus étroite, la science

économique^h débouche sur la définition de combinaisons et de conduites optimales qui peuvent être parfaitement valables du point de vue de la production, de l'échange et de la consommation, mais ne se réfèrent qu'à une partie des motivations humaines et n'ont rien à voir avec les mécanismes qui régissent le fonctionnement du milieu naturel.

Le caractère déterminant en dernier ressort, conféré à l'économique, a donc pour effet de soumettre l'homme et la nature à une loi qui n'est pas la leur. L'ordre cohérent de la biosphère possédant lui aussi sa logique, ses régulations et ses lois de reproduction — constituant donc un authentique système — se trouve placé, en fait, sous la dépendance d'un de ses sous-systèmes.

Aussi longtemps que l'importance des flux mis en œuvre par les activités économiques restait assez limitée pour ne pas compromettre cet ensemble de mécanismes, la sphère économique se développait et la biosphère rétablissait d'elle-même ses propres équilibres. Mais il n'en va plus de même à partir du moment où le nombre des agents, associé à l'impact croissant des techniques dont ils se servent, remet en cause la reproduction du milieu qui les porte. Les dégradations qui en résultent — épuisement des ressources, altération du cadre de vie — se répercutent à tous les niveaux et, par une sorte de choc en retour, compromettent à leur tour la reproduction des activités humaines.

Toute la biosphère entre alors dans *l'environnement* de l'économique, c'est-à-dire dans cette partie de l'univers des données qui, bien qu'extérieures au système proprement dit, influencent son fonctionnement ou sont influencées par lui⁵. A l'échelle d'une nation et *a fortiori* de la planète, il n'est effectivement pas un élément concernant l'équilibre physique ou biologique du monde qui ne soit concerné par les activités de production et ne puisse, en réponse, rétroagir sur elles. Alors l'économique, loin de pouvoir être pensé en soi et pour soi, doit être reconsidéré en fonction de son insertion dans un ensemble de mécanismes qu'il ne saurait bouleverser sans se détruire lui-même.

Isolé dans le marché, apparemment maître de son destin, l'Homme pouvait apparaître comme un être à part, gouvernant et modelant la Nature, en quelque sorte de l'extérieur. Mais cette attitude anthropocentrique se heurte à tout ce que nous savons de l'évolution. En fait :

- l'Homme est dans la Nature, espèce non point comme les autres, mais parmi les autres, « être vivant, précise Linné⁶, faisant partie du règne animal, embranchement des vertébrés, classe des mammifères, ordre des primates, famille des hominiens du genre *homo*, espèce *homo*

sapiens » ; à ce titre, il appartient à un milieu dont il subit les lois : lois régissant les relations entre les espèces, ou gouvernant les rapports de ces espèces avec le cadre physique où elles se développent ;

- la Nature est dans l’Homme : la matière qui le constitue n’est autre que celle dont est fait le monde, circulant éternellement entre le vivant et l’inanimé ; nous savons désormais que, de ce point de vue, l’organique ne s’oppose pas à l’inorganique⁷, l’un et l’autre n’étant que deux états par lesquels transitent les éléments constitutifs de l’Univers ; c’est donc également en lui-même que l’Homme, comme toute créature, porte les lois du monde ; les rythmes cosmiques, par exemple, auxquels sont soumis, depuis cinq milliards d’années, les matériaux dont il est constitué, agissent, nous le verrons, au plus intime de ses fibres et gouvernent ses comportements ;
- l’Homme, enfin, est la Nature : il représente l’aboutissement actuel d’une longue évolution qui commence avec un processus de complexification de la matière et se traduit par l’apparition successive de la vie créatrice d’organisation, de la conscience, puis de la conscience repliée sur elle-même (conscience de sa propre conscience) qui constitue sa caractéristique propre ; l’organisme humain porte la trace des étapes qu’a parcourues la matière pour parvenir jusqu’à lui : la cellule emprisonne encore un fragment de l’océan dans lequel a émergé la vie, le cerveau humain conserve, matérialisées en ses structures, les formes successives qu’à partir des premiers reptiles a suivies le processus de cérébralisation... ; l’espèce humaine représente donc, à ce jour, la flèche avancée d’une évolution qui est celle de l’Univers tout entier depuis ses origines.

Le problème qui se pose est celui d’une espèce dominante qui, en raison même de sa dominance, compromet la reproduction du milieu qui la porte et dont la plasticité n’est pas infinie ; mais, pour la première fois certainement dans le cours de l’évolution, d’une espèce consciente qui possède la faculté de penser sa position et de prévoir les conséquences de ses actes au sein de ce milieu.

IV. Cette situation d’interdépendance appelle une prise en compte simultanée des lois relatives à l’économique, au vivant et au monde inanimé. Elle exige donc une approche globale et un éclairage multidisciplinaire.

Pendant trois siècles, on le sait, le progrès de la connaissance a pu s'appuyer sur la méthode analytique cartésienne consistant à comprendre le réel à partir de la décomposition aussi fine que possible des éléments qui le constituent :

- « Diviser, dit Descartes⁸, chacune des difficultés en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre...
- Conduire par ordre ses pensées en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître pour monter peu à peu, comme par degrés, jusqu'à la connaissance des plus composés ».

Il s'agit là d'une façon d'interroger le monde qui privilégie l'analyse des objets (méthode « objective ») par rapport à celle des relations qui s'établissent entre eux et suppose que de l'addition des parties peut résulter une reconstitution satisfaisante du tout. Cette méthode, soutenant le progrès des sciences de la matière, a fourni la preuve d'une efficacité qui n'est certainement pas près de se démentir. Mais nous percevons aujourd'hui ses limites. Il apparaît notamment :

- que ce qui différencie le vivant de l'inanimé et les différentes formes du vivant les unes des autres, ce n'est pas la matière qui les constitue, mais la façon dont cette dernière est organisée, ce qui conduit à mettre l'accent sur les relations unissant les éléments d'un système au moins autant que sur ces éléments eux-mêmes ;
- que le fonctionnement d'un système (un organisme vivant ou une entreprise, par exemple) ne peut être interprété qu'en partant d'une vision d'ensemble mettant en évidence sa finalité globale (le développement de l'organisme ; la production de biens et de services...), pour comprendre les fonctions qui s'articulent à différents niveaux (cellules, organes, etc. ; ou ateliers, services...) de façon à permettre l'accomplissement de cette finalité ;
- que la méthode analytique préside à une spécialisation des sciences et à un cloisonnement des savoirs, incompatibles avec la vision globale indispensable à la compréhension des phénomènes ; or l'étroite interdépendance qui s'établit, comme nous venons de le voir, entre l'économique et l'ensemble de la biosphère, exige que la recherche des combinaisons efficaces propres à celle-là se situe dans les limites des régulations indispensables à la reproduction de celle-ci ; elle suppose donc un éclairage multidisciplinaire.

Analyse des relations, approche globale, mise en évidence des niveaux

d'organisation, éclairage multidisciplinaire, tels sont effectivement les caractères de *l'approche systémique* préconisée par L. Von Bertalanffy, que nous adopterons ici. Ces deux méthodes, nullement incompatibles, contrairement à ce que l'on soutient parfois, représentent en fait deux manières complémentaires d'interroger le réel, dont chacune livre — et ne peut livrer que — ce qui découle de la façon dont elle est conçue : l'une met en évidence des causalités partielles isolées de leur contexte (le « toutes choses égales par ailleurs » expérimental) ; l'autre dégage l'articulation des grandes fonctions qui permettent l'émergence d'une finalité globale, en interdépendance avec un environnement. Aucune des deux n'est moins indispensable que l'autre. Si nous privilégions ici la seconde, ce n'est qu'en raison de la question posée, consistant à définir les conditions que doit respecter le développement des activités économiques, pour ne pas compromettre les grands ajustements d'un milieu naturel dont la reproduction commande toutes les autres. Notre discours ne portera donc pas sur le bien-être mais sur les conditions minimales d'une reproduction sans laquelle la question du bien-être cesserait bientôt de se poser. La multidisciplinarité, indissociable de cette approche, soulève cependant de redoutables problèmes :

- problème de maîtrise et de mise en relation d'informations provenant d'horizons scientifiques variés, à l'exploration desquels on a été plus ou moins bien préparé ; la multidisciplinarité en effet, si elle exige la rencontre et la coopération des hommes, ne se réduit pas à une simple addition de savoirs spécialisés détenus par des individus différents ; c'est en chacun qu'elle doit se trouver réalisée ; chacun doit posséder à la fois une bonne connaissance disciplinaire et une ouverture suffisante au savoir des autres ; s'agissant d'un domaine qui concerne les sciences de l'Homme, celles de la matière et celles de la vie, l'économiste, utilisant une approche systémique, se trouvera ainsi confronté à la biologie, à l'écologie, à la thermodynamique, à la théorie de l'information dont il lui faudra tenter d'intégrer les enseignements de façon cohérente ; « une personne, disait déjà Stuart Mill, ne sera vraisemblablement pas un bon économiste, si elle n'est pas autre chose », mais on peut se demander si une telle entreprise ne témoigne pas avant tout du caractère présomptueux de son auteur¹... ;
- problème de communication également, dans la mesure où l'on s'adressera à tout moment à des spécialistes (plus compétents que l'auteur, dans leur propre discipline) et à des non-spécialistes : tel développement qui apparaîtra à ceux-ci comme excessivement rapide,

constituera pour les autres un insupportable rappel de connaissances élémentaires ; à l'inverse, des références qui seront considérées comme un luxe inutile par les premiers, sembleront encore insuffisantes aux seconds ; tel modèle, parce qu'il n'est pas le dernier, datera pour l'un, alors qu'il a simplement pour objet de faire apparaître, au regard non prévenu de l'autre, le rôle d'un mécanisme-clé en définitive inchangé malgré les raffinements ultérieurs, etc.

Mais on n'écrit pas sans s'exposer. Si chacun, au nom de la pureté disciplinaire, refuse de se hasarder dans les zones d'interférence où les découpages conventionnels cessent d'avoir cours, certains problèmes ne seront jamais abordés : à partir du moment où les conséquences de l'économique sur le milieu naturel échapperaient à l'interrogation de l'économiste pour la seule raison qu'elles mettent en jeu les lois de l'univers physique et du vivant, pourquoi relèveraient-elles d'une autre compétence puisqu'elles ont pour point de départ l'économique ?

Or, il nous semble que c'est dans ces zones que se joue aujourd'hui la survie de l'humanité. Après avoir, selon des règles d'efficacité qui ont fait leur preuve, tiré le maximum d'une nature dont ils ne menaçaient pas l'existence, les hommes sont conduits, en raison même de cette efficacité, à repenser leurs comportements dans le respect des lois qui gouvernent le monde : accéder à la conscience cosmique ou disparaître, tel est le défi redoutable et magnifique auquel ils se trouvent confrontés ; c'est sans doute la révolution mentale la plus considérable qu'il leur ait été donné d'affronter depuis qu'au néolithique — il y a 10 000 ans — l'espèce avait appris, en se sédentarisant, à exploiter systématiquement des forces et des énergies dont elle découvre progressivement la cohérence, les limites et la fragilité.

V. Ayant posé les problèmes, dégagé les enjeux et précisé la méthode adoptée, nous disposons désormais des éléments nous permettant de justifier le choix d'un ordre logique d'exposition :

- le point de départ nous paraît résider dans la limitation de la décision économique aux seules considérations propres à la plus étroite des trois sphères dont nous avons affirmé l'interdépendance ; le cloisonnement d'une science bornée aux seuls domaines de la production, de l'échange et de la consommation des choses dites utiles et rares, la condamne à développer une logique et à inspirer des actions qui s'inscrivent en contradiction formelle avec celles de la

biosphère ; ainsi doivent être analysés les termes d'un conflit dont l'origine se situe dans le déphasage constant que nous croyons pouvoir constater entre le champ sans cesse élargi des phénomènes concernés par l'économique et le champ régulièrement rétréci de la pensée qui veut en rendre compte (Première partie : « Le conflit des logiques ») ;

- l'articulation des deux logiques ainsi affrontées ne peut se concevoir qu'au niveau de la biosphère, dont toutes les lois s'imposent à l'ensemble de ses sous-systèmes ; ici, l'économique rejoint le vivant, révèle sa nature profonde qui est de contribuer à l'œuvre de vie et rencontre les instruments (théorie de l'information, thermodynamique) qui s'appliquent aux sciences de la matière comme à celles du vivant (Deuxième Partie : « L'approche bio-économique ») ;
- ayant mis en évidence la nature des régulations que les hommes ne sauraient durablement braver sans en payer le prix et qui constituent donc un ensemble de contraintes dans le respect desquelles doit se maintenir le calcul économique, il nous faudra enfin dégager les conditions d'une insertion durable des activités humaines dans le milieu qui les porte ; ceci impliquera évidemment que nous passions de la description des phénomènes à leur mesure, et à la recherche des principes d'organisation socio-économique permettant d'assurer cette insertion (Troisième Partie : « L'intégration à la biosphère »).

PREMIÈRE PARTIE

LE CONFLIT DES LOGIQUES

« L'Environnement terrestre, affirme B. Commoner¹, constitue une immense et extrêmement complexe machinerie vitale qui étend sur toute la terre une mince pellicule énergétique ».

Il en souligne par là, en même temps, la force et la fragilité. Cette « machinerie », en raison de son immensité et de sa complexité, se révèle en effet capable de reconstituer, lorsqu'ils sont perturbés, les subtils équilibres qu'elle a établis au cours d'un très long processus d'adaptation, entre les espèces et le milieu ; mais sa « minceur » ne lui permet de le faire que dans certaines limites relativement étroites de fluctuations².

Or, pendant des millénaires, l'activité productive des hommes, reposant essentiellement sur la chasse, la pêche, la cueillette, puis l'agriculture et l'élevage, s'est assez étroitement coulée dans les mécanismes de l'écosystème naturel. La sphère économique épousait les limites de la biosphère avec laquelle elle se confondait et dont empiriquement les générations successives avaient appris à respecter les lois. La réflexion économique était en même temps une réflexion sur la nature. La production ne pouvait se perpétuer qu'en respectant cette dernière et sa finalité était évidente : couvrir les besoins organiques des hommes

Mais, à mesure que ces besoins étaient progressivement couverts, les choses devenaient moins nettes. Les productions de confort ou de mieux-être supplantaient celles de survie. Par les matières fossiles qui les constituaient, comme par les techniques capitalistiques qu'elles mettaient en œuvre ou par leur destination finale, elles cessaient de participer directement aux grands processus vitaux. La notion de besoin, même si le mot restait inchangé, se transformait profondément : plus qu'à des impératifs physiologiques, c'est à des aspirations psychologiques, à des désirs, que s'efforçait de répondre l'appareil productif.

Ce n'est plus dans les nécessités organiques, mais dans des considérations subjectives que la plupart des productions trouvaient leur

justification. Le problème de la valeur passait alors au premier plan : les biens ne doivent être produits que s'ils sont désirés ; ils sont désirés s'ils ont une valeur pour les individus et ces derniers révèlent la mesure de cette valeur en offrant une certaine quantité de monnaie. La question pour le producteur est de savoir si cette somme lui permet ou non de couvrir ses coûts.

La logique de l'appareil économique se transforme alors fondamentalement sur deux points :

- confondant l'instrument avec la finalité, elle cesse de porter sur des réalités physiques, pour mettre exclusivement en œuvre des valeurs monétaires sur lesquelles s'exercera le calcul de maximisation ;
- elle se replie des dimensions de la biosphère dont on essaie de respecter les lois de la reproduction, à celles du marché dont il convient avant tout d'assurer l'équilibre.

Par son contenu comme par sa finalité, cette logique, prenant un tour plus abstrait, se dissocie donc radicalement de celle de l'écosystème naturel. Et ce divorce, pour des raisons qu'il nous importera de mettre en évidence, s'aggrave au cours du temps :

- à mesure que s'étend l'impact des activités économiques...
- ... le champ de l'analyse ne cesse paradoxalement de se réduire ;
- et de multiples événements qui, pris isolément, semblent avoir un caractère erratique, révèlent alors leur véritable portée : ils apparaissent désormais comme la conséquence inéluctable de l'affrontement de deux logiques dont les exigences se trouvent être, sur de nombreux points, en opposition radicale.

CHAPITRE I

L'extension de la sphère d'activité économique

Ce n'est évidemment pas la spécificité de l'économie qui est en cause ici, mais la possibilité de considérer cette activité indépendamment de l'ensemble des relations humaines ou des phénomènes de la biosphère auxquels elle participe. Un tel compartimentage du réel, acceptable à titre de convention, aussi longtemps que les interférences entre les trois sphères définies plus haut restaient secondaires par rapport aux phénomènes propres à chacune d'elles, n'est plus admissible aujourd'hui.

La remise en cause de cette convention s'est faite en deux étapes. La première commence en 1972 lorsque le célèbre rapport du *Club de Rome* pose au grand public la question de « l'environnement ». Le mot même d'environnement désignant « ce qui entoure », évoquait alors des atteintes localisées, spécifiques, ponctuelles : le pétrole qui s'épuise, le Rhin qu'on pollue...

Avec les atteintes dites « globales » portées à la Nature, cette attitude n'est plus concevable. Par la destruction de la couche d'ozone stratosphérique, la possibilité d'un effet de serre, la réduction de la biodiversité des écosystèmes, ce sont les grandes régulations par lesquelles le milieu assure sa reproduction qui se trouvent concernées. A côté de l'environnement apparaît la question de la biosphère¹.

Nous regrouperons autour de quelques lignes simples, un ensemble de faits généralement connus, dont le rappel succinct nous a semblé cependant nécessaire pour mettre en évidence le déphasage que nous croyons pouvoir constater entre l'évolution du réel et celle de la théorie. Quatre groupes de phénomènes nous paraissent essentiels de ce point de vue :

- le pouvoir de transformation d'une population croissante, dotée d'équipements de plus en plus efficaces, atteint la masse critique à partir de laquelle les mécanismes naturels peuvent être perturbés ;
- des mutations affectant les bases et le cadre du développement

- économique remettent en cause son insertion dans les processus naturels ;
- les rythmes s'accélèrent et ne laissent plus aux hommes ni à la nature les temps d'adaptation nécessaires ;
 - pour la première fois enfin, les hommes accèdent à la conscience des limites du monde dans lequel ils vivent et s'interrogent sur la possibilité de poursuivre indéfiniment un développement conçu sur une base essentiellement matérielle ; ils savent que « les forces et les processus qu'ils parviennent maintenant à maîtriser commencent à égaler en grandeur et en intensité la nature elle-même »¹.

I. L'EFFET DE MASSE

A) Après une lente période de gestation, entrecoupée par les deux poussées du néolithique et de la révolution industrielle, les 100 000 hominiens qui peuplaient l'Afrique il y a un million d'années se sont répandus sur l'ensemble de la planète : leur nombre est passé à 1 milliard en 1850, 2 milliards en 1930, 3 milliards en 1960, 4 milliards en 1975 et, selon les prévisions les plus modérées, ils devraient être 6 milliards à la fin du siècle². Une espèce dominante envahit l'ensemble des niches écologiques^k et remet en cause l'existence de toutes les autres... sur lesquelles repose pourtant sa propre survie.

B) Les conséquences de cette augmentation purement numérique se trouvent amplifiées par l'efficacité croissante des équipements dont les hommes ont su se doter ; efficacité qui se traduit par :

- des gains en puissance : aux 0,7 CV que développait le cheval équipé du collier d'épaule au X^e siècle font suite les 100 CV de la première machine de Watt à la fin du XVIII^e siècle, les 100 000 CV d'une centrale électrique vers 1930 et les millions de CV nécessaires aujourd'hui au décollage d'une fusée interplanétaire ;
- des gains en vitesse : des 10 km/h des toutes premières locomotives aux 2 500 km/h des avions en 1955 et aux dizaines de milliers de km/h des fusées ;
- des gains en rendement : alors que 80 kg de charbon étaient nécessaires pour produire 1 CV heure avec la machine de Savery au XVIII^e siècle, 0,4 kg y suffisent avec une turbine moderne ; dans le domaine agricole, la surface qui était nécessaire pour nourrir un

individu dans un régime primitif de chasse et de cueillette ou 500 avec un système de culture à la houe, en supporte 20 000 avec les techniques actuelles de culture intensive³.

Un seuil, que nous retrouverons plus loin, se trouve alors franchi ; l'espèce humaine fouille, souille et bouleverse son environnement⁴ :

Tout ce qui entre dans l'économie est destiné à en sortir sous forme de déchets et la réduction de la durée de vie des biens peut nous conduire à estimer qu'au cours d'une période déterminée ces deux flux ne doivent guère différer⁵.

L'OCDE évalue à 9 milliards de tonnes, le montant total des déchets à gérer en 1990 par l'ensemble des pays de l'organisation, chiffre en augmentation constante est-il précisé, depuis les années 1970 (*L'état de l'environnement*, OCDE, Paris, 1991). En 1993, en France, la production totale annuelle de déchets s'élevait à 601 millions de tonnes : d'origine agricole (70 %), industrielle (25 %) ou ménagère (5 %) (INSEE : Tableaux de l'Economie française, 1995-1996).

La consommation d'énergie par tête représente sans doute le meilleur indice des forces mises en œuvre pour transformer le monde : l'homme primitif, avant l'invention du feu, ne dépensait de ce point de vue que sa propre nourriture, soit 2 à 3 000 kilocalories par jour ; puis il apprit à utiliser le feu, à domestiquer les animaux, à se servir de la force du vent et de l'eau, de celle de la vapeur, de l'électricité, du pétrole, de toutes les énergies fossiles ou physico-chimiques ; sa consommation énergétique par tête passait alors à 12 000 kilocalories avec les premières sociétés agricoles (8 000 ans avant J.-C.), 26 000 au XV^e siècle, 77 000 à la fin du XIX^e siècle, 150 000 aujourd'hui en Europe et plus de 230 000 aux Etats-Unis⁶.

L'entrée des économies dans une phase de croissance « tirée » par les moteurs immatériels (l'information, la formation, la recherche, l'organisation, etc.) n'est pas de nature à modifier rapidement cette situation. Sans doute se traduit-elle par une régression sensible de la matière et de l'énergie dans les PIB (en France, 43 % en 1970 et 36 % en 1990) et dans les produits finis. Il y a là une évolution susceptible d'alléger les pressions exercées sur le milieu naturel. Mais il ne faut pas s'y tromper :

- cette entrée dans l’immatériel s’exprime par un déplacement des moteurs de la croissance et non pas une dématérialisation des économies ; ce déplacement ne se produit d’ailleurs qu’à partir d’une forte base économique matérielle ;
- la baisse relative des composantes matérielles et énergétiques des PIB est plus que compensée par la croissance de ces derniers (37 % pour l’ensemble des pays de l’OCDE entre les années 1973 et 1986, ce qui induit une augmentation de 7 % des consommations énergétiques et matérielles ;
- le développement des nations économiquement attardées ne pourra s’effectuer dans un premier temps, que sur la base d’infrastructures et d’activités « lourdes », hautement consommatrices en énergies et matières.

Les questions soulevées ci-dessus ne se résoudreont donc pas instantanément, comme par un coup de baguette magique.

II. LES MUTATIONS

Ces phénomènes s’accompagnent d’une série de mutations concernant les bases aussi bien que le cadre du développement économique⁷.

A) Celui-ci, jusqu’à la Révolution industrielle, reposait essentiellement sur l’*exploitation des diverses formes de la vie* : les céréales et la viande fournissaient l’alimentation ; les matières premières étaient le lin, le chanvre, le bois, le cuir, la laine, la soie ; parmi les matières inanimées, seul l’usage de la pierre servant aux constructions revêtait quelque importance ; le fer, surtout utilisé à des fins guerrières, n’avait qu’un rôle accessoire. Les forces motrices provenaient du travail humain, des animaux, du vent et des cours d’eau. Il s’agissait dans tous les cas d’éléments parfaitement intégrés à la nature, obéissant à ses lois, respectant ses rythmes, subordonnés à ses cycles. Ainsi, l’activité des hommes s’adaptait-elle nécessairement aux exigences de l’écosystème naturel : les forces de production, d’une puissance limitée, ne menaçaient pas l’existence de ressources essentiellement renouvelables ; les déchets de la production, déchets de vie, participaient au cycle de la vie ; les rythmes de la production se calquaient sur les rythmes cosmiques⁸.

Sur tous ces points, la Révolution industrielle revêt les caractères d’une rupture. Les matières inanimées supplantent les formes du vivant. Les

énergies fossiles et physico-chimiques prennent successivement le relais des énergies naturelles.

Ces matières et ces énergies ne se reconstituent plus au cours des cycles annuels : lentement formées au long des âges géologiques, elles apparaissent comme des stocks épuisables. Leurs rythmes d'exploitation, indépendants des phénomènes naturels, se dissocient des rythmes cosmiques. Leurs déchets n'entrent plus, pour l'essentiel, dans le cycle de la vie : « Sous ce rapport on peut regarder les machines mues par l'énergie non biologique comme une population d'un genre nouveau avec son métabolisme propre qui ajoute ses effets à ceux du métabolisme animal... Notre "machine terraquée" paraît montée de telle sorte que tout ce qui est dépouille de la vie peut être reconstitué en aliment de la vie ; mais les déchets de notre civilisation industrielle sont, en proportion croissante, non point dépouilles de la vie mais démembrements et remembrements de la matière inanimée et il ne semble pas que la Nature dispose des mécanismes aptes à renverser ces métamorphoses » (B. de Jouvenel)⁹.

B) Les conséquences de cette situation se trouvent renforcées par *la rupture de l'espace* géographique qu'entraîne le développement de la civilisation industrielle. Pendant des millénaires les populations ont vécu au sein même de la nature. Leurs lieux d'habitation, de travail et de loisir se situaient au sein d'un même cadre. Les déchets de leurs activités, disséminés dans le milieu, trouvaient sur place les agents biologiques susceptibles de les régénérer. Mais, avec l'industrialisation, se développe le phénomène urbain. Des rassemblements considérables d'hommes déversent des masses d'effluents sur des espaces réduits, où leurs taux de concentration dépassent les possibilités d'absorption des agents biologiques et compromettent le fonctionnement des mécanismes sur lesquels reposent la constance du milieu et la reproduction des espèces animales ou végétales qui le peuplent.

Ainsi apparaissent à la fois les problèmes d'accélération des rythmes, d'épuisement des ressources et de dégradation du milieu.

III. L'ACCÉLÉRATION

A) Le fait permanent, commun à toutes ces évolutions, n'est autre que l'accélération des rythmes auxquels elles se produisent. Ainsi la période de doublement de la population mondiale n'a cessé de se réduire au cours des temps : estimée à 1500 ans pour la durée qui s'étend du néolithique au

milieu du XVII^e siècle, elle s'abaisse à 200 ans de cette époque au milieu du XIX^e siècle, 80 ans de cette période à l'année 1930, 45 ans entre les années 1930 et 1975 et 37 ans à partir de cette date. Ce sont donc les taux d'accroissement qui croissent exponentiellement, ce qui conduit certains auteurs à parler de *croissance surexponentielle*¹⁰.

Période de doublement de la population mondiale

Date	Population mondiale (estimations)	Période de doublement de la population
8000 av. J.-C.	5 millions	
1650 ap. J.-C.	500 millions	1 500 ans
1850 ap. J.-C.	1 000 millions	200 ans
1930 ap. J.C.	2 000 millions	80 ans
1975 ap. J.-C.	4 000 millions	45 ans
Après 1975		35-37 ans

Source : P. et A. Ehrlich, *Population, Ressources, Environnement*, Fayard, 1972, p. 7.

Depuis le début des années 1980 cependant, les prévisions des Nations-Unies conduisent à nuancer ce constat sans pourtant en modifier sensiblement la portée, au moins pour le siècle à venir.

Après le monde industrialisé, le monde sous-développé entre aujourd'hui dans ce que l'on appelle *la transition démographique*, c'est-à-dire cette phase où la baisse des taux de fécondité permet d'envisager — à terme encore lointain — une stabilisation de la population mondiale. Alors que de 1950 à 1987 le dernier doublement de celle-ci s'était effectué en trente-sept ans, la prochaine période de doublement pourrait être d'une soixantaine à une centaine d'années (J. Vallin, *La Démographie*, Repères, La Découverte, 1992 et *Les Enjeux démographiques du XXI^e siècle*, Cahiers du Centre Galilée, 1993). Il y a donc une décélération.

Cependant les conséquences de la croissance exponentielle déclenchée après la guerre, tout particulièrement dans les pays en voie de développement ne manqueront pas de se faire sentir encore longtemps. On pense aujourd'hui que la population mondiale sera de l'ordre de six milliards d'habitants en l'an 2000 et qu'elle devrait culminer autour de onze à treize milliards à partir d'une période qui, selon les prévisions,

pourrait se situer de 2100 à 2140. En somme, dans l'éventail des projections formulées dans les années 1970, c'est l'hypothèse la plus favorable qui paraît se vérifier aujourd'hui.

Le qualificatif de « surexponentiels » peut s'appliquer aux accroissements de puissance des moteurs¹¹, à l'accélération des vitesses des engins, au rendement des machines, etc. Sur tous ces plans, les indices les plus anciens (évaluation des populations préhistoriques, nombre d'outils utilisés par elles, longueur de tranchant tirée d'un kilogramme de silex¹², traces de plomb d'origine industrielle dans les différentes couches de la calotte glaciaire¹³...) montrent que les évolutions lentes des premiers temps n'étaient que la phase initiale de croissances exponentielles (ou surexponentielles) dont le véritable caractère ne devait se révéler qu'à partir du moment où elles atteignaient la période explosive de leur parcours.

B) Cette accélération constante entre en quelque sorte dans la nature des choses et repose essentiellement sur deux séries de facteurs :

- l'accumulation du savoir : « l'évolution culturelle est en accélération permanente, grâce à un processus cumulatif qui fait boule de neige. Le volume des connaissances, renforcé à chaque nouvelle invention, ne cesse de s'accroître dans le temps (par intégration des expériences de chaque génération au patrimoine culturel légué par les générations précédentes) et dans l'espace (par la mise en commun, grâce au progrès des communications, de connaissances appartenant à des cercles de populations de plus en plus vastes », J. Ruffié¹⁴ ; au fur et à mesure que les mailles du savoir se resserrent, toute découverte nouvelle se diffuse sur un nombre de plus en plus grand de domaines connexes ;
- l'interdépendance des différents secteurs de l'évolution qui se soutiennent et se renforcent mutuellement : ainsi l'apparition de surplus favorise la division du travail et le progrès technique qui, à leur tour, engendrent de nouveaux surplus générateurs, etc. ; de multiples boucles rétroactives positives¹ confèrent ainsi une allure explosive à l'évolution.

Cela pose évidemment le problème des adaptations sociales : « Un des faits les plus graves et les moins remarquables, constatait Michelet à la fin du siècle dernier, c'est l'allure du temps. Il a doublé le pas d'une manière étrange. Dans une simple vie d'homme j'ai vu deux révolutions qui

autrefois auraient peut-être mis entre elles deux mille ans d'intervalle.

Je suis né au milieu de la grande révolution territoriale ; ces jours-ci, avant que je ne meure, j'ai vu poindre la révolution industrielle¹⁵ ». Que dirait-il aujourd'hui ?

IV. LA CONSCIENCE DES LIMITES

Enfin, pour la première fois, les hommes éprouvent le sentiment que les conditions actuelles de la croissance ne pourront se poursuivre de façon indéfinie. Ce sentiment s'exprime notamment par l'image du vaisseau spatial proposée par Boulding¹⁶.

A) Les standards matériels de bien-être des nations développées ne peuvent, nous dit-on, s'étendre au monde entier :

La simple généralisation des niveaux de vie français paraît difficilement concevable à Tibor Mende : « Si le nombre de voitures en France devait devenir la norme mondiale (encore que moitié moindre que celle des Etats-Unis), cela signifierait 4 millions d'automobiles au Congo Kinshasa, 130 millions en Inde et 200 millions en Chine. Si l'on tient compte également de tous les réfrigérateurs, machines à laver, télévisions, écoles, universités, hôpitaux et piscines privées et cela en terme de besoin en pétrole, acier et autres formes d'énergie, il y a fort à penser que, avant même une crise alimentaire grave, le monde n'aura plus ni acier, ni énergie, ni d'ailleurs d'atmosphère et d'océan non pollués¹⁷ ».

Le premier rapport du Club de Rome, dans une de ces estimations globales qui restent suggestives si on ne leur demande pas plus qu'elles n'ont l'intention de dire, représente par une courbe logistique la relation entre le PNB par tête des différents pays et la consommation annuelle par tête de ressources naturelles ; ses auteurs montrent alors que la généralisation des standards américains de 1970 entraînerait une multiplication par 7 de la consommation individuelle moyenne de ressources naturelles dans le monde¹⁸ ; la production américaine de céréales, selon F. Ramade (INRA), consomme 100 fois plus d'énergie fossile que l'agriculture indienne pour produire 1 kilocalorie alimentaire, et si l'humanité entière devait être nourrie selon les techniques mécanisées américaines, toutes les réserves de pétrole du monde seraient épuisées par

la seule agriculture en 57 ans

Mais il est probable que pendant le temps de rattrapage des plus riches par les plus pauvres, le produit des premiers aura continué à s'accroître : évoquant l'hypothèse où la population mondiale serait alors de 20 milliards d'individus et où les consommations énergétiques par tête auraient atteint partout le double de ce qu'elles sont actuellement aux Etats-Unis, un technicien de l'énergie (A. Robin) estime à 500 milliards de TEC (tonnes équivalent charbon) la consommation annuelle mondiale d'énergie, contre 6,5 milliards actuellement (1976) ; mais, précise-t-il, « cette situation n'arrivera jamais ; le plafond énergétique global, toutes formes d'énergies confondues, est très vraisemblablement plus bas que cela¹⁹ ».

Selon les scénarios du « laisser-faire » du Conseil Mondial de l'Energie (Energy for tomorrow's world, 1992), la consommation mondiale d'énergie, qui s'élevait à 8,7 mds de TEP (14,5 Mds TEC) en 1990 s'établirait à 13,3 Mds TEP (21,16 Mds TEC) — scénario de référence — ou 17,2 Mds TEP (28,6 Mds TEC) — scénario de développement — en 2020. En prolongeant la tendance, le « scénario développement » donnerait 22 Mds TEP (36,7 Mds TEC) en 2060.

Pourtant, les vrais facteurs de blocage ne se situeront sans doute pas au niveau des pénuries en matières premières ou en énergie. Les prévisions d'épuisement du style Club de Rome, pour utiles qu'elles soient comme facteurs de sensibilisation, n'ont ici qu'une valeur très relative : l'effort de prospection croissant avec les rythmes d'extraction, le rapport des réserves connues aux volumes d'exploitation n'a cessé de s'accroître jusqu'à ce jour ; de tout temps la croissance économique a reposé sur la substitution de nouvelles forces motrices et de nouveaux matériaux à ceux que l'on connaissait à un moment donné. Dans un rapport récent, Leontief recule d'ailleurs sensiblement les échéances couramment admises en cette matière²⁰. Pour ne parler que de l'énergie, les perspectives offertes par les surrégénérateurs nucléaires, par la fusion de l'hydrogène et par l'énergie solaire, laissent prévoir à terme une phase d'abondance succédant à une période plus ou moins longue de difficultés relatives.

C'est du côté des rejets plutôt que de celui des prélèvements que semblent devoir être attendues les difficultés. Les vraies limites au développement des activités humaines tiennent à l'espace, aux pollutions, aux multiples régulations naturelles que la croissance économique menace de détruire²¹. Plus que quantitatives, elles sont qualitatives et se situent au niveau de ce que B. de Jouvenel appelle « la rupture du contrat

écologique »²².

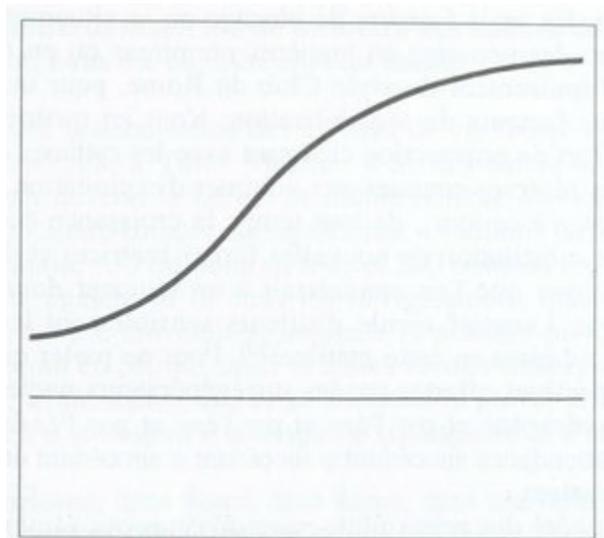
Parmi les grands problèmes surgis au cours des années récentes, l'importance prise par les questions de l'ozone stratosphérique, d'un éventuel effet de serre (lié principalement aux rejets de CO²) des pluies acides, de la pollution des nappes phréatiques, démontre bien le caractère crucial de cette question des rejets. Cependant les inquiétudes soulevées par la réduction de la biodiversité prouvent que le problème des prélèvements n'est pas clos.

B) Pourtant ce tableau, pour être tout à fait convaincant, exige que soient examinées **deux séries d'objections** qui lui sont fréquemment opposées.

1. La première vise la forme des phénomènes de croissance. Ce n'est pas l'exponentielle, nous dit-on, mais la logistique qui caractérise ces derniers, notamment pour tout ce qui concerne le domaine biologique.

Après une phase d'expansion accélérée, une population (de bactéries enfermées dans un bocal clos par exemple) finit toujours par s'adapter à la capacité du milieu dans lequel elle se développe. Pourquoi n'en irait-il pas de même des populations humaines ?

A cela on peut répondre que :

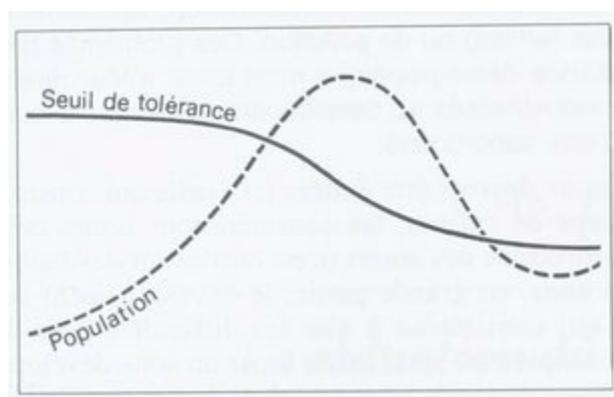


Croissance logistique : population de paramécies dans un bocal

– peu importe la forme *virtuellement* logistique de la courbe si les

phénomènes de rupture décrits ci-dessus se produisent dans sa phase de variation exponentielle ; si le temps avait été donné aux hommes, alors *il y aurait* eu fléchissement des taux de croissance démographique... maigre consolation ; en dépit de la transition démographique, la population mondiale n'en continuera pas moins de croître jusqu'au XXII^e siècle. Le risque de rupture existe toujours. Au début de l'année 1992, l'Académie nationale des sciences des Etats-Unis et la Société royale de Londres publiaient un rapport commençant par ces mots : « Si les prévisions actuelles de la croissance démographique se vérifient et si les diverses formes de l'activité humaine sur la planète restent inchangées, il se peut que la science et la technologie ne parviennent pas à éviter soit la dégradation irréversible de l'environnement, soit la persistance de la pauvreté dans la plus grande partie du monde. » (Cité par Lester R. Brown, *L'Etat de la planète*, Economica, 1991).

- lorsqu'une population animale se développe dans un milieu clos, les dimensions de ce dernier constituent pour elle une donnée à laquelle elle ne peut rien changer ; il en va le plus souvent de même dans un milieu naturel qu'elle est impuissante à transformer ; une population humaine, en revanche, dotée de moyens techniques efficaces, peut « tricher avec les dimensions du bocal », surexploiter les ressources du milieu, croître au-delà de l'optimum et se retrouver brutalement ramenée, après une phase de régression, au niveau d'un seuil de tolérance désormais sensiblement réduit ; on imagine sans peine ce qui signifierait dans cette éventualité la phase de rajustement vers le bas^m.



2. La seconde objection se réfère à la diversité des conditions nationales dans le monde :

- surpopulation et surdéveloppement économique ne concernent pas les mêmes collectivités ; il est certain que la plupart des économies à hauts revenus supporteraient aisément une population plus importante et que la question du contrôle démographique se pose essentiellement aux plus pauvres ; mais c'est le potentiel technique des premières (dont les autres s'efforcent d'adopter le modèle) et non l'importance de leur population, qui crée le problème dont nous nous préoccupons ici ; en termes de croissance économique, une population plus importante peut apparaître comme souhaitable dans leur cas, mais en est-il nécessairement de même en ce qui concerne la capacité de reproduction de la biosphère ? il n'y a aucune raison pour que les deux critères coïncident ; au contraire, l'accélération de la croissance résultant de l'apparition d'une population optimale (par rapport aux exigences de l'appareil économique) ne ferait qu'aggraver les ruptures d'équilibre dans le milieu naturel ;
- toutes les nations enfin ne sont pas parvenues aux mêmes niveaux de développement ; si les unes atteignent déjà les zones de saturation de leurs besoins en biens de consommation durables et peuvent s'interroger sur la nécessité d'une croissance tournée vers des orientations moins matérialistes, d'autres, encore à peine capables de couvrir (parfois très mal) les besoins de survie de leurs populations, sont légitimement conduites à confondre production d'objets physiques et création de bien-être. Cependant ces nations elles-mêmes connaissent des difficultés environnementales. Le rapport Brundtland (*Our common future*, Oxford University Press, 1987) souligne que le sous-développement pose de graves problèmes d'épuisement des milieux naturels (déforestation, désertification, épuisement des terres les plus fertiles) ou de pollution. Ces problèmes tiennent à leur croissance démographique mais aussi à leur relation avec les pays industrialisés au développement desquels leur propre modèle reste subordonné.

Deux erreurs doivent être évitées ici : celle qui consisterait à étendre à un groupe de nations, les considérations issues des problèmes créés par la croissance des autres (c'est encore sur des bases matérielles que doit être assis, en grande partie, le développement des plus pauvres) ; celle qui consisterait à nier les difficultés nées du sur-développement, sous prétexte qu'il existe aussi un sous-développement. Une analyse en termes de seuils nous sera donc indispensable²³. Il n'est pas certain, enfin, qu'un examen critique du modèle offert par les plus développés ne puisse conduire les

autres à concevoir des trajectoires moins dévastatrices.

Une conclusion nous paraît alors s'imposer : à partir d'un certain niveau et dans ses formes actuelles, le développement étend ses conséquences au-delà de la sphère économique proprement dite.

La reproduction de cette sphère dans le temps impliquant celle des milieux qui la supportent, on pourrait penser que la réflexion s'est progressivement élargie à cette nouvelle dimension. Or, en fait, c'est l'évolution strictement opposée à celle-ci que nous pouvons paradoxalement constater. De sorte que l'extension continue du champ des phénomènes concernés par l'activité économique s'accompagne d'une régression permanente du domaine balayé par la pensée. Celle-ci ne peut plus, bien sûr, passer sous silence toute une série de phénomènes hors marché qui frappent les esprits. Mais lorsqu'elle fait mine de les analyser, bien calée dans les catégories de l'univers marchand, c'est à sa propre logique qu'elle tend à les réduire, comme si la nature se souciait des ajustements en termes de prix, de coûts et d'optimum économique.

CHAPITRE II

La réduction du champ de la pensée économique

L'évolution de la pensée économique ne se dissocie pas de la conception que les hommes ont pu avoir de leur relation avec la nature.

1. A l'état de dépendance vis-à-vis des forces naturelles, qui est celui des sociétés nomades, agricoles ou pré-industrielles, correspond, jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, une certaine *attitude de soumission*.

Dépendantes, ces sociétés le sont, nous l'avons vu, dans tous les domaines : dans leurs possibilités de survie liées à la plus ou moins grande générosité du milieu, dans la nature des énergies et des matériaux qu'elles mettent en œuvre, dans leurs rythmes de travail subordonnés à l'éternel recommencement des choses (l'alternance du jour et de la nuit, le retour des saisons...) ; les techniques de production, encore archaïques, ont un impact pratiquement nul sur la biosphère.

L'ordre naturel dépasse l'entendement humain ; ses lois expriment l'ordre divin et s'imposent à toutes les créatures. C'est l'époque du règne sans partage des religions. Le sens religieux du mystère traduit assez exactement cet état d'esprit : le mystère est ce à quoi l'on doit croire sans chercher à le comprendre. Les catastrophes naturelles, dont on ne sait analyser les causes, sont interprétées comme les signes de la colère des Dieux.

L'humanité n'a d'autre choix que de s'adapter et se soumettre : le plan de la Cité de Platon comme l'organisation du village primitif reproduisent l'ordre cosmique¹ ; les Physiocrates veulent transposer l'ordre divin parmi les hommes ; les surplus des années fastes sont réinvestis dans le sacré (les pyramides, les temples, les cathédrales) ou destinés à compenser les insuffisances des années maigres (les greniers de Joseph) : « on ne commande à la nature qu'en lui obéissant », écrit Francis Bacon.

Un équilibre, qui n'a rien de nécessairement idyllique, s'établit entre le milieu souvent avare de ses fruits et l'homme. Ce dernier, soumis aux lois

de la nature, vit en symbiose avec le cosmos auquel il a conscience d'appartenir.

2. *Une attitude de domination* s'affirme avec la première révolution industrielle, au cours de laquelle l'ordre des hommes semble vouloir s'imposer à l'ordre de la nature.

La domestication des énergies stockées et des matières inanimées entraîne plusieurs conséquences :

- la production des forces motrices et des matières nouvelles dépend essentiellement des efforts et des moyens que les hommes consacrent à les produire ; dans toute l'industrie, désormais prédominante, les rythmes humains acquièrent ainsi leur autonomie ; l'agriculture plus longtemps dépendante s'achemine vers la même voieⁿ ; le sentiment qui s'en dégage pour les hommes est celui d'une maîtrise croissante de leur propre destin ;
- les accroissements spectaculaires de productivité permettent une meilleure satisfaction des besoins et laissent des surplus qui stimulent, en retour, le développement des techniques et de la productivité ; ces mêmes surplus (provenant du fait qu'un nombre réduit d'individus suffit à satisfaire les besoins vitaux de la collectivité) autorisent le financement de nouvelles activités, intensifient la division du travail et renforcent l'urbanisation ; l'appareil économique donc, se développe par lui-même pour lui-même ;
- la masse des biens intermédiaires dont paraît dépendre exclusivement le volume des productions, agit comme une sorte d'écran interposé entre les hommes et la nature ; le contact est rompu : l'automobile et l'avion ont vaincu le temps et la distance ; la machine a fait reculer les pénuries ; un nouvel écosystème, artificiel celui-ci et n'obéissant qu'à sa propre logique, se développe à côté du premier et lui impose progressivement sa loi ;
- en somme, la situation se retourne : par ses créations, l'homme paraît s'être affranchi des contraintes de la période antérieure, et c'est lui qui soumet la nature au gré de ses désirs ; il se pose en finalité de l'évolution, en chaînon ultime dont toute la création n'aurait eu d'autre objectif que de permettre l'apparition ; c'est donc en lui-même que réside la finalité du cosmos ; sa maîtrise sur le monde ne dépend que de l'état de ses connaissances : le mystère religieux cède le terrain à la soif de savoir scientifique ; c'est l'époque du scientisme et du positivisme ; la loi que l'homme impose à la nature est celle de

l'efficacité et du rendement matériel à court terme dont la rentabilité et le profit ne constituent que les variantes capitalistes : « La nature est plus une proie à saccager qu'un capital à ménager », écrit Th. Monod² ; aussi longtemps que les phénomènes de masse examinés plus haut n'étaient pas apparus, la proie paraissait consentante et les violences qu'on lui faisait subir ne semblaient pas devoir poser de problèmes aux hommes ; mais on sait désormais qu'il ne s'agissait là que d'une situation transitoire.

3. *La recherche d'intégration*, qui paraît s'amorcer depuis quelques années, se signale par la redécouverte progressive du fait que les activités humaines se situent dans un ensemble de régulations naturelles dont le respect conditionne la survie des sociétés.

A partir du moment où l'impact de l'économique sur le milieu atteint les seuils critiques que nous avons décrits plus haut, les données antérieures se trouvent totalement bouleversées. L'environnement ne peut plus être traité comme une matière passive assurant d'elle-même sa propre reproduction. L'impression d'affranchissement que les hommes avaient tirée de l'accumulation de moyens techniques s'efface devant la mise à jour de nouvelles dépendances :

- la victoire sur les pénuries, qui se traduit par une exploitation intensive des ressources, déplace le problème initial du niveau des flux désormais surabondants, à celui des facteurs et des stocks maintenant menacés d'épuisement ;
- les équipements qui ont permis provisoirement d'échapper aux contraintes du milieu, retrouvent ce dernier dans la mesure où celui-ci livre les matériaux qui les constituent, les énergies qui les animent et reçoit les déchets qu'ils rejettent ; évoquant le sentiment de libération que procure l'avion vis-à-vis des contraintes naturelles, Commoner³ ajoute : « il est assez facile de dissiper cette illusion, car, comme les êtres qu'il emporte, l'avion est soumis lui-même à la dépendance de tout l'environnement terrestre. Ses moteurs consomment un mélange d'essence et d'oxygène qui sont des produits des réserves terrestres de plantes vertes fossilisées. En remontant un peu, dans le passé, nous voyons que chaque partie de l'appareil est elle-même dépendante de l'environnement. L'acier provient des fonderies qui utilisent le charbon, l'eau et l'oxygène, qui sont tous des produits naturels ; l'aluminium a été extrait de minerais par utilisation de la force électrique, produite elle-même par une combustion d'essence et d'oxygène ou par la force hydraulique des chutes d'eau. Et il faut

nous souvenir qu'il a fallu utiliser une certaine quantité de charbon pour produire l'énergie qui sert à la composition de chaque élément de matière plastique utilisé à l'intérieur de l'habitacle. Des centaines de mètres cubes d'eau ont été également nécessaires lors de la fabrication de ces éléments, tandis que privé des éléments naturels de l'environnement terrestre (l'oxygène, l'eau, le combustible), l'appareil aussi bien que l'homme lui-même n'aurait jamais existé. »

En raison même de l'efficacité des processus humains, cette redécouverte de la dépendance des hommes envers les phénomènes naturels ne saurait être envisagée comme le simple retour à une soumission aveugle à des forces magiques. C'est en fait de connaissance qu'il s'agit : connaissance en vue d'une harmonisation consciente, effectuée dans le respect des régulations et des cohérences naturelles sans le maintien desquelles les sociétés humaines ne sauraient espérer de lendemain.

Et c'est parce que la pensée économique, après s'être située longtemps à la pointe des sciences sociales, se refuse à pénétrer dans cette troisième phase — où il lui faudrait s'ouvrir et remettre en cause quelques-unes de ses certitudes — que son évolution semble s'effectuer au rebours des faits⁰. De plus en plus étroitement cramponnée à une logique du marché considérée comme se suffisant à elle-même, elle reproduit en les exacerbant tous les caractères de la phase de domination déjà dépassée ailleurs :

- repliement sur sa propre logique interne : alors que les premières écoles, nées au temps où la sphère économique épousait les contours de la biosphère, n'envisageaient pas la reproduction de la première indépendamment de la seconde, cette reproduction se limite un peu plus tard aux seuls facteurs du marché, puis cède le pas à la simple considération de l'équilibre général et atemporel des flux échangés sur ce dernier ;
- inversion de finalités dans la mesure où la réalité physique, perdue de vue, s'efface derrière une logique de la maximisation des valeurs qui obéit à ses lois propres et s'oppose aux lois des richesses matérielles ;
- attitude réductionniste, lorsque les écoles contemporaines font mine d'intégrer les phénomènes naturels en projetant sur eux la logique tronquée d'un sous-système dont ils ne relèvent pas.

Tout ceci s'aggrave du fait que des schémas théoriques, présentés initialement comme autant de références abstraites à un optimum conventionnel, débouchent en réalité sur des modèles d'action et des critères de choix.

Au moment où une nouvelle vision du monde fait éclater les barrières épistémologiques dans la plupart des disciplines⁴, l'économie ne sait plus guère nous proposer que les raffinements d'une logique de plus en plus étriquée, à laquelle elle prétend réduire un ensemble de phénomènes extérieurs qui lui restent radicalement réfractaires.

I. LE REPLIEMENT

A) Après une lente maturation, la réflexion économique s'est, selon la plupart des auteurs, véritablement constituée en science autonome avec *l'Ecole Physiocratique*, au milieu du XVIII^e siècle. Le *Tableau Economique* de Quesnay, qui fonde cette école, paraît en 1758. L'auteur pose, de façon cohérente, les premières bases du libéralisme économique et estime que toute richesse — conçue comme une création de produit physique — provient de l'agriculture, activité alors dominante.

L'image de l'économie qui ressort de cette approche est celle d'une activité régie par des lois naturelles, mettant en œuvre des flux physiques et ne pouvant se perpétuer qu'à travers la reproduction d'un milieu naturel indépendamment duquel elle ne saurait être analysée.

1. *Quesnay et ses disciples insistent sur la prééminence d'un Ordre Naturel* dont les sociétés humaines sont tenues de respecter les règles : « Les hommes réunis en société doivent donc être assujettis à des lois naturelles et à des lois positives.

« On entend ici, par *loi physique*, le cours réglé de tout événement physique de l'ordre naturel évidemment le plus avantageux au genre humain.

« On entend ici, par *loi morale*, la règle de toute action humaine de l'ordre naturel, conforme à l'ordre physique évidemment le plus avantageux au genre humain.

« Ces lois forment ensemble ce qu'on appelle la loi naturelle... » Quant aux *lois positives*, « elles ne sont que des lois de manutention relatives à l'ordre naturel évidemment le plus avantageux au genre humain. » (F. Quesnay)⁵

Cette subordination des lois humaines à l'ordre cosmique est tellement évidente que « les hommes ni leurs gouvernements ne font point les lois et ne peuvent point les faire. Ils les reconnaissent comme conformes à la raison suprême qui gouverne l'Univers, ils les portent au milieu de la

société... C'est pour cela qu'on les dit porteurs de lois, *législateurs* et qu'on n'a jamais osé dire faiseurs de lois, *légisfacteurs* » (F. Quesnay)⁶.

Le respect de cet ordre conditionne la survie des sociétés humaines : « Nous découvrons un ordre essentiel, un ordre dont elles ne peuvent s'écarter sans trahir leurs véritables intérêts, sans cesser d'être des sociétés » (Le Mercier de la Rivière)⁷. C'est que les hommes vivant essentiellement de l'agriculture connaissent la nécessité de respecter l'ordre cosmique.

2. Le produit net est un produit physique issu d'un patrimoine physique, la terre. « C'est le résultat physique de la fertilité du sol » (Turgot)⁸. « Le cultivateur produit par *génération*, par augmentation réelle des produits » (Quesnay, *Maximes*).

Les avances annuelles, primitives et foncières, prélevées sur la production, ont pour objet d'assurer la pérennité des facteurs qui livrent ce produit. Le Mercier le définit donc comme la part des richesses qu'on peut « consommer au gré de ses désirs, sans s'appauvrir, sans altérer le principe qui les reproduit sans cesse »⁹.

Cette définition sera définitivement acquise pour la science, mais contrairement aux auteurs qui leur succéderont, les Physiocrates lui resteront rigoureusement fidèles : les avances annuelles en effet ne couvrent pas seulement les dépenses d'engrais, semences, etc., mais aussi l'entretien de la ressource humaine ; les avances primitives compensent l'amortissement des capitaux fixes et les avances foncières assurent la reproduction du facteur naturel. « Il est fait défense, sous peine de l'anéantissement des produits et de la société, aux propriétaires fonciers et à toute puissance humaine, de rien détourner de la portion qui doit être prélevée sur les produits pour perpétuer les avances » (Le Mercier)¹⁰.

3. Le modèle physiocratique s'inspire de la biologie : Turgot évoque la circulation de la richesse « dont la continuité fait la vie du corps politique, ainsi que la circulation du sang fait la vie du corps animal »¹¹. Le *Tableau Economique*, enfin, « implique une idée de haute portée : la conception du monde comme un vaste circulus dont on pouvait schématiquement embrasser l'ensemble dans une vue unique » (Gonnard)¹².

Il nous propose donc une vision globale, « holistique » des choses, dont nous retrouverons l'esprit dans nos approches systémiques modernes. La reproduction de la sphère économique — préoccupation centrale de cette école — ne se dissocie pas de celle du milieu naturel.

B) Les débuts de l'industrialisation conduisent à repenser la base exclusivement agrarienne sur laquelle était fondée l'économie physiocratique.

La vague des inventions techniques, après avoir bouleversé le textile, se déplace vers la métallurgie, qui deviendra bientôt l'industrie dominante, et gagne l'énergie. Une ville symbolisera la société qui vient de naître, « Manchester, la ville des grands manufacturiers du coton qui, sûrs de leur supériorité, avides de débouchés, avides aussi de main-d'œuvre et de matières premières à bon marché, se font naturellement les champions du libre-échange qui peut leur assurer les unes et les autres. Désormais c'est l'industrie qui, à son tour, entraîne le commerce : c'est la production qui devance la demande, qui constitue ses stocks, qui cherche des clients dans le monde entier et qui, pour les trouver, va s'efforcer d'abattre toutes les barrières élevées par la politique compliquée de l'âge précédent (R. Gonnard)¹³ ». Un milieu nouveau, véritable écosystème créé par les hommes¹⁴ et possédant sa logique propre, se développe à côté de l'écosystème naturel et parfois contre lui. La nature ne peut plus apparaître comme la seule source des richesses.

En 1776, *La Richesse des Nations* d'Adam Smith marque le départ de l'*Ecole classique* libérale qui s'étend sur la première moitié du XIX^e siècle et se trouve illustrée en Grande-Bretagne par Malthus, Ricardo, Stuart Mill et en France par Jean-Baptiste Say et Bastiat.

1. *Cette école raisonne encore en termes de reproduction* : le prix, égal à la somme des coûts, « se décompose en trois parties : le salaire, le profit et la rente foncière qui sont les trois sources primitives de tout revenu » (Smith)¹⁵.

La valeur d'un bien est égale à la somme des coûts qu'il a fallu engager pour le produire (théorie de la valeur-coût) et le prix doit couvrir l'ensemble de ces coûts afin de permettre la reconstitution des facteurs ayant participé à cette production.

Cette conception débouchera, déjà chez A. Smith, et très clairement à partir de Ricardo, sur une théorie de la valeur-travail, la dépense en travail étant considérée comme la seule effectuée en dernier ressort par les hommes pour produire tous les autres biens^P.

2. *Cependant cette reproduction se limite aux facteurs du marché.* Si « le travail de chaque nation, fonds primitif qui la fournit de tous les objets

nécessaires et utiles à la vie » (Smith)¹⁶, est le seul facteur véritablement productif, c'est l'accumulation du capital, facteur rare créé par les hommes, qui limite la croissance : « l'industrie de la Nation ne peut augmenter qu'à proportion de l'augmentation de son capital » (Smith)¹⁷. Le facteur naturel en revanche, considéré comme « inaltérable », « indestructible », « impérissable », apparaît comme un bien libre non menacé par les activités humaines. Ricardo distingue ici ce qui est « facultés originelles et impérissables »¹⁸ du sol et enrichissement apporté par les propriétaires fonciers. Et J.B. Say déclare nettement : « Les richesses naturelles sont inépuisables car sans cela nous ne les obtiendrions pas gratuitement. Ne pouvant être multipliées ni épuisées elles ne sont pas l'objet des sciences économiques »¹⁹.

Si le capital est effectivement amorti, si le salaire minimum vital (salaire naturel) peut avec un peu de bonne volonté être considéré comme assurant la reproduction du facteur humain²⁰, la rente ne rémunère que l'avarice de la nature. La reproduction se limite donc aux facteurs du marché et, à vrai dire, seul le capital fait explicitement l'objet d'un amortissement destiné à permettre son renouvellement. Smith lui-même compare la société à un vaste marché : grâce à la division du travail, dit-il, l'homme forcé de recourir à l'échange « devient une sorte de marchand et la société tout entière une société de commerce²¹ ».

3. Le système se justifie par son propre équilibre : c'est en lui-même qu'il trouve sa cohérence : les ajustements qui le caractérisent ne sont pas liés à une intervention divine, comme chez les Physiocrates, mais à une force interne, la poursuite des intérêts privés dont la convergence assure la réalisation de l'intérêt collectif. Grâce au mécanisme des prix d'une part et au rétablissement automatique de la balance du commerce d'autre part, le marché tend toujours vers l'équilibre, au plan national (loi des débouchés) comme au plan international (rétablissement automatique de la balance)^q. Cet équilibre constitue sa justification.

C) Mais la misère ouvrière du milieu du XIX^e siècle attise *la contestation socialiste*. Un courant dit humaniste illustré par Sismondi et Proudhon et un courant dit scientifique inauguré par Marx et Engels (le *Manifeste Communiste* est de 1848 ; le premier volume du *Capital* paraît en 1867) dénoncent les méfaits du système.

Marx se situe lui-même dans la ligne théorique de Ricardo. Comme lui, par exemple, il fonde la valeur sur le travail. Mais cette parenté d'ordre

théorique débouche sur une contestation radicale du libéralisme glorifié par l'école classique : le système capitaliste exploite le travailleur et, loin d'assurer sa reproduction, développe des contradictions qui, de crise en crise, le conduisent à l'autodestruction.

Cependant, l'analyse marxienne^r se situe à deux niveaux très différents, selon qu'elle envisage la signification profonde et la portée réelle de l'acte économique, ou qu'elle scrute les contradictions internes du système historiquement incarné dans lequel elle se développe. Les deux images qu'elle nous renvoie alors n'ont pas du tout la même ampleur. Elles restent pourtant parfaitement cohérentes, mais la passion des luttes attachées à la seconde a souvent fait oublier la première.

1. *Marx et Engels ne dissocient pas l'économique de l'ensemble des phénomènes naturels.* Leur admirable correspondance scientifique²² montre à quel point leurs positions diffèrent sur ce point de celles des Classiques. On retrouve ici toute l'ampleur du schéma physiocratique.

Marx en particulier se plaît à souligner que l'étude de l'agrochimie lui a apporté « plus que tous les économistes réunis » (lettre du 13 février 1866). Et il décrit les destructions que la production provoque dans le milieu : « La production capitaliste... perturbe le courant de circulation de la matière entre l'homme et le sol ; c'est-à-dire qu'elle empêche le retour au sol de ces éléments que l'homme consomme afin de se nourrir et se vêtir ; en conséquence, elle fait violence au conditionnement nécessaire à une durable fertilité des sols... En outre, chaque progrès de l'agriculture capitaliste représente un progrès, non seulement dans l'art de dépouiller le travailleur, mais dans celui d'appauvrir la terre ; toute amélioration temporaire de la fertilité des sols rapproche des conditions d'une ruine définitive des sources de cette fertilité.

« Plus un pays établit la base de son développement sur la création d'une industrie moderne, comme par exemple les Etats-Unis, et plus le processus de destruction se poursuit à un rythme rapide. C'est ainsi que la production capitaliste, en développant la technologie et en réunissant dans un ensemble social l'action des divers processus, ne fait qu'épuiser les sources originaires de toute richesse : la terre et les travailleurs. »²³

2. *Mais c'est aux contradictions internes du système capitaliste que les deux auteurs consacrent l'essentiel de leurs efforts.*

Les schémas de la reproduction simple ou élargie analysent le jeu du capital constant C (facteur mort) et du capital variable V (facteur vivant : la force de travail créatrice de la plus value PL), dans leurs relations au

sein du secteur I (biens de production) et du secteur II (biens de consommation) ou entre ces secteurs.

Le fonctionnement du système, tel que Marx estime pouvoir le décrire, exclut en effet la reproduction du facteur naturel que ce système n'assure effectivement pas. Et la pensée marxiste post-marxienne, trop souvent oublieuse de la dimension véritablement cosmique de la pensée du fondateur, aura tendance à s'enfermer dans les limites étroites d'un affinement sans fin des schémas de la reproduction.

D) L'économie libérale, qui voit se retourner contre elle ses propres instruments, se trouve donc contrainte de réviser sa théorie pour sauver sa doctrine. C'est en effet en s'appuyant sur la théorie de la valeur-travail, issue de Ricardo, que les socialistes remettent en cause les conclusions du libéralisme. A peu près simultanément, de 1871 à 1874, S. Jevons à Londres, K. Menger à Vienne et L. Walras à Lausanne posent les bases de l'*Ecole néo-classique*. Les disciples de cette école veulent montrer qu'il existe une économie pure dont les lois générales et universelles s'imposeraient à tous, quelle que soit la diversité des systèmes.

Puisque l'ancienne théorie de la valeur-coût a fourni plus d'armes aux adversaires du libéralisme qu'à ses défenseurs, c'est du côté du consommateur, dans l'utilité et la rareté (théorie de l'utilité-rareté), qu'on va situer le fondement de la valeur des biens⁵. Cette valeur déterminant la dépense que le consommateur sera disposé à engager pour se procurer une unité du bien, l'appareil économique se tourne spontanément vers la satisfaction des besoins humains et ce sont ces besoins qui règlent la production. Ainsi ces auteurs affirment la supériorité du libéralisme — dont on entend démontrer notamment qu'il réalise l'équilibre général de plein-emploi — supériorité qui, parce qu'il s'agit d'un schéma d'économie pure, censé mettre en évidence l'essence des phénomènes, serait en quelque sorte dans la nature des choses.

Un peu plus tard, à Cambridge, A. Marshall²⁴, tout en maintenant l'esprit général de cette analyse, effectue la synthèse des approches en termes de coût et des approches fondées sur l'utilité-rareté ; il réalise donc la jonction de l'ancienne et de la nouvelle traditions libérales.

La réduction du champ de l'analyse, déjà perceptible dans l'école précédente, se trouve encore renforcée.

1. *L'équilibre a-temporel du marché devient le thème central du système, à l'exclusion de toute perspective de reproduction.*

Walras définit l'économie pure comme « la théorie de la détermination

des prix sous un régime hypothétique de libre-concurrence absolue »²⁵. Ses successeurs, oublieux du fait qu'il a également produit une *Economie Sociale* et une *Economie Appliquée*²⁶, s'en tiendront à cette définition qui se situe bien à l'échelle exclusive du marché. Debreu, Friedman aujourd'hui, ne font pas autre chose. Le modèle de référence n'est plus celui de la biologie mais celui de la mécanique rationnelle, emprunté au monde physique²⁷.

2. *Les phénomènes hors marché sont explicitement évacués de la science économique.*

Robbins, qui précise l'objectif de cette science dans la définition que nous avons rencontrée plus haut, s'empresse d'ajouter : « les fins en tant que telles sont en dehors de cet objectif ; de même l'environnement technique et social »²⁸. Cet environnement appartient au monde des données sur lesquelles « l'économiste n'a pas de prise... que l'économiste doit accepter comme base de ses analyses » (R. Courtin)²⁹, et qui constituent donc un cadre à l'intérieur duquel se déroule un jeu économique ramené à une mécanique abstraite, tournant sur elle-même, à partir d'hypothèses conventionnelles conçues indépendamment de tout lien avec le milieu naturel.

« Dans les sociétés transformées par la technique et les applications de la science (sociétés « modernes », sociétés « industrielles »), s'opère une véritable dissociation des valeurs. L'industrie restructure la totalité de la société. Un univers de la fabrication et de la manipulation s'élabore et tend à se fermer à l'univers du sens. Un monde économique s'identifiant à la praxis trouve sa consistance propre et découvre en lui-même sa justification » (H. Bartoli)³⁰.

Partie d'un impératif de reproduction qui impliquait celle de toute la biosphère, puis qui se réduisait aux seules forces du marché, l'économie débouche sur la simple contemplation de ses équilibres internes, abstraction explicitement faite de tout ce qui concerne le vivant. La rupture est totale.

II. L'INVERSION

Cette rupture entraîne un changement radical dans la nature des phénomènes qui sont objet de calcul : ayant évacué toute référence à la nature et aux finalités humaines, c'est dans la logique des choses mortes

(les marchandises, le profit monétaire) que le système cherche sa justification. Or les lois de cette logique s'opposent à celle du vivant.

1. *L'équilibre des choses mortes se réalise au détriment des hommes.*

Le système, nous l'avons vu, s'auto-justifie par son propre équilibre : le fait que le mécanisme des prix soit censé ajuster spontanément l'offre à la demande et s'opposer à toute propagation cumulative d'un déséquilibre localisé, suffirait — sans autre considération — à fonder la supériorité du libéralisme. Le thème est déjà présent dans la première école classique.

Sismondi a beau rappeler les véritables finalités de la production et souligner les coûts humains d'un ajustement à la baisse, il n'est pas entendu : « Les producteurs, dit-il, ne se retireront point du travail et leur nombre ne diminuera que lorsqu'une partie des chefs d'atelier aura fait faillite et qu'une partie des ouvriers sera morte de misère... Gardons-nous de la dangereuse théorie de cet équilibre qui se rétablit de lui-même. Un certain équilibre se rétablit, il est vrai, à la longue, mais c'est par une effroyable souffrance³¹ ».

La réponse sera brève : « Il est bon, affirmera simplement Dunoyer, qu'il y ait, dans la société, des lieux inférieurs où seront appelées à tomber les familles qui se conduisent mal et d'où elles ne puissent se relever qu'à force de se bien conduire. La misère est ce redoutable enfer »³². Aujourd'hui-même, les théoriciens de l'offre ne nous disent pas autre chose : « Imposer davantage les riches, affirme l'un de leurs principaux représentants George Gilder, c'est affaiblir l'investissement ; parallèlement, donner davantage aux pauvres, c'est réduire les incitations au travail... l'aiguillon de la pauvreté, est la chose la plus nécessaire à la réussite des pauvres » (G. Gilder, *Richesse et pauvreté*, Albin Michel, 1981). Le culte de l'équilibre aboutissant à l'apologie de la misère considérée comme une harmonie supplémentaire, le retournement de finalités est complet : c'est l'homme qui clairement se trouve au service de l'appareil économique.

Ce retournement est tout à fait conforme à la logique profonde du système.

2. *La logique des valeurs s'oppose à celle des réalités physiques.*

Si « les produits s'échangent contre les produits » ce sont — par le biais

des prix — des valeurs que les agents s'efforcent de maximiser. Smith et Ricardo³³ ont perçu, entre les deux procédures, l'existence de contradictions que Bastiat exprime mieux et d'une façon plus générale que tout autre³⁴. La véritable richesse des hommes, dit-il, est constituée par les avantages que leur dispense gratuitement la nature et non par les efforts qu'ils doivent assumer pour se les procurer^t. Or, leurs revenus n'étant que la contrepartie de ces efforts, « chacun de nous vit des services qu'il rend à l'occasion d'un obstacle, de telle sorte qu'il n'est pas un obstacle dont la disparition ne fût très inopportune et très importune à quelqu'un, et même ne paraisse funeste au point de vue général, parce qu'elle semble anéantir une source de services, de valeurs, de richesses »³⁵. L'économie politique donc, fondée sur la valeur-coût, « est une science à rebours où le but auquel nous aspirons est sans cesse confondu avec l'obstacle qui nous arrête... La théorie qui définit la richesse par la valeur, n'est en définitive que la glorification de l'obstacle »³⁶ ; admirable lucidité d'un auteur que l'on s'accorde généralement à considérer comme plaisant, sinon léger.

Le constat de Bastiat peut être étendu aux théories néo-classiques pour lesquelles, de façon indiscutable depuis A. Marshall, l'équilibre en termes d'utilités se concilie avec un équilibre en termes de coûts³⁷.

B. de Jouvenel ne dit pas autre chose à propos de notre comptabilité nationale moderne, lorsqu'il souligne la façon dont le PNB exprime non point les avantages acquis par les hommes du fait de leurs activités productives, mais les coûts assumés pour obtenir ces avantages : coûts de la production, coûts des accidents, coûts d'entretien ou de réparation du facteur humain, coûts de remise en état de l'environnement, etc, qui tous apparaissent dans la partie positive du bilan³⁸.

Le phénomène se renforce lorsque l'emprise des institutions financières sur les entreprises, couplée au développement d'un important « revenu discrétionnaire »^u qui rend le consommateur plus vulnérable à toutes les sollicitations de l'appareil productif, entraîne la constitution de ce que Galbraith appelle « la filière inversée »³⁹. La logique de l'accumulation du capital se substitue alors à celle de la mise en valeur du monde : « parallèlement à l'accumulation du capital, la consommation doit se développer à tout prix ; n'importe quel type de consommation pourvu qu'elle soit source de profit... L'homme est réduit à ses deux seules fonctions de travailleur consommateur, dans une société où le pouvoir social l'incite en permanence à consommer davantage, donc à gagner plus » (J.M. Chevalier)⁴⁰.

Enfermée dans cette logique, la science économique n'est plus alors que

la science de la gestion d'une chose morte, le capital sous sa forme financière la plus abstraite, qu'elle se plaît à servir.

L'épreuve des faits, pour aussi dirimante qu'elle soit, ne changera rien à cet esprit. Bien au contraire, lorsqu'elle incitera l'école à prendre en considération de nouveaux phénomènes, ce ne sera pas par une remise en cause de ses analyses, mais par une projection de ces dernières sur un univers plus large qu'elle tentera ainsi de réduire à sa propre logique.

III. LE RÉDUCTIONNISME

La crise des années trente consacre à la fois la faillite des schémas de l'équilibre et l'échec des politiques d'inspiration néoclassique. En 1936, Keynes, dans sa *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, démontre que l'équilibre de plein-emploi n'est qu'une possibilité parmi d'autres, au moins aussi vraisemblables ; il analyse les raisons pour lesquelles les ajustements s'effectuent en sous-emploi et préconise une série de mesures dirigistes sans lesquelles, selon lui, le système serait condamné, sinon à disparaître, du moins à végéter dans une médiocrité durable. La défense du capitalisme se confond ici avec l'intervention de l'Etat.

Relativement efficace contre la crise, l'interprétation keynésienne révèle ses limites dans les perspectives de l'après-guerre dominées par les problèmes tout à fait différents nés de la reconstruction, de l'inflation, de l'ouverture des frontières, de la recherche du bien-être et de la croissance harmonisée. Sa récupération, par le courant précédent, permet l'apparition de ce que nous appellerons *le courant « néo-libéral » contemporain*, au sein duquel, en dépit de divergences tenant à leurs affinités plus ou moins grandes avec l'une ou l'autre des deux dernières écoles, les auteurs se retrouvent sur les grandes lignes d'interprétations qui marient dans des proportions diverses les instruments néo-classiques et keynésiens, ainsi que la liberté et les interventions, dans un esprit commun de sauvegarde du système^v.

C'est dans sa propre cohérence, en procédant par hypothèse et déduction logique, que cette école entend trouver les sources de sa validité. Mais, appliquant au réel l'image conventionnelle à laquelle elle aboutit, elle prétend édicter des normes et expliquer des phénomènes hors marché que tout lui interdit désormais d'ignorer.

A) De la cohérence interne à l'image du réel et à la norme

Partant d'un certain nombre d'hypothèses de comportement (la recherche rationnelle du maximum d'avantages au prix du minimum de coûts : l'*homo æconomicus*...) et de structure (la concurrence pure et parfaite entre micro-unités indépendantes...), les auteurs construisent, par déduction, un univers économique conventionnel qui constitue peut-être l'équivalent d'une mécanique pure dans un monde sans frottement, mais en aucun cas l'image d'un réel dominé par les coalitions et les conflits entre inégaux. A ce degré d'abstraction, les lois économiques sont posées comme identiques aux lois physiques. Obtenues par déduction, elles expriment ce que von Mises appelle « une inexorable interconnexion du phénomène ». Situées en dehors du temps, de l'espace et de l'histoire, elles ne souffrent pas d'exception et ne sauraient être relativisées : « Un modèle, dit encore aujourd'hui Bronfenbrenner, découle de ses prémisses et doit être regardé comme absolument vrai »⁴¹. Et cela n'est pas inexact si l'on veut dire que, sur ce plan de pure abstraction, la validité interne du système est affaire de cohérence et non de latitude ou d'époque.

Mais il faut alors se garder d'assimiler un système purement conventionnel à une image du réel ou à un devoir être. Or c'est ici que se situe le glissement décisif : la tentation est forte en effet de confondre cette généralité par rapport à un système d'hypothèses et de relations conventionnelles, posées au départ, avec une universalité affirmée dans le temps et dans l'espace, par rapport à tous les systèmes réels. Le pas sera franchi⁴². Alors est franchi, du même coup, le double saut qui sépare le conventionnel du réel et le théorique du normatif : *l'homo æconomicus, cet être hyper-rationnel exclusivement animé par des mobiles économiques, dont le seul objectif est d'obtenir « le maximum de bonheur qui peut être réalisé en achetant le plus de plaisir possible avec le moins de peine possible » (Jevons), cesse d'être hypothèse simplificatrice pour devenir image du réel ou plus encore idéal de comportement ; de la même façon, la concurrence pure et parfaite, l'optimum dit de Pareto^a, sont posés comme normes destinées à guider l'action. Par une habile duperie — peut-être de soi-même et à coup sûr des autres — l'ensemble de « conventions commodes » est devenu système de valeurs...*

B) La projection du système sur les phénomènes hors marché

Mais il faut bien se rendre à l'évidence. A mesure que se renforcent les

interdépendances liées au développement, l'explication par le marché se révèle de plus en plus nettement partielle et insuffisante :

- les biens dits collectifs^w, non susceptibles d'appropriation privée, dispensant leurs services simultanément et de façon indivisible pour tous, ne pouvant donner lieu à l'établissement d'un prix sur le marché et mettant directement en cause une notion d'utilité sociale qui ne peut découler d'une simple agrégation d'avantages privés, occupent une place croissante dans l'appareil économique ;
- le progrès technique^x, dont le rythme s'accélère, perturbe l'harmonie des fonctions de production qui, liant linéairement les variations du produit à celles des quantités de facteurs utilisées, impliquaient par là-même que chacun reçoive exactement la part de production qui lui est imputable⁴³ ;
- les influences que les activités des agents (producteurs ou consommateurs) exercent les unes sur les autres, par-delà leur propre marché, imposent la prise en compte de puissants effets externes^y et mettent en évidence l'étroitesse d'un optimum dit de Pareto, conçu en termes exclusifs d'avantages et de coûts individuels.

Ce sont là des phénomènes que la théorie désormais ne peut plus ignorer et dont on était en droit d'espérer que leur analyse provoquerait de profondes remises en question. Mais, en fait, les choses ne se passent pas ainsi : le souci de sauvegarder la pureté de l'appareil théorique, et les conclusions doctrinales que les auteurs se croient autorisés à en tirer, leur interdit toute révision de cet ordre. Il s'agit moins pour eux d'expliquer que de « récupérer ». On va donc tenter de démontrer que tous ces phénomènes relèvent de l'analyse que l'on a conçue pour un cadre plus étroit et ne troublent pas la belle ordonnance de l'idéologie qui les inspire.

Nous ne prendrons ici pour exemple que les deux problèmes concernant le plus directement notre sujet : le traitement des effets externes et la définition de l'optimum économique⁴⁴.

1. *Les effets externes* font apparaître des gains et des charges extérieurs au marché. Les coûts et avantages sociaux découlant de chaque volume de production diffèrent par conséquent des coûts et avantages individuels dont l'égalisation détermine l'optimum de ces productions^z.

On « internalisera » donc ces effets externes : une firme pollue, ajoutons à ses coûts l'ensemble de ceux qu'elle déverse sur la collectivité et nous établirons la courbe des coûts sociaux liés à sa production ; l'activité d'un

agent permet à un autre de réaliser des économies, intégrons-les à son bilan et nous mettrons en évidence l'avantage social inhérent à son activité.

Un système de taxes ou de subventions judicieusement établies conduira les entreprises à fixer alors leurs productions au niveau qui équilibrera coûts et avantages, non plus individuels mais collectifs ; l'optimum réalisé sera un optimum social⁴⁵.

Si, à première vue, l'argumentation paraît correcte elle repose cependant sur un ensemble d'hypothèses dont il convient d'examiner le bien-fondé.

a) *Du point de vue strictement économique, elles impliquent que tous les effets externes sont, sinon quantitatifs du moins quantifiables et exprimables monétairement, ce qui laisse de côté la dimension qualitative, comme la pureté des éléments ou la valeur d'agrément de certains espaces, dont on sait bien que la mesure n'a donné lieu qu'à des approximations dénuées de toute portée réelle*

Elles supposent que tous les effets externes — positifs ou négatifs — sont clairement perçus par ceux qui les subissent, alors que ces effets se diffusent dans l'espace et dans le temps Alvin Weinberg, par exemple, nous révèle que « les déchets radioactifs d'une centrale nucléaire présenteront, à certains égards un danger potentiel pendant 200 000 ans »⁴⁶. Comment les générations futures pourraient-elles nous révéler leurs préférences ? Comment les générations présentes sauraient-elles nous dire le prix ou le coût qu'elles attachent à certaines activités dont le lien avec les effets externes qu'elles subissent ne peut leur apparaître ?

b) *Dans leurs relations avec l'environnement, les théories de l'internalisation négligent le fait que la nature ne se comporte pas selon la logique de l'appareil économique.*

Elles considèrent que le bien-être social, le niveau de pollution et les volumes des productions varient les uns par rapport aux autres de façon continue, généralement exprimée par des fonctions linéaires pour les besoins de la formalisation mathématique, et supposent par là-même que les comportements du milieu se réduisent à ceux des modèles économiques. Or il n'en est pas ainsi ; la biosphère possède ses effets et réactions propres :

- *effets de synergie*, lorsque plusieurs effluents, émis chacun dans des quantités compatibles avec les normes de sécurité, se combinent de façon à donner un produit hautement nocif : par exemple l'association

d'hydrocarbure et d'oxyde d'azote produit des fumées photo-chimiques dont les effets sont différents de ceux des deux composants pris séparément⁴⁷ ;

- *effets de seuil*, lorsque le franchissement d'un point critique compromet brutalement l'exercice d'une fonction naturelle, met en cause la survie d'un écosystème ou dépasse les limites de tolérance de l'organisme ;
- *effet d'amplification*, lorsqu'un produit émis dans des proportions apparemment tolérables au sein d'un écosystème se retrouve à des taux de concentration dangereusement toxiques en fin de chaîne alimentaire^{aa} ;
- *effet d'irréversibilité* enfin, lorsque le temps de dissipation d'un produit répandu dans le milieu se révèle supérieur aux temps courants de la gestion économique, ou lorsqu'un équilibre détruit ne peut se reconstituer parce que les conditions initiales de sa formation ont disparu : P. George⁴⁸ par exemple nous parle « de combinaisons vivantes entre des espèces qui s'assurent réciproquement protection, sans aller jusqu'à la symbiose au sens propre du terme. Originellement, elles procèdent de conditions extérieures qui leur convenaient mais qui ont aujourd'hui disparu. Elles subsistent cependant dans la mesure où l'existence de l'association végétale s'accompagne du maintien d'un micro-milieu interne dépendant du milieu ambiant... Il suffit alors d'un incident mineur pour que l'association fossile soit irrémédiablement condamnée ».

Nécessaire, sans aucun doute, l'internalisation des effets externes décelables et évaluables reste insuffisante. Elle laisse fuir trop d'éléments non monétarisables et reste étrangère au comportement effectif du milieu naturel. La prise en compte des coûts que la dégradation de l'environnement suscite à l'intérieur de la sphère économique est une chose, mais les atteintes portées aux mécanismes régulateurs du milieu naturel en est une autre ; or c'est la primauté de ces régulations qui est en cause ici. En négligeant ces faits, la théorie n'assure guère que sa propre reproduction dans le temps ; mais, pour beaucoup, n'est-ce point là que réside l'essentiel ?...

2. De la même façon c'est, dans tous les cas envisagés, en partant d'une agrégation d'avantages ou désavantages économiques individuels qu'elle entend construire un *optimum social qui se veut inspiré de Pareto*.

Or, pour cet auteur, l'équilibre social — qui est le seul à pouvoir être

concrètement observé — ne se réduit pas à l'équilibre économique⁴⁹ et ne découle pas d'une agrégation de préférences individuelles.

La société, en effet, tire sa cohésion de la présence d'une autorité supérieure, le gouvernement, qui possède elle aussi sa conception de l'ordre social. Elle n'obéit pas seulement à des mobiles économiques, mais se détermine à partir de motivations plus larges, de conceptions idéologiques, « de toutes les forces qui agissent sur elle, c'est-à-dire des qualités et des défauts des hommes qui la composent, et des circonstances extérieures, de l'ambient où elles se trouvent⁵⁰ ». « L'état d'équilibre, dit-il ailleurs, est une conséquence de tous ces effets, de toutes ces actions et réactions. Il est donc différent d'un état d'équilibre théorique obtenu en considérant un ou plusieurs éléments (...) au lieu de les considérer tous⁵¹ ». La réduction de l'optimum social de Pareto à un pur optimum économique est donc une première trahison⁵².

Mais il en est une seconde, non moins significative. L'auteur ne borne pas ses investigations au seul équilibre de la concurrence pure et parfaite entre égaux (équilibre de Type I) dont ses « successeurs » nous entretiennent abondamment, mais il analyse aussi un équilibre de type II prenant en compte les stratégies des agents en vue de modifier à leur profit les conditions du marché ainsi qu'un équilibre de type III concernant « l'organisation collectiviste de la société ». Les obstacles qui s'opposent à la pleine réalisation des objectifs ne se réduisent pas à la seule « contrainte budgétaire » envisagée traditionnellement, mais englobent toutes les pressions qui s'opposent au libre choix des sujets : monopoles, actions des groupes, interventions de la puissance publique. L'agent dominant est alors en mesure de déformer le sentier de l'autre et de lui imposer son propre équilibre⁵³. Mais les « héritiers » glissent pudiquement. Sans doute la mise à nu de ces analyses serait-elle de nature à compromettre quelque peu les vertus apologétiques de leur propre construction.

Mais cette double mutilation leur interdit radicalement de dépasser le stade du discours circulaire entre initiés. « De même que nous voyons l'écureuil tourner dans sa roue, nous les voyons ergoter indéfiniment sur la valeur, sur le capital, sur l'intérêt du capital, etc., répétant, pour la centième fois, des choses banales, cherchant quelque nouveau « principe » dont ils puissent faire sortir une économie meilleure. Malheureusement ce n'est que pour un petit nombre d'entre eux que meilleur veut dire mieux en accord avec les faits. Pour le plus grand nombre, et de beaucoup, il veut dire, au contraire, mieux en accord avec leurs sentiments. Même dans la première hypothèse, cette recherche est vaine, du moins pour le moment.

Tant que la science n'a pas fait beaucoup plus de progrès, il importe moins de s'occuper des principes économiques que de l'enchevêtrement des résultats de l'économie avec ceux des autres sciences sociales ».

« Il faut recourir à d'autres sciences, traiter spécialement du phénomène concret, et non accessoirement à l'occasion d'un problème économique⁵⁴. »

Ce constat et ce conseil émanent du Maître dont les « paretiens » revendiquent l'héritage.

C'est donc une version doublement déformée de l'optimum de Pareto qu'une science économique réduite dans son objet et invertie dans ses conclusions propose comme norme à la société.

C) Cette évolution de la théorie pure ne ferait de mal à personne si, simple exercice d'économistes « en tour d'ivoire », elle ne débouchait sur **les modèles de développement** dont s'inspire la planification⁵⁵. Or ces modèles accentuent encore trois des caractères que nous avons décelés au cœur de la théorie : l'autojustification, le repliement sur un nombre réduit de variables et la projection du conventionnel sur le réel.

1. L'autojustification : la société industrielle vit sur le mythe saint-simonien que le développement réduit les antagonismes et assure le bonheur. La croissance industrielle est censée engendrer le développement économique, condition du développement social, moteur de l'épanouissement humain, qui exige donc la croissance industrielle, etc.⁵⁶. La croissance étant posée comme finalité, tout le reste nous est donné par surcroît. La logique du développement se réduit à une logique de la croissance bouclée sur elle-même et trouvant, tout comme la théorie générale, sa justification dans sa propre cohérence.

Or, la notion même de croissance endogène est une hérésie scientifique. Comme nous le verrons plus loin, seuls les modèles ouverts sur un environnement où ils prélèvent leurs inputs et rejettent leurs déchets sont susceptibles de se maintenir et croître dans le temps. Et la croissance ne peut s'analyser indépendamment de cette relation.

2. Mais alors, le réductionnisme de la théorie se fait encore plus net. Parmi les variables du marché, certaines seulement sont considérées comme stratégiques et déterminantes⁽⁵⁷⁾, cependant que les autres sont censées s'adapter passivement aux impératifs de l'optimum. Curieusement, les variables stratégiques sont celles qui relèvent de l'argent

et du capital (l'épargne, l'investissement, le taux d'intérêt...), cependant que les variables qui relèvent de la ressource humaine (l'emploi, le salaire...) se trouvent réduites à un rôle d'adaptation⁵⁸.

L'investissement privé est gouverné par le critère du bénéfice actualisé^{ab} qui assure la rentabilité du capital, mais non l'optimum social ou la reproduction de la biosphère⁵⁹.

L'investissement public s'appuie désormais sur un instrument précieux, l'analyse-coûts-avantages (A-C-A), dont l'objectif est de permettre une répartition judicieuse des dépenses publiques, compte tenu de l'ensemble de leurs incidences sur l'économie privée et sur l'environnement. Cependant si, au plan des principes, la technique paraît se différencier assez nettement de la théorie néo-classique, la nécessité de fournir des critères de choix aussi simples que possible au décideur politique conduit à retrouver les fondements de cette théorie sur presque tous les points essentiels :

- la réduction du qualitatif au quantitatif : expression monétarisée de la valeur des espaces verts, du coût des nuisances par le bruit, la pollution atmosphérique, etc.,
- la comparaison entre eux de bénéfices qui ne sont pas de même nature : avantages tirés d'une dépense additionnelle effectuée dans les domaines de la santé, de l'éducation ou des transports,
- le recours, en dernier ressort, aux valorimètres du marché dans la détermination des coûts et avantages non marchands : évaluation directe, par référence au prix d'un bien substitut, complémentaire ou associé existant sur le marché ; évaluation indirecte, lorsqu'une institution collective (un tribunal, par exemple) apprécie un dommage corporel ou matériel par référence aux revenus perdus, à la valeur du marché, aux indemnités versées par les compagnies d'assurances pour des cas identiques, à la valeur d'un capital, etc.⁶⁰.

Cette prédominance de la variable matérielle sur la ressource humaine a un sens politique précis. Elle justifie la subordination de l'ordre des hommes à l'ordre des choses : « donner au marché tel qu'il est, l'apparence d'une mécanique rationnelle c'est justifier implicitement et sommairement, tous ceux qui usent des opérations du marché, dans des conditions d'inégalités flagrantes et en exerçant à leur propre bénéfice des pouvoirs économiques et sociaux » (F. Perroux)⁶¹. Les agents qui contrôlent les variables fondamentales se trouvent du même coup justifiés dans leur existence en raison du rôle qu'ils sont censés assumer pour le

compte de la collectivité⁶².

3. La projection du conventionnel sur le réel : La confusion soigneusement entretenue entre les « vertus » du modèle et les propriétés du réel, se révèle dans l'assimilation que l'on fait des variables théoriques aux catégories de la vie économique concrète. Le profit, par exemple, est théoriquement défini comme un revenu d'agent — et non comme un simple résidu — justifié par le rôle actif (notamment l'innovation) que cet agent exerce dans l'intérêt de la collectivité. Ainsi conçu, son importance est liée à l'action efficace des chefs d'entreprise en vue d'améliorer les combinaisons productives et d'abaisser les prix de revient. Il mesure et rémunère le service que l'entrepreneur rend à la collectivité.

Mais nul ne se méprend : si dans le réel une partie des gains d'entreprise s'explique bien ainsi, il en est une autre, la plus importante sans doute, qui découle des actions des groupes de pression en vue de modifier les règles du jeu, de s'assurer des rentes de monopoles et d'obtenir, par la voie politique éventuellement, des protections de toute sorte. Ces actions s'exercent dans le sens d'une hausse des prix, défavorable cette fois-ci à la collectivité. « C'est à propos de la France — écrit R. Barre — qu'on a pu parler d'une économie de rentes, pour bien montrer que les marges bénéficiaires de beaucoup d'entreprises n'avaient rien à voir avec le profit qui naît de l'action de l'entreprise dans une économie progressive⁶³ ».

Cependant la statistique ne fait pas — ne peut faire — la différence. C'est le revenu appréhendé par le statisticien (confusion de profit au sens strict et de rente) qui alimente les modèles. Et la vertu apologétique des définitions théoriques retenues par ces derniers étend son ombre apaisante sur une catégorie du marché dont elle camoufle et justifie la part inavouable. Le théorique justifie donc le réel et la définition des variables stratégiques prend valeur de recommandation politique.

Nous sortons incontestablement du champ inoffensif de la pensée abstraite. La théorie orientant l'action, il n'est pas étonnant que les disjonctions et les oppositions de logiques dont nous avons tenté de faire apparaître l'importance, engendrent — dans le réel — de graves conflits entre les conduites issues du sous-système dans lequel la décision économique trouve ses fondements et le système plus large, la biosphère, sur lequel elle débouche.

La façon dont l'économie « orthodoxe » traite la question du développement durable n'est pas de nature à modifier les considérations ci-dessus :

Autojustification ? Ce n'est pas de développement durable que l'on nous

parle mais de croissance durable, car il est supposé que celle-ci engendre automatiquement celui-là ;

Réductionnisme ? La reproduction de la sphère économique et, au sein de cette dernière, du seul capital productif (capital technique et capital naturel additionnés, comme s'ils étaient commensurables) est censée assurer la reproduction des deux autres sphères.

La substitution du capital technique au capital naturel lorsque celui-ci s'épuise (comme si cela n'accroissait pas en même temps la pression sur le milieu) l'internalisation des effets externes (qui n'assure en rien la reproduction des sphères humaines et naturelles), la constitution d'un fonds de solidarité intergénérationnel (comme si les transferts, monétaires étaient aussi des transferts de capacités réelles) sont les démarches préconisées.

Projection du conventionnel sur le réel ? Un raisonnement en termes d'optimisation par égalisation des utilités marginales intergénérationnelles, comme si l'on savait quelles seront les sources de satisfaction des générations futures, etc.

C'est en niant les conflits entre les sphères que l'on contribue à les aggraver.

CHAPITRE III

Le conflit

C'est donc la logique d'une gestion rétrécie qui vient interférer avec la reproduction des milieux naturels. Or, la biosphère, ignorant les règles de l'optimum économique, possède ses propres modalités d'ajustement, dont la mise en évidence permettra de dégager la nature des mécanismes menacés par un certain mode de développement : si la stabilité des systèmes est assurée à tout moment par un jeu complexe de réserves et de régulations, elle se trouve renforcée, dans le courant de l'évolution, par un double mouvement de diversification et de complexification qui débouche sur l'apparition de nouveaux types d'équilibres.

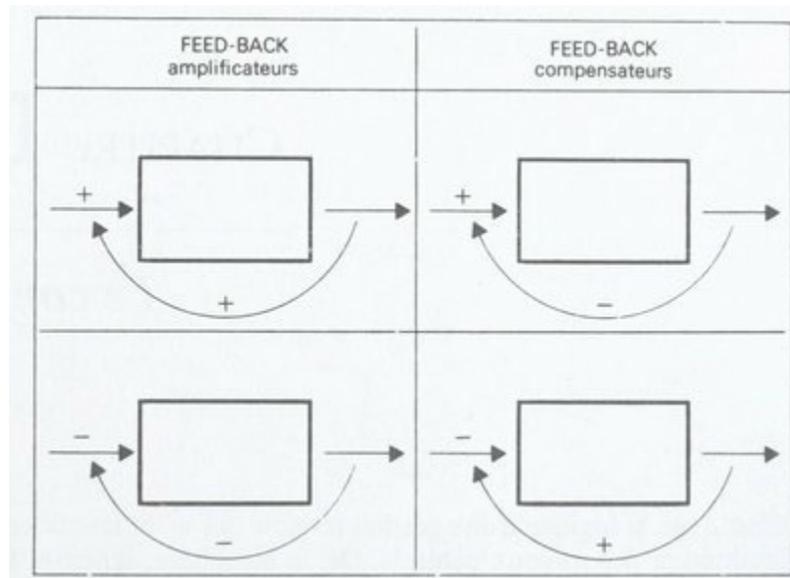
Ce sont là les mécanismes fondamentaux que nous trouvons derrière tout un ensemble de régulations plus spécifiques dont le respect conditionne, en dernier ressort, la reproduction de la biosphère.

1. *Le jeu des réserves et des régulations* a été mis en évidence par Claude Bernard¹. Les réserves (glycogène du foie, calcium des os, populations animales ou végétales dans les écosystèmes, etc.) se définissent comme des ensembles d'éléments :

- simultanément présents afin de permettre l'affrontement de multiples éventualités,
- mais dissociables et susceptibles d'être mobilisés indépendamment les uns des autres.

Leur existence assure la stabilité des systèmes dans le temps malgré les à-coups, les perturbations et les événements imprévus. L'adaptation des rythmes de prélèvements aux nécessités de la reproduction de ces réserves, suppose l'existence d'un système de régulation dans lequel la grandeur à régler ou régulande est constamment comparée à une valeur normale vers laquelle, chaque fois qu'elle s'en écarte, elle se trouve ramenée par le jeu même de ces écarts. C'est ce que l'on appellera un *feed-back*^{ac} compensateur, par rapport à d'autres qui renforcent les déséquilibres

initiaux et que nous qualifierons d'amplificateurs.



L'existence de ce type de rétroaction est à la base des phénomènes *d'homéostasie* (régulation en tendance) grâce auxquels les organismes vivants maintiennent la constance de leur milieu intérieur ou, comme nous le verrons, des mécanismes par lesquels, dans l'univers physique, la dimension des stocks exerce une action régulatrice sur celle des flux qui en découlent. C'est donc le *couplage* des réserves et des régulations qui assure la pérennité des systèmes : les premières ne peuvent se maintenir sans l'action des secondes, mais celles-ci sont dans l'impossibilité de fonctionner sans l'existence de celles-là qui les alimentent.

Ce couplage agit comme une mécanique contre-aléatoire assurant la continuité d'un processus malgré les incertitudes venues de l'extérieur. Il introduit une double rupture grâce à laquelle un système disposant de réserves acquiert une certaine autonomie, dans le temps et dans l'espace, par rapport à son milieu (P. Vendryes)².

2. Le mouvement de diversification et de complexification, qui caractérise l'évolution du vivant, renforce ces premiers mécanismes stabilisateurs. Ce phénomène se poursuit sur deux plans :

a) *Une microévolution spécialisée* qui concerne les groupes classificatoires inférieurs (ordres, familles ou genres) et se traduit par une adaptation de plus en plus poussée aux milieux les plus divers, avec pour conséquences apparemment contradictoires :

– une fragilisation des rameaux les plus adaptés, vis-à-vis des variations

de leur environnement, et un appauvrissement de leur phylum, dû au fait qu'une espèce qui perd certains de ses caractères par adaptation ne les retrouve jamais (loi de Dollo, dite d'irréversibilité de l'évolution^{ad}) ; c'est le cas des espèces cavernicoles, parfaitement intégrées à des conditions très particulières d'humidité, de luminosité, de température, etc., par voie de conséquence souvent aveugles, lentes, incapables de régulation thermique et condamnées à disparaître au moindre changement des conditions extérieures ;

- une diversification et une prolifération des types, accroissant la probabilité qu'un certain nombre d'entre eux se révèlent aptes à la survie, en cas de bouleversement du milieu, et agissant par conséquent dans un sens favorable à la stabilité du vivant.

b) *Une macroévolution complexifiante* qui se situe au niveau des groupes classificatoires supérieurs (embranchements, classes) et se traduit par le développement du système nerveux, des organes sensoriels et du psychisme des espèces, au fur et à mesure qu'elles franchissent les différents paliers évolutifs, entraînant par là une plus grande aptitude à résister au changement. Trois types de systèmes sont généralement distingués de ce point de vue :

— Les systèmes simples (dispositifs mécaniques par exemple) comportant un nombre limité d'éléments et fonctionnant dans certaines conditions bien déterminées inscrites dans leur structure ou leur programme ; ils ne s'adaptent pas à l'imprévu (le « bruit » cybernétique) : lorsqu'un trouble survient, la machine s'arrête.

— Les systèmes complexes (tels que les organismes vivants), particulièrement analysés par Von Neumann, mettant en jeu de très grands nombres d'unités — des milliards de cellules — entre lesquelles s'établit un enchevêtrement d'interactions telles que l'esprit ne peut les saisir analytiquement ; avec la complexité émergent de nouvelles propriétés : grâce à l'homéostasie le système se révèle capable, dans certaines limites, de digérer le « bruit » et de rétablir les conditions de son fonctionnement lorsqu'elles ont été perturbées (l'animal à sang chaud maintient sa température malgré les variations de la température extérieure) ; alors que la fiabilité d'une machine est inférieure à celle de chacune de ses composantes, celle de l'organisme apparaît nettement supérieure ; contrôlant ses régulations, le système complexe dispose d'une certaine autonomie ; rattaché à son environnement par de multiples liens, il est moins dépendant de chacun ; cependant cette liberté d'adaptation se situe dans les limites des objectifs pour lesquels le système est programmé

(maintien de la température centrale par exemple...) ; très hiérarchisé et gouverné par l'homéostasie, il ne lui appartient pas de se modifier de lui-même.

— Les systèmes hypercomplexes, enfin (le cerveau humain), franchissent un nouveau seuil correspondant à l'émergence de nouvelles propriétés ; l'existence en eux de multiples centres (polycentrisme), en interaction plus que hiérarchisés, et l'aptitude de leurs composantes à se substituer dans une certaine mesure l'une à l'autre en cas de nécessité (équipotentialité et distributivité de la mémoire par exemple)³, se traduit par l'effacement des programmations rigides et par l'émergence de structures inventives (Laborit, *L'Homme Imaginant*) ; alors, non seulement ces systèmes absorbent le désordre, l'aléatoire, le « bruit », mais celui-ci est indispensable à leur évolution : « les systèmes auto-organiseurs, dit Von Foerster, ne se nourrissent pas seulement d'ordre, ils trouvent aussi du bruit à leur menu. Il n'est pas mauvais d'avoir quelque bruit dans le système. Si un système se fige dans un état particulier, il est inadaptable et cet état final peut aussi bien être mauvais. Il sera incapable de s'adapter à quelque chose qui serait une situation inadéquate »⁴ ; alors que le système complexe était animé en fonction de buts précis et intangibles, ici les buts mêmes se transforment de façon continue : « L'organisation hypercomplexe est vouée au maintien de sa propre identité dans le changement qui lui permet d'acquérir des propriétés nouvelles » (E. Morin)⁵.

On comprend que la pression de sélection ait pu s'exercer dans la direction de ces systèmes, plus favorisés que tout autre dans l'adaptation aux exigences d'un environnement en perpétuelle transformation. L'évolution complexifiante se traduit alors par le passage de l'instabilité à *trois formes différentes de stabilité* spécialement étudiées par Ashby :

La stabilité simple, ou situation d'un système susceptible de réagir, à une perturbation d'importance limitée, par un dispositif de rétroaction compensatoire lui permettant de maintenir sa structure⁶.

L'ultrastabilité, ou aptitude d'un système à réagir à des perturbations, mais aussi, lorsque ces perturbations deviennent trop fortes ou trop fréquentes, à changer le type de réaction et de créer de nouveaux mécanismes de correction ; « l'ultrastabilité est liée au learning et à l'innovation » (Y. Barel)⁷.

La multistabilité résultant d'un assemblage de systèmes ultrastables, relativement indépendants les uns des autres, de telle façon que tous ne soient pas activés en même temps, en réponse à un stimulus ; ces systèmes

peuvent s'auto-modifier et sont capables d'habituation.

La complexification comme la diversification est donc un facteur de stabilisation du milieu vivant au sein duquel se développent les activités humaines.

3. Il n'est pas évident *a priori* que l'insertion de l'économique dans cet ensemble de mécanismes régulateurs soit nécessairement génératrice de troubles.

La nature en effet, inanimée aussi bien que vivante, semble, comme la sphère économique, dominée par le principe d'efficacité : Alfred J. Lotka montre que l'aptitude des systèmes à la survie et à la domination dépend de leur capacité à utiliser efficacement des flux énergétiques (*Elements of Physical Biology*, 1925) ; les espèces s'adaptent morphologiquement aux conditions de leur milieu, de façon à utiliser au mieux l'énergie dont elles disposent^{ae} ; un écosystème livré assez longtemps à lui-même s'oriente vers une situation d'équilibre, son « climax », qui est aussi un optimum du point de vue de la gestion des flux énergétiques, etc.

Mais si la loi du marché est celle de la maximisation des flux en valeur dans le court terme, la loi de l'environnement, en revanche, est celle de la reproduction circulaire des flux matériels dans le temps et de l'interdépendance générale des phénomènes du monde physique aussi bien que vivant.

Alors que la sphère économique tend, en règle générale, à optimiser le rapport Production/Biomasse, ou si l'on préfère Flux/Stocks, la biosphère tend spontanément à maximiser le rapport Biomasse/Flux, c'est-à-dire à utiliser le plus efficacement possible un flux déterminé d'énergie pour en tirer la biomasse la plus élevée possible⁸. C'est bien d'efficacité qu'il s'agit dans les deux cas, mais d'une efficacité correspondant à des critères radicalement opposés.

Deux logiques se trouvent donc affrontées, dont l'une, quoique n'étant que celle du sous-ensemble des choses mortes, peut toujours — parce qu'elle détermine des actes de transformation orientés et conscients — remettre en cause les régulations de l'ensemble qui les englobe.

Alors :

- le problème majeur d'un environnement soumis à une logique qui n'est pas la sienne...
- débouche sur les ruptures de régulations liées aux prélèvements et aux rejets effectués par l'appareil productif...,

- engendre une série de conflits fondamentaux entre les rythmes de cet appareil et ceux de la nature...,
- et explique la tendance des systèmes économiques à simplifier les écosystèmes au détriment de leur stabilité.

I. L'ENVIRONNEMENT, BIEN COLLECTIF SOUMIS À UNE LOGIQUE DE GESTION PRIVÉE⁹

Nous avons caractérisé plus haut les biens collectifs « purs » comme « non susceptibles d'appropriation privée et dispensant leurs services simultanément, de façon indivisible pour tous ». Il en résulte un certain nombre de conséquences :

- ce que consomme un agent ne venant pas en déduction de ce que consomment les autres, le coût de l'utilisateur supplémentaire est nul : faute de coût marginal^{af}, l'utilisation de ces biens ne peut donner lieu à la formation d'un prix conforme aux lois du marché et il faut donc envisager pour eux d'autres modes de financement, comme l'impôt réparti sur la collectivité ou la fixation d'une taxe perçue sur les utilisateurs ;
- les consommateurs, ne s'excluant pas mutuellement et n'étant pas en compétition les uns vis-à-vis des autres, n'ont pas à révéler leurs préférences pour se disputer la jouissance de ces biens^{ag} ;
- les services que dispensent ces derniers, n'empruntant pas la voie du marché (effets externes), présentent un caractère collectif qui relève d'une appréciation en termes d'intérêt général ou d'avantage social ; en remettre l'exploitation aux individus ou aux groupes, a donc pour effet de subordonner l'intérêt commun au jeu des intérêts particuliers et à imposer, sans qu'on le dise, la fonction d'utilité d'un sous-ensemble humain de la collectivité comme fonction d'utilité sociale.

Or, l'environnement présente à la fois des caractères de bien collectif et de bien individualisable.

L'espace, l'eau, les sites, les espèces vivantes qui les peuplent peuvent être :

- sources de richesses immatérielles et de satisfactions biologiques ou esthétiques que chacun est en mesure de consommer intégralement sans en priver autrui,
- et richesses matérielles — productions agricoles, minières,

industrielles, constructions — susceptibles de procurer des profits immédiats.

Or, les premières relèvent de l'être et non de l'avoir : elles s'obtiennent par participation et non par appropriation. Les avantages qui en découlent ont essentiellement une valeur d'épanouissement détachée de tout support monétaire. Leurs incidences pécuniaires — diminution des dépenses de santé, accroissements de productivité — ne constituent que l'aspect secondaire des véritables services qu'elles dispensent¹⁰, revêtent un caractère social diffus, ne se révèlent qu'à long terme et n'apparaissent pas directement sur un marché spécifique.

Ces avantages, liés à l'intensité d'utilisation de ces biens, sans pouvoir donner lieu à l'établissement d'un prix¹¹, sont sources de coûts. Leur entretien est une charge.

C'est de leur destruction au contraire que naissent les occasions de profit. Si l'on en croit Philippe Saint-Marc, un espace vaut 10 à 100 fois plus comme terrain à bâtir que comme ensemble naturel¹².

Le site devient donc station, l'animal viande ou fourrure, « une belle futaie de chênes séculaires, joie des promeneurs, n'a de prix (...) que lorsqu'elle est réduite en planches¹³ » ; l'eau ou l'air, sans valeur comptable lorsqu'ils sont purs, en prennent une, égale au coût des activités de dépollution qu'il faut éventuellement mettre en place, à partir du moment où ils sont altérés par les activités de production, leur dégradation « accroît le produit national »... Et il s'agit d'une transformation le plus souvent irréversible.

La logique du rendement matériel à court terme, dont le profit n'est que l'expression capitaliste, est donc d'anéantir la valeur de bien collectif de l'environnement au profit des valeurs marchandes que l'on peut en extraire.

Ce conflit se traduit d'abord dans le type de relation que l'économie introduit au cœur de la biosphère.

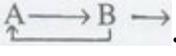
II. CAUSALITÉ LINÉAIRE CONTRE INTERDÉPENDANCE ET CIRCULARITÉ

Plusieurs types de relations permettent de caractériser un système :

1. La relation causale linéaire dans laquelle un phénomène A antérieur à B est en même temps la cause de celui-ci : $A \rightarrow B$;
2. La cause finale ou téléologique dans laquelle l'apparition de A

s'explique par un événement futur : $A \leftarrow B$;

3. Le pseudo feed-back ou causalité circulaire dans lequel A et B se déterminent mutuellement : $A \leftrightarrow B$;

4. Le feed-back, qui peut être compensateur (dit également « négatif ») ou amplificateur (« positif »), par lequel le système tend vers un but . Le fait de privilégier l'une ou l'autre de ces relations conduit respectivement à l'analyse causale traditionnelle, au fonctionnalisme, à l'analyse de systèmes fondée sur l'équilibre et à l'analyse de systèmes cybernétique¹⁴.

Dans la mesure où elle ne se veut pas exclusive de toutes les autres, chacune de ces approches contribue à l'éclairage du réel.

Mais, lorsque les conduites humaines sont en cause, les conséquences de ces options se révèlent moins innocentes. La détermination des choix en fonction des seules implications directes des actions entreprises, entraîne la non-prise en compte des phénomènes de propagation qui, au-delà d'un certain point, peuvent compromettre les bouclages sur lesquels repose la pérennité des milieux naturels. L'économie menace ici, tout particulièrement, le jeu des réserves et des régulations dont nous venons de voir le rôle fondamental dans la reproduction des systèmes.

A) Interdépendance, circularité, causalité linéaire

1. Animé par l'énergie solaire, le milieu naturel se caractérise par l'interdépendance et la circularité

D'abord processus linéaire voué à l'extinction par épuisement des réserves sur lesquelles elle se développait^{ah}, la vie a pu assurer sa perpétuation grâce à un vaste mouvement de bouclage sur elle-même, aboutissant à la transformation de ses propres déchets en nouvelles réserves organiques¹⁵. Les premiers organismes vivants, en effet, devenaient progressivement aptes à réaliser la photosynthèse, c'est-à-dire :

- à fixer le carbone du CO_2 et à libérer l'oxygène qui, partiellement reconverti en ozone, se répandait dans l'atmosphère terrestre et déployait un écran protecteur, grâce auquel les formes de la vie pouvaient se diversifier à l'abri des rayons ultraviolets ;
- à utiliser la lumière solaire pour reconvertir les matières inorganiques et l'acide carbonique — déchet de l'activité vitale — en substances organiques sources de vie.

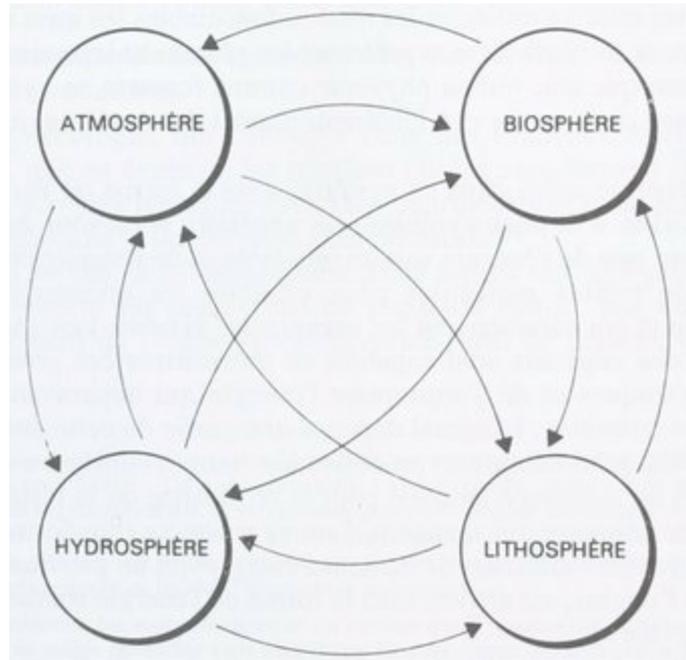
« Cet événement d'une importance cruciale... refermait la boucle et transformait un processus linéaire, voué fatalement à l'extinction, en un processus circulaire se perpétuant lui-même... Nous voyons ainsi se dessiner dans sa forme primitive ce grand schéma qui, depuis cette période, fournit la base de la remarquable continuité de la vie : la réciprocité et l'interdépendance de tous les processus vitaux, le développement, en des rapports mutuellement inséparables du complexe de la vie terrestre, des éléments inertes de son environnement, et les cycles de transformation renouvelés sans cesse, des matériaux de la vie entraînés par l'énergie solaire » (B. Commoner)¹⁶.

Ce même mouvement circulaire se retrouve à tous les niveaux du système.

a) Au niveau de l'inanimé

Indéfiniment les mêmes éléments chimiques, existant en quantité constante — rien ne se perd, rien ne se crée — , se combinent, se dispersent et se rajustent pour donner les diverses formes de la matière ou du vivant ; « tout ce qui vit est fabriqué à partir d'un jeu de construction comprenant six éléments de base : le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O), l'azote (N), le soufre (S) et le phosphore (P) » (J. de Rosnay)¹⁷.

Ces éléments sont constamment utilisés et régénérés, au cours de grands cycles naturels qui les font passer par différents états et pendant lesquels ils s'accumulent dans les grands réservoirs de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la biomasse et des sédiments.



Ces réservoirs constituent la mémoire de l'écosystème¹⁸ et, par un jeu complexe de régulations, permettent la reproduction d'un certain état de constance du milieu. Selon qu'un cycle se ralentit ou s'accélère, le stock correspondant s'accroît ou s'amenuise et, comme les vitesses de production des flux sont proportionnelles aux quantités stockées, l'équilibre se rétablit de lui-même.

Ces grands réservoirs se renouvellent (cycle de l'eau par exemple) et transforment en permanence les matériaux qui leur parviennent, de façon que soient maintenues relativement constantes les conditions de milieu dans lesquelles se développent les espèces¹⁹. L'une des caractéristiques essentielles des écosystèmes est leur aptitude à l'autorégulation : des micro-organismes « nettoient » les océans, d'autres transforment en humus les déchets qui parviennent sur le sol ; les végétaux verts maintiennent l'équilibre entre l'oxygène et le gaz carbonique de l'air, en rejetant le premier pour absorber le second, etc.

Mais tout cela n'est possible que dans certaines limites de variations : aucune valeur ne peut donc être indéfiniment accrue ou réduite sans provoquer la rupture du système lui-même²⁰.

Or, ces phénomènes, éminemment extérieurs au marché, échappent à la logique de l'appareil productif

b) Au niveau du vivant

Toutes les espèces se développent sur le même flux d'énergie^{ai} solaire qui les relie au milieu et les rend indissociables les unes des autres. « On peut, écrit Ehrlich, se représenter les plantes et les animaux d'une région ainsi que leur milieu physique comme formant un système dans lequel passe de l'énergie et à l'intérieur duquel des matières se déplacent par cycles

« L'énergie entre dans ce système sous la forme de rayonnement solaire. Grâce à la photosynthèse, les végétaux verts sont capables de capturer un peu de l'énergie solaire incidente et de l'employer à lier ensemble de petites molécules pour en faire les grosses molécules (organiques) qui caractérisent les organismes vivants. Les animaux qui mangent des végétaux sont capables de transformer ces grosses molécules organiques et de s'approprier l'énergie qui auparavant liait ces molécules ensemble. L'animal dépense une partie de cette énergie dans ses activités quotidiennes, et en utilise une autre à construire de grosses molécules de substance animale pour la croissance ou la réparation des tissus. Les animaux qui mangent d'autres animaux transforment à leur tour les grosses molécules et mettent l'énergie qui en provient — énergie qui, à l'origine, est arrivée sous la forme de l'énergie solaire — à leur propre service »²¹.

Cela permet de souligner les deux aspects des interdépendances qui nous intéressent ici.

– *Interdépendance, d'abord, dans les relations des espèces avec le milieu*

L'écologie²² met en évidence l'action qu'exercent sur leur développement les facteurs dits abiotiques, tant climatiques (température, humidité, luminosité) qu'édaphiques (structure et propriétés physiques ou chimiques du sol) et hydrographiques.

Réciproquement, les espèces jouent un rôle actif dans la reproduction de ce milieu, en le transformant et en lui livrant les sous-produits de leurs activités biologiques qui entrent dans les grands cycles naturels.

La loi du minimum de Liebig (1840), étendue aujourd'hui sous le nom de *loi du facteur limitant*^{aj}, montre qu'un seul facteur suffit à conditionner le développement d'une espèce lorsqu'il existe en quantités insuffisantes ou, au contraire, excédentaires par rapport à l'optimum tolérable. La loi de tolérance de Sheldon (1911) fait apparaître les limites de variation d'un facteur du milieu — la température par exemple — à l'intérieur desquelles peut se développer une espèce déterminée^{ak}. « Bien loin, dit Claude Bernard, que l'animal soit indifférent au monde extérieur, il est au

contraire dans une étroite et savante relation avec lui, de telle façon que son équilibre résulte d'une continuelle et délicate compensation établie comme par la plus sensible des balances »²³.

— *Interdépendance, en second lieu, des espèces vivantes les unes par rapport aux autres*

La synécologie, qui constitue l'une des branches maîtresses de l'écologie, met en évidence les relations qui les caractérisent et qui connaissent à peu près toutes les situations intermédiaires entre les deux cas extrêmes que sont la coopération et la prédation²⁴.

Selon les cas, le développement d'une espèce rétroagit positivement ou négativement sur celui d'une ou plusieurs autres : par exemple, le développement de l'espèce-proie favorise celui de l'espèce prédatrice qui inversement contrarie celui de l'espèce-proie ; le développement d'une espèce favorise celui d'une espèce coopérante, etc.

Volterra²⁵, le premier, en 1925, a mis sous forme de modèles mathématiques, les influences réciproques des variations de deux ou trois populations en présence. Objectivement donc « l'environnement est un système très complexe, d'une grande sensibilité à la variation d'un seul de ses éléments déclenchant des réactions en chaîne » (P. George)²⁶.

Si aucune agression extérieure ne vient le troubler, un écosystème établi, au bout d'un certain temps, entre les éléments qui le composent, un équilibre idéal que l'on appelle son *climax*^{al} caractérisé en particulier par l'utilisation à rendement élevé des flux énergétiques qui le parcourent.

Or c'est dans ce contexte que s'insèrent les activités économiques, aussi peu soucieuses des interdépendances du milieu que de la reproduction des cycles.

2. L'économique privilégie la causalité linéaire

La théorie n'ignore pas l'interdépendance et la rétroaction. Ces notions se trouvent au cœur même de l'équilibre général néo-classique : prix et quantités se déterminent mutuellement : les fluctuations d'un marché se diffusent sur tous les autres dont, en retour, les mouvements rétroagissent sur le premier.

Mais il s'agit d'interdépendances strictement limitées au jeu des facteurs économiques et envisagées indépendamment de toute répercussion sur le milieu. En outre, ce n'est pas seulement la théorie qui nous préoccupe ici,

mais le comportement effectif des agents.

Or, dans cette optique, la production d'effets externes négatifs doit être considérée comme *le résultat logique d'attitudes qui tendent à internaliser au maximum les bénéfices des activités économiques et à en socialiser les coûts*.

L'agriculteur qui utilise massivement des engrais chimiques ou des pesticides n'est personnellement concerné que par la relation linéaire directe qui s'établit entre le supplément de dépense monétaire que cet usage implique pour lui et l'accroissement de récolte qui en résulte.

Il agira de façon économiquement rationnelle, en intensifiant l'utilisation de ces produits jusqu'au moment où sa dépense supplémentaire sera égale au supplément de recette qu'il peut en attendre. Cela va parfois très loin. Commoner²⁷ nous montre que l'utilisation d'engrais azotés aux Etats-Unis pouvait rester rentable même lorsque, par suite de leur baisse d'efficacité, l'intensité de leur emploi — pour un résultat donné — avait dû être multipliée par cinq, sur une période de 16 années.

C'est encore un calcul économique rationnel par rapport à son cadre comptable, qui conduit le chef d'entreprise à user sans parcimonie des ressources gratuites d'un environnement que la logique du marché lui permet de traiter comme un bien libre, et à rejeter ses déchets dans le milieu, au lieu de les conserver, de les traiter ou de les recycler. Il réduit ainsi ses coûts tout en conservant à la firme les profits de son activité.

Le jeu des réserves et des régulations analysé plus haut se trouve alors menacé à deux niveaux : celui des réserves soumises à des prélèvements excessifs et celui des bouclages compromis par des déversements inconsidérés.

B) Les conséquences au niveau des prélèvements : maximation des flux et rupture des stocks

La science économique et la gestion des entreprises réservent les notions de variation de stock et d'amortissement au seul facteur technique.

Nulle part n'est comptabilisé l'épuisement d'une ressource naturelle ou la dégradation de la ressource humaine. Les biens de la nature n'entrent dans les dépenses des entreprises que dans la limite des coûts de prélèvements qui n'assurent nullement leur reproduction²⁸.

L'économie ne connaît ici que la gestion des flux financiers qu'elle s'efforce de maximiser et elle néglige les variations du patrimoine

physique : « Elle compte pour rien la Nature à laquelle nous ne devons rien en fait de paiements financiers mais tout en moyens d'existence... Un prélèvement sur la nature pourrait être considéré comme une consommation gratuite d'un service rendu par une « agence de la nature » fictive, chargée de la gestion des ressources naturelles » (A. Rieu)²⁹. Dans cette situation, les agents témoignent d'une parfaite rationalité économique, en épuisant des stocks qui ne leur coûtent rien pour maximiser des flux qui constituent la substance de leurs revenus.

Peu importe alors, du point de vue comptable :

- si les ressources non renouvelables s'épuisent à des rythmes n'assurant pas les « prises de relais » qu'autoriseront sans doute les technologies de l'avenir ;
- si une exploitation trop intensive des sols fait progresser régulièrement les déserts ;
- si le patrimoine forestier de la Terre subit des prélèvements supérieurs à ses possibilités naturelles de reconstitution ;
- si le revenu apparent des hommes est fait en partie de ponctions effectuées sur les « réservoirs » qui assurent le fonctionnement des grands cycles naturels.

Nulle part des amputations ne viennent en déduction du produit. Certaines ressources sont donc en voie d'extinction. Le Ministère de l'environnement annonçait, dès 1978, l'épuisement prochain des réserves françaises de bauxite, de fluorine, de soufre et de plusieurs espèces végétales dont 30 à 40 % se trouvaient en régression sensible ; en ce qui concerne l'approvisionnement en eau, bien que la situation d'ensemble du pays se révèle assez satisfaisante, certaines régions (Sud, Sud-Ouest, Centre-Ouest, Bassin parisien) risquent de se trouver limitées dans leurs possibilités d'irrigation³⁰. Evoquant les menaces qui pèsent sur le cycle de l'eau — A. et P. Ehrlich affirment que d'ores et déjà « l'homme fait disparaître l'eau douce plus rapidement que le cycle hydrologique ne peut la remplacer... les Européens extraient, des réserves auxquelles ils ont accès, trois fois plus d'eau que le cycle ne leur en restitue et les Américains du Nord en extraient deux fois environ ce qui est restitué. Nos réserves de nappes d'eau souterraines, notre « capital eau » s'épuisent à une allure catastrophique. Bientôt l'offre d'eau souterraine sera inférieure à celle qui est nécessaire pour satisfaire les demandes de retrait, et la banque de l'eau fera faillite »³¹.

En 1992, en France, les prélèvements en eau douce étaient de 125 m³/an/habitant pour les usages domestiques et 624 pour les usages

agricoles ; les disponibilités qui s'élevaient à 3262 devraient s'abaisser à 3044 en 2025. Pour les Etats-Unis, les chiffres correspondants sont de 244 (usages domestiques), 1624 (usages industriels), 9913 (disponibilités actuelles) et 7695 (disponibilités en 2025). Les rythmes de réduction des disponibilités par habitant, prévus sur la période sont donc respectivement de 6,7 % pour la France et 22,4 % pour les Etats-Unis (Tableaux de l'Economie française, 1995-1996).

Pourtant, au plan mondial, le rythme de reconstitution des réserves d'eau douce disponibles (35 000 km³ par an) est très supérieur aux prélèvements humains (2 500 km³ en 1975 et, selon *L'Etat de la Planète* de Lester Brown, 4 450 km³ en 1990). Mais, malgré la très grande abondance apparente de cet élément, trois circonstances viennent compliquer le problème :

- d'une part, l'eau n'est pas également répartie dans le monde ; trop abondante ici, elle ne permet pas ailleurs de produire le minimum vital indispensable aux hommes ;
- d'autre part, les besoins en eau douce dans le monde s'accroissent rapidement : ils sont estimés à 6 500 km³ pour l'an 2000 et 23 020 km³ pour l'échéance 2090³² ; la marge de sécurité s'amointrit ; les consommations constatées pour les années 1975 et 1990 marquent une augmentation de 78 % entre ces deux dates ;
- enfin, l'eau n'est pas seulement un stock qui se reconstitue, mais aussi un ensemble de qualités que son utilisation altère ; or, chaque mètre cube d'eau usée, si elle n'est pas épurée, rend inutilisables 10 mètres cubes en moyenne, chiffre qui, dans certains cas comme celui des industries chimiques, peut atteindre 100 à 250 mètres cubes. Le problème des prélèvements rejoint ici celui des rejets.

En 1995, la pollution industrielle de l'eau est essentiellement le fait des industries agro-alimentaires et du secteur de la chimie-parachimie. En France, respectivement 25 % et 21 % pour les matières en suspension, 44 % et 15 % pour les matières organiques, 0 % et 46 % pour les matières toxiques, 36 % et 32 % pour l'azote (INSEE : Tableaux économiques, 1995-1998).

C) Les conséquences au niveau des rejets : la rupture des régulations

Aux prélèvements excessifs s'ajoutent deux autres facteurs de rupture

des grands cycles biogéochimiques : l'accroissement massif d'un élément du système écologique ou l'introduction, dans le système, d'un élément qui lui est étranger³³.

Or, au niveau de l'écosystème, la loi d'interdépendance couplée avec le principe de conservation de l'énergie (premier principe de la thermodynamique) a pour corollaire que « la matière circule et se retrouve toujours en quelque lieu »³⁴. Les déchets de toutes sortes, portés par les eaux de ruissellement, se diffusent dans l'espace, pénètrent dans le sol, dans le système hydraulique et passent dans les organismes vivants. Les fumées, les suies, les oxydes nitreux et sulfureux, l'acide carbonique et la chaleur se répandent dans l'atmosphère et retombent sur le sol^{am}. Les coûts en résultant ne se limitent pas à quelques dépenses de blanchissage grossièrement évaluables, mais se traduisent aussi en dégradation des conditions de vie, accidents de santé, et dérèglements multiples des mécanismes dont dépend la survie des espèces³⁵. Mishan n'a aucune peine à démontrer que, pour leur seule part évaluable, ces effets externes dépassent parfois largement les bénéfiques de la croissance³⁶.

En ce qui concerne la France, une étude portant sur 24 polluants estime que les dommages directs ou indirects infligés l'homme et au milieu se situent en 1978 entre 70 et 90 milliards, ce qui représente 3,4 % à 4,2 % du PIB ou 1 300 F à 1 700 F par habitant. Aujourd'hui, en ce qui concerne l'ensemble des pays industriels, le montant total des dommages liés aux problèmes environnementaux varie de 0,5 % du PIB pour les Pays-Bas à 6 % pour l'Allemagne (Données Economiques de l'Environnement, ministère de l'Environnement, 1989). Par ailleurs, les dépenses consacrées à l'environnement représentent en moyenne 1,2 % du PIB à l'échelle de l'Union Européenne : France 1,5 % dont 69 % d'origine publique, Allemagne et Royaume Uni 1,5 %, Pays-Bas 1,4 %, Espagne 0,8 %, etc. Là encore, c'est la logique même de la rentabilité qui conduit les producteurs à rejeter, sur la collectivité, des coûts qu'ils ne veulent pas assumer. C'est très logiquement que les pesticides ou les engrais chimiques — dont les prix relatifs ont sensiblement diminué en 30 ans par rapport aux autres éléments du prix de revient — sont largement utilisés : ils ont permis d'obtenir, aux Etats-Unis, un accroissement moyen de 76 % de la productivité des récoltes entre les années 1949 et 1968. La rationalité du calcul économique qui a conduit à la généralisation de leur usage, apparaît dans les livres de comptes des agriculteurs. C'est tout aussi rationnellement qu'à partir du moment où l'accroissement de la demande provoque l'augmentation des prix des matériaux naturels, l'industrie se

tourne vers les produits de synthèse.

Alors peu importe :

- que les fumées répandues dans l’atmosphère ou les huiles étalées sur les océans absorbent l’énergie solaire et menacent le cycle de l’oxygène, que les combustions puissent un jour modifier l’équilibre thermique ;
- que les produits nocifs introduits dans les eaux déclenchent des processus d’eutrophisation^{an}, exterminent les espèces et détruisent les mécanismes naturels d’auto-épuration ;
- que les mêmes produits absorbés par le sol éliminent les micro-organismes et bloquent les mécanismes de transformation des déchets en matières organiques ; que les déchets non biodégradables s’accumulent et menacent de transformer la planète en une gigantesque poubelle

Rien de tout cela n’affecte directement le bilan des entreprises, il est donc normal qu’elles n’en tiennent pas compte.

Sauf événement accidentel, tous ces effets ne sont que le prolongement naturel (en vertu du premier principe de la thermodynamique) des propriétés immédiates qui ont été consciemment recherchées dans la fabrication de ces produits. C’est parce qu’ils détruisent effectivement les parasites que les insecticides exterminent d’autres espèces et menacent l’équilibre des écosystèmes ; c’est parce qu’ils stimulent la végétation que les engrais azotés provoquent l’eutrophisation ; c’est parce qu’elles ont été conçues pour résister à la corrosion que les matières synthétiques ne se dégradent pas.

Dans tous les cas on n’a su percevoir que le lien direct entre une cause et sa conséquence immédiate : « Nous avons été accoutumés à penser à des événements indépendants et particuliers, se rattachant chacun à une cause unique et singulière... Nous avons rompu le cercle de la vie, transformant ses cycles éternels en une suite linéaire d’événements façonnés de main d’homme... qui témoignent de notre pouvoir de déchirer ce tissu écologique qui, depuis des millions d’années, perpétue la vie de la planète »³⁷.

III. LES CONFLITS DE RYTHMES

Causal et linéaire, comme nous venons de le voir, le *temps économique* est aussi un *temps bref et contracté* : bref, parce que l’horizon prévisionnel

est limité par la durée de la vie humaine, contracté en raison de la dépréciation du futur qui s'attache aux méthodes de l'actualisation. Dans la nature, les mêmes matériaux se retrouvent éternellement inchangés dans le temps, l'avenir n'a pas moins de prix que le présent ; leur mouvement (succession des jours, des mois, des saisons, des années...) imprègne profondément les rythmes du vivant. L'appareil productif en revanche, privilégiant l'immédiat, intervient alors comme facteur de rupture et de distorsion.

A) La rupture des rythmes écologiques

1. La brièveté des rythmes économiques

« Prenons les six journées de la Genèse comme image pour représenter ce qui, en fait, s'est passé en quatre milliards d'années. Une journée égale donc environ six cent soixante millions d'années. Notre planète est née le lundi à zéro heure. Lundi, mardi et mercredi jusqu'à midi, la terre se forme. La vie commence mercredi midi et se développe dans toute sa beauté organique pendant les trois jours suivants. Samedi à quatre heures de l'après-midi seulement, les grands reptiles apparaissent. Cinq heures plus tard, à neuf heures du soir, lorsque les séquoïas sortent de terre, les grands reptiles disparaissent. L'homme n'apparaît qu'à minuit moins trois minutes samedi soir. A un quart de seconde avant minuit, le Christ naît. A un quarantième de seconde avant minuit, commence la révolution industrielle.

« Il est maintenant minuit, samedi soir, et nous sommes entourés de gens qui croient que ce qu'ils font depuis un quarantième de seconde peut durer indéfiniment... »

Ce texte suggestif de David Brower situe exactement nos temps économiques dans la perspective cosmique qui est celle du milieu naturel.

La durée moyenne du cycle du carbone, par exemple, se situe selon les auteurs, entre quatre et dix siècles ; la partie qui se détourne provisoirement du circuit de la photosynthèse, pour pénétrer dans l'écorce terrestre, boucle son parcours en plusieurs millions d'années³⁸.

Lorsqu'une activité humaine se trouve en présence de plusieurs rythmes, c'est toujours le plus lent qui doit, sous peine de rupture, gouverner la marche de l'ensemble. Nous avons là l'équivalent du principe selon lequel, dans le domaine économique, le facteur limitant est toujours constitué par la contrainte la plus étroite.

Or, il n'y a aucune commune mesure entre l'horizon prévisionnel des hommes et le champ temporel des phénomènes que transforment leurs activités. Dix ans constituent la durée d'une prévision économique longue ; trente ans celle d'une anticipation ultra-longue et nous avons mis en évidence plus haut l'accélération des phénomènes évolutifs liée au développement du système industriel.

2. La contraction des temps économiques par l'actualisation

Conformément aux exigences de l'actualisation, la recherche du profit conduit à s'orienter vers les activités qui tirent du milieu le maximum de rendement dans le minimum de temps.

Cette dépréciation du futur varie selon les dispositions subjectives des individus, les risques inhérents à leurs activités, le rythme du progrès technique qui peut conduire à mettre au rebut des équipements pourtant en bon état de fonctionnement (obsolescence), et la productivité du capital : si une somme de 100 F investie aujourd'hui produit 10 %, en un an, on peut dire que 100 F aujourd'hui ou 110 F dans un an sont interchangeable ; mais si elle produit 15 %, c'est 115 F qu'il faudra dans un an pour représenter l'équivalent de 100 F actuels. Cela entraîne des conséquences importantes du point de vue qui nous intéresse.

Une somme de 30 000 F, perçue par tranches annuelles de 1 000 F pendant 30 ans, a une valeur actuelle de 15 380 F si le taux d'actualisation est de 5 % et de 9 430 F si le taux est de 10 %. Mais en outre, alors que dans le premier cas la moitié de la valeur totale est produite sur les dix premières années de la période, cette proportion s'élève à 65 %, dans le second cas. Ce qui veut dire que plus le taux d'actualisation est élevé et plus est brève la période pendant laquelle un investissement déterminé livre l'essentiel de ses résultats.

Si, en outre, nous comparons les valeurs actuelles de deux séries de revenus, l'une croissante et l'autre décroissante, dans le temps, nous constaterions qu'il est un taux d'actualisation au-dessous duquel la première séquence (revenus croissants) a une valeur supérieure à l'autre et au-dessus duquel la situation se renverse³⁹. Donc, plus le taux d'actualisation est élevé et plus la transformation du « profil du temps » qui en résulte a pour effet de privilégier la recherche des rendements immédiats.

Ce qui signifie, dans la mesure où le taux d'actualisation est lié à la productivité du capital, que, plus une croissance rapide menaçant

l'environnement exigerait un allongement de l'horizon prévisionnel et plus celui-ci, au contraire, se rétrécit, plus il devient « rationnel » d'intensifier l'exploitation des ressources dans le présent.

Les conséquences de cette surexploitation ne se manifestent le plus souvent qu'avec un certain décalage dans le temps. Les grands réservoirs naturels se vident lentement mais cette lenteur constitue, par elle-même, un danger, car ils se rétablissent plus lentement encore, de sorte qu'à l'échelle de la gestion humaine les conséquences de leur épuisement sont irréversibles.

Les effets de certaines pollutions n'apparaissent qu'après plusieurs années, dans un avenir déprécié pour le calcul économique, mais ils persistent également sur de longues périodes : 17 ans après les derniers épandages, 40 % du DDT subsistait encore dans les sols⁴⁰ (le reste se retrouve nécessairement quelque part) et certains champs de bataille de la guerre de 1914, labourés par les obus à gaz, restent impropres à toute culture.

Les dettes contractées envers la nature ne manquent jamais d'apparaître à quelque moment et en quelque lieu.

Les ruptures de cycles, examinées plus haut, trouvent ici leur explication principale.

B) La distorsion des rythmes biologiques

A l'autre extrémité, le rythme de la machine s'impose au travail humain.

1. C'est elle qui en détermine *la durée*. Aussi longtemps que la surabondance relative de la main-d'œuvre permettait de considérer celle-ci comme un bien dont la reproduction dans le temps était automatiquement assurée, la journée de labeur s'établissait autour de 12 à 14 heures, sans considération des conséquences que cela comportait pour la durée de la vie humaines C'est à partir du moment où la ressource s'est faite relativement rare que le problème de sa gestion a commencé à se poser en termes de patrimoine : « la prolongation de la vie humaine devint impérative, il fallut bien diminuer la journée, puis la semaine, puis l'année de travail, pour ménager le plus longtemps possible les forces utilisables. Un transfert s'est opéré dans l'esprit des entrepreneurs (J. Dubois)⁴¹. Mais ne nous y trompons pas, ce transfert ne dépasse pas les limites de l'indispensable. Si on tient compte des temps de transports imposés par la concentration de l'appareil productif et de toutes les activités liées au travail professionnel,

la durée effective de la journée de travail, en 1974, s'établit encore à 10 h 44 pour les ouvrières et 11 h 17 pour les ouvriers⁴².

Pourtant, globalement et contrairement à ce qu'affirmait en 1954⁴³ P. Naville, le sociologue Roger Sue conclut à la réduction du temps consacré au travail sur l'ensemble du cycle de vie : « En 1850, on travaille en moyenne 5 000 heures par an durant 37 années, soit 185 000 heures ; 3 200 heures durant 38 années en 1900 soit 121 600 heures et 1650 heures durant 47 années en 1980 soit 77 550 heures... rapporté à la durée totale du temps éveillé, le temps de travail représente 70 % du temps de vie en 1850, 43 % en 1900 et seulement 18 % en 1980 (Roger Sue, *Temps et ordre social*, PUF, 1994, p. 175)⁴⁰.

Depuis les années 1980, la compétition internationale, progressivement renforcée par la libéralisation des échanges et la dérèglementation, impose une course à la productivité qui conduit à substituer de plus en plus la machine à l'homme et provoque un inévitable phénomène d'exclusion sociale. Ce sont alors le volume de l'emploi et la précarisation des conditions de travail qui deviennent les facteurs d'ajustement de la force de travail à la machine. Après l'industrie, le phénomène s'étend aujourd'hui au secteur des services.

La croissance s'accompagne donc à peu près partout, d'un double phénomène de dualisation des sociétés et d'érosion de la protection sociale dont on peut redouter les conséquences à long terme. La logique de l'économie s'impose au détriment de la ressource humaine.

2. La machine impose également sa cadence

La notion même de travail à la chaîne se définit par rapport à cette dépendance : selon l'enquête menée en 1974 par le Ministère du travail⁴⁴, « on considère comme travaillant à la chaîne tout ouvrier effectuant, *selon une cadence déterminée*, un travail répétitif sur un produit qui, soit se déplace devant lui, soit lui est transmis par son voisin sans que soient constitués entre eux des stocks-tampons » et on demandera aux entreprises de repérer la conjonction de trois éléments, la cadence imposée, le rythme répétitif et le déplacement du produit. Il ressort de l'interprétation sans doute un peu restrictive de ces critères, qu'en 1974, 6,3 % des ouvriers (soit un peu plus de 330 000 personnes) étaient soumis à cette forme d'organisation de leurs tâches, taux qui s'élève à 43 % si l'on s'en tient aux seuls établissements où ce travail existe et varie alors de 83 % pour

l'automobile à 7 % pour les industries du caoutchouc.

Une enquête du service d'études du Ministère du travail portant sur la période 1984-1991 et publiée en juin 1993 faisait apparaître que :

- en 1991, le travail à la chaîne proprement dit concernait encore 3 % des salariés français dans leur ensemble et parmi eux, 6 % des ouvriers (à peu près comme en 1974) ainsi que 16 % des ouvriers non qualifiés ; ce type de travail avait notamment progressé dans les industries agro-alimentaires ;
- d'une façon plus large « les contraintes nées de l'utilisation des machines pèsent en premier lieu sur les ouvriers : le travail d'un ouvrier sur dix dépend du déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce ; celui d'un ouvrier sur six de la cadence d'une machine. »
- plus largement encore les techniques modernes de gestion (le « juste à temps ») entraînaient de sérieuses contraintes de rythmes : 39 % des ouvriers salariés déclaraient ressentir l'influence des impératifs commerciaux sur leur rythme de travail ; ce phénomène était en augmentation chez toutes les catégories socio-professionnelles.
(« Dossiers statistiques du travail et de l'emploi », *Revue du Ministère du travail*, juin 1993).

Alors que, dans une répartition statistique normale, le rapport des capacités individuelles extrêmes est de l'ordre de 1 à 2,3, l'écart des vitesses d'exécution dans le cas de travail à la chaîne, se trouve ramené à 30 ou 40 %.

Une proportion importante de travailleurs... est ainsi appelée à assurer une cadence qui se situe à la limite supérieure de sa marge d'adaptation (Dr Veil)⁴⁵. Accidents du travail, troubles musculaires ou ostéo-articulaires dus aux mauvaises postures ou à la sollicitation excessive d'un groupe restreint de muscles, et manifestations anxieuses dépressives ou hystéroïdes sanctionnaient cette situation⁴⁶.

3. La machine impose enfin la structure de ses rythmes dans le temps

Le travail posté, en équipes successives, apparaît avec l'impératif de fonctionnement continu — de nuit comme de jour — qui s'attache à certains équipements. Il se définit comme « un mode d'organisation du temps de travail dont le but est d'assurer la continuité de la production par la présence d'équipes se succédant sans interruption sur les lieux de

travail » (Landier et Vieux)⁴⁷. En extension rapide, il concernait, en France, 12 % de la population ouvrière en 1957 et 22 % en 1974, soit plus de 1 100 000 personnes concentrées dans 9,7 % des établissements⁴⁸.

Concernant la période 1984-1991, l'étude précitée du Ministère du Travail affirme : « Le travail de nuit reste globalement stable. Il augmente un peu dans les industries agro-alimentaires et les industries de biens d'équipement. La proportion des ouvriers et employés qui travaillent toutes les nuits, ou presque, baisse tandis que le travail de nuit occasionnel augmente ».

Il peut s'agir de travail à poste fixe — certains ouvriers étant amenés à œuvrer de façon permanente la nuit — ou de travail alternant, organisé le plus souvent autour « de trois ou quatre équipes qui se partagent le temps de travail de 24 heures... en changeant d'horaires toutes les semaines » (Cazamian)⁴⁹.

Bien qu'il n'y ait, affirme-t-on, aucune corrélation stricte entre travail à la chaîne et travail continu, leur développement semble conditionné par des impératifs communs. L'un et l'autre sont liés à l'importance du capital investi par travailleur, varient en fonction directe de la taille des établissements et s'épanouissent surtout dans les industries de transformation.

A côté de contraintes techniques afférentes à l'apparition des industries à feu continu (fonderies, verreries, fours à chaux, pâtes à papier), de la mécanisation avancée ou de l'automation, s'imposent les exigences de la rentabilisation du capital. Plus la part de celui-ci prédomine dans les coûts de production, plus la rapidité du progrès technique abrège la durée de vie des équipements (industrie chimique, textile, automobile⁵⁰) et plus s'impose également la nécessité de réduire la durée de l'amortissement, de contrecarrer les effets de l'obsolescence et de lutter contre la baisse du profit. L'utilisation intensive et continue du capital constitue alors le moyen de concentrer au maximum le temps qui lui est nécessaire pour reproduire sa valeur.

Nous voyons donc se développer une population pour laquelle l'alternance des périodes de travail et de repos se trouve inversée par rapport aux habitudes sociales ou au balancement des périodes d'activation et de détente biologique, liées à la succession du jour et de la nuit

En effet, l'évolution des systèmes vivants ayant été soumise, depuis des millénaires, au jeu des forces cosmiques, la plupart des processus biologiques sont réglés par ces forces et obéissent à leurs rythmes : la

rotation de la Terre autour de son axe, sa révolution annuelle autour du soleil ou le déplacement de la lune autour de la Terre, etc. Les rythmes bio-périodiques peuvent être observés à tous les niveaux de l'organisme : cellules, tissus, organes, systèmes d'organes⁵¹. Ils concernent notamment la température, la vigueur physique, la composition du sang ou des excréments, la production d'hormones, etc. chacun d'eux possédant ses propres caractéristiques⁵², le rythme global de l'organisme recouvre, sous son apparente unité, de multiples concordances ou divergences de mouvements sous-jacents. Reinberg a pu proposer à ce propos « le concept de structure temporelle des organismes »⁵³.

La plupart de ces rythmes ont un caractère essentiellement endogène et paraissent gouvernés par des mécanismes internes que l'on a qualifiés d'horloges biologiques. Cependant ils subissent également l'influence d'un certain nombre de facteurs du milieu (alternance du jour et de la nuit par exemple) susceptibles de modifier leur déroulement et qualifiés de synchroniseurs.

Leurs fréquences sont variables : hautes fréquences (système nerveux) ; moyennes fréquences (alternance veille-sommeil) ; basses fréquences : plusieurs jours, semaines, mois, année (phénomènes d'hibernation par exemple ou déplacements migratoires dans le cas de certaines espèces). On accorde toutefois une importance particulière aux rythmes d'environ 24 heures. Deux expressions sont alors fréquemment employées pour les désigner :

- « *Rythmes nycthéméraux* » (du grec « nux » ou « nuktos » nuit ; et « hémera », jour), évoquant de façon spécifique le rythme de 24 heures ;
- « *Rythmes circadiens* » (du latin « circa » environ, « dies » jour), expression généralement préférée à la précédente car elle souligne le caractère approximatif de la période qui est rarement égale, de façon stricte, à 24 heures⁵⁴.

La plupart des variables signalées présentent un maximum diurne et un minimum nocturne (maximum et minimum dont l'heure diffère de l'une à l'autre), révélant l'existence d'une phase d'activation de l'organisme dans la journée et de désactivation pendant la nuit. L'espèce humaine — espèce diurne — ne manque pas d'être sensible à cette influence. Mais d'autres rythmes viennent se superposer à celui-ci. La famille et la cité vivent généralement à la cadence du jour et de la nuit ; la profession tend parfois à s'en affranchir. De sorte que, dans le cas de l'homme, les rythmes biologiques sont soumis à l'influence de trois types de synchroniseurs : les

uns d'ordre naturel ou écologique, les autres d'ordre sociologique, les derniers enfin de type économique. Les synchroniseurs socio-économiques sont, nous dit-on, de beaucoup les plus importants. Mais ils n'effacent pas les autres et ils peuvent entrer en conflit avec eux.

Dans le cas du travail de nuit effectué à poste fixe, les rythmes professionnels se trouvent ainsi en opposition de phase constante avec les rythmes sociaux ou biologiques. Et, dans le cas du travail alternant, le problème se complique de celui d'une réadaptation périodique à de nouveaux horaires.

La difficulté serait mineure si la plasticité des rythmes biologiques ou sociaux leur permettait de s'adapter constamment aux impératifs de la profession. Mais il n'en est pas ainsi en ce qui concerne l'espèce humaine⁵⁵. Les rythmes économiques entrent ici en conflit, à la fois avec les rythmes sociaux et avec les rythmes biologiques et il semble alors que ces derniers résistent à toute possibilité d'inversion. Les auteurs constatent :

- qu'après une certaine période (pouvant varier de 3 à 8 jours) le travail de nuit s'accompagne d'une atténuation de l'ampleur des fluctuations circadiennes d'origine biologique ;
- mais que cette atténuation n'aboutit jamais à une véritable inversion de rythmes puisque les maxima de la fonction restent diurnes et les minima nocturnes ;
- et qu'elle disparaît avec une seule journée hebdomadaire de repos, les synchroniseurs socio-écologiques seuls présents rétablissant alors la situation antérieure.

Le rythme circadien biologique de l'activation-désactivation psychosomatique de l'organisme se trouve alors en conflit avec le rythme professionnel du travail et de la détente. Le travailleur de nuit fournit son effort au moment où son organisme se trouve en période de désactivation et cherche son repos pendant la phase d'intensification de son métabolisme. Ainsi, à la fois, le travail est-il plus pénible et le repos moins réparateur.

Au moment de la détente, le rythme du travailleur se heurte à celui de la cité ou de son entourage dont les habitudes et les bruits troublent la qualité de son sommeil. Ce dernier sera également plus bref — d'une à deux heures en moyenne — comme si quelque horloge interne, commandant l'activation diurne spontanée de l'organisme, se liguait avec les synchroniseurs sociaux (bruits et lumière) pour susciter un réveil.

L'équilibre entre les différentes phases du sommeil enfin s'en trouvera

perturbé au détriment, estime-t-on le plus souvent, du sommeil « paradoxal » dont de nombreux auteurs ont affirmé que la suppression totale conduisait à la mort.

Les conséquences de ces phénomènes seront plus particulièrement défavorables dans le cas du travail intellectuel et perceptif, pour lequel seul le sommeil peut procurer l'état de détente indispensable à la réparation des efforts effectués dans le courant de la journée⁵⁶. Ajoutons que, dans toutes les hypothèses, la rupture entre les rythmes professionnels imposés au travailleur de nuit et les rythmes de son environnement social, compromettront sa vie familiale (communication entre époux, éducation des enfants et exercice de l'autorité) et sa vie de groupe (relations amicales, prise de responsabilité sociale ou syndicale, etc.). On a pu parler à juste titre de véritable « mort sociale ».

La rançon de cet état de choses apparaît, au plan pathologique, par la revanche des rythmes circadiens perturbés qui se manifeste dans la multiplication des troubles digestifs, la gravité des accidents du travail et la production de névroses particulièrement fréquentes parmi ces travailleurs.

La logique du système productif, responsable de cette situation, se révèle impuissante à en corriger les conséquences.

Quels que soient en effet les inconvénients que nous venons de décrire, il se trouvera toujours des travailleurs disposés à les accepter moyennant un supplément de rémunération. Mais peut-on considérer celle-ci comme une contrepartie satisfaisante ? « On n'a pas le droit, affirme Wisner, de revendiquer, pour le travailleur, une compensation financière pour quelque chose qui le détruit »⁵⁷.

« On ne peut plus admettre comme on le fait trop souvent depuis deux siècles, ajoute-t-il ailleurs, que les travailleurs donnent leurs forces pendant vingt ou vingt-cinq ans et qu'ensuite, vers quarante ou quarante-cinq ans, devenus inaptes par rapport à des exigences trop sévères, ils voient l'intérêt de leur travail, leur salaire, leur dignité sociale baisser bien avant l'étroite survie de la retraite »⁵⁸. Il affirme en conséquence que le travail de 0 à 5 heures du matin, nettement le plus défavorisé à tous ces points de vue, devrait être purement et simplement supprimé.

Les questions du temps partiel, du temps choisi, du partage du travail ou, dans un esprit tout à fait différent, de la flexibilité du travail, expriment aujourd'hui cette influence de la technique sur les rythmes des activités humaines.

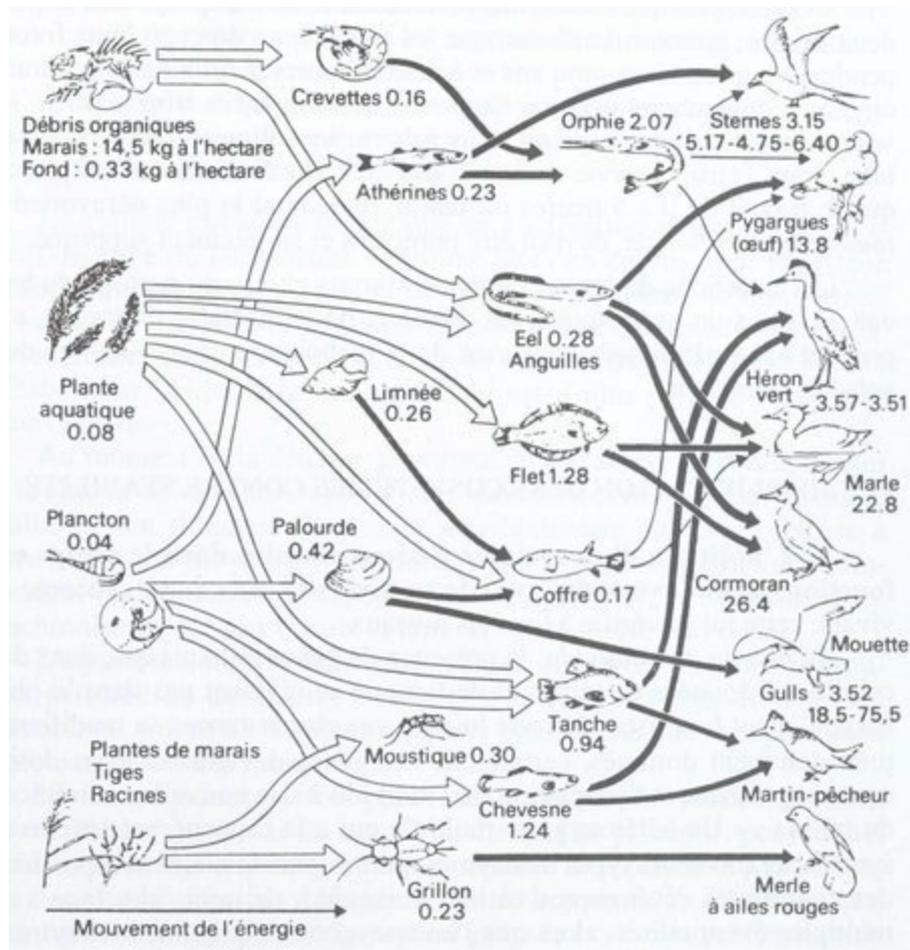
IV. SIMPLIFICATION DES ÉCOSYSTÈMES CONTRE STABILITÉ

A) L'aptitude d'un système à se reproduire dans le temps est fonction, nous l'avons déjà vu, de sa diversité. En ce qui concerne le vivant, cette loi se vérifie à tous les niveaux

Au niveau de l'individu, la présence de gènes mutants qui, dans des conditions données de temps et de lieu, ne se révèlent pas dans le phénotype^{ap}, peut favoriser la survie lorsque ces circonstances se modifient ; précédemment dominés, certains de ces gènes deviennent alors dominants et permettent l'adaptation de l'individu à ces nouvelles conditions du milieu : « Un hétérozygote^{aq} multiple qui a la capacité potentielle de synthétiser plusieurs types d'enzymes, pourra plus facilement répondre à des contraintes écologiques variées puisqu'il a de quoi faire face à de multiples éventualités, alors que l'homozygote à équipement enzymatique restreint sera bien plus affecté par les variations du milieu, sa gamme étant beaucoup plus limitée » (J. Ruffié)⁵⁹.

Sur un autre plan, on sait aussi aujourd'hui que le développement des facultés intellectuelles d'un individu dépend de la diversité de l'environnement au sein duquel il s'est développé⁶⁰.

Au niveau de la population, si la réserve de variabilité génétique est suffisamment diversifiée, il se trouvera toujours quelques individus qui, en cas de modification du milieu, posséderont une combinaison apte à affronter la nouvelle situation et seront en mesure de perpétuer l'Espèce^{ar}.



Fragment d'un tissu alimentaire d'un estuaire de Long Island. Les flèches indiquent le sens dans lequel se déplace l'énergie. Les chiffres indiquent le nombre de parts de DDT par million trouvées dans chaque sorte d'organisme. (D'après Woodwell, *Toxic Substances in Ecological cycles*. Copyright 1967, by Scientific American, Inc., tous droits réservés). Reproduit dans Ehrlich (A. et P.), *Population, Ressources, Environnement*, Fayard, 1972, p. 193).

« Grâce à son polymorphisme, une population peut surmonter des modifications parfois profondes de ses conditions de vie. L'espèce subsiste et même prospère dans une écologie différente, au prix de l'élimination de certains individus et d'un nouvel équilibre des fréquences génétiques » (J. Ruffié)⁶¹.

Au niveau des écosystèmes, la multiplicité des espèces et la diversité de leurs rapports assurent la stabilité de l'ensemble. Ehrlich⁶² illustre cette situation à partir du tissu alimentaire de Long Island dont il établit une représentation simplifiée (cf. schéma ci-dessus, p. 76). Un sous-système de l'ensemble, considéré comme isolé — plantes de marais, grillons, merles à ailes rouges par exemple —, peut très bien s'équilibrer mais sera incapable de s'adapter à la moindre agression extérieure : la mort des merles, tués par les chasseurs, provoquera une prolifération des grillons

qui dévoreront les plantes et n'auront plus ensuite qu'à disparaître.

En revanche, le système considéré dans son intégralité se révèle beaucoup plus stable. La suppression d'un de ses maillons provoque une série de réactions qui aboutissent à un nouvel équilibre. Par exemple, la disparition du cormoran entraîne une augmentation du nombre des flets et des anguilles ; ce qui provoque une diminution des plantes vertes et en même temps crée plus de nourriture pour les pygargues qui se multiplient au détriment des anguilles et des carrelets, ce qui limite la destruction des algues dont le nombre s'accroît ; et le système se rééquilibre⁶³.

En 1955, l'écologiste Robert Mac Arthur, s'appuyant sur la théorie de l'information, formulait une loi mettant en évidence la relation entre la stabilité d'un écosystème et le nombre de mailles qui le constituent.

La diversification d'un système commande le nombre de réponses qu'il peut apporter à un événement déterminé, c'est-à-dire en définitive sa faculté d'adaptation à un changement. On peut le montrer à l'aide d'une matrice simple inspirée d'Ashby⁶⁴. Soit un système apte à supporter seulement deux états *a* et *b*, face à cinq types de perturbations possibles (événements *p1* à *p5*) ; lorsque se produit l'une de ces perturbations le système peut répondre de trois façons différentes (*r1*, *r2*, *r3*) en réalisant les états *a*, *b*, *c* ou *d*. La lecture en ligne de la matrice montre que dans tous les cas sauf un seul (*p3*), le système apporte aux différents événements, au moins l'une des réponses *a* ou *b* compatibles avec sa survie.

S'il n'avait eu qu'une faculté de réponse, le nombre d'événements susceptibles de mettre en cause son existence aurait été de :

- deux (*p2* et *p3* dans le cas où la seule réponse possible serait *r2* ; ou *p1* et *p3* si cette réponse était *r3*) ;
- ou de trois (*p1*, *p3* et *p5* dans le cas *r1*).

Il en résulte une règle qu'Atlan formule ainsi : « pour une valeur donnée de la variété des perturbations possibles, si on veut ramener le système dans un nombre restreint d'états, le nombre de réponses régulatrices disponibles doit être d'autant plus grand que le nombre d'états acceptables différents est plus restreint »⁶⁵.

Evénements	Réponses		
	r1	r2	r3
p1	c	a	d
p2	b	d	a
p3	c	d	c
p4	a	a	b
p5	d	b	b

Etats

Enfin, la résilience d'un écosystème, « capacité d'absorber l'effet de perturbations importantes et des variables et des paramètres tout en maintenant sa structure », se différencie de la définition classique de la stabilité locale par l'existence de plusieurs points d'équilibre qui lui confèrent une stabilité plus grande⁶⁶.

B) Or, la loi économique du rendement conduit à la sélection et à la spécialisation

N'insistons pas sur les « avantages » de la division nationale ou internationale du travail, longuement développés dans les ouvrages spécialisés^{as}. La domestication substitue, à la sélection naturelle, un choix opéré selon des critères de quantité ou de qualité de la production, d'aptitude à la course, de capacité d'imprégnation, d'aptitude au dressage, etc. Éliminant la pression du milieu, elle permet la survie d'individus qui n'auraient pas résisté aux conditions naturelles et favorise dans un premier temps la diversification du bagage génétique. Mais ce stade est rapidement franchi. Dans certains cas, les races sont multipliées, mais chacune hypertrophie à l'extrême un petit nombre de caractères et ne possède plus qu'une fraction du patrimoine ancestral commun^{at}. Chacun des individus, parfaitement adapté à un milieu artificiel qui lui offre de multiples sécurités, est demeuré en fait très vulnérable au changement et, dans la plupart des cas, totalement incapable de se réadapter aux conditions de la nature.

La plupart du temps, le nombre des races déjà ainsi appauvries, se trouve lui-même réduit au sein de chaque espèce. Selon B. Vissac, la

France qui comptait encore 21 races de bovins en 1939 n'en possédait plus que 7 en 1972⁶⁷.

En 1990, la Holstein et la Charolaise représentaient 70 % de notre cheptel ; vingt races de porcs sur vingt-deux avaient disparu en un siècle.

L'uniformisation génétique s'accroît encore avec l'insémination artificielle qui place la reproduction sous la dépendance d'un petit nombre de géniteurs choisis pour telle ou telle qualité exceptionnelle. Cette pratique conduit à généraliser un seul génome^{au} dominant, très adapté à un certain type d'exigences, mais d'autant plus vulnérable à l'apparition de nouvelles contraintes écologiques.

Les mêmes constatations s'imposent dans le domaine des cultures végétales : la monoculture réduit la diversité des espèces sur un espace déterminé, cependant que l'hybridation uniformise le stock génétique au sein même de chaque espèce (thé, maïs, par exemple) en hypertrophiant certaines propriétés au détriment des autres, etc.⁶⁸.

Selon le secrétaire technique de la commission des ressources de la FAO, J.J. Esquinas-Salazar (*Les ressources phylogénétiques, une base pour la sécurité alimentaire*, CERES-FAO, juillet-août 1987), les hommes du néolithique utilisaient 100 000 espèces végétales comestibles et « de nos jours on ne compte guère plus de 150 espèces cultivées et (...) la grande majorité de l'humanité ne vit que de douze espèces ». Aux Etats-Unis, l'Académie des Sciences constate que deux variétés de blé occupent 40 % des terres, 4 variétés de pommes de terre fournissent 70 % des récoltes, 96 % des petits pois appartiennent à deux variétés.

Il y a là un risque certain pour l'avenir : « en cas de modification profonde du milieu (nouvelle maladie virale par exemple) il ne serait pas certain que l'équipement génétique monomorphe et très appauvri possède encore les mutations capables d'apporter une réponse efficace » (J. Ruffié)⁶⁹. En 1970, une épidémie détruisit 15 % des blés américains, correspondant à des hybrides à haut rendement génétiquement peu diversifiés. Il n'est pas exclu qu'un accident viral du même type, catastrophique pour l'alimentation mondiale, puisse se développer parmi les espèces animales, de plus en plus privées des gènes ou des individus « mutants » qui leur permettraient de retrouver rapidement un nouvel équilibre.

C'est pourquoi les experts de la FAO conseillent fortement de multiplier les réserves de variétés animales ou végétales qui pourraient être utilisées comme des sortes de banques, destinées à éviter qu'une bonne partie du stock génétique de la biosphère ne soit à jamais perdue.

La chose est certainement plus complexe qu'on ne l'avait d'abord imaginé. Semences et gènes ne doivent pas être conservés isolément du milieu évolutif où on pourrait être amené à les réintroduire. Ils doivent — sous peine de ne pouvoir se réadapter — être mis en mesure d'évoluer avec lui. Ce sont des interactions entre espèces qu'il faut maintenir et non des collections de plantes ou d'animaux.

Perspective encourageante ? la convention internationale sur la biodiversité, signée à l'occasion du sommet de la Terre qui s'est tenue à Rio en juin 1992 est entrée officiellement en vigueur le 29 décembre 1993. Ira-t-on, pour une fois, au-delà des déclarations de principe ou s'en tiendra-t-on une fois de plus au symbole ?

V. LE JEU COMBINÉ DE CES FACTEURS

Les atteintes portées au milieu, loin d'être le résultat d'accidents ou de dérèglements provoqués par des facteurs spécifiques (croissance démographique par exemple), apparaissent donc comme autant de conséquences inéluctables de l'affrontement, au niveau le plus général, de deux logiques radicalement opposées.

B. Commoner, M. Corr et P.J. Stamler⁷⁰, passant en revue l'évolution de quelques centaines de productions, aux Etats-Unis, entre 1946 et 1970, n'ont aucune peine à démontrer que ce qui a changé, c'est beaucoup moins le niveau de satisfaction des besoins que la façon de les satisfaire. Les niveaux de consommation par tête sont pratiquement restés les mêmes, mais les types et caractéristiques des produits, ainsi que les technologies, se sont considérablement modifiés.

Les détergents synthétiques ont remplacé les savons, cependant que l'acier et le bois de charpente cédaient la place à l'aluminium, aux matières plastiques et au béton, que les flacons plastiques jetables se substituaient aux bouteilles de verre réutilisables, que l'automobile gagnait en puissance et en vitesse, que l'agriculture « biologique » s'effaçait derrière l'agriculture industrielle, substituant les engrais et pesticides chimiques aux engrais naturels et au désherbage.

Or, les auteurs montrent, cas par cas, à l'aide d'une imposante batterie de chiffres⁷¹, que cette évolution s'est faite, presque sans exception, du moins dégradant vers le plus polluant.

Dans tous les cas également, elle s'explique par l'augmentation des profits qui lui sont attachés :

- les productivités par tête sont accrues : le passage des savons aux détergents s'accompagnait, par exemple, d'une réduction de 25 % des effectifs employés ; en même temps, le rapport bénéficiaire concernant les seuls détergents s'établissait à 54 % contre 31 % pour les savons ;
- partout les nouvelles technologies s'accompagnent de profits plus élevés : dans la chimie, selon Commoner, « les firmes novatrices bénéficient d'un taux de profit double de celui que réalisent les firmes spécialisées dans la production traditionnelle »⁷² et, si les voitures puissantes qui polluent fortement l'atmosphère se sont imposées au détriment des petits véhicules c'est, selon le mot même d'Henri Ford II, que « les mini-voitures font les mini-profits »⁷³ ; le même constat peut être fait pour la construction, l'agriculture, etc.

Mieux, réalisant le vœu des marchands de chandelles chers à Bastiat⁷⁴, les nouvelles techniques tuent elles-mêmes la concurrence que pouvaient leur faire les éléments naturels : les insecticides synthétiques, éliminant les insectes utiles au même titre que les nuisibles, rendent par là même leur propre utilisation d'autant plus indispensable ; les engrais azotés, abaissant la teneur du sol en humus et en azote organique, appellent une utilisation de plus en plus intense... des engrais azotés ; les sophismes et pamphlets d'hier n'étaient donc qu'anticipation de la réalité d'aujourd'hui.

Et Daniel Fife, prenant comme exemple l'industrie baleinière qui a épuisé sa propre matière première, montre que le fait de tuer lentement la poule aux œufs d'or⁷⁵ ne suffit pas à modifier le comportement des entrepreneurs, si ces derniers y trouvent suffisamment de profit pour réinvestir ailleurs et se procurer en temps utile une autre poule miraculeuse.

C'est bien l'esprit du système qui est en cause, comme le montre la comparaison entre, d'une part, la croissance démographique, l'évolution des produits par tête, l'impact des nouvelles technologies et, d'autre part, l'aggravation des pollutions. Cette aggravation, selon Commoner qui a consacré une étude particulière à ce sujet, pour les Etats-Unis entre 1946 et 1970⁷⁶, est imputable au premier facteur dans la proportion de 12 à 20 %, au second facteur pour 1 à 5 % et au facteur technologique pour le reste, c'est-à-dire au moins 75 %.

Le modèle Spire^{av}, concernant la France, conduit à des conclusions du même ordre : il dénote « une sensibilité moins grande des pollutions au taux de croissance qu'à la forme de croissance » et permet de souligner que si « l'incidence du taux de croissance du PIB sur le niveau global des

pollutions est relativement secondaire, en revanche les choix technologiques et énergétiques, les structures et comportements de production et de consommation, les échanges internationaux, la localisation des activités et des populations sur le territoire, ont une influence déterminante »⁷⁷.

Autrement dit, les conséquences purement mécaniques de phénomènes quantitatifs tels que l'accroissement démographique ou l'augmentation des produits par tête, sont moins responsables de la dégradation du milieu, que l'orientation technologique de l'appareil productif déterminé par la recherche du profit. Les différents aspects du conflit de logiques, que nous avons analysés successivement, se combinent, s'articulent et se renforcent dans la réalité, pour donner à l'évolution le caractère inéluctable qui s'impose de plus en plus à tous.

La solution ne saurait alors se trouver dans l'addition de mesures ponctuelles prises au hasard des catastrophes. Elle exige une vision d'ensemble cohérente et passe par la compréhension des mécanismes que doit respecter la recherche légitime d'une gestion efficace des choses. L'activité économique trouvant son origine et son aboutissement dans le milieu naturel, il n'y a aucune raison — autre que de paresse et de confort intellectuel — pour que la science qui est censée en dégager les lois et en éclairer les décisions, élimine de son champ tout ce qui concerne cette interdépendance.

Il nous faut, au contraire, tenter de définir une approche susceptible d'intégrer, dans une même logique, les phénomènes de la sphère économique et ceux de la biosphère, une approche que pour cette raison nous qualifierons de bio-économique.

DEUXIÈME PARTIE

L'APPROCHE BIO-ÉCONOMIQUE

I. Si tous les biens de la biosphère n'appartiennent pas à la sphère marchande, tous les biens marchands appartiennent à la biosphère et obéissent à ses lois.

La gestion rationnelle des ressources utiles et rares à laquelle se réfèrent habituellement les économistes, dégage à coup sûr la nature d'une activité étroitement contenue dans les limites du marché et offrant les avantages d'un valorimètre commode, le prix. Mais elle ne saurait englober l'ensemble des activités économiques que si l'on exclut de ces dernières :

- le non-solvable,
- le non-reproductible,
- le collectif,
- et tous les biens « libres » constituant le milieu naturel au sein duquel s'exercent les activités humaines.

Alors, les contradictions décelées plus haut prennent un jour nouveau :

- d'une part, la demande des agents n'exprimant que les aspirations accompagnées d'un pouvoir d'achat, le désir de superflu des plus favorisés se trouvera satisfait cependant que les besoins fondamentaux des autres ne seront pas couverts ;
- d'autre part, lorsque l'environnement pénètre dans le champ de la rareté et du calcul économique il est, dans la plupart des cas, bien tard pour commencer à se préoccuper de sa « gestion rationnelle ».

En effet :

- La plupart des atteintes portées à la nature ne révèlent leur existence aux agents économiques qu'à partir du moment où elles ont franchi les seuils de tolérance du milieu : la pollution de l'eau par exemple n'engendre la nuisance^{aw} que dans la mesure où elle dépasse les facultés de régénération spontanée de cet élément ; réelle et

mesurable en-deçà de ce point, mais non perceptible par les usagers, elle n'est de nature à déclencher aucune action correctrice du marché puisqu'elle ne s'inscrit pas dans les fonctions de coût ; lorsqu'elle le fait, c'est qu'un mécanisme naturel, débordé dans sa capacité de régulation, se trouve menacé dans son existence et que la ressource dont il assure la protection commence à s'altérer en profondeur :

- Nous entrons alors dans le domaine de la gestion économique, mais il est souvent trop tard : l'immense décalage que nous avons perçu entre les temps des hommes et ceux de la nature confère aux processus engagés une allure inexorable et un caractère irréversible.

La dimension de l'économie devient alors tout autre. A partir du moment où l'activité remet en cause la reproduction du milieu, il devient au moins aussi important de devancer la formation des raretés que d'en assurer la gestion cohérente. Il apparaît ainsi que l'utilité — et elle seule — a toujours déterminé l'économicité des biens et que la rareté n'a jamais été que son révélateur : un révélateur suffisant aussi longtemps que les biens libres n'étaient pas menacés dans leur reproduction et que les stocks de ressources naturelles paraissaient défier les siècles, mais un révélateur tardif lorsqu'il cesse d'en être ainsi. *L'homme se découvre subitement gérant d'un patrimoine de ressources simplement utiles qui, rares ou non, reproductibles ou non, doivent être convenablement administrées.* Il n'y a, peut-on dire sans paradoxe, que des biens économiques.

L'économie doit donc retrouver la logique du milieu naturel — physique aussi bien que vivant — dans lequel elle se développe. C'est à ce niveau :

- que lui apparaîtra sa signification profonde (non confondue avec la simple accumulation de richesses naturelles ou monétaires)¹ ;
- qu'elle découvrira les exigences de sa véritable cohérence (envisagée non seulement de façon interne, mais aussi par rapport aux mécanismes de la reproduction du milieu) ;
- et qu'elle pourra déterminer les instruments (non exclusivement monétaires) adaptés à la poursuite de ses nouvelles missions.

Sans doute l'économiste n'a-t-il pas à s'attarder dans des domaines qui ne sont pas les siens. C'est pourtant lorsqu'il ne s'y arrête pas que nous serions tentés, sans sacrifier au goût du paradoxe, de l'accuser de sortir de son rôle.

C'est qu'en effet, il passe alors et tranche le plus souvent sur ce qui ne relève pas de sa compétence. De quel droit, par exemple, Adam Smith

décide-t-il, sans autre examen, de ce qui est inné ou non chez l'homme ? Par quelle autorité A. Marshall se prononce-t-il sur le rationnel et l'irrationnel ?

Ces questions et toutes celles que nous aborderons ici font l'objet de débats sérieux entre spécialistes du vivant. C'est en faisant parler ces derniers, en recueillant ce qu'ils ont à nous dire dans des domaines qui nous concernent, que nous nous tenons à notre vraie place... et que nous les tenons à la leur. C'est en parlant biologie que nous restons économistes ; c'est en n'en parlant pas que nous nous faisons biologistes, car nous nous prononçons alors — nous ne pouvons pas ne pas le faire — sur ce qui ne relève pas de notre compétence.

Cependant, il ne saurait évidemment s'agir ici que d'un simple préambule, limité aux seuls aspects du vivant qui nous paraissent susceptibles d'éclairer les phénomènes concernés par notre interrogation.

II. PRÉAMBULE SUR LE VIVANT

Le discours sur la vie² nous apprend à situer l'économie dans le prolongement d'un double mouvement général :

- de lutte contre l'entropie que mènent les organismes afin de maintenir et reproduire leur structure,
- et d'évolution complexifiante dont la dimension cosmique n'exclut pas que les comportements y puissent jouer un rôle.

A) La lutte contre l'entropie : la structuration de l'énergie par de l'information

Comme tout système plongé dans un milieu de moindre complexité, un organisme vivant tend à se déstructurer et à se dissoudre sous l'effet de la deuxième loi de la thermodynamique : « le rêve d'une cellule, écrit Atlan³, n'est ni de se reproduire, ni de « jouir » de son métabolisme, ni d'assimiler, mais « comme tout le monde », c'est-à-dire comme tout système physique, dans le temps irréversible qui est encore celui de notre représentation, de se reposer dans un état d'énergie libre minimum, c'est-à-dire de mourir ».

Cependant, son organisation la conduit à contrecarrer cette tendance en empruntant au milieu les éléments qui lui permettent de maintenir sa structure^{ax}, de se développer et de se reproduire.

Pour obtenir ce résultat, l'organisme met en œuvre deux séries de

mécanismes fondamentaux :

1. Il emprunte de l'énergie à son milieu :

Les végétaux qui captent le rayonnement solaire l'utilisent, comme nous l'avons vu, pour lier ensemble les petites molécules qu'ils aspirent et en faire les grosses molécules qui caractérisent le vivant ; ce sont ensuite ces dernières et l'énergie solaire qu'elles véhiculent, qui se déplacent le long des chaînes alimentaires pour se transmettre des végétaux aux herbivores, puis aux carnivores et aux grands carnassiers.

Cette énergie :

- entretient les réactions chimiques indispensables à la vie : le métabolisme basal ;
- compense la turbulence des individus : mouvements, déplacements, efforts, activité sexuelle ;
- alimente la croissance de leur organisme ;
- à la limite, débouche sur un gaspillage qui prend les formes de la mort, de la manducation, de multiples dépenses inutiles⁴ ;
- l'organisme enfin accumule une partie de cette énergie sous forme de réserves.

Le vivant ne se dissocie pas de l'énergie qui l'alimente. Coupé de sa source, il dépérit et meurt, alors que la machine s'arrête en attendant de fonctionner à nouveau dès qu'elle sera alimentée

2. Il structure cette énergie par de l'information.

a) L'organisme soumet les éléments empruntés au milieu, à une intense activité chimique — le métabolisme — au terme de laquelle ils se présentent sous les formes assimilables, adaptées aux exigences de sa survie et de son développement⁵.

Cette activité structurante revêt une importance fondamentale : tout l'univers, nous l'avons vu, est constitué par un nombre limité d'éléments combinés de différentes manières ; c'est la structure, c'est-à-dire l'ensemble des relations que les éléments des divers systèmes entretiennent entre eux et avec leur environnement⁶, qui permet de les différencier ; c'est elle qui distingue le lion de l'éléphant et de l'homme et c'est grâce à elle que le vivant peut acquérir les propriétés qui le distinguent de l'inanimé.

Le code génétique assure la transmission, à travers les générations, de l'information héréditaire contenue dans la molécule d'ADN. Celle-ci a pu être comparée à un alphabet à 4 symboles (les 4 sortes de nucléotides qui la constituent) dont les divers agencements permettent de définir une

information biochimique qui organise la matière et détermine les caractères structuraux et métaboliques des divers organismes.

Cette activité structurante constitue une *information* au sens de « mise en forme » où l'entendait Aristote. Nous la qualifierons ici *d'information-structure*.

L'organisme développe ses activités informationnelles grâce à son système nerveux, doté de deux grandes boucles rétroactives destinées à le réguler, l'une de l'intérieur (homéostasie restreinte), l'autre par rapport à son environnement (homéostasie généralisée) :

- la boucle rétroactive interne gouverne l'ensemble des réactions dont il est le siège et maintient constantes, dans des limites assez étroites, ses propres conditions intérieures : température centrale, tension artérielle, teneur en substances de toutes sortes, excrétiions, etc. ; on appelle homéostasie le jeu des mécanismes auto-correcteurs tendant à ramener chacune de ces variables à sa valeur « normale » dès qu'elle tend à s'en écarter ; pour cela, toutes les parties du système échangent en permanence de multiples indications relatives à leur état et à leurs besoins ; nous parlerons ici *d'information-message*^{ay} ; ainsi l'organisme se met lui-même « en serre chaude ; les changements perpétuels du milieu cosmique ne l'atteignent point ; il ne leur est pas enchaîné ; il est libre et indépendant » (Cl. Bernard)⁷... dans certaines limites de variation évidemment ;
- la boucle rétroactive extérieure relie l'organisme à l'environnement auquel il emprunte les substances nécessaires à son existence, dont il doit affronter les périls (prédateurs par exemple), au sein duquel il rencontre les partenaires de sa reproduction, aux conditions (climatiques par exemple) duquel il doit s'adapter, sur lequel il peut agir par voie de transformation⁸ et auquel enfin il restitue les déchets de son activité métabolique ; cette boucle prolonge sur l'extérieur l'action régulatrice de la précédente : la sensation interne de faim déclenche la recherche de nourriture ; le besoin sexuel met en action la recherche du partenaire et réciproquement la détection du partenaire déclenche le mécanisme du rut, la variation thermique du milieu stimule les mécanismes correcteurs internes... ; là encore circulent de multiples messages ; « les organismes sont des systèmes ouverts qui maintiennent leur équilibre (ou stabilité) et peuvent même évoluer vers des états de plus grande complexité, grâce à un échange incessant d'information et d'énergie avec leur milieu.

« Si nous comprenons que tout organisme, pour survivre, doit non

seulement se procurer les substances nécessaires à son métabolisme mais aussi une bonne information sur le monde environnant, nous voyons alors que communication et existence sont des concepts inséparables. Subjectivement, le milieu est vécu comme un ensemble d'instructions concernant l'existence de l'organisme » (Waslawick)⁹.

Ne devient-il pas alors évident que la caractéristique essentielle du vivant consiste à produire de l'ordre et à remonter le cours de l'entropie ? « Les systèmes vivants se réorganisent et *s'autoréorganisent* d'une manière permanente, sous l'influence de l'information qui leur est communiquée et qu'ils portent. Face à l'entropie générale, les êtres vivants forment une "oasis néguentropique" en expansion » (J. Robin)¹⁰.

b) Est-ce à dire que le deuxième principe de la thermodynamique se trouve infirmé ?

Oui, si — pendant un temps limité au terme duquel l'entropie finira toujours par vaincre — on considère un organisme indépendamment de son milieu ; non, si l'on examine le système plus large constitué par l'organisme et son environnement. Dans ce dernier cas, on s'aperçoit que l'activité structurante du premier se paie toujours d'emprunts et de rejets qui désorganisent le second. Un gain localisé en néguentropie n'est possible qu'au prix d'un supplément d'entropie apparaissant ailleurs : « En fin de compte, écrit F. Jacob, le maintien en l'état d'un système vivant se paie : le retour à l'équilibre toujours instable se solde par un déficit d'organisation alentour, c'est-à-dire par un accroissement de désordre dans l'ensemble que constituent l'organisme et son milieu (...) Tout être vivant reste en quelque sorte branché en permanence sur le courant général qui emporte l'univers en direction du désordre. Il en représente une sorte de dérivation à la fois locale et transitoire qui entretient l'organisation et lui permet de se reproduire »¹¹.

La thermodynamique classique ne pouvait rendre compte de ces phénomènes : conçue pour des systèmes clos, elle ignorait nécessairement la néguentropie, assimilait toute évolution à une production d'entropie et toute situation d'équilibre à un état de désordre maximum, à partir duquel toute production supplémentaire d'entropie devenait impossible. Elle ne connaissait en somme que deux situations :

– avant équilibre :

$$\frac{ds}{dt} > 0$$

– à l'équilibre :

$$\frac{ds}{dt} = 0$$

(ds/dt désignant la production d'entropie par unité de temps) On comprend qu'elle n'ait guère trouvé d'application dans le domaine du vivant et se soit adaptée de façon préférentielle aux phénomènes chimiques.

Il cesse d'en être ainsi avec la *thermodynamique des phénomènes irréversibles*, branche relativement récente de cette discipline¹².

Shrödinger¹³ montre qu'un système ouvert peut maintenir sa structure et son organisation grâce à des emprunts d'énergie ou de matière effectués à l'extérieur. Le système est dit en « *état stationnaire de non-équilibre* ».

Parcouru par un flux constant de matière ou d'énergie ($\frac{dm}{dt} = \text{Cte} \neq 0$), il ne se maintient que dans la mesure des prélèvements et des rejets qu'il effectue dans le milieu sur lequel il transfère en définitive sa propre production d'entropie : « Ainsi, le taux de production d'entropie par unité de temps

$\frac{dS}{dt}$ est-il le résultat d'un bilan entropique contenant deux termes : un

terme d'échangé $\frac{deS}{dt}$ qui exprime le courant d'entropie de l'environnement

vers le système et un terme $\frac{diS}{dt}$ qui exprime la production d'entropie proprement dite, à l'intérieur du système, comme résultat des phénomènes

irréversibles qui s'y déroulent : $\frac{dS}{dt} = \frac{deS}{dt} + \frac{diS}{dt} = \dots$ » (H. Atlan)¹⁴.

L'ensemble système + environnement voit son entropie augmenter même si le système maintient son organisation ; la production d'entropie dans le milieu apparaît comme la contrepartie nécessaire de la production d'ordre dans le système.

Or, comme l'a montré Morowicz¹⁵, telle est bien la situation de notre planète, constamment traversée par un flux d'énergie solaire qu'elle reçoit le jour et rayonne à peu près intégralement la nuit. L'apparition de la vie, loin d'être un accident thermodynamiquement improbable, se révèle alors être un phénomène thermodynamiquement nécessaire.

B) Le vivant indissociable de l'évolution complexifiante

Il découle de la thermodynamique des phénomènes irréversibles, que :

- si un système reçoit un flux d'énergie nul ou inférieur à sa production

- d'entropie, il se désorganise ;
- s'il en reçoit autant qu'il en élimine, il se trouve en état stationnaire de non-équilibre et maintient sa structure ;
 - s'il en reçoit plus qu'il n'en diffuse, l'excédent dont il dispose lui permet, non seulement de maintenir son organisation, mais d'évoluer vers un état de complexité plus élevé ; il apparaît alors que le vivant ne se dissocie pas du courant d'évolution qui emporte l'Univers.

1. Cette évolution, qui lie la croissance et le développement à l'existence d'un surplus énergétique, commence au niveau de la matière

La *théorie des structures dissipatives* de Prigogine¹⁶ fait apparaître que la matière inanimée, soumise à un apport énergétique, peut s'organiser en structures cohérentes et significatives. Par exemple, un liquide huileux convenablement chauffé se constitue en colonnes de forme alvéolaire (tourbillons de Benard), organisation qui correspond à une création de néguentropie compensée par une augmentation de la quantité d'entropie dissipée par le liquide, sous forme de chaleur.

Mais il ne s'agit là que de structures temporaires disparaissant dès que le processus de réchauffement est interrompu.

Il en va différemment avec le principe de l'ordre à partir du « bruit » mis en évidence par Von Foerster. Celui-ci montre que, d'une série de rencontres purement aléatoires (désordre, « bruit »), peut surgir progressivement une structure organisée (ordre) ; si de petits cubes, dont trois faces ont été préalablement polarisées de façon positive et les trois autres de façon négative, sont placés dans une boîte soumise à des secousses désordonnées, les rencontres entre faces inversement polarisées soudent graduellement les cubes entre eux et les amènent à constituer des structures de plus en plus complexes. L'ordre ainsi révélé dépend en définitive de trois séries de facteurs :

- l'aimantation initiale des cubes : ordre,
- les formes successivement réalisées : histoire,
- les secousses aléatoires : désordre

L'importance de cet exemple, par rapport à l'évolution de l'univers, tient au fait qu'il illustre fort bien ce qui se passe lorsque, par suite des grands brassages naturels auxquels ils sont soumis, des éléments dotés d'affinité chimique se combinent entre eux et constituent des structures plus complexes appelées à se rencontrer et à se combiner à leur tour¹⁷.

Dans le même esprit, la « théorie des catastrophes » de René Thom nous

propose une véritable mathématique de la morphogénèse (*Stabilité structurelle et morphogénèse*, W.A. Benjamin, 1972 ; *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, UGE, 1974...).

Et les théoriciens du chaos découvrent que, dans les systèmes instables « sensibles à leurs conditions initiales » le déterminisme peut déboucher sur l'imprédictibilité d'un désordre au moins apparent (E. Lorenz), au sein duquel la présence « d'attracteurs étranges » (D. Ruelle et F. Takens), répétés à tous les niveaux (*Les fractales* de B. Mandebrot) conduit à pressentir la présence d'un ordre dissimulé (voir J. Gleick, *La Théorie du chaos*, Albin Michel, 1989 ; D. Ruelle, *Hasard et chaos*, O. Jacob, 1991 ; Lavallard J.L. (sous la direction de), « L'Ecole française du chaos », *CNRS Info*, n° spécial, non daté).

Au cours de ce processus de complexification, la matière franchit une série de seuils qui la font passer de l'inanimé au vivant, puis au conscient, et enfin à la conscience repliée sur elle-même, c'est-à-dire consciente d'être conscience¹⁸. Passée une certaine valeur critique, un système complexe acquiert en outre la propriété d'augmenter lui-même sa complexité¹⁹.

La vie n'est donc que l'aventure de la matière parvenue à un certain niveau de complexité : « Il y a la matière, dont un des états est l'état vivant » (J.A. Thomas)²⁰.

Cette aventure, apparemment éloignée des préoccupations de l'économiste, nous paraît cependant le concerner par deux de ses aspects :

- sa dimension cosmique, dont il ressort que pas un élément de l'Univers ne saurait être dérangé sans que cela ne rejaillisse sur le phénomène vivant ;
- ses modalités, dont les analyses les plus récentes font apparaître qu'à côté de la « pression de sélection » exercée par le milieu, le comportement joue un rôle moteur considérable

2. La perspective cosmique a été synthétisée de façon impressionnante par J.A. Thomas²¹ :

- « Le germe est une protoétoile qui, dans un nuage gazeux, se contracte lentement sous l'effet de sa propre gravitation » ; notre soleil n'est qu'une petite étoile des plus communes, une naine jaune, parmi les 200 milliards d'astres qui constituent notre seule galaxie ; il y a aussi les géantes rouges, les géantes bleues, les naines rouges, les naines bleues, les naines blanches, et de mystérieux objets comme les quasars et les pulsars ; « or un lien évolutif existe entre toutes ces

condensations de la matière et on peut parler — rappelant un titre célèbre — de la vie et de la mort d'une étoile » ;

– le phénomène cosmique et le phénomène biologique sont, en outre, reliés par l'existence d'une évolution prébiotique extraterrestre, semble-t-il prouvée par l'existence d'acides aminés d'origine abiotique sur une météorite tombée en 1969 à Murchinson (Australie), puis sur les météorites de Mursay et d'Orgueil examinées en 1971 ; « l'espace est peuplé de molécules organiques parfois déjà très complexes » (Thomas)²².

– et au bout de tout cela, sur notre planète minuscule, se situe le bouillonnement de la vie qui débouche sur l'apparition de l'homme^{az}.

Deux attitudes alors sont concevables : si nous raisonnons selon l'échelle des dimensions, le sentiment d'écrasement, d'impuissance et de résignation que l'infiniment petit ne peut manquer d'éprouver devant l'infiniment grand ; mais si, conformément aux enseignements de l'approche systémique, nous partons de la « finalité »²³ de l'ensemble, finalité qui paraît bien se situer dans le mouvement de complexification qui emporte le tout, alors la perspective se renverse : c'est l'homme qui se situe à la pointe de ce mouvement ; il est l'infiniment petit mais aussi l'extrêmement complexe... ; lorsqu'il dérègle les mécanismes vitaux, c'est toute l'histoire de l'Univers dont il est l'aboutissement qui se trouve remise en cause.

3. Or, les analyses les plus récentes de l'évolution, mettant résolument l'accent sur **le rôle du comportement**²⁴, confèrent à cette perspective un relief tout particulier.

Dans la vision néo-darwiniste illustrée par l'ouvrage de J. Monod, le moteur de l'évolution se trouvait en quelque sorte tout entier contenu dans le bagage génétique de l'espèce ; le dialogue du hasard et de la nécessité conférait au premier un rôle de proposition (mutations accidentelles) et à la seconde une fonction de sélection (élimination des moins aptes) qui s'exerçait d'ailleurs en faveur des organismes les plus complexes, mieux adaptés aux exigences de la survie.

Dans un de ses derniers écrits, J. Piaget ouvre, de ce point de vue, des perspectives profondément renouvelées. Le comportement des différentes espèces, explorant et transformant leur milieu, joue un rôle actif dans leur propre évolution : « Nous entendons par comportement, l'ensemble des actions que les organismes exercent sur le milieu extérieur, pour en modifier des états ou pour changer leur propre situation par rapport à lui »²⁵. Cette activité transformatrice est dans la nature même des

organismes vivants que leur caractère de système ouvert, lié aux exigences de l'assimilation et de l'accommodation, « conduit à ce qui paraît constituer, à tous les niveaux, la double finalité des conduites : l'élargissement du milieu et l'accroissement des pouvoirs des êtres vivants »²⁶.

Le mécanisme de l'évolution fait alors intervenir activement le milieu extérieur aussi bien que le milieu intérieur :

- le rôle sélectif du premier ne s'exerce pas seulement par élimination des moins aptes, au sens d'aptitude à la survie reposant sur la vigueur et la fécondité des individus, mais aussi en fonction de la réussite des essais appréciée par rapport aux finalités poursuivies ; si celles-ci aboutissent à des conservations et des survies, elles sont surtout beaucoup plus riches en variétés d'accommodation et en possibilités de dépassements ;
- mais ces adaptations ne laissent pas le milieu intérieur inchangé : « Nous avons recours à deux hypothèses complémentaires : l'une est que les comportements « élémentaires » s'acquièrent au plan phénotypique^{ba} et que le milieu intérieur, modifié par eux, sélectionne ensuite les variations géniques jusqu'à production endogène d'une phénocopie reconstruisant les actions en fonction de ce nouveau cadre ; l'autre est que les instincts complexes procéderaient d'une combinatoire génique composant entre elles ces conduites « élémentaires », puis les dépassant par renforcements complétifs, ce qui suppose également une action sélective du milieu épigénétique^{bb} » (J. Piaget)²⁷.
- et ceci nous conduit à distinguer deux types d'évolution : l'une dite « variationnelle » dans laquelle le milieu n'intervient que par sélection après coup ; l'autre dite « organisatrice », liée aux initiatives des espèces et portant, comme nous venons de le voir, « sur la constitution de nouveaux comportements héréditaires et sur celle des organes leur servant d'instrument » (J. Piaget)²⁸.

S'il en est bien ainsi, alors se trouve démontrée cette affirmation que l'on rencontre fréquemment sous la plume des économistes — sans qu'ils s'en puissent véritablement expliquer — qu'en transformant le monde l'homme se transforme et se crée lui-même. Nous savons maintenant que les modifications apportées au milieu, les systèmes de valeurs produits par les systèmes, agissent durablement sur la richesse et la diversité des comportements, que la précarité des conditions de vie se répercute sur le bagage neuronal des individus et que leurs conséquences peuvent se

transmettre héréditairement pendant plusieurs générations.

Cette double perspective cosmique et comportementale se trouve confirmée et actualisée aujourd'hui (A. Bourguignon, *Histoire de l'homme : l'Homme Imprévu*, tome I, PUF, 1989 ; *L'Homme fou*, tome II, PUF, 1994).

Cette incursion relativement longue à laquelle nous venons de procéder, dans la « logique du vivant », n'a de sens que dans la mesure où elle nous révèle la nature profonde des mécanismes dont ceux que met en œuvre l'économique ne constituent que le prolongement :

- l'insistance récente mise sur le rôle du comportement nous invite à une réflexion plus approfondie sur les hypothèses formulées en cette matière par la science économique ;
- le couple « énergie-information » désigne à la fois l'unique matière première que manipule l'économique et le traitement par lequel elle la rend apte à satisfaire les besoins des hommes ;
- le caractère indissociable des phénomènes de la vie et de l'évolution complexifiante nous conduit enfin à examiner chacun de ces problèmes dans une perspective dynamique de reproduction et de développement.

CHAPITRE I

Les comportements économiques

A la conception d'une économie strictement limitée aux forces du marché correspond une certaine vision de l'homme. Nous ne référons pas ici le procès intégral de cet *homo æconomicus*¹, supposé assez intelligent pour tout connaître du marché, s'adapter instantanément aux conditions de ce dernier, ne se tromper jamais dans ses prévisions et détecter sans coup férir la nature des ajustements à opérer, mais assez stupide pour limiter son horizon à la seule considération des prix, quantités et revenus, supposer que demain prolongera nécessairement les tendances du présent, ne tirer aucun parti des avantages qui lui permettraient d'assurer sa dominance, n'avoir pas l'idée de se coaliser avec ceux de ses semblables dont les intérêts convergent avec les siens, assez desséché enfin pour obéir en toutes circonstances à sa seule raison. Cette image, où grouillent les contradictions, n'est évidemment que convention commode permettant d'éliminer — dans l'ordre correspondant aux caractères énumérés — l'incertitude et l'information, le temps, l'erreur, l'action du non marchand, l'inégalité, le jeu des groupes et l'irrationnel (c'est-à-dire à la fois les jaillissements du pulsionnel et ceux de l'imaginaire) qui troublent l'ordonnance des systèmes.

L'homo sapiens se trouve ainsi transformé, selon le mot de Castoriadis, en « *homo computans* »². Mais dans la mesure même où les phénomènes de la biosphère ne sauraient s'analyser en termes marchands, leur intrusion dans l'économie condamne les insuffisances d'une telle vision : « *Homo religiosus, homo æconomicus, homo politicus*, toute cette kyrielle d'hommes en *us...*, Le péril serait grave de les prendre pour autre chose que ce qu'ils sont en vérité, des fantômes commodes, à condition de ne pas devenir encombrants. Le seul être de chair et d'os est l'homme sans plus, qui réunit tout cela à la fois » (Marc Bloch)³. Nous voilà donc ramenés à l'homme total et à « sa manière d'être dans son milieu »^{bc} par laquelle on définit le comportement.

Evacuant la commodité des hypothèses simplificatrices, c'est sur le pourquoi et le comment de ses actes réels que nous devons nous interroger : le pourquoi et le comment, c'est-à-dire ses finalités et les conduites qu'il adopte pour les réaliser.

I. LA FINALITÉ DE L'ACTE ÉCONOMIQUE : ÊTRE OU AVOIR ?

A) Le règne de l'avoir

1. *L'histoire économique en cette matière n'est que celle d'une levée progressive des freins qui s'opposaient au règne sans partage de l'avoir*⁴

a) Max Weber⁵ montre comment la poursuite des richesses matérielles ou financières gouverne le capitalisme des premiers temps, mais souligne en même temps que le véritable objectif des hommes se situe bien au-delà de cette préoccupation : selon la croyance religieuse en la prédestination, la réussite n'a de sens que comme témoignage de la bénédiction divine et preuve du salut. En conséquence, tous les moyens ne sont pas bons pour y parvenir. Seuls le travail acharné et bien fait, la renonciation aux plaisirs des sens, à la prodigalité, aux dépenses somptuaires, l'épargne, le contrôle des impulsions, plaisent à Dieu. La finalité de l'individu ne se situe pas en lui-même : « le suprême bien... est de gagner de plus en plus d'argent et d'éviter strictement tout plaisir » (Weber)⁶. *L'ascétisme laïc*, pour reprendre l'expression de Weber, tempère donc la recherche de l'avoir. Objectif majeur de toute activité économique, celle-ci ne constitue pas une fin en soi, mais un simple moyen d'obtenir le signe visible de la grâce divine.

Cependant, au fil des temps, l'abondance croissante des biens matériels, liée au développement du capitalisme industriel, fait apparaître comme irrationnel le refus des satisfactions personnelles.

b) Adam Smith et les premiers classiques, inspirés de Locke, mettent au cœur de l'activité économique la recherche de l'utilité individuelle, matérialisée par la réalisation du plus grand gain. La science se laïcise et la Nature se substitue à Dieu, mais ce dernier — la « main invisible » — n'est pas loin. La libre initiative ne se justifie que dans la mesure où la convergence des intérêts individuels en fait le moyen d'aboutir au plus grand avantage collectif⁷. Le travail, « fonds d'où sortent

toutes choses d'agrément et de sécurité » (Smith)⁸, constitue un bon valorimètre à une époque où il reste encore le facteur principal de la production et il justifie la perception d'un revenu dans la mesure où il est lié à la notion d'effort. La primauté incontestable de l'avoir⁹ se situe dans un ensemble cohérent de valeurs qui la justifient et la bornent à la fois.

c) L'hédonisme utilitariste d'un Stuart Mill ou d'un Bentham affirme un peu plus nettement le primat de l'individuel. Le « souverain bien » de Bentham, interprété comme le plus grand plaisir du plus grand nombre, a pour instrument l'accroissement de la richesse pécuniaire et de l'appropriation. Mais il s'agit d'une conception à long terme, conforme aux exigences du marché et aux valeurs bourgeoises de l'époque. Bentham énumère, parmi les facteurs qui l'influencent, la santé, la force, le savoir, les capacités intellectuelles, la fermeté de l'esprit, la sensibilité morale et religieuse, etc., et Berkeley y inclut le plaisir éternel...

d) Chez A. Marshall, l'idéal de rationalité — correspondant à une certaine maîtrise de soi — modère le jeu des appétits individuels. La satisfaction des besoins immédiats reste encore subordonnée à la réalisation de fins plus élevées¹⁰.

Les « Principes » débordent de conseils moralisateurs sur la manière dont un agent économique avisé doit se soucier de satisfaire ses besoins économiques présents sans compromettre le futur. La préoccupation du long terme conduit à distinguer les plaisirs « sains » et durables des satisfactions éphémères ou des « luxes passagers » : « Tout cela implique un très fort contrôle des impulsions... L'idéal de l'homme économique dans sa forme néoclassique Marshallienne n'est pas encore un modèle totalement dépourvu de valeurs... il emprisonne ainsi le comportement humain dans la cage de fer de la moralité victorienne » (Weisskopf)¹¹.

De l'impératif religieux à la convergence des intérêts, puis aux simples exigences de la rationalité, les barrières se font de plus en plus fragiles.

2. Le tournant décisif est pris avec L. Robbins¹² et la nouvelle génération des néo-classiques. En rejetant explicitement le problème de la détermination des fins hors du champ de la science économique et en insistant sur le caractère purement subjectif et amoral des besoins, Robbins ouvre la voie au relativisme. Nul jugement de valeur ne peut plus être désormais opposé aux appétits individuels. Sous prétexte de neutralité, on laisse libre cours aux valeurs dominantes du système existant. L'économie

ne connaît que l'efficacité mesurée en termes monétaires. Alors que, pour Adam Smith, l'accumulation individuelle ne se justifiait que par sa participation à l'avantage collectif, ce dernier se trouve ici *réduit* à la somme des satisfactions individuelles qui dépendent à leur tour des provisions de biens dont disposent les agents. La théorie néoclassique la plus récente ne connaît guère que *le mieux-être lié au plus avoir*. Elle postule par exemple :

- que la position d'un consommateur sur la « carte d'indifférence » varie dans le même sens que la provision de biens dont il peut disposer ;
- et que la dégradation de cette position, résultant de la perte d'une quantité déterminée d'une certaine marchandise, peut être exactement compensée par l'accroissement de la quantité disponible d'un autre bien, définie par le taux marginal de substitution^{bd}.

Une certaine vision fétichiste de la croissance et du produit national en découle. Elle nous suggère de considérer l'accroissement continu du PNB par tête comme la mesure et l'instrument de l'augmentation des satisfactions humaines : « les deux notions de bien-être économique et de revenu national, affirme A.C. Pigou, sont liées de telle façon que la description du contenu de l'une implique une description du contenu de l'autre »¹³ et pour J.R. Hicks, « le revenu national est essentiellement une notion de bien-être »¹⁴.

L'aboutissement logique de cette position se trouve dans le consumérisme des sociétés actuelles. L'impératif de maximisation du profit conduit l'appareil productif, conforté par la théorie, à réduire l'individu aux dimensions d'un consommateur inséré dans un circuit sans cesse répété : produire pour réaliser des profits et créer des besoins pour produire. Réduire la durée de vie physique des biens, accélérer leur obsolescence, renoncer à les réparer, multiplier les gadgets d'utilité douteuse... tout cela correspond parfaitement aux déterminismes d'un système essentiellement axé sur la reproduction et l'accumulation de capital financier.

A tort ou à raison, la consommation était vécue jusque-là comme un enrichissement de la personnalité, lié à la relation entre l'individu et les choses qu'il possédait. Aujourd'hui, la complexité des interconnexions financières et des contrôles, au niveau des grandes firmes, conduit à se demander s'il y a encore des hommes pour maîtriser tout cela ou si la logique froide d'un certain « ordre abstrait des choses », trouvant en lui-même ses propres finalités, ne s'impose pas désormais à tous.

Alberto Moravia¹⁵, méditant sur le consommateur moderne, nous propose l'image de ces organismes réduits à de simples tubes digestifs, ingérant, digérant, évacuant et ne produisant rien d'autre que des excréments... L'excrément, symbole freudien de l'argent...

Mais, si la recherche de « l'avoir » constitue la finalité ultime de l'acte économique, alors de multiples comportements deviennent inexplicables.

Comment comprendre par exemple — pour nous en tenir aux cas les plus représentatifs — le don¹⁶, le potlach, les destructions cérémoniales, les gaspillages de prestige, les consommations ostentatoires fréquentes sous des formes diverses dans notre univers¹⁷ aussi bien que dans le monde sous-développé ? Comment analyser — armés de nos pauvres isoquants — certains sacrifices que l'entrepreneur consentira parfois sur le profit, s'il doit en tirer gloire, puissance ou si — cela existe — il est tout simplement guidé par le sentiment de certaines responsabilités sociales ?

Refusant l'échappatoire courante qui consiste à rejeter ces conduites comme irrationnelles¹⁸ (au nom de quel système de fins objectivement universalisables ?), il nous faut rechercher les motivations susceptibles d'englober, dans un même système d'explication, ces faits « aberrants » au même titre que les comportements docilement « conformes ».

B) La vraie finalité de l'Homme : Être

La biologie comportementale nous sera ici de quelque secours.

1. *L'homme, comme tout organisme vivant, a pour finalité première de maintenir et reproduire sa structure, c'est-à-dire d'être, physiquement.*

Aux deux grandes boucles rétroactives que nous avons décelées chez tout être vivant correspondent, en ce qui le concerne, deux séries de besoins :

- par l'alimentation, il maintient son organisation interne en empruntant au milieu les molécules riches en énergie que divers métabolismes informeront et organiseront de manière à permettre sa survie ;
- par l'aménagement du milieu extérieur, il tend d'abord — cela reste vrai même si certains comportements ostentatoires sont venus occulter cette finalité première — à maintenir celui-ci dans les limites de variations compatibles avec les exigences de la vie, ou à le rendre plus favorable au développement de cette dernière : ainsi, par la régulation thermique de son environnement, il reporte sur celui-ci une

dépense énergétique dont se trouve par là même déchargé son organisme.

L'existence, dans son cerveau, d'un double système de rejet (par la fuite ou la lutte) des sensations désagréables (le PVS ou « faisceau de la punition ») et de recherche des sensations gratifiantes (le MFB ou « faisceau de la récompense »)^{be}, détermine les conduites par lesquelles il cherchera à obtenir ces résultats¹⁹. Mais elle ne fonderait scientifiquement le réductionnisme hédonistique^{bf} que si le social découlait strictement de l'individuel, ce qui, nous le verrons, n'est pas le cas : d'une part, en effet, nous constatons que le passage d'un niveau de référence à un autre (l'individu, l'entreprise, la branche, la nation, par exemple) s'accompagne de l'émergence de fonctions et de finalités nouvelles, inapparentes au niveau précédent ; et d'autre part, Condorcet comme Arrow nous ont montré qu'il n'y avait pas transitivité des choix individuels aux choix sociaux^{bg}.

La satisfaction des besoins individuels, innés ou acquis, s'analyse alors en termes de rétablissement d'un équilibre momentanément compromis. Tout signal perçu par les sens se réduit en effet à une variation de type énergétique : « variation d'énergie sonore (ouïe), lumineuse (vision), mécanique (tact), kinesthésique (poids), de concentration moléculaire ou ionique dans l'air (odorat), dans les liquides (goût) » (H. Laborit)²⁰. S'agissant d'un besoin inné, comme l'alimentation par exemple, le déséquilibre lié à son apparition déclenche, au niveau intracellulaire, un signal perçu par le système nerveux central, qui met en œuvre les conduites gratifiantes destinées à rétablir l'équilibre provisoirement perturbé de l'organisme. S'agissant d'un besoin acquis par l'accoutumance, c'est encore un déséquilibre perçu comme tel qui déclenche les conduites ayant pour objet de le satisfaire.

Or, cet équilibre correspond dans tous les cas à un certain état de l'information-structure qu'il s'agit de préserver.

En première analyse donc et sans que cela nous dispense d'approfondir les aspects psychologiques ou sociologiques du besoin, celui-ci peut être défini d'un point de vue biologique « comme la quantité d'énergie ou d'information nécessaire au maintien d'une structure nerveuse, soit innée, soit acquise »²¹ (Laborit).

La finalité évidente du vivant est donc d'abord de maintenir et reproduire sa structure, c'est-à-dire d'Être et la recherche de l'Avoir n'a de sens que par rapport à cette finalité.

2. *Etre socialement*

Mais, concernant l'homme, de quel « être » s'agit-il ? Les sciences de la vie nous proposent ici une deuxième série de réponses. Paradoxalement, c'est le social que nous trouvons en premier lieu dans l'individu ; le social :

- présent dans le code génétique, simple matrice encore vierge où presque rien d'autre, concernant la personnalité, n'est inscrit qu'une faculté d'acquiescer, variable selon les espèces, et, au sein de chaque espèce selon les individus, en fonction de l'histoire de tout le phylum dont chacun de ces derniers constitue l'aboutissement provisoire²² ;
- présent aussi dans l'environnement dont les contacts des premières années vont déterminer définitivement ce qui sera engrammé — grâce notamment au langage — dans le système nerveux de l'individu²³.

Ce que l'homme rencontre d'abord en lui et qui explique la quasi-totalité de ses comportements, c'est « les autres », les générations passées avec leur histoire et la société dans laquelle il vit avec ses systèmes de valeurs, ses tabous, ses interdits, etc. « Il se produit ceci, précise Weiskopf :

« 1. Les règles normatives, les valeurs et les attitudes liées à l'origine sociale sont intériorisées et deviennent un élément de la personnalité individuelle ;

« 2. Ces systèmes normatifs intériorisés peuvent devenir partiellement ou totalement inconscients et influencer la pensée, les sentiments, les actes d'une personne, sans qu'elle en ait conscience ;

« 3. L'intériorisation de tels systèmes de valeurs et d'attitudes est un mécanisme qui permet à l'individu de se conformer par sa pensée, ses sentiments et ses actes aux exigences de la société et facilite l'accomplissement de son rôle social en conformant ses actes à ceux que la société attend de lui ;

« 4. Ces systèmes normatifs intériorisés, bien que constituant une partie du système psychologique individuel, ont un contenu collectif, supra-individuel et présentent une continuité au cours du temps »²⁴.

Seule appartient en propre à chacun, l'aptitude à combiner les éléments inscrits dans sa mémoire, de façon à construire des relations nouvelles non constatées dans le réel, c'est-à-dire *l'imagination créatrice*.

Il s'agit là, évidemment, d'une faculté prodigieuse, mais à laquelle ne se rattache qu'une faible partie des comportements quotidiens et qui reste, en

tout cas, totalement étrangère à l'image que nous restitue une analyse économique dans laquelle l'homme a été préalablement dépouillé de tout ce que nous savons aujourd'hui être spécifiquement humain

« *Etre* », pour l'homme, revêt donc les deux significations complémentaires de : *maintenir sa structure et développer les facultés qui en découlent et exister « socialement » par rapport au groupe et à ses valeurs.*

Or ces valeurs, loin d'être innocentes, reflètent un certain état des rapports sociaux. Dans la recherche des éléments gratifiants que leur propose le milieu, les individus, dont les « niches écologiques » se chevauchent, entrent en conflit. Un conflit qui, dans les conditions normales de la vie sociale, ne peut se résoudre ni par la fuite ni par la suppression de l'adversaire et qui, par conséquent, se réglera par l'établissement de rapports asymétriques de *dominance* du plus avantagé sur le plus défavorisé. Un équilibre s'établit alors, non entre égaux, mais entre dominants et dominés. Un troisième faisceau, dont l'existence dans le cerveau a été récemment mise en évidence par Laborit, entre en jeu : le système inhibiteur de l'action (SIA) qui conduit l'individu à s'accommoder tant bien que mal de la situation et à refréner ses pulsions — au prix éventuellement de quelques conséquences névrotiques²⁵ — pour éviter, dans l'immédiat, de subir des inconvénients plus graves. C'est le système de « l'évitement passif » et de la soumission^{bh}. De ces inégalités de pouvoirs découle l'établissement de relations hiérarchiques, concrétisées à travers une triple action d'influence, de coercition et de subordination²⁶. Et ces hiérarchies trouvent à la fois leur support dans les institutions qu'elles engendrent et leur justification idéologique dans les systèmes de valeur qu'elles sécrètent.

3. Le bouclage du socio-économique sur l'inné

La très large prédominance de l'acquis (le culturel)^{bi} sur l'inné, chez l'homme, nous conduit à souligner la responsabilité qui incombe à ce dernier dans l'édification du destin de l'espèce.

J.P. Changeux²⁷ met en évidence la façon dont la diversification plus ou moins grande du milieu dans lequel est élevé l'enfant commande directement — dès les premières années de son existence — le nombre d'interconnexions (synapses) qui s'établissent entre les neurones de l'individu, déterminant définitivement la richesse des comportements dont

il sera capable pendant tout le cours de son existence.

Atlan démontre que les phénomènes culturels, sans être héréditaires au niveau des individus, peuvent infléchir durablement les caractères d'une population. Ces phénomènes — par exemple le rôle décisif des critères socio-culturels dans la formation des couples — créent de nouveaux environnements, privilégient certains traits et font apparaître de nouvelles pressions de sélection.

La distribution des caractères au plan de la collectivité en ressort sensiblement modifiée : « S'il n'y a pas hérité des caractères acquis au niveau des individus, tout se passe comme s'il y en avait une indirectement et statistiquement, au niveau des populations, par l'intermédiaire de modifications de fréquences des gènes »²⁸. Le culturel apparaît alors comme un facteur de diversification génétique, indispensable à la survie de l'espèce humaine et on ne peut manquer de s'interroger sur les conséquences de l'homogénéisation culturelle liée au développement des activités économiques.

Plusieurs auteurs enfin ont souligné les conséquences catastrophiques de la malnutrition des femmes — facteur socio-économique s'il en est — sur le développement intellectuel et physique de leur descendance. Steven Rose et Elie Schneour²⁹ rapportent des cas — au Mexique et au Chili notamment — où le déficit en cellules nerveuses du nouveau-né peut atteindre jusqu'à 60 % du nombre normal de ces cellules, lorsque la mère a été gravement sous-alimentée pendant la grossesse.

Or Stephen Zamenof^{bj} a montré que les méfaits de la malnutrition prénatale s'exerçaient encore dans la deuxième génération. Des populations à très bas niveaux de vie peuvent donc présenter, avec l'apparence d'un phénomène héréditaire, tous les traits d'une infériorité intellectuelle innée, alors qu'il ne s'agit que de malnutrition. Ce phénomène n'est pas lié au seul développement cérébral : Changeux souligne en effet que l'existence de conditions défavorables du milieu, au cours de l'enfance, peut priver irréversiblement l'individu de certaines de ses facultés normalement innées³⁰. On mesure ici toutes les implications qui en découlent au plan socio-économique.

Le caractère social de l'être débouche sur sa responsabilité sociale.

C) Les conséquences économiques

Si « l'être » considéré physiquement et socialement est la finalité ultime de l'homme et si « l'avoir » n'a de sens que dans la mesure où il contribue à l'accomplissement de cette finalité, il ne peut manquer d'en résulter

quelques conséquences pour l'économique.

1. Cette vision comporte une condamnation supplémentaire de la démarche — toujours vivace dans certaines écoles de pensée — consistant à placer l'individu au départ de l'analyse afin d'aboutir au social.

En fait, cette façon de poser le problème ne constitue qu'une manière commode d'escamoter un certain nombre d'interrogations dont l'approfondissement pourrait avoir des conséquences explosives : mettre au départ de l'analyse l'individu et ses besoins n'est qu'une façon de rejeter l'interrogation sur la genèse de ces derniers ; et cela conduit à la mise en évidence des mécanismes par lesquels l'appareil économique est censé déboucher sur *la satisfaction des besoins des hommes*. Or nous savons maintenant que la société exerce une pression considérable, non seulement sur l'apparition de besoins nouveaux, mais sur les modalités par lesquelles seront satisfaites les aspirations les plus élémentaires³¹. Les besoins individuels des hommes ne s'analysent pas en dehors de l'influence sociale. Or toute société tend à susciter les besoins conformes à la logique de son propre développement.

En outre, les niveaux d'aspiration des individus ne sont pas indépendants des modes de vie de ceux qui les environnent. Le degré de satisfaction procuré par la réponse sociale à un besoin sera toujours apprécié par comparaison avec les consommations des autres. Les fonctions de consommation des individus sont interdépendantes. Là où la pauvreté a cessé d'être une réalité physiologique, elle subsiste en tant que phénomène différentiel.

Nous devons alors, comme le font psychologues, psychiatres, philosophes ou sociologues (et comme nous l'avons suggéré plus haut), *distinguer besoins et désirs* : « on peut considérer, dit G. Destanne de Bernis, que les désirs tendent à reproduire une satisfaction, un plaisir déjà éprouvé et imaginé, c'est-à-dire un état et non un objet... La succession, dans le temps, des désirs de chacun n'est rien d'autre que l'histoire de sa subjectivité alors que l'évolution des besoins reproduit l'histoire de l'espèce humaine »³². C'est la satisfaction des désirs qui conditionne le bonheur des hommes, mais c'est la création des désirs qui les place sous la dépendance de l'appareil productif. Et c'est la satisfaction des besoins qui commande la reproduction de l'espèce.

2. L'examen des relations entre les plans micro – et macro-économiques y puise également, nous semble-t-il, de nouvelles clartés. Il y

aurait, dit-on fréquemment, *une* rationalité micro-économique dans la mesure où les agents poursuivent en fait des objectifs identiques de maximisation des satisfactions et de minimisation des coûts. L'économiste se bornant à constater cette homogénéité dans les aspirations individuelles pourrait en déduire une construction neutre et objective.

En revanche, la macroéconomie mettant en cause les grandes options collectives, débouchant sur l'utilité sociale et se situant donc au plan normatif, il y aurait autant de rationalités possibles que de finalités concevables.

Mais voici que nous découvrons *d'abord* la société dans les échelles de préférence de l'individu. Ne voit-on pas en conséquence que les problèmes de l'utilité sociale se posent au plan micro-économique avec la même insistance qu'au niveau de la collectivité ? Et n'est-on pas amené à dénoncer le procédé commode qui consiste à dissimuler cette réalité en glissant clandestinement, dans la théorie, un système de fins posées *a priori* comme les seules correspondant à des comportements évidents, naturels et rationnels.

3. Les deux fonctions principales de la consommation, telles que les conçoivent Baudrillard ou d'Iribarne³³, reçoivent en revanche, s'il en était besoin, une nouvelle confirmation. L'acquisition d'un vêtement ou d'une automobile satisfait bien un besoin de régulation thermique de l'organisme ou un désir d'économie en temps de déplacements ; mais le choix du vêtement ou du type d'automobile comporte également un message vis-à-vis du groupe : il situe l'individu (de façon conforme ou contestataire, peu importe) par rapport à son appartenance sociale. Le « rôle utilitaire » de la dépense correspond bien au souci de conservation de la structure^{bk} que nous avons dégagé plus haut, alors que son « rôle de signe » lié au statut de l'individu dans le groupe constitue l'affirmation du mobile de l'être envisagé au plan social. Or les effets de signe revêtent une importance telle aujourd'hui, qu'il serait vain de chercher à comprendre le comportement de dépense des individus sans les prendre en considération.

4. Les relations entre l'être et l'avoir, se transformant au cours du processus de développement, nous éclairent sur les voies que doit emprunter une politique visant au bien-être des hommes.

a) *Dans les sociétés de survie*³⁴, vivant au niveau du minimum vital — l'Occident hier, le monde sous-développé aujourd'hui —, « être » consiste d'abord à posséder le minimum physiologique indispensable à l'existence.

La ration calorique quotidienne, souvent inférieure à ce minimum, s'étage de 800 à 2 500 kcal. Elle varie généralement dans le même sens que le revenu, dans la mesure où les populations ont tendance à satisfaire prioritairement leurs besoins biologiques encore inassouvis. J.C. Toutain montre qu'en France, de la fin du XVIII^e siècle au début du XIX^e, la ration quotidienne a augmenté tout en restant, pour le plus grand nombre des hommes, à base de céréales.

Cette ration est généralement mal équilibrée : la consommation en protéines, le plus souvent comprise entre 40 et 50 grammes par jour, reste sensiblement inférieure à la moyenne mondiale, surtout en ce qui concerne les protéines animales^{bl}.

Dans de telles conditions, la science économique qui s'édifie sur les bases de l'avoir constitue du même coup, pour l'essentiel, une science de l'être. C'est en accroissant la quantité de biens mis à la disposition des hommes que l'on accroît leurs espérances de vie et que l'on améliore leur sort.

Pendant la science légitimement établie sur cette plate-forme, heuristique mais déjà conceptuellement trop étroite, échoue à expliquer les comportements hétérodoxes que nous décrivions tout à l'heure. Si, d'un point de vue global, en effet, le problème est bien de donner à manger à chacun, les « effets de signe » n'en sont pas moins spectaculairement présents au plan individuel. Nous comprendrons que ces comportements relèvent de la même analyse que les conduites conformes aux canons de la théorie, si la logique de « l'être » nous amène à prendre en considération le prestige social que vaut à la personne son aptitude à gaspiller avec éclat dans un environnement humain gouverné par les pénuries. Arborer un embonpoint avantageux ou dilapider ses richesses revient à manifester que l'on a personnellement vaincu les pénuries et qu'on s'élève par conséquent au-dessus du lot commun. Proposer un repas copieux à autrui témoigne de l'attention qu'on lui porte. « Plus-être », au regard des autres, peut alors résulter d'une dilapidation de l'avoir au même titre que de son accumulation. En résumé donc : au plan global, être et avoir sont en harmonie, mais la prise en compte de l'être nous permet de comprendre des comportements individuels « irrationnels » du seul point de vue de l'avoir.

b) Dans une seconde phase, dite de confort, à mesure que sont satisfaits les besoins physiologiques vitaux, le « mieux-être » se confond avec l'accumulation de biens de consommation durables, amenant progressivement la prédominance de la « fonction signe » de la dépense

sur sa fonction utilitaire ; la dissociation de « l'être » et de « l'avoir » se précise.

Au-delà de 2 500 calories, une fois le décollage effectué, la courbe qui traduit l'évolution de la ration calorique par rapport au revenu prend une allure plus régulière, qui paraît correspondre à une croissance continue mais moins explosive. La ration protéique s'améliore : la plupart des pays compris dans cette situation rejoignent et parfois dépassent la moyenne mondiale. La consommation de protéines animales nobles, en particulier, croît rapidement : elle passe de 20 à 50 g, c'est-à-dire qu'elle fait plus que doubler, en même temps que la ration calorique, passant de 2 500 à 3 000 kcal, augmente de 20 %. Le progrès alimentaire se fait ici par amélioration qualitative : les farineux et les céréales cèdent la place à la viande, au lait et au poisson. Les besoins alimentaires sont, en moyenne et pour le plus grand nombre, correctement satisfaits.

Les biens de confort, dont la place tend à devenir prépondérante dans les budgets, contribuent pour une bonne part à libérer les hommes des tâches domestiques fastidieuses (électro-ménager) ou des travaux physiquement pénibles (équipement industriel), à réduire les distances et les temps (moyens de transport), à créer un environnement plus favorable à leur organisme (climatisation), etc.

L'accumulation de biens, la recherche de l'avoir, se concilie donc pour l'essentiel avec l'objectif du mieux-être. Mais les choses sont déjà moins claires : le « style » alimentaire, l'équipement électro-ménager, le vêtement, l'automobile font une place importante aux effets de signe. Ils affirment un statut social autant qu'ils satisfont un besoin.

c) Les économies les plus avancées dans la voie du développement, ayant assuré la satisfaction des besoins en biens de consommation durables pour le plus grand nombre de leurs agents, franchissent un nouveau seuil.

Du point de vue qui nous intéresse ici, la ration calorique s'établissant au-delà de 3 000 kcal et de 50 g de protéines animales, on se rapproche du niveau où toute consommation supplémentaire cesse d'être favorable à l'organisme. La ration calorique et l'absorption de protéines ne suivent plus que très faiblement les variations du revenu³⁵. Vient un moment où les effets d'une alimentation plus riche sur la longévité humaine se renversent : l'excès de glucides et de lipides provoque une augmentation des maladies cardio-vasculaires qui deviennent l'un des grands fléaux des nations les plus développées. Déjà certaines courbes d'espérance de vie tendent à s'abaisser^{36bm}.

Au cours des années récentes, cependant une meilleure hygiène

alimentaire a permis de poursuivre dans l'ensemble, l'amélioration des espérances de vie. Mais à ce niveau, celles-ci ne reflètent plus exactement la hiérarchie des produits nationaux³⁷ ; comme le disait dès 1977 le docteur Lambert, elles « fluctuent de façon aléatoire »³⁸. Et surtout il se confirme que dans les pays les plus riches, les causes liées à l'abondance (maladies cardio-vasculaires) prennent le pas sur les maladies infectieuses et parasitaires qui restent toujours prédominantes dans les pays en développement (40 % des décès). Voir J. Vallin, *La Démographie*, Repères La Découverte, 1992 ; J. Véron, *Population et Développement*, coll. Que Sais-je ?, PUF, 1994.

Les symboles de la valorisation sociale se modifient alors. Une consommation abondante cesse d'être un signe de distinction. La sensation d'euphorie que créait le ventre plein chez les peuples sous-alimentés fait place à un sentiment de « lourdeur »³⁹. C'est la sveltesse de la ligne que l'on apprécie. On se met à rechercher les aliments (plats préparés ou pré-cuits), qui permettent de « gagner du temps » ; la consommation alimentaire se déplace vers les produits de plus en plus transformés. Les « effets de signe » — caractère exotique ou hors-saison des produits, luxe des emballages ou simplement coût élevé — deviennent prépondérants.

Le « gadget » éphémère et d'une utilité douteuse envahit les habitations. La puissance de l'automobile — à l'époque de la limitation des vitesses — devient un élément de distinction plus qu'un moyen de vaincre la distance. Les phénomènes d'encombrement, liés à la multiplication des véhicules, en réduisent les avantages individuels et en hypertrophient les coûts sociaux ; la balance penche du côté de ces derniers⁴⁰. La croissance de la consommation — affirme d'Iribarne — se fait par des mécanismes n'ayant que peu de choses à voir avec une simple amélioration progressive des « performances utilitaires »⁴¹.

Ainsi, nous découvrons aujourd'hui, au seuil d'une nouvelle phase de développement, que l'accumulation peut s'effectuer au détriment de l'homme.

L'avoir ne constituait qu'un moment de l'être et une économie qui s'est donné celui-ci comme objectif ne peut spéculer indéfiniment sur l'accroissement de celui-là. On voit alors émerger le problème d'une « autre croissance », dont le potentiel énergétique libéré par les croissances passées apporte les moyens mais non les recettes.

5. La primauté de l'être, enfin, nous conduit à privilégier, en économie, les approches en termes de reproduction par rapport au

raisonnement en termes d'équilibre. Le problème essentiel de la sphère d'activité économique, comme de tout système, est de maintenir, reproduire sa structure et se développer. Quesnay, Ricardo et Marx ont affirmé, sous des formes diverses, la nécessité de consacrer une partie des flux à cette reproduction « simple » ou « élargie ». Mais, nous l'avons vu, mis à part Quesnay pour qui la sphère économique coïncide avec la biosphère, ce problème est pensé dans les limites étroites du sous-ensemble inclus (qui possède sa logique particulière) et non de l'ensemble le plus large dont la reproduction commande cependant celle du tout

La perspective de l'être ne conduit donc pas à une évacuation totale du mobile de l'avoir, mais elle le relativise. Il est un temps et des niveaux de développement pour lesquels les deux mobiles coïncident et le calcul matérialiste répond aux exigences fondamentales de la personne. Mais il est un seuil, correspondant à la situation actuelle des nations les plus développées, à partir duquel les deux objectifs se dissocient.

C'est alors qu'il convient de ne pas confondre le moyen avec la fin. La fin étant la personne et non l'accumulation, l'intérêt de la première peut imposer des limitations à la seconde.

L'objet et le cadre du calcul se trouvent ainsi remis en cause et il est évident que ses modalités mêmes en sortiraient transformées. Le changement de perspective auquel nous venons de procéder n'a en effet de sens que dans la mesure où la *rationalité* de l'être ne saurait se confondre avec celle de l'avoir.

C'est sur cette distinction que nous devons maintenant nous arrêter.

II. LES CONDUITES ÉCONOMIQUES : LE RATIONNEL ET LE RELATIONNEL

Le rationnel, que l'on nous dit être au cœur des conduites économiques, peut s'entendre de trois façons :

- au niveau le plus élevé, en affirmant que « tout le réel est rationnel », Hegel souligne que rien n'existe sans causes qui puissent être logiquement analysées ; l'irrationnel n'est alors que la mesure de notre ignorance ;
- sur un plan plus opérationnel, on souligne le caractère normatif de la rationalité, indissociable d'un système de fins, mais on définit en même temps l'attitude scientifique de neutralité qui consiste à apprécier la rationalité des agents par rapport à leur propres finalités,

en ne portant aucun jugement de valeur sur ces dernières : selon Maurice Allais⁴², par exemple, « un homme est réputé rationnel lorsque :

- a) il poursuit des fins cohérentes avec elles-mêmes,
- b) il emploie des moyens appropriés aux fins poursuivies ».

C'est ce que Godelier appelle « la théorie formelle de l'action finalisée »⁴³ ;

- il est enfin une attitude normative, qui consiste à définir *a priori* comme rationnels un ensemble de comportements relatifs à la poursuite de certains objectifs ou à la manière d'en rechercher la réalisation et à rejeter dans la malédiction de l'irrationnel tous les comportements qui s'évadent de ce schéma préétabli.

Tout en se réclamant de la seconde attitude, c'est en fait de la dernière que s'inspirent les écoles traditionnelles — prenant pour modèle de référence le schéma conventionnel de *l'homo œconomicus* — alors que la première seule nous invite à comprendre l'ensemble des conduites humaines dont nous avons à rendre compte.

A) La réduction au rationnel

L'économie ne connaît en dernier ressort que les conduites rationnelles des hommes.

1. On ne saurait cependant l'accuser d'ignorer totalement l'irrationnel

a) Au niveau de la science appliquée⁴⁴ où le penseur affronte le jugement des faits, il faut bien décrire le monde tel qu'il est. C'est donc dans le domaine de la gestion que nous trouverons les analyses les plus nuancées du comportement humain. Elles s'exprimeront notamment dans :

- le principe de rationalité limitée de March et Simon⁴⁵, selon lequel le décideur ne recherche pas l'optimum mais prospecte de façon séquentielle un nombre limité de solutions nouvelles, jusqu'à ce qu'il en ait trouvé une qui corresponde à son niveau d'aspiration^{bn} ;
- la théorie du processus adaptatif de Cyert et March⁴⁶, impliquant un apprentissage progressif du possible et une remise en cause, au coup par coup, des pratiques antérieures du décideur ;
- la prise en compte explicite de l'irrationnel dans les analyses de motivations des consommateurs, liées au développement du marketing⁴⁷.

b) Il en est apparemment de même au niveau des grands systèmes théoriques d'interprétation : « On ne doit pas croire, écrit A. Marshall⁴⁸, que nous admettrons que toute action soit réfléchie et le résultat d'un calcul ».

2. *Cependant, par une sorte d'astucieux retournement, le pulsionnel et l'irrationnel — dont on a initialement affirmé l'importance — se trouvent évacués du champ de l'analyse*

Deux types de considérations aboutissent à ce résultat :

- tout, nous dit-on, se réduirait, en dernier ressort, au rationnel : « Lorsqu'un homme est énergique et réfléchi, ses impulsions mêmes sont le produit d'habitudes qu'il a adoptées après plus ou moins de réflexion... Il les soumet toutes à un certain ordre de préséance relative sans y réfléchir au moment même, mais parce que, dans une occasion précédente, il a, après réflexion, établi cet ordre de préséance. L'attrait particulier qu'exercent sur un homme certains genres d'action, alors même qu'il n'est pas le résultat d'un calcul fait au moment même, est dû à des décisions plus ou moins réfléchies prises précédemment dans des cas semblables » (A. Marshall⁴⁹) ;
- ou bien, l'étude des comportements humains pourrait être en quelque sorte compartimentée et il serait possible d'étudier en eux-mêmes des comportements rationnels qui constitueraient l'essence de l'économie : « L'économie, écrit F. Dumont⁵⁰, a réussi à isoler, au sein des conduites économiques, une aire où des fins et moyens apparaissent purement rationnels. En ce sens, elle constitue une sorte d'axiomatisation de la finalité économique qui lui sert de fondement ».

Cela suppose donc :

- que l'économie soit exclusivement dominé par le rationnel et qu'à l'inverse des conceptions freudiennes, ce dernier détermine ce qui nous semble être l'irrationnel ;
- ou bien, que les conduites rationnelles des hommes puissent être analysées en elles-mêmes indépendamment des autres.

3. *Cependant, ici se produit un glissement décisif : le principe d'économicité reçoit un contenu précis qui va prendre valeur de norme et prétendre s'imposer à l'ensemble des conduites humaines*

a) « Le principe, nous dit O. Lange⁵¹, constate que le degré maximum

de réalisation d'une fin est obtenu en agissant de façon à avoir pour une dépense donnée de moyens, le degré maximum de réalisation de la fin, ou encore de façon à dépenser, pour un degré donné de réalisation de la fin, un minimum de moyens. La première variante de ce comportement s'appelle *le principe du plus grand effet* ou encore principe du plus grand rendement. La seconde variante, *le principe de la moindre dépense de moyens*, ou encore le principe de l'économie de moyens... Ce sont là deux variantes de comportement équivalentes, conformes au principe de la rationalité économique ».

La rationalité, sans être explicitement subordonnée ici à un contenu idéologique précis (il est question de la poursuite de « fins » dont la nature n'est pas spécifiée), se trouve cependant assimilée à la recherche de l'optimum économique.

Mais tout un système de normes inavouées, variables selon les époques, se glisse clandestinement dans la façon dont est conçu cet optimum⁵².

Au XIX^e siècle, le plaisir, dont la recherche est au cœur de la pensée utilitariste-hédonistique, s'identifie pratiquement, selon Bentham, aux valeurs de la société occidentale, et Stuart Mill estime que la vertu (conçue selon les normes de son temps) constitue une partie du bonheur.

Aujourd'hui enfin, la notion même de rationalité s'est déplacée de ce que Tillich appelle la raison ontologique englobante à la raison technique instrumentale^{bo}, cette dernière prenant de plus en plus valeur de norme.

Dès Alfred Marshall et plus encore avec Robbins, la recherche rationnelle de la maximisation des gains devient une fin en soi. Le rationnel se présente comme un devoir être : « En dernière analyse, l'économie dépend... d'une évaluation dernière — l'affirmation que la rationalité et la capacité de choisir en connaissance de cause sont *souhaitables*. Si l'irrationnel, l'abandon aux forces aveugles des stimuli externes et, à chaque instant, des impulsions non coordonnées est un bien à préférer à tous les autres, alors il est vrai que la raison d'être de l'économie disparaît » (Robbins)⁵³.

Mais, en même temps, l'acte économique se trouve vidé de tout contenu moral : « Nos agents économiques peuvent être des égoïstes purs, des altruistes purs, des ascètes purs..., des jouisseurs purs... Les évaluations extérieures... sont extérieures à la sphère de l'uniformité économique... du point de vue de l'analyse économique ces choses constituent l'élément irrationnel dans l'univers de notre discours » (Robbins)⁵⁴.

Tout se réduit alors à des comportements : le producteur rationnel maximise son profit en égalisant ses recettes et dépenses à la marge ; le

consommateur rationnel égalise les utilités marginales pondérées des biens qu'il se procure ; le travailleur rationnel s'intègre activement au fonctionnement de l'entreprise dont l'intérêt se confond avec celui de la société tout entière⁵⁵. Maximiser pour maximiser, tel est l'objectif ; l'économiste ne se prononce pas sur la nature de ce que l'on maximise : « c'est la rationalité formelle maximisante pour la rationalité formelle maximisante » (Weisskopf)⁵⁶. Contrairement à ce que l'on croit, ce n'est pas une élimination mais une inversion des systèmes de valeurs qui découle de cette attitude ; le moyen devient fin, la logique de l'instrument s'impose aux hommes ; la justification des actions humaines se trouve désormais dans la technique transformée en idéologie.

b) Et, dernier glissement, cette rationalité conçue comme norme de référence s'impose à tous les systèmes économiques, puis à tous les domaines du comportement humain.

Le bon sens, l'évidence, la raison, exigent que toute société se préoccupe d'aménager les moyens rares dont elle dispose, en vue d'obtenir le maximum d'avantages. « La proposition qu'il y aurait plus d'un corps de théorie économique est absurde. Si l'analyse économique moderne, avec ses concepts instrumentaux, ne peut pas traiter également de l'aborigène et du Londonien, non seulement la théorie économique mais les sciences sociales dans leur entier peuvent être considérablement discréditées. Car les phénomènes des sciences sociales ne sont rien s'ils ne sont pas universels... quand on demande, en effet, si la théorie économique moderne peut être considérée comme s'appliquant à la vie primitive, nous pouvons seulement répondre que si elle ne s'applique pas à l'humanité entière, alors elle est dépourvue de sens » (Goodfellow)⁵⁷.

Valable pour l'ensemble des sociétés économiques, le principe de rationalité — dont l'économique n'est en définitive que le lieu de naissance — s'étend progressivement à l'ensemble des conduites humaines : « Le principe économique s'est conquis et continue de se conquérir de nouveaux domaines d'application (la technique, la stratégie militaire, la recherche scientifique, etc.) » (O. Lange)⁵⁸.

« La science économique, affirme G. Becker, entre dans le troisième âge. Dans le premier âge, on considérait que l'économie se limitait à l'étude des mécanismes de production de biens matériels et n'allait pas au-delà (théorie traditionnelle des marchés). Dans un second temps, le domaine de la théorie économique a été élargi à l'étude de l'ensemble des phénomènes marchands, c'est-à-dire donnant lieu à rapport d'échange

monétaire. Aujourd'hui, le champ de l'analyse économique s'étend à l'ensemble des comportements humains et des décisions qui y sont associées ». C'est ce que l'on appelle « l'économie généralisée » (G. Becker, *The Economic approach to human behavior*, Paris, 28-30 1977, Communication CNRS-MSH).

« Nous sommes en plein « économisme », constate Godelier⁵⁹, la pratique économique (donc matérielle) est posée comme la source, la matrice de toute rationalité. Progressivement le rationnel gagne tous les autres aspects de la vie sociale ».

Il y a, bien sûr, des comportements qui échappent encore — pour combien de temps ? — à cette rationalité. Mais il faut voir en quels termes il y est fait allusion :

- « Dans les pays arriérés, signale par exemple A. Marshall dans une note de bas de page⁶⁰ (sans doute est-ce suffisant !), il y a encore beaucoup d'habitudes et de coutumes semblables à celles qui poussent un castor en cage à se construire une digue ».
- Et Charles Gide nous informe que « la faculté de mettre en balance une peine immédiate et une satisfaction lointaine... n'appartient qu'aux races civilisées et parmi elles, aux classes aisées. Le sauvage et le pauvre sont également imprévoyants »⁶¹.

Le travail sans objet de l'animal en captivité ou l'imprévoyance du pauvre et du *sauvage*, voilà donc les images auxquelles on réduit ces comportements et les jugements de valeur dont, insidieusement, on les accompagne. Car il est bien évident que le castor, le « sauvage » et le pauvre sont des êtres inférieurs. Le premier « en fait trop » et les autres pas assez. Les uns et les autres agissent sans calcul.

Le comportement des sociétés « civilisées » en revanche et, dans le même élan, celui des classes aisées, sont alors proposés comme exemplaires, tant s'impose à tout homme de sens, qu'ils constituent le modèle à imiter.

Partant d'une notion de rationalité présentée comme neutre, on en est donc venu sans le dire, et comme si tout allait de soi, à conférer à cette rationalité un contenu précis : *de l'économique, champ privilégié de la pensée rationnelle, on est insensiblement passé à l'économique modèle de rationalité ; et les hypothèses théoriques de comportement, réduites à leur stricte dimension de rationalité technique, ont pris valeur de normes*. Le jugement de rationalité — initialement envisagé comme interne à chaque système de finalités — part désormais « de l'extérieur ». Il est formulé à partir des références propres à l'économique. N'est considéré comme

rationnel que ce qui se déroule conformément aux implications d'un ensemble cohérent de conventions ou d'hypothèses posées *a priori*, et la rationalité ne se définit que par rapport à ce système d'interprétation.

Mais alors, la conséquence — que l'on se refuse le plus souvent à voir — de cette attitude, paraît évidente : déclarer un comportement irrationnel revient simplement à dire qu'il échappe à ce système et accompagner si peu que ce soit cette appréciation d'un quelconque jugement de valeur, consiste à rejeter sur l'objet observé un « vice » qui tient en réalité à l'interprétation.

4. Le déphasage, que nous décelons par ailleurs, entre les analyses, selon les niveaux auxquels elles se situent — gestion (prise en compte de l'irrationnel), ou logique du système (réduction au rationnel) — trahissent la *double fonction utilitaire et apologétique de la théorie* :

- s'agit-il de définir les moyens qui permettront à l'entrepreneur de prévoir les comportements de ses concurrents ou d'assurer son emprise sur le consommateur, c'est une certaine image de l'homme, soumis à ses pulsions autant que déterminé par ses calculs qui nous est proposée ;
- mais se propose-t-on d'exposer les principes généraux sur lesquels repose le fonctionnement du système, voici que réapparaît *l'homo œconomicus* ; du comportement rationnel de ce dernier découle le caractère rationnel de l'optimum économique global qui ne peut manquer de s'établir si rien n'entrave le libre comportement des individus.

La rationalité de ces derniers rejaillit donc sur l'ensemble des ajustements économiques et, dans la mesure où l'on prête au terme un contenu normatif, le système se trouve par là-même justifié. Tout se passe comme si la science économique assimilait la rationalité des agents qu'elle décrit à celle des systèmes d'interprétation qu'elle propose ; comme si la première conditionnait la seconde.

Or, il existe une approche rationnelle de l'« irrationnel » et la véritable irrationalité de l'observateur consiste, sans doute, à considérer comme rationnel ce qui ne l'est pas.

B) Les enseignements de la biologie comportementale : l'indissociabilité du rationnel et du relationnel

De ce point de vue, les schémas de comportement que nous propose la

théorie se révèlent en contradiction flagrante avec ce que les sciences du vivant commencent à nous faire entrevoir. La pauvreté des conduites auxquelles ils servent de fondement s'oppose aux perspectives ouvertes par la connaissance du cerveau humain, cerveau « triunique »⁶² en même temps que structure asymétrique⁶³ induisant des comportements au sein desquels le conscient et l'inconscient, le rationnel et l'irrationnel, l'individuel et le social, ne peuvent se dissocier.

1. *Le cerveau*, nous disent les biologistes comportementaux, se compose de trois parties qui, apparues au fil de l'évolution, se sont superposées, dans l'ordre de leur émergence et exercent chacune un certain groupe de fonctions :

- le paléocortex ou tronc cérébral, apparu il y a quelque 200 millions d'années avec les reptiles et qui, pour cette raison, est parfois nommé « cerveau reptilien »⁶⁴, fonctionne de façon réflexe et inconsciente, assure la coordination entre pulsion de survie et milieu environnant : il est le siège des fonctions primitives (établissement du territoire, faim, soif, fuite, agressivité, reproduction, mémoire à court terme) et ne laisse place qu'à des comportements programmés, stéréotypés, rigides, non susceptibles d'adaptation à l'imprévu ; à ce propos, Mac Lean évoque le comportement de la tortue qui revient invariablement, chaque année, pondre ses œufs au même endroit ; et Laborit n'hésite pas à faire le rapprochement avec « le comportement humain à l'égard des rites cérémoniaux, des lois, des opinions politiques, des préjugés sociaux et de tous les conformismes d'une époque »⁶⁵ ;
- l'archicortex ou « système limbique », dit également « cerveau des mammifères » parce qu'il est présent chez tous ces derniers, enveloppe le précédent et, comme celui-ci, fonctionne au niveau instinctif ; son rôle se situe au plan des activités émotionnelles et surtout de la mémoire à long terme ; c'est lui en effet qui conserve la trace des sensations agréables procurées par le milieu et, projetant sur le futur le souvenir de phénomènes dont il ne sait prévoir le renouvellement qu'à l'identique, en induit les conduites à tenir : « La mémoire à long terme va donc permettre la répétition de l'expérience agréable et la fuite ou l'évitement de l'expérience désagréable. Elle va surtout permettre l'association temporelle et spatiale au sein des voies synaptiques^{bp}, de traces mémorisées liées à un signal signifiant à l'égard de l'expérience, donc provoquer l'apparition de *réflexes conditionnés* aussi bien pavloviens (affectifs ou végétatifs) que

skinnériens opérants (à expression neuromotrice) (Laborit)⁶⁶ ; qui ne songe, à ce propos, aux schémas de comportements que la théorie économique nous propose à travers l'image de *l'homo œconomicus* ?

- le néo-cortex ou « cerveau des mammifères supérieurs » enveloppe les deux précédents ; il se caractérise par la présence de deux régions — une aire sensorimotrice et une aire associative — dont la première prédomine chez les moins évolués de ces mammifères (le lapin, le rat, le chat) et dont la seconde occupe la place prépondérante chez les espèces les plus évoluées (le singe et surtout l'homme) ; c'est, peut-on dire, le développement de cette aire associative qui caractérise l'espèce humaine ; les neurones qui la constituent n'ont pas de lien direct avec l'extérieur, ils « parlent seulement entre eux et à d'autres neurones du cortex.... Fonctionnellement, les aires d'association manipulent de l'information qui a déjà reçu un traitement très sophistiqué » (Steven Rose)⁶⁷ ; de là découle sans doute leur aptitude à dissocier ou associer les éléments que leur fournissent les sens, selon des combinaisons non encore réalisées par la nature, aptitude propre à l'homme et que l'on appelle généralement l'imagination créatrice.

A ce niveau néo-cortical, le cerveau humain présente une autre caractéristique : alors que, chez les animaux, les hémisphères droit et gauche effectuent les mêmes opérations, chez l'homme ils régissent des types différents d'activités : l'hémisphère gauche gouverne, semble-t-il, beaucoup plus la pensée logique et l'abstraction ; l'hémisphère droit domine très certainement la pensée concrète et la formation des images.

Et, précise Deglin, « nos capacités de pensée abstraite représentent l'achèvement évolutif qui nous a placés au-dessus de toutes les créatures vivantes ; ce sont les fonctions de l'hémisphère gauche qui ont hissé l'humanité à sa position dominante »⁶⁸.

En un mot, c'est le caractère asymétrique de son cerveau, fruit d'une spécialisation progressive, qui fait la spécificité de l'homme⁶⁹.

2. A première vue, tout cela paraît confirmer *l'hypothèse de rationalité* formulée par la théorie économique. On pourrait penser en effet qu'au terme actuel de l'évolution, la partie la plus élaborée du cerveau — le néo-cortex et plus spécialement, à ce niveau, l'hémisphère gauche — se trouve placée en position de dominance sur l'ensemble des « cerveaux » plus anciens et qu'elle exerce, de ce fait, une action coordinatrice favorable à l'émergence de comportements exclusivement rationnels.

Mais, en fait, les choses ne se passent pas ainsi : comme tout système hypercomplexe, le cerveau n'est que partiellement intégré. Les « trois cerveaux », quoique agissant en interconnexion étroite, ne sont que faiblement hiérarchisés. Ils agissent comme « trois sous-systèmes d'une machine polycentrique » (E. Morin)⁷⁰, de telle sorte que tous, alternativement ou simultanément, influencent les actes. Dès lors, les comportements économiques sont faits de raison et de pulsions, d'arguments vrais et d'alibis, de logique et de contradictions, de calculs et d'affectivité, de lucidité et de soumission à des tabous, manifestations de l'esprit humain qui sont toutes également inhérentes à l'expression de l'être.

Des recherches récentes renforcent ces conclusions. A une première génération d'explorateurs du système nerveux central (SNC) venues de l'anatomie et de la physiologie a succédé une seconde génération issue de la biochimie, de la biologie moléculaire et de la théorie de la communication. L'étude des signaux chimiques circulant dans le système nerveux a fait apparaître l'incertitude qu'ils introduisent dans les cablages neuronaux. Nous nous éloignons un peu plus de schémas purement mécaniques. J.-D. Vincent, prenant notamment en compte le rôle des liquides cellulaires intersticiels dans la transmission des messages, démontre alors qu'il convient de dépasser le clivage entre un cerveau qui serait l'organe de la raison et un corps qui serait celui des pulsions : « le passionnel et le cognitif, écrit-il, sont toujours coextensifs ». (J.D. Vincent, *Biologie des passions*, O. Jacob, Paris, 1986).

Et ce que nous savons désormais de l'asymétrie ne fait que renforcer cette conclusion⁷¹. L'homme est donc cet « animal doué de déraison » (E. Morin)⁷² dont le cerveau hypercomplexe ne fonctionne pas « contre » ou « malgré » le « bruit »^{bq} mais au contraire grâce à lui, l'animal qui rêve plus que tout autre⁷³ et, surtout, qui est capable de produire de l'irrationnel, du fantasme et de l'imaginaire hors du sommeil : les rites, les mythes liés aux divers événements de l'existence (la chasse, la fécondité, la naissance, le manger, la guerre, la mort...) et, par certains aspects, les idéologies, témoignent de cette intrusion massive du rêve dans le vécu éveillé. Bugard va jusqu'à suggérer que la production d'irrationnel pourrait être indispensable à l'équilibre mental de l'homme⁷⁴.

Mais ces phénomènes révèlent l'autre face du comportement humain, caractérisée par la tendance à produire trop de sens, à vouloir appréhender mentalement ce qui échappe à l'entendement. Ils traduisent à la fois l'angoisse existentielle de l'homme — liée au fait qu'un système

hypercomplexe ne peut constamment fonctionner à l'optimum — et son effort pour la surmonter en maîtrisant le monde par l'esprit.

Ils expriment sa tendance à vouloir donner de ses actes une explication toujours logique et rationnelle, même — peut-être surtout — lorsqu'ils sont dominés par l'inconscient⁷⁵.

Le rationnel peut donc n'être qu'une façade destinée à camoufler le rôle fondamental des pulsions. Il n'est qu'une partie des actes conscients dont l'existence ne saurait faire oublier l'importance des comportements inconscients. L'irrationnel ne se réduit pas au rationnel ; il est tout autre chose qu'un ensemble de réactions spontanées fondées sur des habitudes, acquises au fil d'expériences qui reposeraient, au départ, sur un ensemble d'actes calculés. Le rationnel, enfin, ne peut être étudié indépendamment de l'irrationnel, tant les motivations humaines sont interdépendantes et inextricablement imbriquées. Une science du rationnel ne saurait être autre chose que conjecturale et hypothétique, sans aucun espoir de jamais rencontrer le réel.

C) Les implications pour l'économie

De tout cela découlent plusieurs conséquences décisives pour l'économie.

1. En premier lieu, l'image de l'homme que nous restitue l'*homo œconomicus* n'est pas une simplification légitime⁷⁶ — encore moins une « simplification géniale »⁷⁷ — mais une grossière hypothèse contre nature. Ce que nous appelons l'irrationnel n'a ni plus ni moins de valeur que le rationnel. Il se contente d'exister au même titre que lui. Le rejet de l'« irrationnel » hors du champ de l'économie ne fait que traduire, soit notre inaptitude à expliquer certains comportements, soit notre volonté de justifier le système économique en éliminant de son interprétation tout ce qui contrarie les équilibres sur lesquels il est censé reposer.

L'économie subordonne l'idée de rationalité à celle d'équilibre, c'est-à-dire à quelque chose qui n'existe pas. Le rationnel n'est qu'un sous-système de l'ensemble des relations qui s'établissent entre les hommes, dans le domaine économique comme ailleurs. Sans doute, comme l'affirme J. Baillet, est-il plus « facilement énonçable et codable avec sa syntaxe logique » alors que dans « le relationnel, domaine d'une véritable communication, le langage a d'autant moins d'efficacité qu'il est froidement logique, mais les programmes et l'apprentissage jouent à plein ».

Mais ce n'est pas une raison pour éliminer du champ de l'analyse un ensemble de facteurs dont l'importance ne saurait être surestimée. C'est à l'ensemble des relations qui s'établissent entre les hommes, à l'occasion des activités concernant l'économie, que la réflexion doit s'étendre.

Il reste, à l'économique, à devenir la science du relationnel dont le rationnel tel qu'on le conçoit ne constitue qu'un département.

2. En prenant en compte les facteurs dits « irrationnels » de son point de vue réductionniste et normatif, la science économique ne se condamnerait pas elle-même à l'irrationalité, mais se donnerait au contraire les armes d'une plus grande rationalité.

Au niveau individuel, le défoulement, la pulsion, la dépense inconsidérée, catalogués comme irrationnels du point de vue économique, peuvent apparaître, d'un point de vue plus large (qui sera par exemple celui du psychologue), comme des moyens tout à fait normaux de relâcher les tensions qui menacent l'équilibre personnel de l'agent.

Au niveau social, et pour les mêmes raisons, la rationalité d'un comportement ne saurait être appréciée hors de son contexte. Chaque société, selon son niveau de développement, se caractérise par une hiérarchie de structure qui détermine une hiérarchie de valeurs.

Lorsque des sociétés, sous-développées par exemple, relèguent au second rang de leurs préoccupations la combinaison optimale des facteurs de production, cela ne signifie pas qu'elles sont irrationnelles mais qu'elles accordent plus d'importance à d'autres valeurs, sociales, familiales, politiques, religieuses, etc.⁷⁸. Leur attitude reflète le contrôle conscient qu'elles exercent sur elles-mêmes⁷⁹. L'optimum économique apparaît alors, à sa vraie place, comme un aspect particulier d'un optimum social plus large⁸⁰. En appliquant à d'autres sociétés nos propres critères pour porter sur elles une appréciation normative, c'est nous qui franchissons les limites autorisées par notre conception même de la rationalité.

3. Dans la mesure où la théorie économique inspire ou reflète la pratique, son développement s'accompagne de ce que J.P. Dupuy appelle **la production d'un homme « trivial »**, c'est-à-dire, par analogie avec la machine, d'un homme dont les comportements sont prévisibles. Prévisibles parce que déterminés. Faute de pouvoir exprimer toute la richesse de la personne humaine, c'est en la ramenant à leur dimension étriquée que les modèles décisionnels tentent d'assurer leur emprise sur elle. *L'homo œconomicus* devient plus vraisemblable parce que la société

se met à le fabriquer^{br}.

On a souvent dénoncé l'état de déculturation dans lequel la transposition de structures économiques, étrangères à leurs systèmes de valeurs, plongeait les économies sous-développées. De nombreux rapports internationaux soulignent les déséquilibres individuels ou sociaux qu'engendre une telle situation. Mais ne voit-on pas qu'il en va de même dans nos sociétés ? Le développement de systèmes productifs axés sur les impératifs d'un soi-disant équilibre qui est celui des choses et reposant sur une vision mutilée de l'homme, fait de celui-ci un étranger dans son propre univers.

4. La prise en compte de l'irrationnel repose le problème de l'équilibre général, dans la mesure même où celui-ci reste lié à l'existence d'une batterie limitée de comportements, conçus de telle façon que leur libre-jeu conduise précisément le système à s'équilibrer.

Le pulsionnel, le symbolique et l'imaginaire remettent tout cela en question.

Des auteurs libéraux comme F. Hayek ou M. Allais essaient d'affranchir l'équilibre général d'une conception trop étroite de la rationalité. Mais, seul, à notre connaissance, F. Perroux⁸¹ propose un début de reconstruction cohérente du schéma de l'équilibre général conçu, non plus comme une simple relation entre les choses (marchandises, travail, capital...) ajustées par les prix, mais comme :

- une transformation de l'homme par l'homme dans le cycle marchand et hors de celui-ci,
- une action des hommes sur les choses et des choses sur les hommes,
- une relation entre des hommes complets et actifs (des « agents » qui agissent), qui ne sont plus de simples vendeurs ou clients et entre lesquels s'établissent des rapports de dominance.

Plus que d'équilibre c'est, croyons-nous, d'*ajustements* qu'il convient de parler. Il ne s'agit pas là d'une question de simple terminologie. Les flux s'ajustent toujours, mais il y a des niveaux, des modalités et des types d'ajustement : à la hausse, à la baisse ou à l'équilibre.

Le problème est alors de mettre au clair le réseau des interdépendances qui s'établissent entre les hommes à l'occasion de l'acte économique et de savoir déceler, à travers les propagations, les conséquences de tout comportement, quel qu'il soit (rationnel ou « irrationnel »), pour l'ensemble du système. C'est à travers ce réseau de propagation que l'on pourra décrire le fonctionnement de l'économie, les impacts possibles

(selon des hypothèses alternatives) d'un événement déterminé et les conséquences prévisibles d'une intervention.

Le système de pensée y perdra peut-être en simplicité et en beauté formelle. Il n'est pas certain qu'il ne gagne en richesse, respect de l'humain et, en définitive, efficacité.

5. Puisqu'il y a des niveaux de rationalité, ***il n'est pas possible de partir d'une définition a priori d'une discipline pour l'appliquer à de nouveaux champs d'analyse sans que son contenu et ses finalités en ressortent profondément transformés.*** Tout corps de pensée se définit par rapport à un certain champ et se dote des instruments correspondants. Or, nous venons de voir qu'en accédant à un autre niveau, l'enquête découvre de nouvelles relations, une autre logique et d'autres finalités. L'analyse, valable au niveau du sous-système, ne peut rendre compte de la totalité des problèmes du système. Il convient alors de la repenser *a posteriori*, en fonction de la nature des phénomènes dont elle a pour objet de rendre compte.

C'est donc inévitablement sur une nouvelle conception de l'économie que nous devrions déboucher.

CHAPITRE II

*

Le champ de l'économique

Dans la mesure où la rationalité ne se définit que par rapport au marché, c'est tout naturellement que la remise en cause de l'hypothèse du comportement entraîne celle du cadre de référence.

Toute la biosphère pénètre alors dans le champ de l'économique et nous découvrons que la logique de l'énergie et de l'information par laquelle nous avons caractérisé son fonctionnement permet également de comprendre :

- la nature profonde de l'acte économique...
- aussi bien que les formes et la signification du développement.

I. LA DOUBLE DIMENSION ÉNERGÉTIQUE ET INFORMATIONNELLE DE L'ACTE ÉCONOMIQUE

A) La dimension énergétique

« L'histoire du monde — écrivait Renan à Berthelot¹ — c'est l'histoire du soleil. Le petit atome détaché de la grande masse centrale autour de laquelle il gravite, compte à peine. Vous m'avez montré d'une manière qui a fait taire mes objections que la vie de notre planète a, en réalité, sa source dans le soleil, que toute force est une transformation du soleil, que la plante qui alimente nos foyers est du soleil emmagasiné, que la locomotive marche par l'effet du soleil qui dort depuis des siècles dans les couches souterraines de charbon de terre, que le cheval tire sa force des végétaux, produits eux-mêmes par le soleil, que le reste du travail à la surface de notre planète se réduit à l'élévation de l'eau, phénomène qui est directement l'ouvrage du soleil... Le soleil est notre mère patrie et le Dieu particulier de notre planète ».

1. L'énergie est le dénominateur commun à tous les biens, appartenant ou non à la sphère marchande. Nous savons qu'elle est liée à la matière par la loi d'équivalence d'Einstein^{bs} et qu'elle se présente, dans l'état actuel de nos connaissances, sous les six formes de l'énergie mécanique (ou travail), thermique (ou calorifique), électrique, chimique, nucléaire et rayonnante.

Chacune de ces formes correspond à un état d'organisation différent de la matière : la chaleur est produite par l'agitation désordonnée des molécules, alors que le travail ou l'électricité sont le résultat du déplacement ordonné d'un flux d'électrons, s'effectuant dans une même direction. C'est la tendance spontanée de tout système à se désorganiser et à s'orienter vers un état de plus grand désordre qui explique le phénomène de l'entropie :

- toute forme dite « supérieure » (c'est-à-dire plus structurée) de l'énergie tend, avec le temps, à se dégrader spontanément en chaleur ;
- toute utilisation d'une de ces formes s'accompagne d'une destructuration, c'est-à-dire d'une production de chaleur qui ne « remontera » plus d'elle-même le courant de l'entropie et ne pourra livrer de travail qu'à la suite d'une restructuration (consommatrice d'énergie)^{bt}, ayant pour effet de créer deux foyers de températures différentes (une source chaude et un « puits » froid) entre lesquels pourra circuler un flux. Carnot^{bu} démontre que le rendement d'un tel système ne saurait être intégral et qu'il se heurte à une limite ; d'où il ressort que, si la transformation totale de travail en chaleur est possible, celle de chaleur en travail sera toujours partielle et s'accompagnera inévitablement d'une déperdition en énergie mécanique.

Or, c'est cette dernière qui se rattache le plus directement à l'activité économique, dans la mesure où tout travail de transformation ou de déplacement se ramène à elle.

L'énergie fournie par une force se déplaçant est égale au produit scalaire de cette force par son déplacement.

Le premier principe de la thermodynamique, dit *principe de conservation*, formulé par J.R. Von Mayer en 1842 et généralisé par Joule (1842 et 1843), exprime l'équivalence entre les différentes formes de l'énergie^{bv}, cependant que le second principe, dit de la *dégradation*, qui ne lui est nullement incompatible (puisque'il exprime une transformation et non une déperdition), était formulé par Carnot dès 1824, repris et analysé

par W. Thomson (Lord Kelvin) et Clausius^{2bw}.

Il résulte également de ce qui précède que l'on peut distinguer :

- *l'énergie potentielle*, dite également libre, qui correspond à celle que possède un corps, compte tenu de sa position, de sa forme ou de sa structure ;
- et *l'énergie cinétique* qu'un corps libère en changeant de forme, de position ou de structure et dont on peut tirer un travail mécanique.

2. De ce point de vue, toute activité économique met en œuvre de l'énergie.

Tout bien matériel est exprimable par la quantité d'énergie qu'il renferme, apparaît, s'il a été produit, comme le résultat d'une dépense énergétique mesurable, et s'il est consommable, transfère aux organismes qui l'absorbent l'énergie potentielle qu'il contient.

Toute force de travail est un potentiel énergétique susceptible de livrer de l'énergie et reconstituable par un apport d'énergie.

Tout capital productif, créé par les hommes, est le résultat d'un travail exprimable en unités énergétiques, fonctionne grâce à un apport d'énergie et fournit un travail mécanique énergétiquement mesurable.

Les services fournis par le milieu naturel (rayonnement solaire, auto-épuration des milieux, etc.) se traduisent en termes énergétiques :

- le rayonnement solaire, sa captation par les végétaux verts et la transmission de l'énergie qui en résulte font l'objet d'évaluations que nous rencontrerons plus loin ;
- la valeur d'un milieu, l'eau par exemple, dans sa fonction d'épuration, peut être énergétiquement mesurée : « sachant qu'il faut 0,18 kcal d'énergie chimique potentielle pour dissoudre un gramme de matières organiques, Odum déduit qu'il faut 23 kcal pour épurer un gallon d'eau, compte tenu de la distance parcourue par celle-ci » (B. Desaignes)³ ; la valeur énergétique des apports de l'environnement est déterminée, sur un plan plus général, en calculant les dommages que l'activité des hommes inflige à l'activité photosynthétique et les pertes exprimées énergétiquement qui en résultent ; Martha W. Gilliland⁴ montre que l'on peut également approcher le problème en estimant l'énergie que dépenserait un système créé par les hommes, s'ils devaient accomplir eux-mêmes les fonctions que le milieu assume gratuitement pour eux et, dans le cas précis d'une production d'énergie géothermique, elle estime que

chaque apport d'1 kcal sous forme de travail ou de capital, s'accompagne d'un « subside » de 0,3 kcal en provenance de l'environnement ;

- Odum enfin met en évidence la notion d'énergie d'amplification : grâce au concours du milieu naturel, chaque kcal dépensée en travail procure aux hommes plusieurs fois sa valeur. Ainsi, dit-il, l'habitant d'un atoll dépense en moyenne 125 kcal pour pêcher un poisson d'une livre et demie, mais la quantité d'énergie accumulée dans ce dernier représente environ 720 kcal⁵. Le coefficient d'amplification est donc de l'ordre de 6. Comme toute « machine thermique », l'organisme humain a un rendement énergétique inférieur à 1, mais il bénéficie du concours des forces naturelles⁶.

Ainsi, les sociétés de cueillette vivent, au sens le plus strict, des fruits du soleil ; les sociétés de chasse ou de pêche également, à cela près que l'énergie stockée dans la chair des animaux se situe à un stade ultérieur de transformation dans la chaîne alimentaire ; l'agriculteur sédentaire — c'est là tout le sens de la révolution néolithique — utilise systématiquement le sol comme capteur et convertisseur d'énergie solaire ; l'industrie manipule et transforme de la matière, c'est-à-dire de l'énergie ; les activités tertiaires traitent et fournissent de l'énergie, en même temps que cette seconde composante de l'activité économique qu'est l'information.

Les diverses énergies fossiles — charbon, pétrole, gaz naturel — , alimentant l'appareil productif, ne sont que de l'énergie solaire, enfouie dans le sol au cours des grands bouleversements géologiques et progressivement mise à la disposition des hommes, au fur et à mesure de leur extraction. De telle sorte que l'activité économique s'alimente à deux sources :

- l'une lui parvenant sous forme de flux constamment renouvelés et qu'il est possible d'utiliser en permanence à l'optimum sans jamais la détruire ;
- l'autre se présentant sous forme de stocks, dont les possibilités d'exploitation ne sont asservies à aucun rythme naturel, mais appelés à s'épuiser d'autant plus rapidement que leur utilisation aura crû exponentiellement, ce qui conduit Heierli⁷ à comparer notre façon de les exploiter « à un feu d'artifice ».

B) La dimension informationnelle et la production de néguentropie

Mais, pas plus que les lettres de l'alphabet prises au hasard ne constituent un texte, l'énergie non transformée n'est utile à l'homme.

1. *Il faut pour cela un apport d'information*

« Quand un homme transforme de la matière inanimée en un produit de son industrie, à côté de la dépense énergétique que doit fournir la force de travail qu'il représente, il y a l'information qu'il apporte en établissant de nouveaux rapports entre les éléments de la matière inanimée qu'il manipule et dont il fera outils, machines ou produits consommables de son travail, en leur donnant une forme » (H. Laborit)⁸.

Nous avons vu comment, par le jeu des deux grandes boucles rétroactives, l'homme comme tout organisme vivant :

- utilise les éléments empruntés au milieu pour fabriquer sa propre structure,
- et transforme son environnement afin de le rendre plus favorable à son développement.

La majeure partie de l'énergie qu'il mobilise lui sert à se doter de moyens — vêtements, machines, véhicules, infrastructures — qui prolongent les possibilités de son organisme et constituent, par là-même, ce que J. Vieira da Silva considère comme une véritable « biomasse extra-biologique »⁹.

2. *L'économie est, en ce sens, une activité néguentropique structurante ayant pour effet d'incorporer de l'information-structure dans la matière.*

Mais ce résultat n'est obtenu que moyennant le développement de connaissances codifiant de manière intelligible et transmissible (information-message signifiante) les différentes procédures à mettre en œuvre pour cela.

De multiples indications circulent dans l'appareil productif. Par l'éducation, l'homme informe l'homme et par le programme il informe la machine. Cazamian¹⁰ distingue l'intelligence heuristique ou corporelle du premier, de l'intelligence algorithmique introduite dans la machine par son concepteur. Dans le couple indissociable que constituent le travailleur et l'automate, ces deux intelligences se complètent et s'affrontent : l'une, empirique, faite d'intuition, d'improvisation et d'adaptation à l'aléatoire, se heurte à l'autre, toute de rigueur, exempte d'improvisation et incapable

de s'adapter à l'incertain non programmé. L'automatisation des processus de production tend à substituer l'algorithmique à l'heuristique. Mais :

- si l'opérateur et l'ordinateur utilisent, tous deux, les informations que leur communiquent les panneaux de signalisation, seul le premier peut ajouter à cette première source, celle que constituent les informations sensorielles prélevées directement sur le processus lui-même (perception d'une odeur, d'un bruit, d'une couleur de flamme anormale, etc.) ;
- l'opérateur seul peut, en cours de production, modifier un programme ou en inventer un autre ;
- la fiabilité plus ou moins grande des dispositifs automatiques, aux divers âges de leur existence, appelle à certains moments (premières années de fonctionnement ou, au contraire, sénescence) un recours accru à l'intelligence heuristique de l'homme.

La culture, ou savoir transmis par les générations, véhicule de l'une à l'autre les connaissances acquises. White montre qu'elle progresse corrélativement à l'efficacité, au développement de l'appareil productif et à la quantité d'énergie dont disposent les hommes : « La culture avance avec la quantité d'énergie capturée *per capita* et par an, ou avec l'efficacité ou économie des moyens d'utilisation de l'énergie ou avec les deux »¹¹.

C) La production d'entropie

1. Cependant, l'économie pas plus que le vivant ne saurait échapper à l'entropie. Cela est particulièrement vrai à partir du moment où, comme nous l'avons vu, ses bases matérielles et énergétiques se sont déplacées, des formes vivantes reproduites et recyclées par le milieu aux formes inanimées épuisables et moins largement recyclables.

L'énergie contenue dans les matériaux ou les forces motrices ne se détruit pas par l'usage (1^{er} principe de la thermodynamique) mais se disperse et se dégrade (2^e principe).

Celle qui a été provisoirement structurée, dans les produits ou les équipements, se dissipe progressivement par l'usure et la destruction.

En un mot, les substances relativement organisées (minerais, combustibles...), prélevées en amont du système économique et éventuellement soumises à un apport de négentropie, se trouvent, en définitive, toujours restituées en aval sous des formes (fumées, cendres, déchets divers) déstructurées.

Il s'agit là d'un processus irréversible, qu'aucune force ne saurait renverser sans exiger de nouvelles dépenses d'énergie. Théoriquement, en effet, les substances éparses peuvent être récupérées et recombinaées, mais c'est au prix d'une production d'entropie d'autant plus élevée que leur dispersion est forte.

Georgescu-Roegen décrit ce processus sous la forme d'une utilisation de matériaux à basse entropie (donc relativement organisés : un minerai, une énergie) qui se trouvent finalement transformés en matériaux à haute entropie, donc désorganisés.

Par suite de cette destruction, les développements actuels affectent ceux qui seront possibles aux hommes de demain. Chaque objet produit « signifie, comme le dit cet auteur, moins de socs de charrues pour les générations futures et implicitement moins d'êtres humains »¹².

Dans le courant universel de l'entropie, l'économie n'introduit qu'un instant de négentropie grâce auquel peut se poursuivre, un temps, le développement des sociétés humaines.

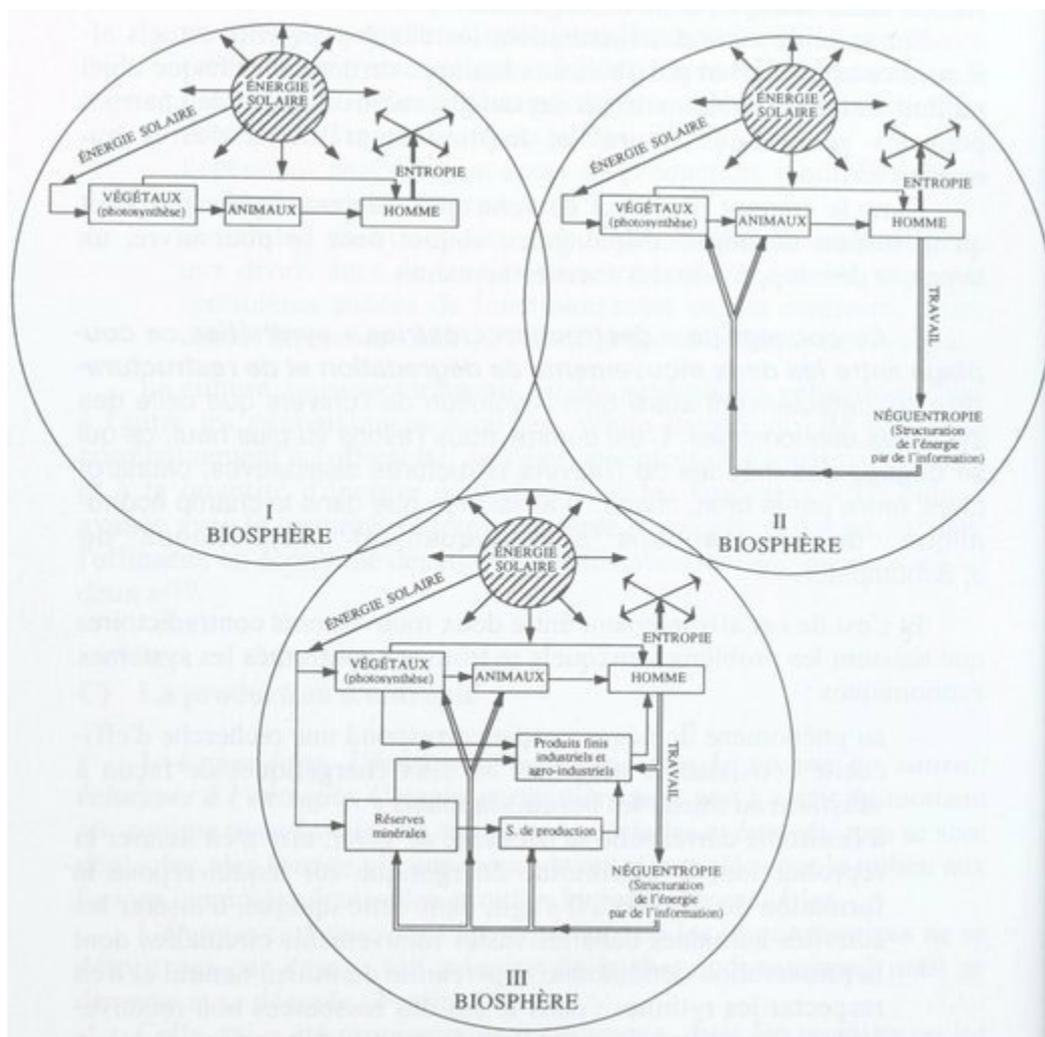
2. Le concept de « destruction créatrice » synthétise ce couplage entre les deux mouvements de dégradation et de restructuration qui caractérisent aussi bien l'évolution de l'univers que celle des systèmes économiques. C'est comme nous l'avons vu plus haut, ce qui se dégage des théories de l'univers (structures dissipatives, catastrophes, ordre par le bruit, chaos...) aussi bien que dans le champ économique, des conceptions authentiquement prophétiques de J. Schumpeter.

Et c'est de cet affrontement entre deux mouvements contradictoires que naissent les problèmes auxquels se trouvent confrontés les systèmes économiques :

- au phénomène de négentropie correspond une recherche d'efficacité consistant à structurer les flux énergétiques de façon à satisfaire au mieux les besoins humains ;
- à l'entropie correspond la nécessité de gérer, afin d'en assurer la reproduction, le patrimoine énergétique sur lequel repose la formation de ces flux ; il s'agit, dans cette optique, d'insérer les activités humaines dans les vastes mouvements circulaires dont la préservation conditionne la pérennité du milieu naturel et d'en respecter les rythmes ; dans le cas des ressources non renouvelables, il convient de prévoir et de préparer les prises de relais qu'impose leur épuisement et, sans doute, à terme, d'organiser un retour aux matières, issues du vivant, dont la reproduction est assurée par le milieu.

Gérer un patrimoine énergétique en vue d'en assurer la reproduction et le développement dans le temps ; structurer, grâce au travail, les flux énergétiques par de l'information afin de satisfaire, au moindre coût, aux impératifs individuels et sociaux de « l'être », telle nous apparaît l'essence de l'acte économique (cf. schémas ci-dessous p. 130).

Nous sommes loin des conceptions traditionnelles à la Robbins. Le calcul économique en termes monétaires n'est pas évacué mais situé à sa vraie place, qui est celle d'un sous-ensemble dont le développement se situe dans un contexte qui l'englobe et le dépasse largement.



La construction de ces schémas fait apparaître les trois grandes phases qui ont marqué l'histoire des sociétés humaines :

- I. L'énergie solaire captée par les végétaux est transmise aux animaux et aux hommes le long de la chaîne alimentaire. l'homme, prédateur et proie parmi les autres espèces, vit de chasse, pêche et cueillette : société PALÉOLITHIQUE ;
- II. Par son travail, l'homme cultive la plante et élève l'animal ; il se fait agriculteur et éleveur : société NÉOLITHIQUE ;
- III. Par le même travail, l'homme met en exploitation des énergies fossiles et les réserves minérales du sous-sol ; la matière première combinée au travail donne les

biens de production qui, avec le concours des énergies, des matières premières (minérales, végétales, animales) et du travail humain permettent la fabrication des produits finis industriels et agro-industriels destinés aux hommes : sociétés INDUSTRIELLES.

II. LA DOUBLE DIMENSION ÉNERGÉTIQUE ET INFORMATIONNELLE DU DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

Envisagé au niveau de l'humanité, le développement n'est pas, comme on l'a dit parfois, un accident historique, mais le prolongement normal, sur un autre terrain, de l'évolution universelle. Comme tout système ouvert, une économie stagne, régresse ou croît, selon que son bilan énergétique est équilibré, négatif ou positif. Or, ce bilan, comme l'a fort justement souligné Georges Bataille, se révèle très nettement excédentaire ; il entre dans les écosystèmes plus d'énergie que ne l'exigerait la simple reproduction de la vie : « à la surface du globe, pour la matière vivante en général, l'énergie est toujours en excès, la question est toujours posée en termes de luxe, le choix est limité au mode de dilapidation des richesses »¹³.

L'excédent d'énergie qui entre dans un système finit toujours par en sortir, mais il peut le faire de différentes façons :

- s'il est totalement consommé en dépenses improductives ou détourné vers l'extérieur, le système, qui ne saurait croître ni se diversifier, se maintient en état de *stagnation* ;
- s'il alimente une simple augmentation quantitative de la grandeur des variables, sans action notable sur la structure du système, il entretient un processus qui sera dit de *croissance* ;
- si, enfin, il est utilisé à faire croître quantitativement les variables significatives en même temps qu'à créer de nouvelles activités, c'est-à-dire à diversifier et complexifier le système, il nourrira un processus dit de *développement*.

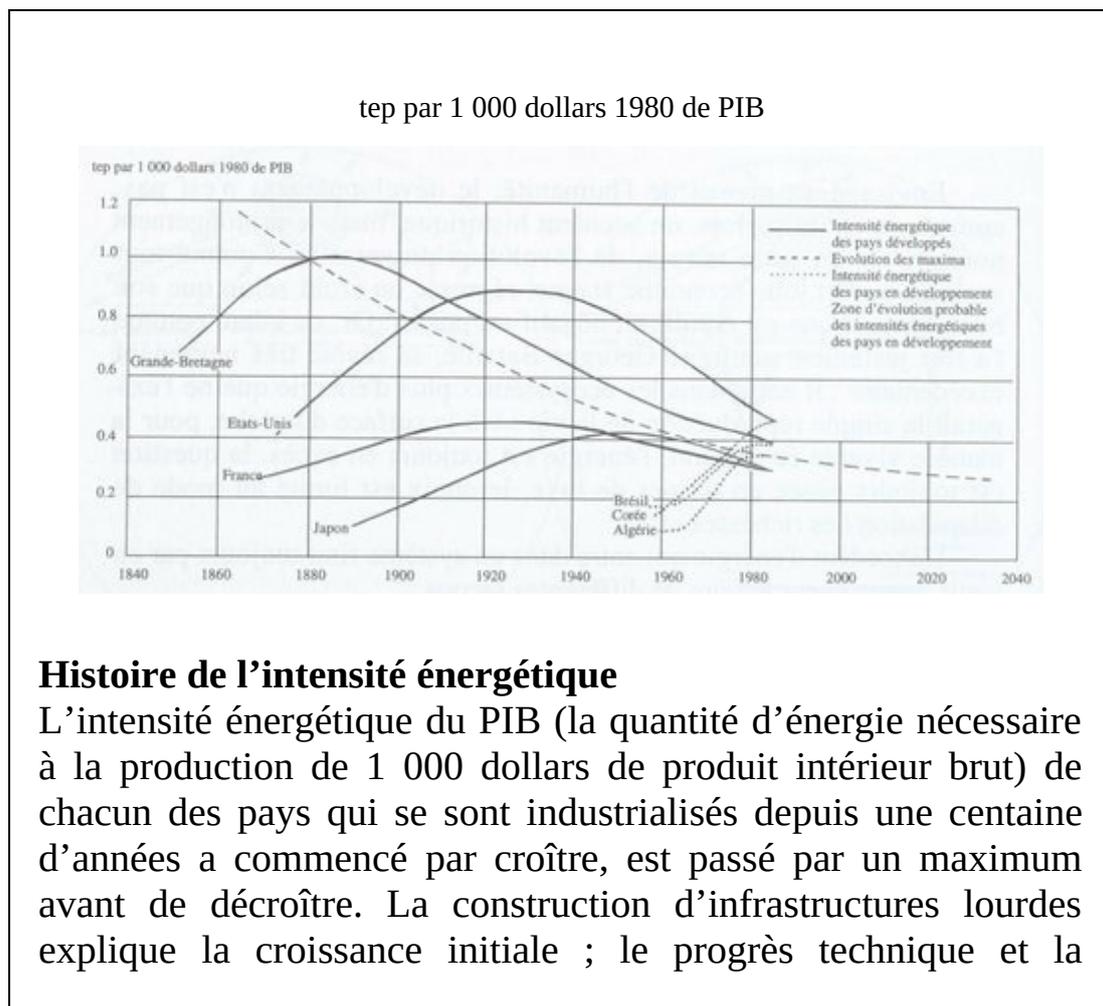
Si donc la croissance se définit comme une simple augmentation des grandeurs caractéristiques d'un système, le développement apparaît, en première approximation, comme une croissance accompagnée d'un mouvement de diversification et de complexification. Nous retrouvons naturellement ici les deux dimensions énergétique et informationnelle qui nous avaient permis de caractériser l'activité économique¹⁴¹⁵¹⁶¹⁷.

A) La dimension énergétique

1) Deux types d'approches rendent compte du rôle de l'énergie dans le développement économique.

a) *La relation énergie/PIB* nous informe sur l'efficacité avec laquelle l'appareil économique utilise ses forces motrices (l'énergie) pour fabriquer ses productions finales (le PIB).

On a longtemps considéré comme une sorte de « loi historique » l'existence d'une élasticité voisine de l'unité, entre la croissance du PIB d'une économie et sa consommation d'énergie. Cette « loi », globalement vérifiée de 1950 à 1973 (en France, les deux courbes sont pratiquement superposables) se trouve totalement prise en défaut par la suite : entre 1973 et 1986 par exemple, le PIB de l'ensemble des pays de l'OCDE a augmenté de 37 % alors que, la consommation d'énergie ne s'accroissait que de 7 %, ce qui traduit une forte baisse de l'intensité énergétique exprimant la quantité d'énergie nécessaire pour produire une unité d'output, c'est-à-dire, en gros, l'inverse d'une productivité énergétique).



Histoire de l'intensité énergétique

L'intensité énergétique du PIB (la quantité d'énergie nécessaire à la production de 1 000 dollars de produit intérieur brut) de chacun des pays qui se sont industrialisés depuis une centaine d'années a commencé par croître, est passé par un maximum avant de décroître. La construction d'infrastructures lourdes explique la croissance initiale ; le progrès technique et la

saturation des biens à fort contenu énergétique qui accompagne l'élévation du niveau de vie expliquent la décroissance qu'on observe ensuite. On voit, d'autre part que les maxima atteints par les différents pays se placent sur une courbe décroissante : le développement des pays neufs s'effectue, en effet, avec des technologies plus efficaces en énergie que leurs prédécesseurs.

Source : J.-M. Martin, « L'intensité énergétique dans les pays industrialisés », *Economie et société*, 1988.

(Extrait de Benjamin Dessus, *Atlas des Energies*, ed. Syros et FPH, 1994, p. 68).

Une étude de J.-M. Martin (IEP-CNRS, programme Ecotech) met en évidence la succession de deux phases vérifiables pour tous les pays : une phase d'apprentissage pendant laquelle les intensités énergétiques s'accroissent tout en atteignant des sommets de moins en moins élevés pour les nations à démarrage tardif à mesure que celles-ci peuvent bénéficier de l'expérience de celles qui les ont précédées, puis, à partir d'un seuil de 2 000 \$ de PIB par tête, la consommation des matières premières à forte intensité énergétique n'augmente guère, ce qui provoque un début de déconnection entre croissance économique et consommation d'énergie.

Deux phénomènes se produisent en effet au fil du temps :

- les nations développées apprennent à utiliser de plus en plus efficacement leur énergie ; B. Dessus (*Pas de gabegie pour l'énergie*, ed. de l'Aube, 1994) parle à ce sujet de la « véritable révolution tranquille du XX^e siècle » : les ampoules fluorescentes compactes actuelles utilisent cent fois moins d'énergie que les ampoules incandescentes des années 1920 ; les logements des années 1990 consomment trois fois moins d'énergie que ceux des années 1950 ; la production d'une tonne d'acier exige 30 % d'énergie en moins qu'il y a vingt ans...
- les pays en voie de développement bénéficient de l'expérience des précédents et à production identique, utilisent moins d'énergie que ceux-ci n'en ont consommé en leur temps.

Deux types de scénarios prospectifs nous sont alors proposés :

- Ceux qui s'appuient encore sur la « loi historique » et ne tiennent pas compte des perspectives que nous venons d'évoquer. Il en est ainsi du

scénario du Conseil Mondial de l'Énergie (CME), pourtant publié à une date récente (1989) et dont les perspectives ne peuvent être que catastrophiques : par rapport à l'année 1985, la consommation mondiale d'énergie serait supérieure de 80 % en 2020, et elle serait multipliée par trois en 2060 ; en outre les inégalités entre nations ne seraient nullement résorbées : les rapports de PIB s'établiraient, en 2060 comme dans les années 1980, à 5,4 entre les pays de l'OCDE et ceux qui n'appartiennent pas à cette organisation.

– Ceux qui tiennent compte de l'évolution vers une efficacité plus grande :

- le scénario Goldenberg (*Energy for a sustainable world*, World Resource Institute, 1987 ; trad. française : *Energie pour un monde viable*, Documentation française, 1990) préconise le recours systématique aux technologies énergétiquement les plus efficaces (« end use technologies ») ; selon ce scénario, le développement du monde industrialisé et un certain rattrapage du monde en voie de développement seraient possibles moyennant une augmentation de l'ordre de 10,3 % seulement de la consommation mondiale d'énergie entre les années 1980 et 2020.
- le scénario Noe (Nouvelles Options Énergétiques) présenté par Benjamin Dessus et François Pharabod (« Jérémie et Noe, deux scénarios énergétiques à long terme », *Revue de l'énergie*, 1990) pose comme un *a priori* le respect d'un certain nombre de contraintes environnementales et prend pleinement en compte les gains en efficacité énergétique réalisables dans les différentes nations. La consommation énergétique mondiale passerait alors de 7 700 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) en 1985 à 10 100 Mtep en 2020 (contre 13 955 pour le scénario du CME) et à 11 500 Mtep en 2060 contre 21 800 selon le CME. Compte tenu de l'accroissement de la population mondiale, les consommations moyennes par tête s'abaisseraient de 1,6 TEP à 1,3 TEP et 1,1 TEP respectivement à ces trois dates et les inégalités se verraient réduites, le rapport des PIB entre pays de l'OCDE et pays hors OCDE s'abaissant de 5,4 à 3,1 entre les années 1985 et 2060.

Ces études, on le voit — outre leur intérêt propre concernant l'impact du développement économique sur la biosphère — confirment les réserves que l'on pouvait émettre sur l'existence et la signification d'une élasticité

positive voisine de 1 entre consommation énergétique et croissance des PIB. Cette « loi historique » ne correspondait qu'à un moment de l'histoire.

b) *La notion de surplus énergétique* nous informe sur l'aptitude du système à dégager les moyens nécessaires à sa croissance.

Nous appellerons « surplus » la quantité d'énergie dont un système peut encore disposer après avoir satisfait à la reproduction des ressources naturelles, matérielles et humaines, sur la combinaison desquelles repose la formation des flux économiques¹⁸.

Il devient alors évident que l'accumulation des moyens de production — la « biomasse extra-biologique » — et la diversification de la société ne sont possibles que dans la mesure où existe un tel surplus : toute l'histoire du développement n'est que celle de la formation et de l'utilisation de ce dernier.

La force de travail, laissée à ses seuls moyens, se heurte, de ce point de vue, à une double limite :

- l'une physiologique, tenant à la capacité d'absorption de l'énergie, dans la mesure où une personne ne peut guère ingérer sous forme alimentaire plus de 4 à 5 000 kcal par jour ;
- l'autre thermodynamique, liée à la loi de dégradation, en fonction de laquelle le rendement de la « machine humaine » s'établit à 20 %^{bx}.

Sur la base d'une ration moyenne de 3 000 kcal, F. Cottrel¹⁹ estime donc qu'un homme ne peut développer qu'une énergie mécanique de 600 kcal par jour (soit l'équivalent de la force que produit un cheval-vapeur pendant 1 heure)^{by} qui, si elle ne s'accompagnait pas d'un apport complémentaire du milieu, sous forme d'énergie d'amplification, serait incapable d'assurer sa propre reproduction. Dans ces conditions, qui sont celles des sociétés nomades primitives de chasse, de pêche et de cueillette, l'impératif de survie absorbe la totalité du temps de travail des individus^{bz}.

Faute d'accumulation, toute division du travail est impossible²⁰, les activités ne se diversifient pas ; chaque jour répète inlassablement le précédent dans une situation d'extrême précarité²¹.

L'apparition des premiers surplus est liée à la domestication des forces animales ou naturelles et à l'utilisation de convertisseurs énergétiques plus efficaces que l'homme.

A partir du néolithique, avec l'agriculture sédentaire, le sol est utilisé systématiquement comme capteur d'énergie solaire. Sans établir

évidemment de comparaison avec ces périodes lointaines, Heierli évalue, dans le cas de la riziculture manuelle japonaise contemporaine, à 8 CH le supplément net d'énergie mécanique produit quotidiennement par agriculteur. Cela permet à 1 homme d'entretenir 8 personnes travaillant dans d'autres secteurs²². Il s'agit d'un exemple d'agriculture à très haut rendement énergétique.

Le cheval, compte tenu des temps de repos qui lui sont nécessaires, fournit 800 CH par an contre 200 pour l'homme. Cependant, comme il consomme 10 fois plus de calories alimentaires, son rendement est, en fait, 2 fois 1/2 inférieur à celui de ce dernier. Mais le bilan lui est favorable à partir du moment où l'homme produit moins de 40 % de sa nourriture, le reste étant fourni gratuitement par le milieu, ce qui est le cas dans les sociétés primitives disposant d'espace²³.

Des calculs comparables peuvent être menés à propos de l'énergie éolienne²⁴ ou de l'utilisation des rivières comme moyen de transport²⁵.

L'apparition d'un *surplus agricole* régulier, qui devient alors possible, constitue la base initiale de la division du travail, de l'urbanisation, des différenciations sociales, du commerce, des échanges monétaires, etc., comme cela a été mis clairement en évidence par les historiens de la Mésopotamie ou de la Grèce antique. De grandes civilisations telles que celle de l'Égypte ancienne ont pu ainsi se développer sur la base d'un surplus agricole qui représentait jusqu'à 20 % du produit brut²⁶. L'exemple de l'URSS au cours des années 1920, comme celui des pays sous-développés actuels, montre que la formation d'un tel surplus est indispensable au développement industriel. Indispensable mais non suffisant, car pendant des siècles, il a été réinvesti dans son secteur d'origine ou dissipé dans des investissements à caractère militaire, religieux ou ostentatoire : pyramides, cathédrales, fortifications ou palais. L'industrialisation n'est possible qu'à partir du moment où sont réunies les conditions techniques, économiques et sociales qui suscitent son transfert vers de nouvelles activités.

On peut alors parler d'un surplus économique grâce auquel se généralise un processus d'accumulation à caractère productif.

Le recours aux énergies fossiles entraîne un changement d'échelle de ce surplus. A l'aube de la Révolution industrielle, en Angleterre, un mineur crée par jour, en moyenne, un surplus de 2720 CH sous forme de charbon qui, transformé par une machine à vapeur au rendement de 1 % (ce qui correspond aux performances de l'époque), produira une énergie mécanique de 27 CH par journée de travailleur²⁷, soit le triple de

l'excédent que dégageait, comme nous l'avons vu, l'activité agricole la plus efficace.

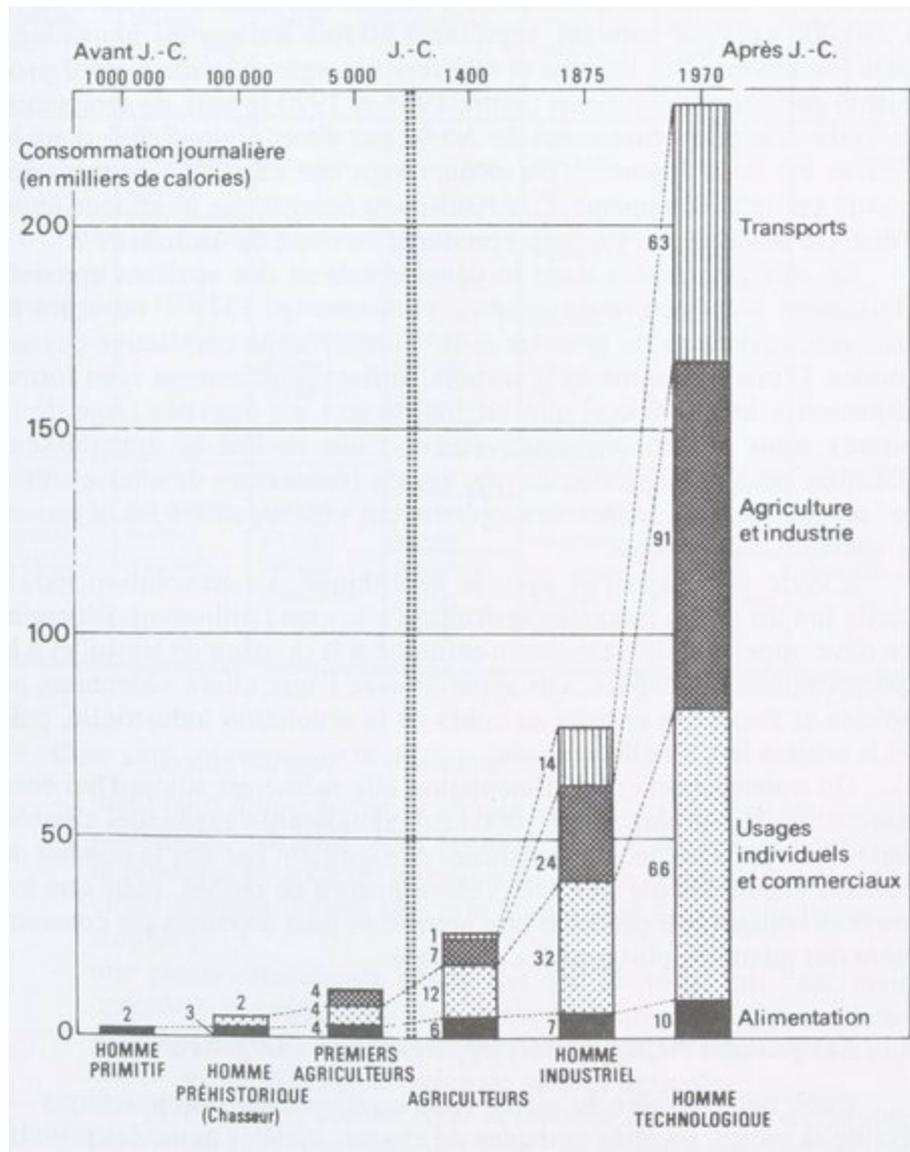
Au moment où s'épuise le capital forestier de la Grande-Bretagne²⁸, le relais du bois par le charbon comme source d'énergie et par le fer comme matière première, offre à la production un patrimoine de ressources que l'on croit inépuisable²⁹.

Le remplacement de la laine par le coton, substituant l'énergie directement captée par la plante à celle que transformait l'animal, évite les déperditions liées au passage d'un niveau de la chaîne alimentaire à un autre, multiplie par 10 la productivité énergétique du système et en réduit sensiblement les prix de revient.

« Ces trois facteurs réunis — le charbon comme source d'énergie, le fer comme matière première de construction et le coton base de l'industrie textile — posaient les fondations de la première consommation massive de marchandises, en d'autres termes la première société de consommation de masse (Heierli)³⁰.

Cependant, l'énergie nette disponible pour améliorer le sort des hommes s'obtient en déduisant de ces surplus les dépenses énergétiques liées au développement des transports qu'exigent la concentration de l'appareil productif et la croissance des villes. Ajoutant à cela le caractère hautement consommateur en forces motrices des technologies modernes, nous voyons se dessiner une sorte de cercle vicieux, entre les surplus qui permettent le développement de ces technologies et ce développement lui-même qui exige des surplus de plus en plus considérables. La consommation quotidienne d'énergie aux Etats-Unis, qui s'élève à 230 000 kcal par habitant, représente 80 fois les besoins physiologiques journaliers d'un homme et 400 fois l'énergie mécanique qu'il produirait par ses seuls moyens ; entre 1961 et 1970 le taux de croissance de cette consommation a été de 3,5 % aux Etats-Unis, 4,5 % dans la CEE et 9,5 % au Japon³¹. En même temps que s'accroît le surplus nécessité par le développement, le rendement énergétique de chaque unité d'énergie absorbée par l'appareil productif ne cesse de décroître³².

La consommation d'énergie au cours des âges



N.B. : En 1990, la consommation énergétique par habitant aux Etats-Unis (homme technologique) n'a guère changé par rapport à 1970 (elle s'est même abaissée de 0,12 % entre 1973 et 1990) et, selon l'*Atlas des énergies* (dont les rubriques ne correspondent pas tout à fait à celles du schéma ci-dessus), sa répartition serait la suivante : transports 27 %, habitat-agriculture 35 %, industrie 38 % (B. Dessus).

Le rôle du surplus dans le développement des sociétés apparaît clairement à la lecture du schéma ci-dessus (p. 137)³³ retraçant la croissance continue du premier et la diversification corrélative des secondes. D'une économie sans surplus, utilisant entièrement sous forme alimentaire les 2000 kcal que lui fournissent ses activités (Age de la

Pierre), nous passons progressivement à une société où apparaissent quelques besoins domestiques très limités (économies de chasse) mais qui ne cesseront de croître et supplanteront très largement les dépenses strictement alimentaires.

L'agriculture apparaît avec le néolithique. La Révolution industrielle fait du pôle « industrie/agriculture » le grand utilisateur d'énergie. Le développement des transports enfin, lié à la division du travail et à la spécialisation de l'espace, qui apparaît avec l'agriculture sédentaire, se précise et s'accélère ensuite au cours de la révolution industrielle, puis de la société industrielle avancée.

On notera enfin que l'alimentation elle-même est aujourd'hui consommatrice de surplus : les 10 000 kcal quotidiennes auxquelles s'établit son niveau dans les sociétés avancées ne signifient pas que le nombre de calories absorbées par individu s'élève jusqu'à ce chiffre, mais que les moyens consacrés à produire une nourriture plus sophistiquée consomment des quantités plus grandes d'énergie.

2. Les grandes étapes du développement éco-énergétique

Cook nous suggère du même coup un découpage chronologique — âge de la pierre, sociétés nomades de chasse, sociétés agricoles primitives, sociétés agricoles modernes, révolution industrielle, société industrielle avancée — qui rejoint celui de l'ethnologue ou de l'historien.

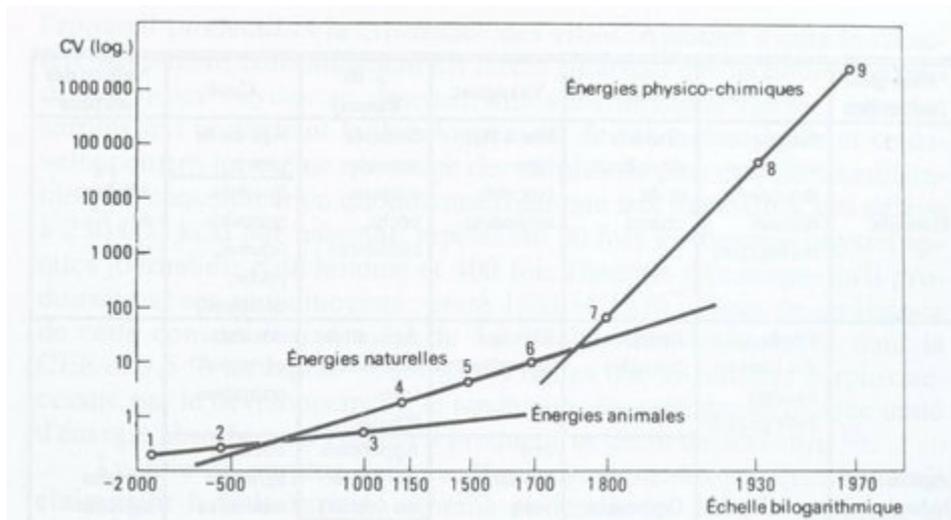
Dans le même esprit, d'autres auteurs nous proposent diverses « périodisations » qui se différencient par le niveau de synthèse auquel elles s'établissent, mais s'articulent parfaitement les unes avec les autres, comme nous avons essayé de le faire apparaître en les regroupant dans un même tableau.

Energies sollicitées	Cippola	Meyer	Varagnac	J. de Rosnay	Cook	Nature des surplus
Humaine	Simple utilisation des convertisseurs biologiques	Sociétés de collecte et de chasse	Feu à l'air libre (sociétés nomades)	Sociétés nomades (chasse, pêche, cueillette)	Age de la pierre. Sociétés nomades (chasse, pêche, cueillette)	Absence de surplus
Agents naturels	Production des convertisseurs biologiques	Energies animales	Elevage agricole	Agriculture sédentaire (néolithique)	Sociétés agricoles primitives	Surplus agricole
		Domestication des forces naturelles	Feu industriel, vent, moteurs vivants, eau Explosifs poudres à grains	Apparition de l'artisanat (outils) Sociétés préindustrielles (énergies naturelles)	Sociétés agricoles modernes	
Fossiles et physico-chimique	Production des convertisseurs inanimés	Utilisation des énergies physico-chimiques	Houille, vapeur Electricité, pétrole Atome	Sociétés industrielles modernes (énergies fossiles et physico-chimiques)	Révolution industrielle Sociétés industrielles avancées	Surplus économique

C'est ainsi que Cippola³⁴ distingue :

- une phase dominée par la simple utilisation des convertisseurs biologiques naturels, dont l'homme ne sait pas encore contrôler la production : sociétés nomades de chasse et de cueillette, sollicitant essentiellement l'énergie humaine et non productrices de surplus ;
- une phase caractérisée par le fait que l'homme sait désormais contrôler la production des convertisseurs biologiques, commençant avec le néolithique (agriculture et élevage sédentaire) et débouchant sur la formation de surplus agricoles ;
- une phase, enfin, dominée par la maîtrise des sources d'énergies fossiles et non renouvelables grâce auxquelles peut s'effectuer l'essor des sociétés industrielles.

F. Meyer³⁵, qui s'arrête plus longuement sur les périodes succédant aux sociétés de cueillette et de chasse, fait apparaître trois phases liées à la nature des énergies (animales, naturelles, physico-chimiques) utilisées et met en évidence l'accélération des puissances maîtrisées au cours de cette évolution (cf. schéma ci-dessous).



1 – Ane ; 2 – Boeuf ; 3 – Cheval ; 4 – Moulin à eau ; 5 – Moulin à vent fixe ; 6 – Moulin à vent giratoire ; 7 – Machine de Watt ; 8 – Centrale électrique ; 9 – Poussée de fusée.

A. Varagnac³⁶ souligne le rôle que joue l'énergie dans le développement économique et distingue sept grandes révolutions énergétiques, ayant entraîné des bouleversements sociaux majeurs exprimés par la succession des sept phases suivantes : usage du feu à l'air libre ; élevage, agriculture (néolithique, 4500 à 3500 av. J.-C.) ; feu industriel, force éolienne, moteurs vivants, force hydraulique (2800 av. J.-C. à I^{er} siècle av. J.-C.) ; explosifs, poudre à grains (milieu XIV^e à XVI^e s.) ; houille, vapeur (1560-1825) ; électricité, pétrole (1880-1920) ; énergie atomique.

J. de Rosnay³⁷ rattache également de façon très explicite l'évolution socio-économique à la formation de surplus énergétiques et décrit cinq grandes formes sociales — sociétés de cueillette, chasse et pêche ; agriculture sédentaire ; apparition de l'artisanat ; sociétés préindustrielles fondées sur l'utilisation des énergies naturelles ; sociétés industrielles modernes établies sur l'utilisation des énergies fossiles et physico-chimiques — chronologiquement enchaînées et successivement parcourues par les économies aujourd'hui développées.

3. L'analyse énergétique du sous-développement

L'existence d'un sous-développement dans des économies souvent pourvues en ressources naturelles et fossiles abondantes prouve cependant que l'énergie ne crée rien par elle-même. Il n'est, dirons-nous après bien d'autres, de développement que par les hommes et en fonction des

possibilités offertes par le milieu international. Nous rencontrerons alors, à notre tour, les pouvoirs, les inégalités, l'organisation socio-économique, les affrontements de groupes ou de nations, les blocages institutionnels, etc. phénomènes largement étudiés par ailleurs.

Nous constaterons simplement ici qu'en économie, comme dans la nature, les systèmes diversifiés les plus mûrs manifestent une tendance certaine à capturer les flux énergétiques des systèmes simples et immatures, de telle façon que ces derniers ne parviennent pas à décoller de leur état de sous-développement³⁸. Da Silva, regroupant un certain nombre d'informations³⁹, montre que la production énergétique des systèmes ruraux africains peut se révéler de 17 à 41 fois supérieure au nombre de kcal dépensées sous forme de travail humain et 4 fois à l'ensemble des énergies humaines, animales et mécaniques consacrées à l'obtention de ce résultat. L'existence d'un surplus ne fait donc aucun doute mais, dans la mesure où une nation exporte ses matières premières ou ses productions agricoles, non transformées, pour importer des produits manufacturés, elle se trouve dans la situation d'un système traversé par des flux énergétiques qu'il n'emploie pas à édifier sa structure. Elle permet à d'autres d'utiliser ces mêmes flux pour construire leurs activités de transformation, c'est-à-dire se diversifier et croître, au détriment de ses propres possibilités.

Plus que des foyers de développement, les villes et le secteur dit moderne, tournés vers l'extérieur, constituent les moyens de captation de ces ressources et de ces énergies au bénéfice des nations dominantes dont elles ne sont que des excroissances. Les bourgeoisies marchandes locales fournissent les relais sociologiques nécessaires.

La morphologie et le devenir de la nation se décident en dehors d'elle. N'ayant pas la capacité de définir ses propres finalités, elle ne constitue donc pas un système au sens plein du terme, mais un simple sous-système d'un ensemble territorial plus vaste. Nous référant à notre définition du système, « ensemble finalisé d'éléments en interaction », nous considérerons qu'un ensemble dont les finalités se décident à l'extérieur de ses limites est un faux système, un sous-système d'un référentiel plus vaste au sein duquel d'autres pôles (nations ou firmes multinationales) décident de son destin. C'est là que réside à notre sens, la différence essentielle entre Nations vraies et Nations apparentes.

Le développement d'une nation n'est donc pas seulement une croissance complexifiante mais aussi une avance vers la maîtrise de ses propres finalités.

B) La dimension informationnelle

1. La prise de conscience du « quarantième de seconde » que constitue la société industrielle, nous conduit à en interpréter le mouvement dans le prolongement normal de l'évolution qui emporte l'Univers. Une remarquable continuité apparaît alors entre les grandes mutations biologiques qui jalonnent cette évolution et le développement des techniques humaines. « Tout se passe, constate F. Meyer, comme si l'évolution se libérait progressivement de la nécessité de modeler, à même la masse organique, pour concentrer ses effets sur des variables douées de moindre inertie, capables de soutenir une plus grande vitesse d'évolution et de maintenir finalement son allure caractéristique d'accélération »⁴⁰.

Cela apparaît avec l'émergence des premières formes vivantes.

Dans les premières phases de l'évolution — des spongiaires aux méduses et des vers aux céphalopodes, puis aux poissons — c'est tout le plan d'organisation des individus, l'ensemble de la masse organique, qui se trouve bouleversé, remodelé et remis en question.

Puis la base matérielle sur laquelle porte ce brassage ne cesse de se réduire. A partir des vertébrés, le mouvement se concentre sur un point particulier de l'organisme, de plus en plus réduit : d'abord l'encéphale dans son intégralité, puis les centres supérieurs, les hémisphères cérébraux et enfin le cortex seul. La dernière mutation importante — la différenciation fonctionnelle des cerveaux droit et gauche — propre à l'homme et à peine ébauchée chez les primates supérieurs, porte d'ailleurs beaucoup plus sur une redistribution d'attributions que sur des changements organiques.

La même logique se poursuit au niveau de l'espèce humaine. De l'Australopithèque au Pithécanthrope et à l'homme de Néandertal, les variations morphologiques sont nettes alors que les techniques restent peu évoluées.

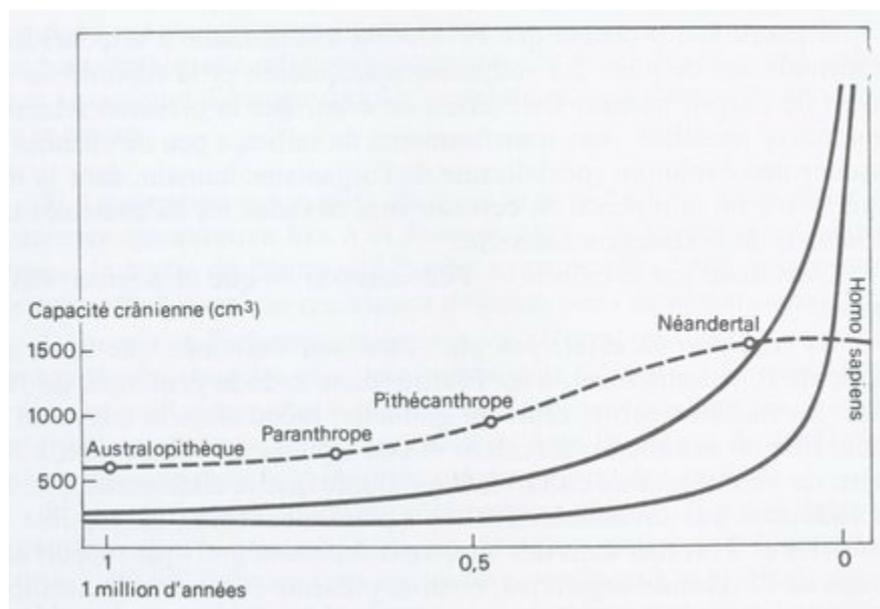
De l'homme de Néandertal à *l'homo sapiens fossilis*^{ca}, la variation morphologique est moindre, alors que le progrès technique, mesuré en nombre d'outils ou — comme l'a fait Leroi-Gourhan — en longueur de tranchant tiré d'un kg de silex, s'accélère⁴¹.

De *l'homo sapiens fossilis* à l'homme historique, la variation morphologique est pratiquement imperceptible alors que le pouvoir d'action sur le milieu s'accroît. A partir de ce moment, les variations morphologiques restent négligeables, mais la puissance des techniques maîtrisées par les hommes s'accroît : on passe, en 4 000 ans à peine, des 0,2 CV que représentait l'âne dans les civilisations des Grands Empires, aux millions de CV que sollicitent les fusées interplanétaires au moment du décollage.

Le développement des techniques apparaît donc bien comme le prolongement logique — par une projection hors de l'organisme — d'un mouvement qui n'a précisément jamais cessé de réduire sa base organique.

De ce point de vue, le rapprochement qu'effectue Leroi-Gourhan entre l'évolution du volume de la boîte crânienne et la production des techniques ne manque pas d'être significatif. De l'Australopithèque à l'homme de Néandertal, le processus de cérébralisation est remarquable alors que le progrès technique suit une progression lente, quasi stationnaire. A partir de Néandertal, la capacité crânienne cesse de s'accroître⁴² (celle de l'homme actuel serait plutôt inférieure) ; et c'est précisément lorsque s'amorce ce tassement que le rythme des techniques s'intensifie pour atteindre son maximum.

L'évolution, affranchie des pesanteurs organiques, se poursuit désormais par la variable technique qui a pris le relais.



Comme le fait remarquer Meyer, cette dématérialisation présente trois avantages :

- « – En premier lieu, en projetant hors de l'organisme les mécanismes propres à relayer une fonction biologique, le vivant se libère d'autant et récupère à son profit, pour d'autres usages, des énergies devenues disponibles ;
- en second lieu, la production de dispositifs techniques, c'est-à-dire d'outils, de machines et de stratégies d'action, autorise la multiplication indéfinie d'organes artificiels dont un organisme ne saurait supporter le poids ni l'encombrement ;

– enfin, la création technique permet une vitesse d'évolution qu'aucune transformation anatomo-physiologique ne saurait atteindre⁴³ ».

A la limite, on peut dire que chaque réalisation technique — le scaphandre, l'avion — représente biologiquement l'équivalent de l'apparition d'une espèce nouvelle (apte à la vie en milieu aquatique, apte au vol...), sans que l'anatomie humaine ait eu à se modifier. L'une des raisons de cette accélération tient également au fait que, si la nature progresse par essais et sélections accompagnés d'une très forte déperdition d'énergie, l'esprit humain procède par analyse logique et choix de solutions « ajustées » dont les meilleures seront ensuite largement diffusées.

2. Mais qui dit « technique » dit en même temps « culture », c'est-à-dire accumulation et transmission d'un savoir acquis sans lequel la reproduction des équipements ne saurait être assurée. Et qui dit culture dit nécessairement existence d'un milieu social apte à la conserver, l'enrichir et la communiquer. *Le passage au technique est en même temps un passage au social.*

Il paraît fort probable que l'évolution soit destinée à se poursuivre désormais sur ce plan. La souplesse d'adaptation et la rapidité de réponse de l'esprit humain sont telles, en effet, que la pression sélective s'en trouve modifiée : une transformation du milieu a peu de chances de susciter une évolution spécialisante de l'organisme humain, dans la mesure même où la réponse du cerveau aura devancé les mécanismes traditionnels de la sélection naturelle.

C'est donc par la culture — l'information — que se poursuit l'évolution.

La machine en effet, pas plus dans son existence que dans son mode de fonctionnement, n'est inscrite dans le code génétique de l'espèce. La tradition écrite, orale ou gestuelle, prend alors la relève de ce code. Elle en assume les fonctions et l'on a pu parler à juste titre, à son sujet, de véritable *code culturel*. Plus souple que le code génétique, ne reproduisant pas invariablement les « mêmes schémas, susceptible de s'enrichir et d'évoluer dans des temps extrêmement brefs par rapport aux temps de l'évolution organique, celui-ci présente cependant le handicap d'une plus grande fragilité. Les acquis biologiques, enregistrés dans le génome, se transmettent de génération en génération grâce à l'invariance de l'ADN, mais la culture acquise par chacun disparaît avec lui-même⁴⁴. C'est donc sur un effort constant de conservation, d'enrichissement et de transmission de l'information contenue dans le code culturel que repose le

développement des sociétés.

Les structures sociales qui remplissent cette fonction se présentent comme des réseaux de relations et de communications permettant la permanence et la survie du groupe social. Comme tout système organisé, elles tendent d'abord à assurer leur propre reproduction et sécrètent pour cela des normes, des valeurs et des hiérarchies, qui apparaissent comme autant de système « informationnels de régulation : « elles règlent, au sens propre, le métabolisme du groupe⁴⁵ ». C'est notamment en ce sens que Lévi-Strauss considère la société comme une structure de symboles.

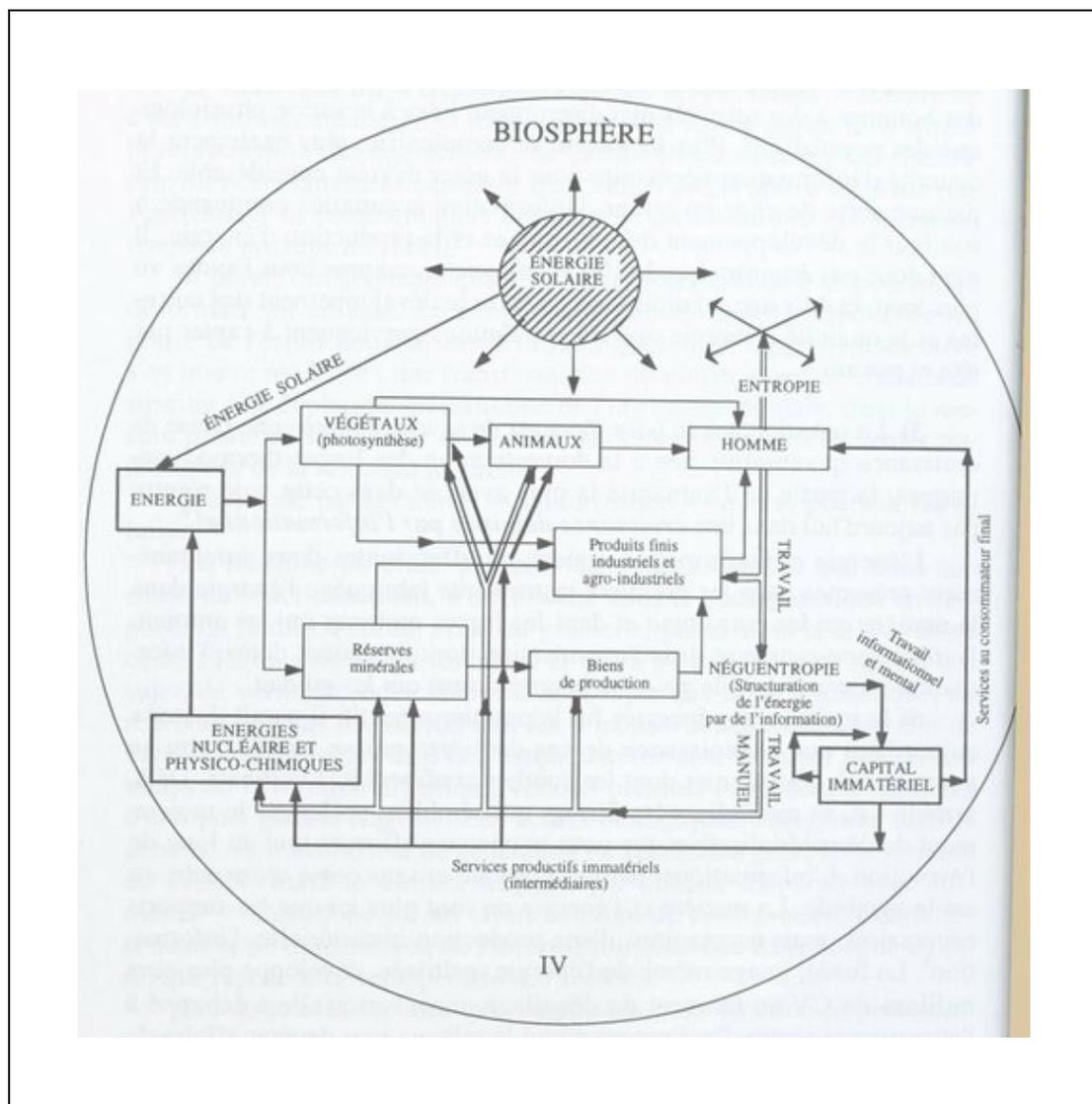
L'enrichissement du code est lié à la production de surplus énergétiques qui, libérant les esprits de l'obsession de la survie, favorise la diversification des recherches et des savoirs. C'est elle qui, nous l'avons vu, provoque l'apparition de la ville, lieu privilégié de la suractivation des communications et des échanges. C'est elle encore qui permet la division du travail et la multiplication des besoins, c'est-à-dire la diversification des niches écologiques humaines dont découle l'enrichissement des expériences et des connaissances. Plus importante est la quantité d'énergie captée et plus il devient facile de consacrer des calories et des hommes à des activités non directement liées à la survie physiologique des populations. Plus la société se complexifie, plus également la quantité d'information nécessaire pour la gérer devient considérable. Et par une sorte de choc en retour, l'information accumulée commande à son tour le développement des techniques et la production d'énergie. Il n'est donc pas étonnant que Leslie White puisse, comme nous l'avons vu plus haut, établir une relation logique entre le développement des cultures et la quantité d'énergie que les populations parviennent à capter par tête et par an.

3) La question qui se pose alors est de savoir si, après une phase de croissance quantitative liée à la domestication des forces thermodynamiques, la partie de l'humanité la plus avancée dans cette voie n'entre pas aujourd'hui dans une **croissance dominée par l'informationnel**^{cb}.

L'énergie et l'information étaient, en effet, toutes deux simultanément présentes dans les premiers instruments fabriqués : l'énergie dans la matière qui les constituait et dans les forces motrices qui les animait, l'information-structure dans l'organisation dont ils étaient dotés, l'information-message dans le geste ou le programme qui les guidait.

Si la maîtrise des énergies fut le premier objectif, il paraît douteux aujourd'hui que la croissance de ces dernières puisse indéfiniment se

poursuivre à des rythmes dont les courbes confinent à la verticale. Déjà, semble-t-il, se multiplient les formes qui semblent prolonger le mouvement de dématérialisation que nous avons vu s'affirmer tout au long de l'évolution. L'informatique, partout présente et sans cesse croissante, en est le symbole. La matière et l'énergie ne sont plus ici que les supports nécessaires, mais accessoires, d'une production immatérielle, l'information^{cc}. La fusée, image même de l'énergie maîtrisée, développe plusieurs millions de CV au moment du décollage, mais lorsqu'elle a échappé à l'attraction terrestre, l'ordinateur prend la relève ; tout devient affaire de précision dans les calculs et dans la communication de l'information. Au plan social, comme au niveau des appareils, au moment où chez les travailleurs comme chez les consommateurs, la revendication du qualitatif relaie celle du quantitatif, les nouveaux progrès à attendre se déplacent de l'accumulation vers l'organisation. L'aspect relationnel du système passe désormais au premier plan⁴⁶.



Pour tenir compte de cette émergence de l'informationnel, ainsi que de la pa croissante prise par les énergies nucléaires et physico-chimiques dans l'ensemble de énergies, il convient donc de compléter les trois schémas de la page 130 par quatrième schéma conçu de la façon suivante :

- ouverture d'un pôle ÉNERGIE alimentant l'appareil productif et lui-même alimen par deux sources, l'énergie SOLAIRE (flux) ou d'origine solaire (énergies fossile et les Energies NUCLÉAIRES ou PHYSCO-CHIMIQUES.
- mise en évidence, à côté du travail manuel, d'un TRAVAIL INFORMATIONNEL MENTAL aboutissant à la formation d'un CAPITAL IMMATÉRIEL qui, à la fois, en résul et le renforce (bouclage rétroactif) : ce travail informationnel et mental est l'origine de deux flux de services immatériels :
 - un flux de services productifs immatériels (intermédiaires) dans tous le départements de la production ;
 - un flux de services, de plus en plus important, destiné au consommateur fina

Si l'horloge et la machine à vapeur ont symbolisé les révolutions économiques précédentes, c'est l'*ordinateur* qui caractérise la mutation contemporaine ; l'ordinateur, c'est-à-dire l'information, l'organisation, l'immatériel...

Le contenu en biens matériels du PIB d'un pays comme la France qui s'élevait à 43 % en 1970, s'abaissait à 36 % en 1990 et à ce rythme, il passerait à 30 % en 2020 et 21 % en 2060.

L'investissement immatériel (recherche, développement, formation, logiciel, fonction commerciale) passait de 21 % de la formation brute de capital fixe (FBCF) en 1974 à 40 % en 1990 et 43,5 % en 1991^{cd}.

Dans la structure de l'appareil productif, la part de l'industrie mesurée par les consommations énergétiques était de 40 % en 1970 ; elle tombait à 30 % en 1990 au profit de l'habitat, des transports et du tertiaire ; le scénario NOE anticipant la poursuite de ces évolutions, prévoit en 2060 : 15 % pour l'industrie, 35 % pour les transports et 50 % pour l'habitat et le tertiaire.

En toutes saisons, les productions agricoles ou industrielles s'échangent sur l'ensemble des marchés. Tout événement, se produisant en un point de

la planète, peut être partout connu et contemplé « en temps réel ». La moindre variation des cours de bourse à Tokyo, Londres, New York se trouve instantanément transmise à l'ensemble des places. Tout se passe comme si le temps et l'espace avaient disparu.

Cette émergence de l'immatériel c'est d'abord — grâce à la substitution de l'information à l'énergie et à la matière — la mise en place de processus plus efficaces, plus économes en énergie et en matière, donc moins traumatisantes pour le milieu naturel.

Nous avons décrit plus haut (voir « avant-propos ») la triple mutation fonctionnelle, organisationnelle et spatiale qui en résultait.

Nous retrouvons ici la logique des seuils que nous avons analysée ailleurs, dès 1965⁴⁷ et sur laquelle, par conséquent, nous ne reviendrons pas. En franchissant certains niveaux critiques de développement, un système connaît des mutations fonctionnelles y qui modifient profondément ses mécanismes, ses comportements, les moteurs de sa croissance, et ses modalités d'ajustement. Ces mutations constituent, au plan économique, la suite normale de celle que le vivant a enregistrée lorsque le mouvement continu de complexification qui a caractérisé la matière depuis les origines, a provoqué successivement l'apparition de la vie, puis de la conscience et, enfin, de la conscience repliée sur elle-même, propre à l'espèce humaine.

La notion de seuil permet d'expliquer le passage d'une *économie de survie* à une *économie de confort* et à une économie caractérisée par la *saturation des besoins en biens de consommation durables*, cette dernière phase pouvant, selon les voies qu'elle empruntera, déboucher sur une économie de l'être ou engendrer la destruction du milieu dans lequel elle se développe.

Cette notion concilie l'unité des processus économiques perçus dans une perspective d'évolution, avec les oppositions fonctionnelles constatées entre des économies parvenues à des stades différents de développement. Elle nous permet de comprendre que des appareils théoriques opposés — approche classique, approche keynésienne... — aient pu avoir leurs moments respectifs de légitimité dans des contextes différents.

Elle justifie la recherche de nouvelles analyses et de nouveaux instruments, destinés à rendre compte d'une réalité qui n'est plus celle pour laquelle ont été conçus les systèmes d'explication actuellement en vigueur^{ce}.

Et elle éclaire les raisons pour lesquelles l'intégration de l'économie à la biosphère, qui pendant longtemps n'a semblé faire aucune difficulté, devient, à partir d'un certain niveau de développement, l'un des problèmes

majeurs posés aux activités conscientes des hommes.

TROISIÈME PARTIE

L'INTÉGRATION À LA BIOSPHÈRE

Ayant mis en évidence l'unité des phénomènes qui régissent l'économique et la biosphère, il nous reste une dernière étape à franchir.

L'homme, retrouvant les responsabilités attachées à son rôle privilégié de créature consciente de sa conscience, peut-il déceler, dans cette unité, les principes et les règles d'une insertion harmonieuse de ses activités productives dans les régulations du milieu naturel ? C'est bien d'intégration qu'il s'agit ici, dans la mesure où intégrer consiste « à rassembler des éléments pour en former un tout, ou bien à augmenter la cohésion d'un tout déjà existant » (F. Perroux)¹.

Mais on n'agit que sur ce que l'on connaît vraiment et cela suppose que nous sachions passer :

- de la prise de conscience générale à laquelle nous sommes parvenus, à la mesure des phénomènes et à la définition des instruments adaptés à cette fin,
- puis, de cette évaluation chiffrée, à la formulation des principes d'organisation dont le respect devrait permettre, à différents modèles institutionnels, de se développer sans compromettre la reproduction du milieu naturel qui les porte.

CHAPITRE I

Les instruments et la mesure

La question se pose à nous de savoir si notre discours est destiné à conserver un caractère général, abstrait et désincarné, ou s'il débouche sur la définition d'un instrument susceptible d'opérer. En un mot, l'information et l'énergie se mesurent-elles et, si oui, leur évaluation apporte-t-elle à l'économiste des enseignements que ne pourraient lui livrer ses outils traditionnels conçus en termes monétaires ?

1. *L'instrument correspondant à chaque type de mesure dépend évidemment de l'objet de cette dernière*

La sphère économique conçue au sens strict possède sa logique et ses finalités qui, à son niveau, font de l'instrument monétaire un valorimètre, imparfait sans doute, mais un valorimètre qui, après correction, reste certainement irremplaçable : « le plus mauvais de tous les systèmes — comme on a pu le dire de la démocratie — à l'exception de tous les autres ». Le désir que je puis avoir de me procurer un objet ne dépend pas forcément de la quantité de matière ou d'énergie qui le constitue. Il se traduira, en revanche, dans la somme de monnaie à laquelle je suis prêt à renoncer pour l'obtenir. Un bien vaudra d'autant plus cher qu'il existera en quantités limitées par rapport au niveau des aspirations dont il fait l'objet. Le prix traduit donc, tant bien que mal, des phénomènes de tension entre offre et demande, qu'aucune unité énergétique ne saurait évidemment exprimer.

La *finalité de la sphère sociale* consiste en la recherche d'un bien-être qui ne se réduit pas aux seuls aspects marchands de l'activité humaine. Les tentatives de réduction auxquelles s'attachent un certain nombre de théoriciens néo-classiques, ne sont soutenables qu'au prix d'hypothèses théoriques et de hardiesses intellectuelles qui se condamnent d'elles-mêmes. Il est probable qu'une batterie appropriée d'indicateurs sociaux

non exclusivement monétaires, mesurant chacun ce que, dans une perspective sociale, on considère comme un indice valable du degré de réalisation d'un objectif déterminé, constitue ici l'instrument adéquat.

Au niveau de la biosphère enfin, l'instrument monétaire ne nous est d'aucun secours : le rythme d'épuration des eaux ou de l'atmosphère, leur degré de pureté, ne se traduisent pas en francs ; une réserve d'énergie exprimée en kilocalories correspond à une réalité physique, alors que, traduite en valeur monétaire, elle perd toute signification. Nous sommes ici à l'intersection de plusieurs disciplines. L'économiste doit se doter des outils qui lui permettent de dialoguer avec l'écologiste, le physicien, le biologiste... et de bénéficier des enseignements que chacun, dans sa discipline, peut lui apporter. Faute de quoi, il se condamne à ne pouvoir rendre compte d'aucune des conséquences que l'activité économique comporte pour son environnement. Ce dialogue devient une exigence de la survie.

2. Mais sa portée ne se limite pas à cela. Nous verrons que ***les instruments forgés pour répondre aux nécessités de la reproduction de la biosphère — s'ils n'éclipsent pas les autres — les complètent utilement dans la compréhension même des phénomènes intérieurs à la sphère économique.*** Cela ne saurait nous surprendre : la relation « économie-société-biosphère », sur laquelle nous raisonnons, est une relation d'inclusion ; dans la mesure où tous les éléments de l'ensemble incluant n'appartiennent pas nécessairement au plus étroit de ses sous-ensembles, on ne saurait leur appliquer les enseignements issus de celui-ci ; mais, en revanche, tout élément d'un sous-ensemble appartenant par définition à l'ensemble qui l'inclut, il n'est pas étonnant que les leçons valables pour ce dernier comportent quelques retombées au niveau de ses composantes. Nous l'avons déjà dit, si les phénomènes de la biosphère ne relèvent pas tous de la logique marchande, les biens marchands obéissent tous aux lois de l'énergie et de l'information.

Cependant, surgit encore une difficulté. Dans la mesure où, nous l'avons vu, l'information ne se réduit pas à l'énergie, l'unité même de la science économique, désormais appuyée sur deux éléments fondamentaux, n'est-elle pas remise en cause ? N'allons-nous pas nous acheminer vers un système d'interprétation où, selon leur nature, les phénomènes relèveraient de valorimètres énergétiques ou informationnels sans qu'il soit possible de passer de l'un à l'autre ?

Enfin, si cette dernière difficulté se trouve surmontée, la coexistence des trois sphères dont nous venons de parler, ayant chacune ses finalités et ses

valorimètres propres, ne soulève-t-elle pas un ultime problème de « no-bridge » ? Comment pourra-t-on établir un lien entre les évaluations menées, à un certain niveau, en termes de prix et les évaluations exprimées, au niveau de la biosphère, en d'autres unités ? Pourra-t-on, par exemple, passer du respect d'une certaine contrainte (norme) de reproduction, issue du milieu naturel et exprimée en termes physiques, aux implications monétaires de ce respect pour l'appareil économique ? Nous verrons que la voie n'est pas totalement inexplorée.

I. LA MESURE DE L'INFORMATION

A) Comment se mesure l'information : la formule de Shannon

1. *Information et probabilité*

A première vue, l'information qui intéresse l'économiste semble être exclusivement l'information signifiante ou l'information structure : quel est le sens d'un message, en quoi est-il susceptible de modifier le fonctionnement de l'appareil économique ? Quelle transformation un type d'organisation, une méthode de gestion, un procédé technique font-ils subir à la matière, afin de mieux assurer la satisfaction des besoins humains ? Cela est-il évaluable ?

Or, ce que l'on mesure au titre de l'information n'a apparemment rien à voir avec ce type d'interrogation. Il s'agit d'une simple référence à la probabilité d'apparition d'un événement.

Un événement, nous dit Shannon¹, lorsqu'il se réalise, nous informe d'abord... de sa réalisation. C'est le moins qu'il puisse nous apprendre. Si nous étions absolument certains de sa survenance (tirage d'une boule noire dans un sac ne contenant que des boules noires), celle-ci ne nous apprendra rien et la quantité d'information qu'elle nous apportera sera strictement nulle. Mais si son apparition était aléatoire (tirage d'une boule noire dans un sac contenant également des boules blanches), une incertitude sera levée^{cf}, et *le gain en information sera d'autant plus grand que la probabilité de l'événement était plus faible.*

Un événement peu probable sera porteur d'une grande quantité d'information mais il se réalisera peu souvent. Au contraire, l'apparition d'un événement très probable apportera peu d'information à la fois mais elle se réalisera souvent. Shannon exprime donc la quantité moyenne d'information véhiculée par symbole, dans un message, par une fonction

$H(x)$ dans laquelle l'information véhiculée par chaque événement (l'événement étant ici l'apparition d'un symbole) se trouve pondérée par sa probabilité d'apparition $p(i)$:

$$H(x) = -\sum p(i) \cdot \log_2 p(i)$$

La quantité totale d'information véhiculée par le message sera donc égale au produit de $H(x)$ par le nombre de symboles qu'il^{2cg}.

2. L'unité bit et ses caractéristiques

Pour mesurer cette information, il convient de nous doter d'une unité dont la valeur reste identique, quelle que soit la nature du message.

Pour ce faire, on remarquera que la quantité maximale d'information que puisse livrer un ensemble quelconque d'événements est liée à leur *équiprobabilité*. C'est, en effet, dans ce cas que l'incertitude est totale : si, dans un sac, nous mettons en nombre égal des boules noires, blanches et rouges, il est rigoureusement impossible de déterminer à l'avance une des trois couleurs qui aurait le plus de chances de sortir d'un tirage. Mais si une couleur déterminée est représentée par une boule supplémentaire, sa probabilité d'apparition sera plus forte et celle-ci nous livrera une information moindre.

Par ailleurs, l'information est liée à la technologie de l'ordinateur, qui repose sur l'utilisation d'un alphabet à deux symboles I et O. C'est pourquoi l'unité de mesure de l'information, appelée *bit* (binary digit), sera définie par la plus grande quantité d'information que puisse livrer un système binaire. Quantité maximale qui, nous venons de le voir, correspond à une probabilité d'apparition égale des deux symboles.

Dans ce cas, en effet, $p(1) = p(2) = 1/2$ et la valeur $H(x)$ dans la formule de Shannon est égale à l'unité.

L'information contenue dans un message sera donc exprimée en bits.

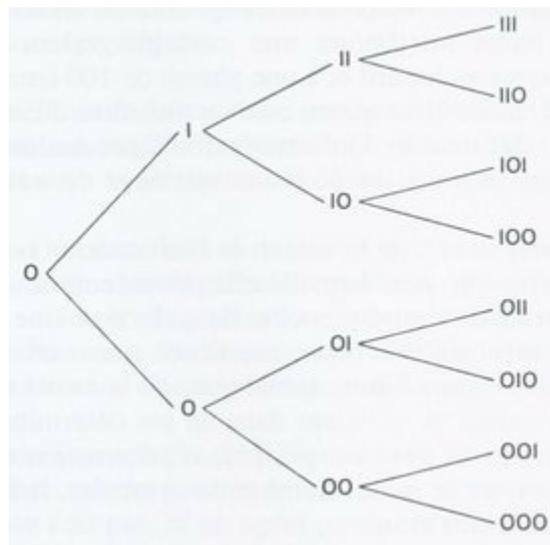
Pour illustrer ce point, nous emprunterons à Bertalanffy³ un exemple qui nous a paru très « parlant ».

Soit un « jeu des vingt questions », dans lequel il faut trouver la nature d'un objet grâce aux réponses faites par « oui » (I) ou « non » (O) à une suite de questions.

La quantité d'information contenue dans chaque réponse résulte d'un choix entre les deux branches d'une alternative (« animé ou inanimé » par exemple) :

- une question fait apparaître deux configurations possibles : 2^1 ;
- deux questions, quatre configurations : 2^2 ;
- trois questions, huit configurations : 2^3 , etc.

La puissance de 2 (le log de base 2) exprimant le nombre de configurations possibles, peut donc servir de mesure de l'information : l'information contenue dans 1 réponse sera $\log_2 2 = 1$ bit ; dans 2 réponses : $\log_2 4 = 2$ bits ; dans 3 réponses : $\log_2 8 = 3$ bits...



Le choix de cette unité commande donc celui de la base logarithmique 2 utilisée dans la formule de Shannon.

On constatera en conséquence que :

- « a) l'information est une quantité abstraite dont la valeur ne dépend pas de ce sur quoi elle porte, de la même façon que la longueur ou le poids ou la température ont des valeurs indépendantes de la nature de la chose qui est longue, lourde ou chaude,
- b) l'information est reliée à l'ensemble des formes possibles de réalisation d'un événement au sens large (résultats d'une expérience, utilisation d'une lettre dans le cours d'une phrase écrite ou parlée, etc.) : sa valeur dépend des probabilités associées avec ces formes de réalisation mais en aucune façon de leurs causes ou de leurs conséquences.

... Toute classification x avec des catégories i et des probabilités associées $p(i)$ permet d'y définir, par la formule de Shannon, une quantité d'information $H(x)$ qui est une fonction de ces probabilités. » (H. Atlan⁴)

B) L'économiste est-il tenu de mesurer l'information ? Les deux paradoxes de l'information

On voit tout de suite ce que cet instrument, simple traduction d'un ensemble de probabilités, mesure et ne mesure pas.

Il laisse fuir la dimension signifiante de l'information : qu'elles soient transmises au hasard ou qu'elles composent des phrases, 100 lettres de l'alphabet véhiculent, de ce point de vue, la même quantité d'information : « Nous laissons de côté la valeur humaine de l'information. Nous attribuons une certaine valeur d'information à 100 lettres prises au hasard et à une phrase de 100 lettres tirée d'un journal, d'une pièce de Shakespeare ou d'un théorème d'Einstein. En d'autres termes, nous définissons l'information indépendamment de la connaissance à laquelle nous ne pouvons attribuer de valeur numérique » (Atlan)⁵.

Il est indépendant de la valeur de l'information pour celui qui la reçoit et de l'efficacité avec laquelle elle pourra contribuer à engendrer un certain nombre de conséquences, dans le domaine économique par exemple. L'information reçue en tirant une carte d'un paquet de 32 cartes vaut toujours 5 bits, quelle que soit la nature de cette carte (roi, as, dame ou valet), et sa valeur dans un jeu déterminé. Un extrait d'un article d'Einstein ne contient pas plus d'information qu'un article sans intérêt comportant le même nombre de symboles, tiré d'un quelconque hebdomadaire à sensation.

Elle ne paraît avoir aucune relation avec le phénomène de structuration (information-structure) que nous avons cru découvrir au cœur des activités économiques.

L'économiste serait-il donc condamné à ne *pouvoir* évaluer l'un des deux aspects fondamentaux des activités dont il a pour mission de rendre compte ? Après avoir défini *l'économique comme une activité de structuration de l'énergie par de l'information*, devrait-il se rabattre sur une simple thermodynamique qui laisserait fuir la valeur économique des activités informationnelles ?

Cette conclusion paraît moins évidente et nous voudrions démontrer que, si l'économiste est dispensé de mesurer l'information, telle qu'elle est actuellement évaluée, ce n'est point parce qu'elle ne le concerne pas, mais au contraire :

- parce qu'il existe, entre « l'information-message » définie par Shannon et « l'information-structure » mise en œuvre par l'activité économique, une relation qu'il nous revient de préciser,
- et que cette « information-structure » manifestant ses effets sur les

flux énergétiques, il est possible d'en apprécier les conséquences économiques à travers ces derniers.

Si cette argumentation est recevable, il en résulterait donc que l'économiste pourrait — dans une optique concernant les seuls aspects quantitatifs de la reproduction^{ch} — s'en tenir à la mesure des flux énergétiques, non par impossibilité pratique, mais parce qu'il appréhenderait par là-même les effets de l'information dans le domaine qui le concerne.

1. Les conséquences économiques de l'information s'expriment à travers les flux énergétiques

Un phénomène dont la nature reste irréductible à l'énergie peut, en effet, révéler ses influences d'ordre économique à travers cette dernière. Un exemple emprunté à la Comptabilité Nationale permettra d'éclairer ce point.

On sait que le flux des biens et des services annuellement produits dans une nation — le Produit National — peut être appréhendé de trois façons différentes : à travers la production (somme de valeurs ajoutées), à travers la dépense (somme de consommations et d'investissements) ou à travers le revenu (somme de revenus versés en contrepartie d'une opération productive).

Dans cette troisième optique, la difficulté centrale consiste à distinguer ce qui est effectivement contrepartie d'une création de biens ou de services et ce qui ne l'est pas. Si un agent productif verse, sous forme de don gratuit, une fraction de son revenu à un autre agent, il n'y a pas, par hypothèse, création de produit mais simple transfert. Ce don n'entre donc pas en compte dans le calcul du produit national, sous peine de double emploi.

Ce problème s'est posé, notamment dans les pays en voie de développement, à propos des offrandes versées à certains personnages, comme le féticheur, en contrepartie d'interventions destinées à attirer les bienfaits du ciel sur leurs adeptes. Ces offrandes devaient-elles être comptabilisées ?

La réponse négative qui fut apportée à cette question ne comportait aucun jugement de valeur sur l'efficacité de l'action incantatoire. En effet :

- ou bien l'intervention du féticheur — pour provoquer la pluie en période de sécheresse par exemple — est restée inefficace et son revenu s'analyse comme un simple transfert sans contrepartie ;

– ou bien elle a été efficace ; mais alors ses incidences économiques se manifesteront à travers l'accroissement des récoltes qui vont augmenter les revenus — comptabilisés — des agriculteurs ; il n'y a donc pas lieu de comptabiliser le don au féticheur sous peine de double emploi.

La réaction des flux réels permet, en conséquence, de saisir l'éventuelle productivité de l'intervention.

Cette observation est transposable au domaine de l'information. Une nouvelle combinaison productive, un nouveau procédé de gestion, une nouvelle méthode de fabrication, un nouveau mode d'organisation, un nouvel équipement technique — toutes innovations qui constituent autant d'aspects de l'information-structure — s'ils ont quelque efficacité au plan économique, manifesteront leurs effets par l'intermédiaire des flux énergétiques^{ci} et il suffira donc de faire porter notre effort de mesure sur ces derniers.

Nous pourrions sans doute en rester là, mais il peut être intéressant d'approfondir la nature des relations qui nous permettent ainsi d'évaluer les conséquences d'un phénomène en nous situant dans un champ qui lui paraît totalement étranger.

2. Le lien entre énergie et information

Nous partirons de la similitude au moins formelle qui existe entre la formule de Shannon :

$$H = -\sum p(i) \cdot \log_2 p(i)$$

et celle par laquelle Boltzmann exprime l'entropie d'un système thermodynamique :

$$S = -k \sum p(i) \cdot \log_e p(i)$$

A une constante près^{cj}, ces deux formules sont identiques.

L. Couffignal⁶ attribue cette similitude à un hasard dénué de signification : « l'application de la fonction de Shannon à la thermodynamique et à l'informatique est... un pur hasard de rencontre d'une même formule mathématique ».

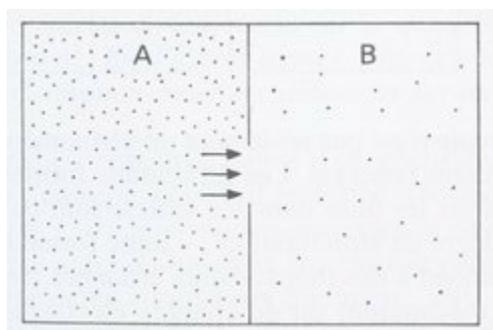
L. Brillouin⁷, au contraire, souligne l'existence d'une relation entre les deux séries de phénomènes concernés. Le célèbre démon de Maxwell^{ck} ne peut intervenir à l'intérieur d'un système que s'il voit les molécules dont il oriente la localisation et il ne peut les voir qu'en utilisant de l'énergie. C'est-à-dire en créant de l'entropie. Son intervention, loin de mettre en échec le second principe, se résume en :

- une utilisation de néguentropie pour obtenir de l'information...
- ...suivie d'une utilisation d'information pour créer de la néguentropie.

L'information et l'énergie ne sont donc pas aussi impénétrables l'une à l'autre qu'on aurait pu le penser au premier abord^{cl}.

Shannon et Boltzmann se réfèrent, on le remarquera, à des notions apparemment voisines de probabilités : probabilité d'apparition de différents événements dans le cas du premier ; probabilité de réalisation de différents micro-états possibles à l'intérieur d'un macro-système, dans le cas du second.

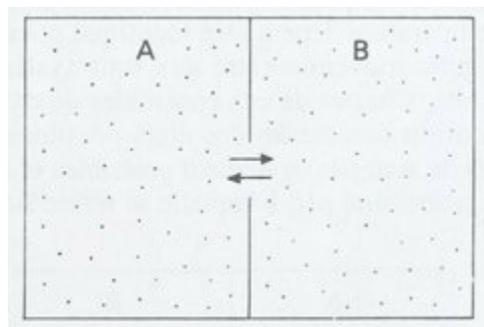
Un système thermodynamique, en effet, est spécifié, au plan macroscopique, par un certain nombre de grandeurs telles que N (nombre de molécules), V (volume), T (température). Mais ces grandeurs sont des moyennes établies au niveau du système tout entier et leur valeur est compatible avec plusieurs distributions des éléments qui le composent : ces derniers peuvent être répartis également ou inégalement à l'intérieur du système ; la température T peut être identique pour chacun d'eux ou constituer une simple moyenne entre des sous-systèmes diversement chauds ou froids, etc. Chacun de ces ensembles de caractéristiques microscopiques se définit comme un des états possibles du système. Or, ces différents états ne sont pas également probables et chacun peut donc être affecté d'une probabilité $p(i)$ à laquelle se réfère Boltzmann.



Les plus organisés, les plus structurés, sont les moins probables. Si, par exemple, un gaz a été réparti dans un système clos constitué de deux

compartiments communicants A et B, de telle façon qu'il se trouve à proportion de 90 % dans le premier et 10 % dans le second (structuration, organisation), les chocs de molécules sur la paroi de séparation, et par conséquent, le nombre de passages par l'ouverture, seront 9 fois plus importants dans le sens $A \rightarrow B$ que dans le sens $B \rightarrow A$. Mais cet écart se réduira au fur et à mesure que A se videra et que B se remplira. Lorsque le gaz se trouvera uniformément réparti entre les deux compartiments, les passages se compenseront et la situation restera indéfiniment étale. Le système sera en état d'entropie. Celle-ci est donc liée au jeu des probabilités : c'est un pur phénomène probabiliste (nombre inégal de chocs de A vers B et de B vers A) qui a détruit l'organisation initiale du système et c'est un pur phénomène probabiliste (égalité des chocs dans les deux sens) qui maintient cette situation d'entropie. Celle-ci se réalise et se maintient parce qu'elle correspond à l'état le plus probable du système.

Cette situation, notons-le car cela nous servira plus loin, est aussi une situation d'équiprobabilité : les chances de trouver telle ou telle molécule en un point déterminé du système sont strictement équivalentes — toutes les configurations sont également possibles à l'intérieur du système — , alors que dans l'état initial, une molécule quelconque avait 9 chances sur 10 de se trouver dans le compartiment A et 1 sur 10 dans le compartiment B.



Mais l'entropie n'est pas seulement un phénomène probabiliste. Elle concerne également l'énergie. Les différentes formes de l'énergie, bien que transformables les unes dans les autres, sont en quelque sorte hiérarchisées par degré de structuration : « toute forme d'énergie de niveau supérieur correspond à des mouvements ordonnés d'ensembles de molécules (énergie mécanique) ou de charges électriques (énergie électrique). Très schématiquement, un échantillon de matière est en mouvement lorsqu'un grand nombre de molécules se déplacent en même temps dans la même direction... au contraire, des déplacements de

molécules et de charges, effectués de façon désordonnée, au hasard et dans toutes les directions, n'aboutissent à aucun mouvement macroscopique (énergie mécanique nulle) ; ils représentent pourtant une certaine quantité d'énergie critique au niveau macroscopique : c'est précisément cette énergie qui constitue la chaleur » (Atlan)⁸.

Le deuxième principe de la thermodynamique — principe d'entropie ou de dégradation de l'énergie — exprime donc le passage du moins probable au plus probable, d'un système structuré à un système désorganisé, des formes « supérieures » de l'énergie vers sa forme dégradée, qui est la chaleur. C'est cette dégradation que mesure la formule de Boltzmann. Le mouvement de sens inverse, qui caractérise notamment l'évolution du vivant, est qualifié, par Brillouin, de néguentropie (entropie négative).

Lorsque l'entropie est maximale, aucun travail mécanique ne peut plus être obtenu du système, bien qu'il renferme toujours la même quantité d'énergie.

On appelle, comme nous l'avons vu, « énergie libre » dans un système la part qui est disponible pour une transformation en travail. En situation d'entropie, celle-ci est nulle. Elle ne peut prendre une valeur positive que si le système reçoit une certaine structuration. Par exemple, aucun travail ne pourra être obtenu d'un système contenant une quantité déterminée d'énergie thermique répartie au hasard : le heurt désordonné de molécules ne permettra pas de créer le mouvement. Mais, si la même quantité d'énergie est structurée (information-structure), de telle façon que l'on dispose, à l'intérieur du système, d'une source de chaleur et d'un « puits » à température plus basse, un flux orienté de molécules s'établira de celle-là vers celui-ci, flux dont il sera possible de tirer un travail, jusqu'au moment où sera atteint à nouveau l'état final d'équilibre que constitue l'entropie.

Qui ne voit alors l'importance considérable de ce constat pour la question qui nous retient ici ?

En fait, *l'énergie par elle-même ne crée rien* : le système en situation d'entropie contient exactement la même quantité d'énergie que le système structuré. Ce qui permet au système de livrer un travail mécanique, c'est son organisation, autrement dit la quantité d'information-structure dont il est doté. *En d'autres termes, l'énergie n'est que le véhicule par lequel l'information-structure débouche sur un travail mécanique.*

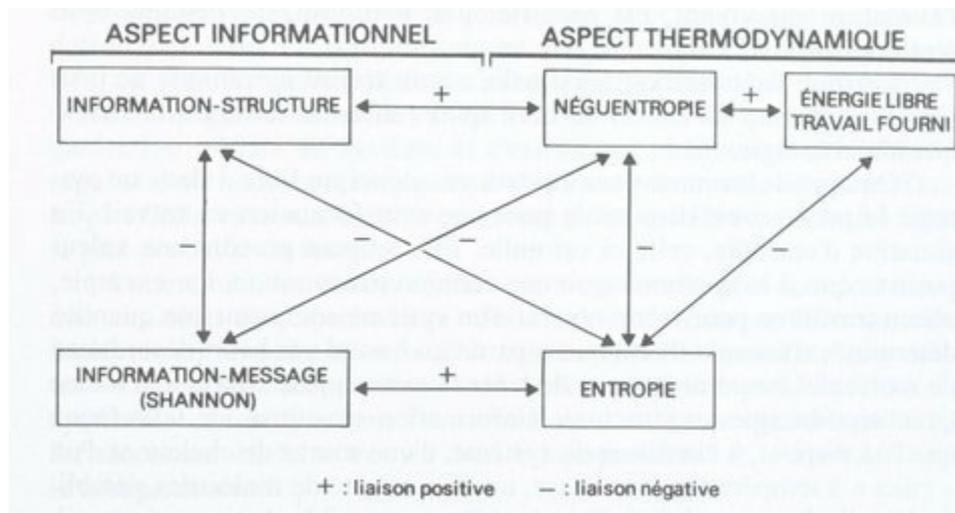
Plus un système est structuré, moins il est probable, plus il est éloigné de la situation d'entropie et plus il renferme d'énergie libre. *Il existe une relation positive entre information-structure et énergie libre, donc une relation négative entre information-structure et entropie.*

Et c'est ici que nous retrouvons Shannon : plus un système est structuré

et plus il s'éloigne de la situation d'équiprobabilité (qui est aussi celle de l'entropie) dans laquelle l'apparition d'un événement nous livrait le maximum d'informations.

Le premier paradoxe de l'information, c'est donc que plus un système contient d'information-structure, moins il délivre d'information-message^{cm}, car il s'éloigne alors de la situation d'équiprobabilité.

L'entropie d'un système et l'information-message que livrerait, si on pouvait en avoir connaissance, la réalisation d'un de ses micro-états possibles varient dans le même sens. La similitude que nous avons constatée entre la formule de Shannon et celle de Boltzmann n'est donc pas le fruit du hasard^{cn} ?



Nous pouvons présenter ici l'ensemble des relations qui s'établissent entre phénomènes informationnels et phénomènes thermodynamiques (schéma ci-dessus).

C'est donc par l'information que l'énergie est productive.

Le second paradoxe de l'information est alors que, bien qu'un système thermodynamique ne soit productif que par l'information qu'il contient, ce n'est pas l'information mais l'énergie que l'économiste doit mesurer, car c'est à travers cette dernière que se manifeste la productivité de l'information.

Nous tenons donc ici la réponse à la question que nous avons posée ; en mesurant les phénomènes énergétiques, l'économiste mesure en même temps les conséquences économiques de l'information.

II. LA MESURE EN TERMES ÉNERGÉTIQUES :

L'ANALYSE ÉCO-ÉNERGÉTIQUE

La thermodynamique étudie les lois de la transformation de l'énergie en travail mécanique. Conçue, comme son nom l'indique, à l'occasion du développement des systèmes thermiques, elle s'est d'abord attachée à déterminer les limites du rendement des machines à vapeur.

Les concepts qu'elle a forgés à cette occasion — énergie libre, énergie utilisable, entropie... — permettent de définir la quantité minimale d'énergie requise pour qu'un système puisse passer d'un état à un autre. La comparaison de cette quantité avec celle qui est effectivement utilisée fait apparaître un gaspillage théorique, dont la cause peut être imputée soit aux technologies, soit à l'organisation sociale. L'urbanisation, par exemple, entraîne des dépenses énergétiques liées aux transports, au stockage des aliments, à l'évacuation des déchets... Le problème revêt alors une dimension sociale. L'Analyse Éco-Énergétique (AEE) a précisément pour objet, comme le précise J. de Rosnay, « l'étude de la régulation des flux d'énergie dans la société »⁹. Elle forme un nouveau système d'analyse qui permet de juger les bases écologiques de la gestion des Ressources Naturelles dans divers systèmes sociaux et économiques¹⁰.

Née aux environs de 1940, de la préoccupation qu'ont eue les écologistes de mesurer les flux énergétiques dans les écosystèmes, et surtout développée par H.T. Odum¹¹) elle connaît aujourd'hui de nombreuses applications économiques... que la plupart des économistes s'acharnent à ignorer.

A) La productivité énergétique des écosystèmes

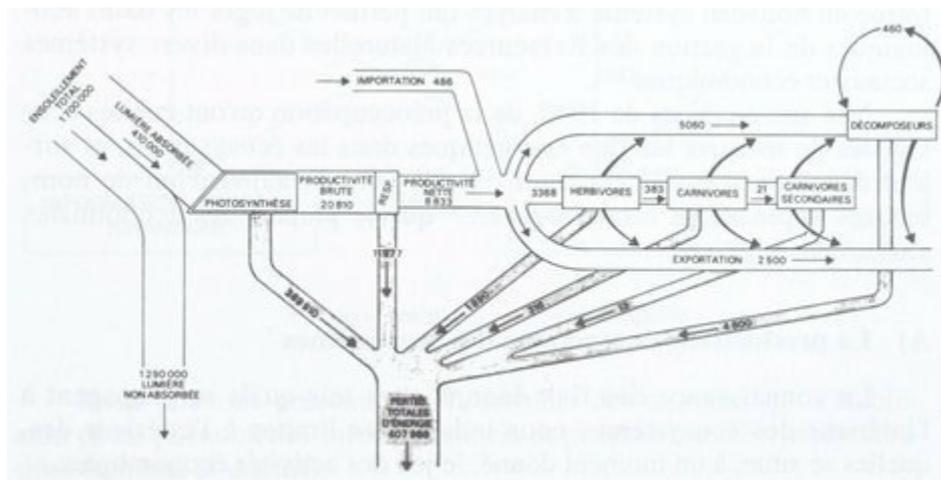
La connaissance des flux énergétiques tels qu'ils se propagent à l'intérieur des écosystèmes nous indique les limites à l'intérieur desquelles se situe, à un moment donné, le jeu des activités économiques.

De la mesure peu significative du nombre d'individus composant chaque niveau trophique d'un écosystème, à l'évaluation statique (en grammes de matière sèche ou en kilocalories par unité de surface) de la biomasse représentée dans ces différents niveaux, puis à la production et au rendement énergétique des écosystèmes, par unité de temps, les travaux des écologistes n'ont cessé de s'affiner.

H.T. Odum, en particulier, a fait sensiblement progresser notre connaissance en cette matière. Sa description désormais classique des transferts d'énergie dans l'écosystème des Silver Springs, met en évidence l'énorme déperdition que subissent les flux énergétiques tout au long de

leur progression d'un niveau trophique à l'autre :

- sur 1 700 000 kcal d'ensoleillement total par an et mètre carré, 410 000 seulement entrent dans l'écosystème,
- mais la photosynthèse n'en retient que 20 810 qui, après utilisation par les plantes pour assurer leur propre fonctionnement, se réduisent à 8 833 kcal de production de matière organique ; ces chiffres mesurent la productivité primaire de l'écosystème^{CO} ;
- le premier niveau trophique (herbivores), qui ne reçoit effectivement que 3 363 kcal, en produit 383 dont le second niveau trophique (carnivores) ne livre à son tour que 21 au niveau suivant ; on comprend pourquoi le nombre de niveaux d'un écosystème reste toujours limité à trois ou quatre ; on comprend également la forme pyramidale que revêt la représentation des transferts de flux énergétiques à l'intérieur des écosystèmes.



Transferts d'énergie dans les Silver Springs, en kcal/m²/an.
 En gris, pertes dues à la respiration et par les végétaux
 sous la forme de chaleur (Odum, 1957)

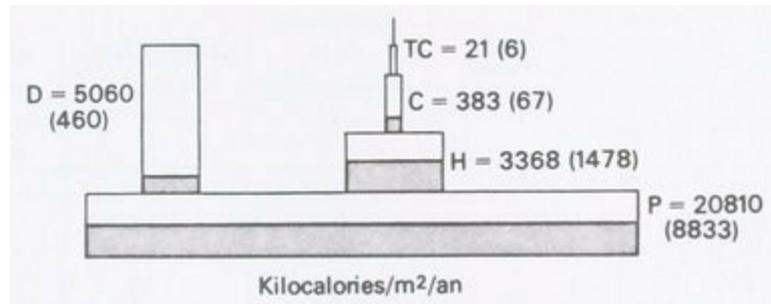
De tels schémas concernent l'économiste à un triple point de vue :

1. Ils marquent l'une des limites auxquelles se heurte l'activité économique à un moment donné

Le développement de cette dernière repose en effet :

- d'une part, sur l'exploitation des réserves énergétiques enfouies dans le sol et dont, à long terme, elle ne peut négliger les rythmes de

renouvellement ou les délais d'épuisement ;
 — et d'autre part, sur les flux énergétiques (indéfiniment renouvelables jusqu'à la « mort » du soleil) à l'intérieur desquels elle s'inscrit.



« Pyramide des énergies » pour Silver Springs

Les nombres sont exprimés en kilocalories par mètre carré et par an : les parties ombrées et les nombres entre parenthèses désignent l'énergie fixée sous forme de biomasse. P, producteurs ; H, herbivores ; C, carnivores ; TC, poissons carnivores ; D, décomposeurs (d'après Odum).

Ainsi, les végétaux verts apparaissent comme les véritables « producteurs » des flux énergétiques renouvelables dont peuvent disposer les écosystèmes auxquels appartiennent les hommes.

Le rendement moyen de la photosynthèse étant de l'ordre de 1 %, les 400 000 kcal/m²/an qui entrent dans notre planète permettent au maximum la formation de 4 000 kcal de matière végétale¹².

La quantité de biomasse, mise à la disposition des hommes par les niveaux trophiques ultérieurs (consommateurs primaires ou secondaires), est également limitée par leur rendement. Celui-ci, de l'ordre de 10 %, est généralement meilleur chez les carnivores que chez les herbivores, mais il ne porte évidemment que sur la fraction d'énergie effectivement assimilée par ces derniers¹³.

Au niveau de la planète, nous savons que l'ensoleillement annuel total est de $5 \cdot 10^{20}$ kcal, qui se répartissent en $1,4 \cdot 10^{20}$ kcal pour les continents et $3,6 \cdot 10^{20}$ kcal pour les océans¹⁴. Les divers écosystèmes se répartissent en Forêts, Steppes, Cultures, Déserts, Antarctique, Océan,, dont on connaît les surfaces respectives et dont on évalue approximativement le rendement photosynthétique (cf. tableau ci-après). La productivité primaire totale de la biosphère peut être ainsi estimée à $61 \cdot 10^9$ tonnes de matières organiques, représentant $2,5 \cdot 10^{17}$ kcal.

Si nous rapportons ce dernier chiffre aux 510^{20} kcal d'énergie lumineuse reçue par la Terre, nous pouvons établir à 0,05 % l'efficacité

moyenne de la photosynthèse à l'échelle du globe¹⁵. Quoique très faible, ce rendement correspond à la fixation d'une quantité de matière énorme représentant 60 fois l'ensemble des productions chimiques et minières des hommes, qui s'élèvent à 109 tonnes environ¹⁶.

	Surface en millions de km ²	Rendement de la photosynthèse (%)	Productivité en t/ha/an	Production totale de matière organique en milliards de tonnes
Forêts	40,7	0,33	5	20,4
Steppes	25,7	0,1	1,5	3,8
Cultures	14,0	0,25	4	5,6
Déserts	54,9	0,01	0,2	1,1
Antarctide	12,7	0	0	0
Océan	363	0,05	0,8	30
	511,0			60,9

Source : Duvigneaud P., *L'Ecologie, science moderne de synthèse*, Bruxelles, Ministère de l'Education Nationale et de la Culture, 1967.

2) Ces schémas mettent encore en évidence les interdépendances qui s'établissent entre les différents niveaux de transformation de l'énergie

La quantité de biomasse que porte un niveau trophique est commandée par celle du niveau précédent, et commande celle du niveau ultérieur. Ainsi, la biomasse la plus importante sur le globe est celle des végétaux verts, suivie de celle des herbivores, puis des carnivores, etc « La biomasse animale en milieu terrestre est, en général, inférieure à 1 % de la biomasse végétale. Le rapport biomasse végétale/biomasse des herbivores a varié, de 10^2 dans les steppes et les déserts, à 10^3 dans les steppes boisées, à 10^4 dans la toundra et 10^5 dans la taïga, les forêts de conifères et celles d'arbres à feuilles caduques Le rapport biomasse des herbivores/biomasse des carnivores est toujours voisin de 10^2 » (Dajoz)¹⁷.

Les déperditions qui se produisent ainsi le long des chaînes alimentaires conduisent les populations des pays à faibles niveaux de revenus à utiliser au mieux l'énergie véhiculée par les écosystèmes, en « court-circuitant », dans toute la mesure du possible, un étage de la pyramide. La consommation de viande, en effet, est un luxe énergétique accessible à ceux-là seuls qui disposent de surplus importants, puisqu'elle ne permet de récupérer que 10 % de l'énergie captée par les végétaux. Le blé, le riz, le

manioc, les ignames constituent donc la base alimentaire des populations les plus démunies du globe ; les étangs aménagés, en Chine, pour la production intensive de poissons, sont orientés vers l'élevage d'espèces herbivores, de préférence aux espèces carnivores. Comme l'explique Ehrlich¹⁸ : « Il faut approximativement 100 qx de blé pour produire 1 tonne de bétail qui peut à son tour être employée à produire 100 kg d'êtres humains.

En faisant descendre à l'homme un échelon de la chaîne alimentaire, 10 fois plus d'énergie serait directement utilisable, ce qui veut dire que les 100 qx de blé utilisés à produire 1 tonne de bétail pourraient être employés, au lieu de cela, à produire 1 tonne d'êtres humains »^{CP}. C'est bien ce que font les populations des pays sous-développés qui s'adaptent ainsi, instinctivement, aux lois des flux énergétiques.

Mais on comprend alors que toute atteinte portée à un niveau quelconque de la pyramide — déboisement lié à l'urbanisation ou à l'industrialisation par exemple — se répercute sur l'ensemble, et commande, en dernier ressort, la population humaine que peut porter l'écosystème terrestre.

3. Ces schémas, enfin, permettent d'évaluer les incidences de politiques visant à desserrer la contrainte que représente, à un moment donné, la dimension limitée des flux énergétiques susceptibles d'être transformés par les hommes. Il en fut ainsi au néolithique, lorsque les populations s'établissant sur un territoire fixe se mirent en mesure d'utiliser systématiquement le sol comme convertisseur d'énergie. Il en fut ainsi chaque fois que furent domptées de nouvelles forces : animales, naturelles, fossiles ou physico-chimiques. Il peut encore en être ainsi demain, dans la mesure où seront domestiquées les énergies solaire, géothermique, nucléaire.

Lorsque certains biologistes proposent, par exemple, d'améliorer le captage de l'énergie solaire en sélectionnant des plantes à haut rendement photosynthétique (canne à sucre, jacinthes d'eau...), ou lorsque d'autres utilisent cette même photosynthèse pour introduire en début de chaîne alimentaire, en milieu aquatique, une alimentation enrichie, il s'agit bien d'élargir un flux d'entrée destiné à se diffuser sur l'ensemble des activités humaines¹⁹.

Les économies en énergie par unité de produit — dont nous avons vu plus haut qu'elles étaient tout particulièrement dues au développement de l'informationnel — prennent enfin ici toute leur signification.

Envisagée dans le temps, la contrainte de limitation des flux n'est donc

pas aussi totale qu'on l'aurait imaginé. Si les hommes ne peuvent agir sur le rayonnement solaire, ils apprennent à récupérer à leur profit une partie des importantes déperditions dont ce dernier fait l'objet. Mais les implications économiques des innovations permettant d'atteindre ce résultat ne peuvent être véritablement appréciées que si l'on connaît l'ampleur et les modes de propagation des flux sur lesquels elles s'exercent.

B) Les bilans énergétiques de l'activité économique

L'idée d'appliquer aux activités économiques un système de mesures exprimé en unités énergétiques n'est pas nouvelle. Dans une lettre du 19 décembre 1882 adressée à Marx, Engels insiste longuement sur les travaux d'un certain Podolinski^{20cq} dont, selon lui, « la très importante découverte » consiste en la démonstration que « le travail humain est capable de retenir et de prolonger l'action du soleil à la surface terrestre au-delà de ce qu'elle durerait sans ce travail », mais à qui il reproche cependant ce que lui-même considère comme « absolument impossible », « de vouloir exprimer des rapports économiques dans des unités de mesure de la physique »²¹.

De nombreux travaux contemporains²², acquis notamment grâce aux progrès que la thermodynamique ne pouvait manquer de faire depuis l'époque où écrivait Engels, sont venus apporter un démenti au scepticisme de ce dernier.

La tâche, comme il le soulignait, était effectivement ardue et pleine de périls, mais il n'y avait là, contrairement à son opinion, aucune « impossibilité pure »²³.

1. Un rapport récent souligne à la fois **les difficultés de l'entreprise et les précautions à prendre pour la mener à bien**²⁴. Elles concernent :

a) *L'insuffisance des statistiques* : ainsi, la plupart des statistiques actuellement disponibles n'appréhendent que l'énergie directe, c'est-à-dire le carburant consommé par les moteurs, l'électricité dépensée, etc. ; elles laissent fuir l'ensemble des énergies investies dans la production des facteurs (véhicules, engrais, matières premières...) qu'il faut tenter d'évaluer par ailleurs en remontant, chaînon par chaînon, la filière de leur fabrication. A peu près simultanément, plusieurs auteurs (Stephen Berry, Pimentel, Heerenden...) se sont orientés vers la voie qui consiste à combiner le cadre offert par les matrices input-output de Leontieff avec

l'évaluation des flux énergétiques dans les processus industriels, tels que les déterminent les ingénieurs du génie chimique. On obtient ainsi des matrices, dans les cases desquelles les coefficients techniques familiers à l'économiste sont remplacés par les flux énergétiques (généralement exprimés en kcal) reçus ou transmis d'un secteur à l'autre.

b) Le découpage et le niveau d'agrégation des systèmes

Les espaces des écosystèmes sociaux définis par un ensemble d'interactions qui leur donnent leur cohérence ne coïncident généralement pas avec ceux des unités économiques ou administratives.

Il faut donc distinguer les systèmes qui, dans un même secteur, présentent des caractères trop dissemblables pour qu'on puisse les représenter par des moyennes significatives. Il en va ainsi, par exemple, des systèmes modernes de monoculture et des systèmes traditionnels de polyculture, dont les structures énergétiques divergent trop sensiblement pour qu'une moyenne nationale possède, en ce qui les concerne, une quelconque valeur de représentation.

Le regroupement du comparable peut s'effectuer à différents niveaux d'agrégation, dont dépendront la nature des flux que l'on appréhendera, et la portée des constatations auxquelles on aboutira. Ainsi, les travaux de Pimentel que nous retrouverons plus loin, relatifs à une culture déterminée — celle du maïs —, mettent en évidence un phénomène très important de décroissance des rendements énergétiques au niveau de l'exploitation, mais laissent nécessairement fuir tout un ensemble de phénomènes extérieurs à cette dernière : dépenses énergétiques liées à l'acheminement des produits vers les marchés, aux transformations d'habitudes alimentaires de la population, aux activités nouvelles des agriculteurs déplacés par le progrès technique, etc. L'étude de Steinhart, en revanche, portant sur l'ensemble du système agro-alimentaire des Etats-Unis, les appréhende. Et si elle nous livre des enseignements d'une portée moindre à l'échelle de l'unité de production, elle révèle, au niveau de la Nation, des mutations qui échappaient à l'analyse précédente.

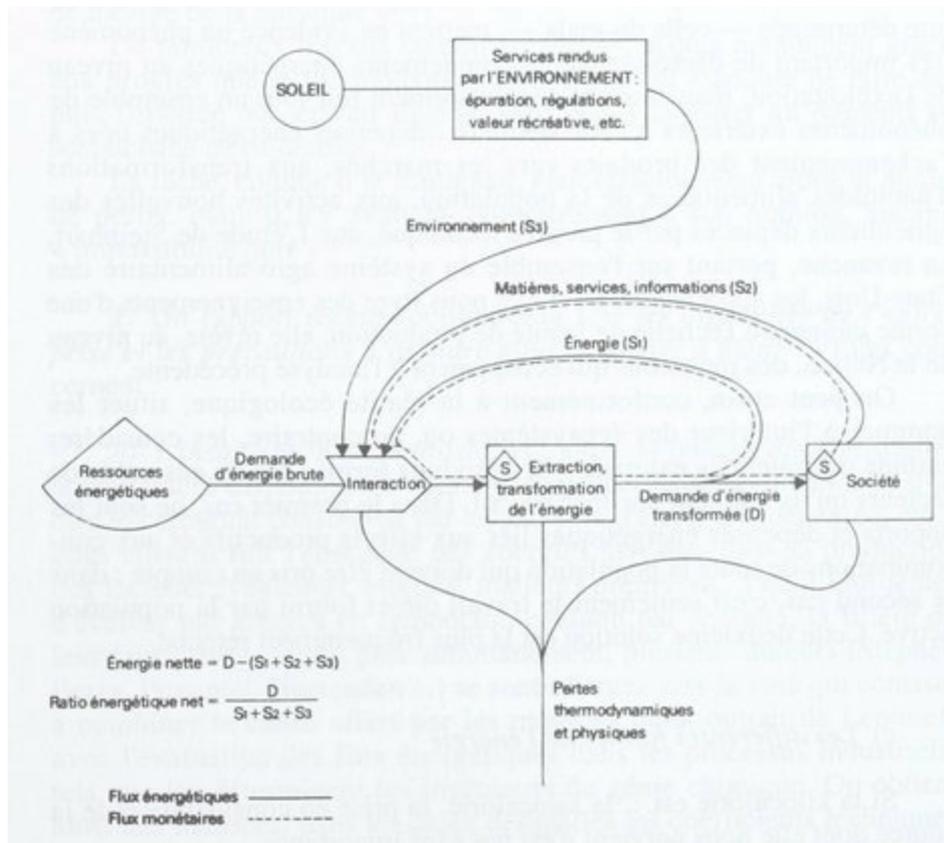
On peut enfin, conformément à la réalité écologique, situer les hommes à l'intérieur des écosystèmes ou, au contraire, les considérer comme utilisateurs « externes » des produits formés par un ensemble de facteurs qu'ils animent par leur travail. Dans le premier cas, ce sont les apports et dépenses énergétiques liés aux efforts productifs et aux consommations de toute la population qui doivent être pris en compte ; dans le second cas, c'est seulement le travail direct fourni par la population active. Cette deuxième solution est la plus fréquemment retenue.

c) Les différentes formes de l'énergie

Si la kilocalorie est... la kilocalorie, la prise en considération de la source dont elle nous parvient n'est pas sans importance.

L'utilisation d'un flux renouvelable (énergie solaire et dérivées) n'a pas la même portée que celle d'un stock épuisable (énergies fossiles). La comptabilisation de la première a un sens précis dans le calcul des rendements photosynthétiques des écosystèmes ; mais, transposée dans les systèmes de production « au même titre que l'énergie humaine, la traction animale et l'énergie fossile, ces dernières deviennent, dans les bilans, de l'ordre de grandeur d'un bruit de fond purement négligeable »²⁵. La prise en compte de ce qui se renouvelle automatiquement estompe alors l'importance apparente de ce qui s'épuise et doit être géré. Cependant, certaines formes du renouvelable n'échappent pas à l'emprise humaine : un patrimoine forestier, une ressource vivante, possèdent leurs rythmes naturels de renouvellement et de croissance. Il ne faut pas confondre alors ce qui, étant prélevé sur la productivité nette, ne compromet pas la reproduction de la ressource, et ce qui, étant destruction de la biomasse, conduit à terme à sa disparition.

Il faut, enfin, tenir compte de l'état de concentration ou de dispersion dans lequel se présente l'énergie. « Le pétrole est 2 000 fois plus concentré que l'énergie solaire, 40 fois plus que le vent et 20 fois plus que l'énergie de la photosynthèse contenue dans le sucre... l'énergie électrique est 3,5 fois plus concentrée que le pétrole » (J. de Rosnay)²⁶.



Relation fonctionnelle entre énergie nette, demande énergétique et subside énergétique (d'après M.W. Gilliland, *Energy analysis and public policy*, 26 sept. 1975, vol. 189, n° 4208).

A quantités égales exprimées par le même nombre de kilocalories, deux sources d'énergie différemment concentrées n'auront donc pas la même productivité énergétique nette en travail mécanique. La concentration de la forme la plus disséminée exigera la mise en place de moyens, donc une dépense en énergie qui viendra en déduction de la production apparente. Les instruments de mesure utilisés doivent en tenir compte.

d) *Le choix des valorimètres*^{cr}

Les modes de comptabilisation et les ratios utilisés doivent donc, ici comme ailleurs, varier selon la réalité que l'on entend exprimer. On distingue principalement :

- la Consommation Énergétique Brute « Gross Energy Requirement » : GER) ou quantité totale d'énergie directe et indirecte absorbée par le processus de fabrication d'un bien ou d'un service²⁷ ;
- la Consommation Énergétique Nette (« Net Energy Requirement » : NER) ou quantité d'énergie absorbée, compte tenu du fait que le

produit fini peut posséder lui-même une certaine capacité de restitution de l'énergie qu'il renferme²⁸ ; dans ce cas, cette dernière vient en déduction de l'énergie absorbée par le processus de fabrication ;

- le Besoin en Energie pour Produire de l'Energie (« Energy Requirement for Energy » : ERE), qui s'exprime par le rapport :

$$\frac{\text{Energie absorbée} - \text{énergie restituée}}{\text{Energie restituée}}$$

Il est clair alors que si la totalité de l'énergie absorbée était restituée, ce rapport serait égal à zéro et que plus il est élevé, plus est grande la quantité d'énergie nécessaire pour mettre une kilocalorie à la disposition des hommes. Si, par exemple, 4 kWh sont nécessaires pour mettre 1 kWh d'électricité à la disposition du consommateur final²⁹) il s'établit à :

$$\frac{4-1}{1} = 3$$

L'ERE est sans doute l'indicateur le plus riche d'enseignement, « le plus spectaculaire », affirme Slessor, de l'analyse écoénergétique.

2. L'application de ces instruments dans les secteurs agricole et industriel, en révélant certains phénomènes que dissimulent les indicateurs traditionnels du marché, éclaire de façon significative le comportement des économies contemporaines.

Cependant, pour des raisons d'ordre thermodynamique les critères d'évaluation ne pourraient être les mêmes dans ces deux secteurs.

- Dans le cas de l'agriculture en effet, la notion d'*output* énergétique a un sens : la kilocalorie contenue dans le produit est bien ce que consomme l'utilisateur final. Il n'est donc pas aberrant de rapporter cet *output* énergétique à la somme des *inputs*, eux-mêmes exprimés en énergie nécessaire pour la production. Le concours de la nature étant considéré comme gratuit seuls sont comptabilisés, dans la plupart des cas, les *inputs* dus à l'activité des hommes ; on pourra donc constater des rendements supérieurs à 1 sans que soit enfreinte la loi de Carnot qui démontre l'impossibilité de tels rendements ; simplement une partie des *inputs* n'a pas été comptabilisée.

- Dans le cas de l'industrie, ce n'est pas l'énergie contenue dans la

matière constituant l'objet, mais le service rendu par celui-ci qui présente l'*output* désiré par le consommateur. De ce point de vue, le contenu énergétique de la matière dont est faite l'automobile ne présente aucun intérêt. La nature en outre, n'intervient pas pour augmenter gratuitement la masse de matière dans laquelle se fixe l'énergie^{CS}. Le rendement énergétique d'un processus industriel, comme celui de tout processus de transformation, est donc inférieur à l'unité. La productivité énergétique à proprement parler (rapport d'un *output* sur un *input*) est dénuée de sens. En revanche, la comparaison de la quantité d'énergie utilisée pour fabriquer un objet avec la quantité minimale qui eut été nécessaire dans des conditions optimales (optimum de Carnot faisant intervenir la différence des *températures* de la « source chaude » et « du puits froid » entre lesquels circule le flux énergétique) fournit une indication utile sur la performance du système productif.

a) Dans le domaine agricole, le fait majeur, depuis la fin du second conflit mondial, semble être un accroissement spectaculaire des productions, qui a permis de suivre l'augmentation de la population mondiale³⁰. Le progrès technique, semble-t-il, contrarie indéfiniment la loi des rendements décroissants reléguée alors au rang de loi tendancielle, dont le jeu paraît lié à un « toutes choses égales par ailleurs », qui ne se réalise jamais :

- la productivité par travailleur, sur la base 1 pour le Tiers-Monde, s'élève alors à 6 en URSS, 14 en Europe et 80 aux Etats-Unis³¹ ;
- par unité de surface, le rendement mondial moyen en blé qui était de 11,9 qx/ha en 1961, s'élevait à 16,1 qx/ha en 1974³², et les rendements obtenus en certains points du globe (France : 47 qx/ha) laissent entrevoir des perspectives confortables pour l'avenir.

En 1985-1986, en France, le rendement moyen de blé à l'hectare était évalué à 72 qx ; des rendements de 100 qx/ha n'avaient rien d'exceptionnel et certains experts évoquent même aujourd'hui la perspective de 300 Qx/ha comme objectif réalisable (E. Pisani, *Pour une agriculture marchande et ménagère*, éditions de l'Aube, 1994).

« Le monde, déclarait en 1975 Monsieur R. Mac Namara, peut augmenter sa production alimentaire dans des proportions suffisantes pour équilibrer l'accroissement de la population d'ici 20 ou 30 ans, et mettre ce délai à profit pour prendre les mesures nécessaires au maintien de l'accroissement de la population, dans les limites de nos possibilités d'accroissement du niveau de vie. J'affirme que le monde peut y

parvenir »³³.

Mais les indicateurs traditionnels qui paraissent fonder cet optimisme dissimulent les conditions auxquelles sont obtenus ces résultats :

- la substitution massive des fertilisants chimiques aux engrais naturels et leur utilisation de plus en plus intensive³⁴ ;
- le recours constant aux pesticides³⁵ ;
- la substitution de l'énergie tirée des combustibles fossiles à l'énergie précédemment fournie par le travail humain et animal ou par les éléments naturels³⁶.

A une énergie renouvelable, souvent gratuite et prélevée sur un flux permanent, se substituent des procédés qui ont tous en commun d'être hautement consommateurs en énergie fossile, onéreuse et non renouvelable

*Malcolm Slessor*³⁷ désigne par l'expression de subside énergétique la quantité d'énergie, exprimée en kilocalories par hectare, qui se trouve ainsi apportée par l'ensemble de ces inputs pour accroître le rendement. Une étude portant sur 131 systèmes agricoles pris dans différents pays lui permet de révéler une relation très nette, établie sur 30 ans, entre le rendement exprimé en kilocalories par hectare et le subside énergétique. Ainsi apparaît un nouvel indicateur de rendement, emprunté à la thermodynamique, le rapport

$$\frac{\text{output énergétique}}{\text{input énergétique}}$$

qui permet de mesurer le nombre de calories utiles, produites dans un système de production, pour chaque calorie absorbée sous forme d'input. Il ne s'agit évidemment pas, en ce qui concerne ces dernières, des seules calories directement utilisées, mais de l'ensemble des calories directement ou indirectement nécessaires pour produire les différents facteurs absorbés par le processus productif.

Cette approche fait apparaître deux phases d'évolution nettement tranchées selon qu'il s'agit d'études pionnières ou d'études récentes, généralement publiées à partir de 1985.

— *Les études pionnières*

Les études portant sur la période antérieure au déclenchement de « la crise », dans le courant des années 1970, révèlent l'ampleur et la rapidité d'une *décroissance des rendements* que dissimulaient les valorimètres

traditionnels.

La première, désormais classique, est celle que D. Pimentel a consacrée à la production de maïs, aux Etats-Unis, entre les années 1945 à 1970³⁸.

L'évaluation de l'output énergétique représenté par un volume de production déterminé s'effectue en appliquant le taux de conversion de 1800 kcal pour 1 livre de maïs³⁹.

La détermination de l'input est plus délicate. Elle suppose que soient évaluées les kilocalories nécessaires à la reproduction de la main-d'œuvre (alimentation notamment), à la fabrication des machines, à l'essence qu'elles consomment, à la production d'engrais et de pesticides, à l'irrigation, au séchage, à l'éclairage, au chauffage, au transport, à l'apport de semences... Sur tous ces points, l'auteur détaille longuement ses modes de calcul et le tableau ci-dessous rassemble les résultats auxquels il parvient pour les 25 années considérées.

Intrants d'énergie (kilocalories) dans la production de maïs

Intrants	1945	1950	1954	1959	1964	1970
Main d'œuvre	12 500	9 800	9 300	7 600	6 000	4 900
Machines	180 000	250 000	300 000	350 000	420 000	420 000
Essence	543 400	615 000	688 300	724 500	760 700	797 000
Azote	58 000	126 000	226 800	344 400	487 200	940 800
Phosphore	10 600	15 200	18 200	24 300	27 400	47 100
Potassium	5 200	10 500	50 400	60 400	68 000	68 000
Semence						
plantation	34 000	40 400	18 900	36 500	30 400	63 000
Irrigation	19 000	23 000	27 000	31 000	34 000	34 000
Insecticides	0	1 100	3 300	7 700	11 000	11 000
Herbicides	0	600	1 100	2 800	4 200	11 000
Séchage	10 000	30 000	60 000	100 000	120 000	120 000
Electricité	32 000	54 000	100 000	140 000	203 000	310 000
Transport	20 000	30 000	45 000	60 000	70 000	70 000
Total des intrants	925 000	1 206 400	1 548 300	1 889 200	2 241 900	2 896 800
Rendements en maïs	3 427 200	3 830 400	4 132 800	5 443 200	6 854 400	8 164 800
Rendements kcal						
Intrants kcal	3,70	3,18	2,67	2,88	3,06	2,82

On y voit qu'en 1945, un apport de 925 000 kcal par acre^{ct} livrait une production de 3 427 200 kcal, soit un output/input de 3,70 : chaque kilocalorie investie produisait 3,70 kcal utiles

En 1970, un apport de 2 896 800 kcal permettait d'obtenir une production de 8 164 000 kcal, soit un taux de retour de 2,8 seulement.

En vingt-cinq ans par conséquent, alors que le rendement en poids par unité de surface s'élevait de 52,25 à 81,0 boisseaux^{cu} (soit une augmentation de 55 %)⁴⁰, le rapport

$$\frac{\text{output énergétique}}{\text{input énergétique}}$$

s'abaissait de 25 %, faisant apparaître — derrière l'euphorie des rendements croissants — une baisse sensible de l'efficacité des efforts déployés pour obtenir ces derniers. Il marquait, par là même, les limites des résultats que l'on pouvait attendre du recours aux méthodes de l'agriculture intensive. Une autre notion de décroissance des rendements se révélait alors.

Etendue par *Steinhart*⁴¹ à l'ensemble du système agricole et alimentaire des Etats-Unis pour les années 1940 à 1970, l'approche énergétique nous livre des résultats peut-être encore plus spectaculaires. C'est qu'en effet l'extension même du champ de l'analyse permettait d'appréhender des mutations situées à l'extérieur du cadre de l'exploitation proprement dite.

L'objectif de l'auteur est d'évaluer, au niveau des Etats-Unis, l'ensemble des consommations énergétiques nécessaires pour satisfaire la demande de consommation alimentaire de la population. L'ensemble des inputs est donc constitué par les dépenses énergétiques des trois secteurs contribuant à la satisfaction du besoin final : l'exploitation agricole, les industries alimentaires^{cv} et le secteur domestique.

L'industrialisation de toute la chaîne agro-alimentaire⁴², la mise en place de nouvelles techniques de conservation et de nouveaux systèmes de distribution, la modification des habitudes alimentaires des ménages (conserves, surgelés, plats cuisinés, alimentation carnée) et leur équipement en frigidaires, congélateurs, robots ménagers de toute sorte, ont considérablement accru la dépense énergétique de ces trois pôles.

Il n'est donc pas étonnant que le subsidé énergétique ait connu un taux annuel de croissance de 3,3 %, presque double de celui de la consommation alimentaire.

De telle sorte qu'au terme de la période envisagée, le rapport^{cw}

$$\frac{\text{input énergétique}}{\text{output énergétique}}$$

fait apparaître un phénomène inattendu beaucoup plus spectaculaire que celui dont la seule analyse au niveau de l'exploitation pouvait nous offrir la révélation : non seulement il a doublé (l'efficacité de l'appareil agro-industriel^{cx} diminué de moitié) en trente ans, mais il faut désormais

investir en moyenne près de 10 kilocalories pour en recueillir une seule sous forme alimentaire.

Une comparaison plus générale nous réserve de nouvelles surprises :

- la productivité énergétique des agricultures développées se révèle sensiblement plus faible que celle des agricultures dites primitives : alors que dans le cas de ces dernières, 1 kilocalorie fossile investie procure 5 à 50 kilocalories alimentaires, les premières doivent consacrer 5 à 10 kilocalories d'input pour obtenir 1 kilocalorie d'output : cependant, A. Puntì souligne que la quantité d'énergie qu'il convient de consacrer à la simple reproduction du travail humain (et, ajouteront-nous, de tout autre facteur) — amortissement de la ressource — croît avec le niveau de développement ; il montre alors — et ceci relativise la portée des comparaisons internationales directes — que, si les procédés de production des pays développés sont moins efficaces énergétiquement que ceux des pays en voie de développement, ils sont cependant plus efficaces pour le niveau de développement auquel ils sont utilisés. On peut dire la même chose des PVD et des procédés auxquels ils ont recours ; à chaque niveau donc sa technologie énergétiquement adaptée (A. Puntì, *Some limits of the energy values in natural resources accountancy*, Colloque « Ecological Economics », Barcelone, 1987).
- comparée à celle des écosystèmes naturels, la productivité énergétique des meilleures cultures ne leur est nullement supérieure ; elle se situe au niveau de celle des biocénoses de climats comparables ; si leur croissance est plus rapide, leur végétation n'est en général que saisonnière, ce qui fait qu'elles utilisent moins bien l'énergie solaire que les écosystèmes fonctionnant de façon permanente ; en moyenne mondiale, leur rendement photosynthétique (0,25 %) et leur productivité en matière (4 t/ha/an) sont inférieurs à ceux des écosystèmes forestiers (0,33 % et 5 t/ha/an)⁴³.

— *Les études récentes*^{CX}

Les travaux portant sur les années antérieures à 1973 confirmaient les conclusions des études pionnières et l'on en était venu à considérer les rendements énergétiques décroissants comme une sorte de loi inéluctable. Cela n'était pas faux mais les choses se révèlent aujourd'hui plus complexes qu'il n'y paraissait au premier abord. Là comme ailleurs, le progrès technique — s'agissant notamment du rôle croissant joué par l'immatériel — peut contrecarrer le jeu d'une loi pourtant vérifiée pour

chaque sentier de développement technologique considéré isolément ; les résultats de recherches portant sur la période postérieure à la crise de l'énergie en 1973 et publiés dans le courant des années quatre-vingt ont mis en évidence de nouvelles évolutions que l'on n'a pas le droit d'ignorer et qui sont parfaitement conformes à la modification de la relation consommation énergétique/développement que nous avons rencontrée plus haut à l'échelle des nations.

Ainsi, dans le cas de l'agriculture française, Sylvie Bonny (INA-PG) a mis en évidence la succession de deux phases d'évolution nettement tranchées :

- de 1959 à 1977 l'intensité énergétique (inverse de la productivité énergétique) croît de 3,8 % par an en moyenne ;
- de 1977 à 1989 en revanche, l'intensité énergétique décroît de 1,6 % par an et donc les productivités énergétiques s'accroissent.

L'auteur impute ce retournement de situation à un usage plus répandu des procédés informationnels générateurs d'une utilisation plus efficace des inputs matériels et énergétiques, d'une meilleure gestion et d'une réduction des déchets : « Ces perspectives, ajoute-t-elle, ont d'ailleurs fait envisager une troisième révolution agricole basée sur l'information et sur la maîtrise des processus du vivant (biotechnologies) et non plus sur l'emploi des produits chimiques et l'exploitation des ressources non renouvelables comme l'avait été en grande partie la seconde révolution agricole » (S. Bonny, *Evolution de l'intensité énergétique de l'agriculture française et d'une culture, le blé, entre 1955 et 1985* (INA – Grignon, octobre 1988 ; Bonny S. et Dauce P., *Les nouvelles technologies en agriculture, une approche technique et économique*, Cahiers d'Economie et de Sociologie rurale, INRA-ESR, n° 13, 1989).

Quels enseignements faut-il tirer de ces constatations ?

L'abaissement des productivités énergétiques, au fur et à mesure de l'intensification des efforts de production, lorsqu'il se produit, traduit-il la vanité des entreprises humaines ? L'apparition d'un « taux de retour » inférieur à l'unité, révélant le moment où l'on injecte dans l'appareil productif plus d'énergie que l'on n'en récolte sous forme de productions, signifie-t-elle que l'on franchit le seuil de l'absurde ? Certainement pas :

- Les énergies dépensées et celles que l'on récolte se différencient radicalement, en ce que les premières se présentent sous une forme inapte à satisfaire directement les besoins humains, alors que les secondes sont,

au contraire, adaptées à la satisfaction de ces besoins ; il n'est donc pas absurde de dépenser 10 kilocalories non assimilables pour en récolter 1 qui le soit.

- En outre, la possibilité de satisfaire les exigences alimentaires d'une population ne se mesure pas au rendement énergétique des systèmes de culture, mais à la production totale rapportée au nombre d'habitants ; les systèmes primitifs à haute productivité énergétique se caractérisent par leur faible productivité par homme ou par unité de surface ; or, nous l'avons vu (Slessor), cette dernière s'accroît avec l'apport de subsides énergétiques ; il est donc « rationnel » de dépenser de l'énergie — fût-ce au prix de rendements décroissants — pour obtenir une augmentation des productions par surface ou par habitant.

Mais ce que nous indique l'analyse éco-énergétique, et qui échappait à tout autre indicateur, c'est qu'un processus de croissance énergétique ne peut pas se poursuivre indéfiniment sur un même sentier technologique. Aussi longtemps que l'appareil productif pouvait se développer par la mise en culture de nouvelles terres, le rendement par unité de surface constituait l'indicateur privilégié permettant d'évaluer les perspectives d'accroissement des productions. Or, selon E. Pisani, les besoins du globe connaîtront encore une croissance considérable, cependant que les superficies cultivables représentant 12 % des terres émergées ne pourront pas beaucoup augmenter « c'est donc par l'évolution des techniques et des modes d'exploitation que l'humain pourra faire face à ses besoins, bien plus que par la conquête de nouvelles frontières car celles-ci n'existent guère ». (*Pour une agriculture marchande et ménagère, op. cit.*, 1994). A partir du moment où le patrimoine foncier apparaît comme un capital limité peu susceptible de nouvelles extensions⁴⁴, les progrès encore possibles proviennent essentiellement des méthodes intensives.

Le rendement énergétique devient alors l'indicateur approprié à la prévision des progressions réalisables, en attendant que, demain peut-être, les nouveaux indicateurs pertinents se déplacent vers l'informationnel.

b) Dans le domaine industriel, l'analyse éco-énergétique permet d'évaluer l'efficacité réelle des systèmes de production, comparée à l'efficacité théorique des processus thermodynamiques sur lesquels ils reposent^{cy}.

Stephen Berry, de l'Université de Chicago, estime, en 1972, à 32 millions de kilocalories la dépense énergétique exigée par la production d'une automobile de 1,5 t. Rapportée à la dépense théorique de 6 millions de kcal, qui serait celle d'un système thermodynamique fonctionnant à

l'optimum, cette dépense fait apparaître une différence de 26 millions de kcal (81 % de la dépense réelle), qui constitue notamment le coût des gains en rapidité du processus de production⁴⁵.

Gyftopoulos⁴⁶, en 1974, compare l'efficacité énergétique de divers systèmes de production en rapportant leur dépense brute en énergie libre (Gross Free Energy Requirement : GFER) à la dépense minimale théorique des processus thermodynamiques. Il montre que la productivité énergétique des industries métallurgiques (consommation effective = 4,16 fois le minimum thermodynamique) est très supérieure à celle de l'industrie de l'aluminium (7,6 fois), des raffineries de pétrole (10 fois), et surtout de la fabrication de papier (140 fois).

Malcom Slesser⁴⁷, en 1975, démontre que les prévisions à long terme concernant l'efficacité thermodynamique des processus de production peuvent atteindre des degrés de précision sans commune mesure avec les prévisions concernant les prix. Dans le cas des engrais ammoniaqués, par exemple, le minimum thermodynamique théorique se situe aux environs de 18 MJ par kilo^{CZ} pour un processus qui serait alors extrêmement lent. La nécessité d'adopter des rythmes plus rapides conduisant à la mise en place de dispositifs de préchauffage, refroidissement, échangeurs de chaleur, etc., situe le minimum technologique concevable à 2,5 fois le minimum théorique, soit 45 MJ.

Benjamin Dessus, dans son *Atlas des énergies*, déjà cité, montre que depuis ces études pionnières, la performance énergétique des industries n'a cessé de s'améliorer :

- s'agissant des grands produits intermédiaires (aciers, ciment, verre, papiers-cartons, engrais, etc.) la consommation énergétique nécessaire à leur fabrication décroît constamment à un rythme de 0,5 % à 2 % par an selon les produits ; il fallait 0,8 tep en 1950 en France pour fabriquer une tonne d'acier et 0,55 tep en 1990 ; la Suède en est à 0,2 tep : la production d'une tonne d'aluminium exigeait 5 tep en 1950 et seulement 3,4 tep en 1990 ; les poutrelles d'acier à haute résistance utilisées aujourd'hui pour réparer la Tour Eiffel pèsent trois fois moins que celles qu'elles remplacent...
- s'agissant de produits complexes, Jean-Pierre Lepoivre (cité dans l'*Atlas*) fait apparaître que :
 - la production d'une maison de 110 m² exige 20 % d'énergie de moins en 1990 par rapport à 1970 ; l'isolation qui n'existait pas en 1990 exige presque autant d'énergie que le gros œuvre, mais

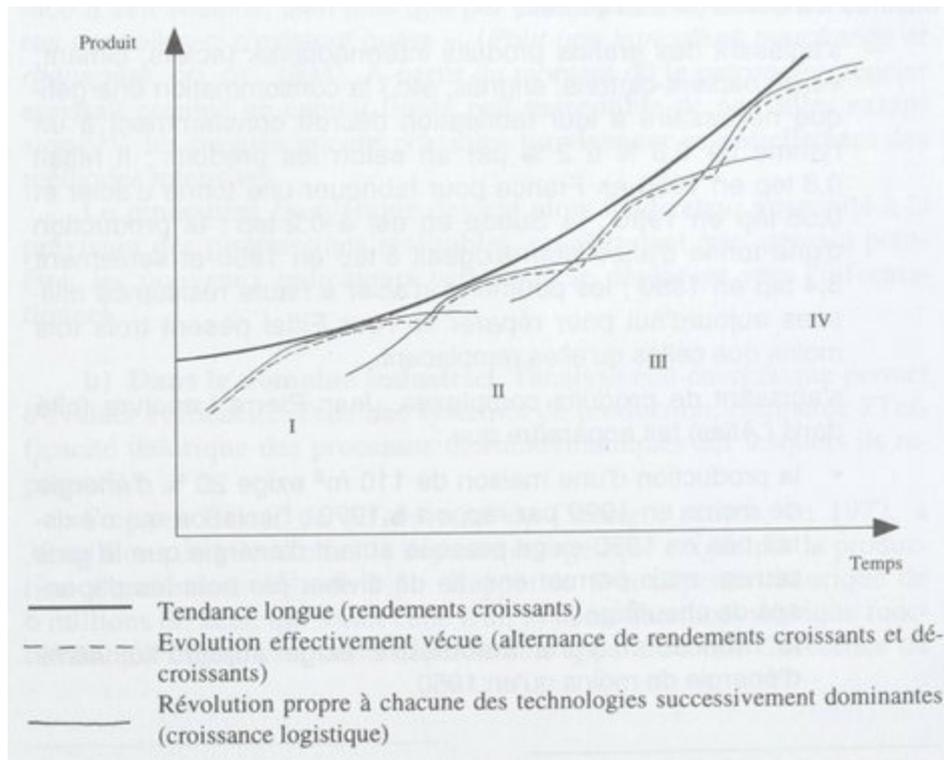
- permet ensuite de diviser par trois les dépenses de chauffage ;
- la fabrication d'une automobile exige aujourd'hui 40 % d'énergie de moins qu'en 1950.

Si la France des années 1990 était équipée de technologies d'avant guerre elle consommerait 2,5 fois plus d'énergie par habitant qu'elle ne le fait aujourd'hui.

La grande dispersion des performances énergétiques des équipements destinés à des fonctions identiques met en évidence la possibilité de nouvelles progressions. C'est ainsi que dans le cas des réfrigérateurs la consommation énergétique par litre et par jour varie du simple au double.

Pour l'agriculture comme pour l'industrie, la « loi historique » paraît donc aujourd'hui tenue en échec. La situation se révèle plus complexe qu'on ne l'avait cru au premier abord.

Ce ne sont pas les limites des possibilités de production que signale une baisse des rendements énergétiques, mais les limites d'un mode de production déterminé. Cette baisse fait apparaître, bien avant tout autre indicateur, qu'il sera impossible d'aller éternellement plus loin sans changer le mode de production. Le passage d'un système technique à un autre desserre les contraintes et déplace les limites sans les supprimer. Mais l'abaissement des productivités énergétiques, dont on avait pu se demander un temps qu'il ne traduisait pas la vanité des entreprises humaines, se révèle n'être qu'un phénomène transitoire contrecarré par une tendance longue à l'efficacité croissante jalonnée de progrès technologiques.



Le schéma ci-dessus fait apparaître la façon dont une succession de croissances logistiques peut se traduire par une alternance de productivités énergétiques décroissantes ou croissantes tout en suscitant un accroissement constant des productivités dans le long terme des évolutions historiques.

Là comme ailleurs, l'inventivité des hommes se trouve constamment confrontée au défi du réel. Il en sera ainsi à l'avenir : en même temps que s'affirme le rôle productif de l'immatériel, la perspective de productions alimentaires hors sol se profile à l'horizon permettant peut-être de vaincre les contraintes de surfaces au prix d'un fantastique bouleversement de la relation des hommes à la nature.

Sur un plan plus général, et sans succomber à un quelconque déterminisme énergétique, on constate que le gaspillage croissant dans les chaînes agro-alimentaires est lié à des problèmes de localisation et de spécialisation des activités, tant au niveau mondial que national ou régional. A l'échelle nationale, en particulier, le renforcement de la concentration urbaine, suscité par un certain mode de division du travail, engendre des coûts (de transport, de stockage des aliments, d'évacuation des déchets, de restitution d'éléments fertilisants à la terre), générateurs de dépenses énergétiques considérables dont Illich⁴⁸ dénonce le caractère contre-productif.

Toutes ces estimations constituent des critères précieux, susceptibles d'orienter les efforts en vue d'économiser l'énergie et de guider les choix technologiques ou les politiques de développement.

Elles attestent que les calculs énergétiques, nécessité théorique, sortent du domaine des vœux pieux et du discours général pour entrer dans celui des réalités pratiques.

3. Mais ne peut-on aller beaucoup plus loin et envisager l'élaboration, sous une forme cohérente, de véritables comptes de l'écosphère.

La ressource humaine, par exemple, représente un patrimoine énergétique et informationnel dont la productivité repose sur une dépense d'énergie, un certain niveau des connaissances et un certain état de santé. Toute utilisation du produit destiné à :

- compenser la dépense énergétique liée au travail,
- entretenir le niveau des connaissances,
- ou reconstituer la santé,

constitue donc un simple amortissement analogue à celui dont a bénéficié jusqu'ici le seul facteur technique.

En ce qui concerne l'alimentation, nous savons évaluer aujourd'hui la dépense énergétique quotidienne afférente à chaque type d'effort : 2 400 kcal pour le comptable ou l'employé de bureau ; 3 300 kcal pour le monteur électricien ou le facteur ; 3 600 kcal pour le monteur mécanicien ; 4 200 à 4 800 kcal, selon les conditions de la production, pour le mineur, etc.⁴⁹. Nous connaissons, par ailleurs, l'apport en énergie et en différents nutriments lié à chaque aliment⁵⁰. Et nous savons enfin déterminer par catégorie socio-professionnelle la ration alimentaire décomposée en calories, protides, lipides, glucides, calcium et différentes vitamines, ainsi que la ration « idéale » correspondante.

Pour ce qui est de l'éducation et de la santé, nous pouvons déterminer, comme nous avons vu que cela se faisait dans d'autres domaines, la dépense énergétique représentée par la fourniture des services de ces deux secteurs.

Il convient alors de distinguer, ainsi que cela se pratique pour le capital, ce qui est simple compensation de l'usure et de l'obsolescence, et ce qui est amélioration ou accroissement de la ressource. Dans cette optique, la réparation des accidents (de la route ou du travail par exemple), les dépenses de maintien de la santé ou de transmission du savoir relèvent de l'amortissement ; la recherche, le progrès médical ou la production de nouvelles connaissances, apparaissent comme des revenus.

Les ressources naturelles représentent, comme nous l'avons dit, des stocks énergétiquement mesurables.

Les unes, renouvelables, ont des rythmes de croissance (le patrimoine forestier, les ressources vivantes de la mer...) ou de renouvellement (cycle de l'eau), approximativement connus et évaluables en énergie. Tout prélèvement effectué dans les limites de ces rythmes, compatible avec la pérennité de la ressource, peut être considéré comme un produit net. Tout dépassement, en revanche, constitue un « prélèvement sur stock » qu'il convient de retrancher du flux brut.

Les autres, non renouvelables à l'échelle des temps humains, s'épuisent progressivement. Mais la pérennité des productions est assurée, depuis qu'il y a des hommes, par un phénomène de relaiement des ressources traditionnelles par des ressources nouvelles. La dimension des prélèvements estimés compatibles avec les prises de relais prévisibles doit être considérée comme un amortissement jouant, du point de vue comptable, un rôle équivalent à celui du flux de renouvellement évoqué à l'instant. Il s'agit évidemment d'une prévision imparfaite et révisable en cours d'évolution, mais certainement préférable à l'ignorance totale des échéances et de leurs implications.

Quant *au capital*, seul facteur pour lequel l'amortissement soit normalement pratiqué, les méthodes sont connues ; c'est un simple changement d'unité qu'il s'agit d'opérer.

N'est donc authentiquement revenu, « susceptible d'être consommé sans altérer la source qui le produit », que par la part du flux qui dépasse l'ensemble de ces dépenses de reproduction.

Cela impliquera probablement *l'élaboration de deux types de comptes* :

- un système propre à chaque nation, appuyé sur l'existence d'une unité commune à la sphère économique et à la biosphère, objectivement définie, non susceptible de varier dans le temps ou dans l'espace, prenant en compte l'ensemble des flux marchands ou non et s'attachant à la reproduction de tous les facteurs ;
- une évaluation de l'apport de chaque collectivité nationale à l'espèce, intégrant les prélèvements effectués sur les ressources extérieures, dans la limite ou non des flux de reproduction ; il n'est pas interdit de penser, de ce point de vue :
 - que, sous l'apparence des produits nationaux les plus élevés, se dissimulent des prélèvements extérieurs mettant en évidence le lien entre la richesse des uns et le dénuement des autres, et susceptibles de faire apparaître le caractère sans doute négatif de

- l'apport des plus riches à la collectivité humaine,
- cependant que (si nous comptabilisons l'ensemble des amortissements tels que nous venons de les définir) les pays sous-développés exportateurs de surplus n'assureraient pas leurs propres dépenses de reproduction et se caractériseraient par l'existence de produits nationaux négatifs.

Comme tout système, celui-ci devrait reposer sur un ensemble de conventions acceptables et supposerait la résolution d'un certain nombre de difficultés techniques, mais il est important de savoir qu'il ne se heurte à aucune impossibilité de principe.

Des recherches se développent aujourd'hui dans cette direction. Ainsi Howard T. Odum a-t-il établi en 1980 un premier **bilan écoénergétique de l'économie américaine** (« Energy Transformation of the economy of the United States », Louisiana State University 1980) avant d'élargir l'application de la méthode au plan international (Odum (H.T.), « Systems Ecology », Wiley, New York, 1983 ; Odum (H.T.) et Odum (E.C.), « Energy basis for man and nature », McGraw Hill, 1981 – « Energy analysis overview of nations », IIASA, 1985).

De la même façon, **le modèle ECCO** (Enhancement of Carrying Capacity Options) élaboré pour le compte de l'UNESCO par Jane King et Malcolm Slessor (Université d'Edimbourg) représente en termes énergétiques l'ensemble des ressources productives et des flux économiques d'une nation ou d'un territoire. Reliant dynamiquement croissance démographique, développement économique et besoins en ressources, il s'attache à définir la quantité de population que porter un espace (compte-tenu des niveaux de vie et des activités de celle-ci) sans épuiser ses ressources productives ni dégrader son environnement naturel. Ce modèle a fait l'objet d'applications au Kenya, en Thaïlande, au Zimbabwe, dans l'Ile Maurice, en Grande-Bretagne et en Chine (voir UNESCO, *Modelling for population and sustainable Development*, édité by A.J. Gilbert et L.C. Braat, Routledge, Londres et New York, 1991)^{da}.

A partir des années 1980, de nouveaux progrès ont été effectués dans la recherche de valorimètres ou de systèmes comptables situés au carrefour des sphères naturelles et économiques.

Les indicateurs de l'environnement tels que ceux élaborés par la Direction de l'Environnement de l'OCDE (OCDE, *Indicateurs de l'environnement*, document de référence, n° 4, Paris, 1991). Ce sont :

- des indicateurs de résultat : indicateurs de flux mesurant les environnements provenant de diverses pollutions (par exemple mesure de la DBO : demande biologique en oxygène) ou indicateurs de concentration de stock évaluant l'état de l'environnement (qualité des eaux, diversité biologique...).
- des indicateurs sectoriels faisant apparaître l'évolution de certaines données économiques (nombre de véhicules en circulation par exemple) en relation avec celle de structures sensibles (transport, énergie, agriculture ou permettant d'apprécier l'efficacité de différentes mesures politiques (voir J.-Ph. Barde, *Economie et politique de l'environnement*, PUF, 1992).

Les Comptes du Patrimoine naturel (INSEE, *Les Comptes du Patrimoine naturel*, coll. INSEE, série n° 137-138, 1986) :

- Comptes d'éléments : décrivant en unités physiques, à travers les flux d'entrée et de sortie, le passage du stock naturel ou stock final d'une ressource naturelle ;
- comptes d'écozone : décrivant l'évolution qualitative et quantitative de zones écologiques définies selon une logique proche de la notion d'écosystème ;
- comptes d'agents : retraçant en unités physiques ou monétaires l'impact de l'activité des agents sur l'environnement.

Ces comptes sont reliés entre eux grâce à des comptes de liaison et raccordés à la comptabilité nationale par l'intermédiaire de comptes satellites.

Une première mise en œuvre partielle de cette comptabilité riche et complexe (trop ?), en 1986, n'a pas été pour l'instant suivie de lendemains. Cela est regrettable dans un domaine où ce sont avant tout les évolutions qui importent. L'Institut Français de l'Environnement (IFEN) travaille aujourd'hui à combler cette lacune.

Les comptabilités dites « vertes » ayant pour objet d'enrichir et de corriger les évolutions des comptabilités nationales traditionnelles et de proposer de nouveaux agrégats tels que :

- PIB ajusté à l'environnement = PIB classique – dépenses défensives des ménages et des administrations (éventuellement des entreprises),
- PIB durable = PIB ajusté – coût des dommages,
- PIB durable net = PIB durable – consommation de capital fixe artificiel – consommation de capital naturel.

Cette voie fait l'objet de discussions, de recherches actives et de

propositions diverses : R. Hueting (Bureau de statistiques des Pays-Bas, S. El Serafi (Banque Mondiale), P. Berthelemus, C. Stahner et J. Van Tongeren (Office statistique des Nations Unies).

Les indicateurs de développement humain (IDH) élaboré dans le cadre du programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), indicateur multidimensionnel complétant et corrigeant les produits nationaux par l'introduction de variables humaines relatives aux espérances de vie, à l'alphabétisation et au degré de satisfaction des besoins fondamentaux (besoins économiques mais aussi besoins de liberté, de sécurité, d'environnement...). Cet indicateur qui a fait l'objet d'amélioration récente est régulièrement publiée depuis 1990.

Dans la plupart de ces travaux, les évaluations en termes physiques ou énergétiques font leur apparition à côté des comptabilités proprement monétaires.

C) Le raccordement entre mesures énergétiques et évaluations monétaires

Quelle que soit cependant l'importance des « retombées » que comporte, au sein même de la sphère économique, l'utilisation d'un système de mesure conçu en termes énergétiques, celui-ci ne peut, comme nous l'avons dit plus haut, prétendre à l'universalité. Indispensable pour exprimer les phénomènes de la biosphère, précieux pour révéler certains mécanismes économiques dissimulés par les valorimètres traditionnels, il ne saurait remplacer le prix dans toutes ses fonctions. Alors se pose un problème de raccordement entre deux instruments d'essence différente, mais également indispensables à l'économiste.

L'unité de la science économique suppose, en effet :

- que soient situés l'un par rapport à l'autre et convenablement articulés deux modes d'évaluation voués à des objectifs différents mais complémentaires ;
- et qu'apparaissent clairement les modalités éventuelles du passage entre deux langages établis à (et « pour ») des niveaux distincts d'organisation.

Seul, ce dernier problème nous retiendra ici pour l'instant⁵¹.

1. Une voie sans issue : la conversion des unités

Odum⁵², arguant du fait que la monnaie, support de toute transaction économique, circule en sens inverse de l'énergie, affirme que l'on peut passer de l'une à l'autre, c'est-à-dire calculer la contrepartie monétaire d'une kilocalorie (« le ratio de la monnaie au flux énergétique étant le prix »), ou, inversement, la contrepartie en kilocalories d'une unité monétaire, « la valeur monétaire de l'énergie étant proportionnelle au travail économisé par utilisation de cette énergie et non à l'énergie elle-même ».

Le rapport du Revenu National américain à la quantité totale d'énergie fossile consommée aux Etats-Unis, fait apparaître que chaque dollar produit exige environ 10 000 kcal⁵³ ou, à l'inverse, que 10 000 kcal ont, en moyenne, une valeur monétaire de 1 dollar.

A ce « prix », la valeur de remplacement de l'acre de forêt centenaire s'établit à 590 000 dollars^{db}, et celui de l'arbre (également centenaire) à 3 000 dollars⁵⁴.

Cependant, pour ingénieuse que soit la méthode, le valorimètre proposé, issu de la combinaison de deux instruments, cumule leurs infirmités : l'inaptitude de l'un à exprimer les tensions du marché, la variabilité de l'autre, dans le temps et dans l'espace.

Du point de vue économique

Le prix de base de la kilocalorie n'est qu'une moyenne nationale, établie compte non tenu des différences de productivité énergétique des secteurs. En fait, l'équivalent-monnaie de la kilocalorie n'est pas la même partout, et seule une simplification contestable peut conduire à appliquer le même taux de conversion à tous les produits.

Ce valorimètre témoigne en outre de la même instabilité que sa composante monétaire :

- dans le temps, avec l'inflation ou la modification des variables du marché,
- et dans l'espace, avec les différences de productivité énergétique des nations : la kilocalorie française, par exemple, « vaut » deux fois moins que la kilocalorie américaine.

Il n'autorise donc pas les comparaisons inter-temporelles ou inter-spatiales.

N'y a-t-il pas, par ailleurs, quelque anomalie à appliquer des valeurs différentes à des réalités identiques, comme l'énergie développée par l'eau

dans sa fonction d'épuration, qui est évidemment la même en France et aux Etats-Unis ?⁵⁵

L'équivalent-monnaire de l'énergie ne peut être parfois défini qu'au prix de certaines jongleries devant lesquelles on ne manquera pas de rester songeur. C'est le cas notamment des œuvres d'art dont l'intérêt, pour le consommateur, n'a rien à voir avec la quantité de kilocalories qu'il a fallu consacrer à leur fabrication, et pour lesquelles Odum nous propose de prendre en compte l'énergie dépensée par leurs admirateurs afin d'acquérir la culture nécessaire à leur appréciation. Le procédé ne paraît guère plus significatif que certaines tentatives d'extension du valorimètre marchand hors de la sphère qui lui est propre.

Du point de vue énergétique

En traitant de la même façon toutes les kilocalories, quels que soient leurs caractères ou leur origine, le système semble méconnaître le second principe de la thermodynamique.

C'est un non-sens d'agréger des kilocalories animales, végétales et fossiles, ou de comparer un artefact issu de procédés industriels et un patrimoine naturel.

Mais le non-sens ne se trouve-t-il pas dès le départ, dans le principe même qui consiste à établir un prix à partir d'une dépense en énergies fossiles non renouvelables, pour l'appliquer à des énergies gratuites et indéfiniment renouvelables, comme l'énergie solaire, dans le cas de la forêt examiné plus haut ?

2. Les chemins de la progression : l'évaluation monétaire du coût des contraintes physiques

Plus modeste dans ses ambitions, mais sans doute moins contestable dans sa démarche, semble être la méthode qui consiste à traduire en termes monétaires les incidences que comporte, au sein même de la sphère économique, le respect de certaines normes physiques imposées par la reproduction du milieu.

Le discours sur les normes physiques ne se sépare pas du discours énergétique que nous avons tenu jusqu'ici. En effet, la matière s'exprime en énergie ; et certaines régulations d'ordre qualitatif, comme l'auto-épuration des milieux naturels, peuvent également se traduire en kcal, ainsi que nous l'avons vu par exemple pour l'eau.

Dans cette nouvelle approche, la calorie ne devient pas dollar ; pas plus que le dollar ne devient calorie. Chaque flux, chaque stock est exprimé à l'intérieur de sa sphère, dans l'unité qui lui est propre. Mais l'économiste s'efforce d'apprécier — à des fins de gestion — le coût monétaire des décisions concernant l'environnement. Alors, le physique et le monétaire ne s'absorbent ni ne se fondent en une sorte d'unité hybride. Ils subsistent et dialoguent, et l'économiste apprend à passer du langage de l'un au langage de l'autre.

La première tentative importante en cette matière est sans doute celle de W. Leontief⁵⁶ appliquant ses matrices de relations interbranches au calcul du coût *monétaire* du respect d'une contrainte *physique* introduite dans le modèle.

La production de rejets étant décrite comme une activité inévitable de l'activité économique, il en résulte que :

- cette production doit être considérée comme un output de l'appareil productif, au même titre que celle des biens, marchandises et services désirés par les consommateurs ;
- « l'interdépendance technique liant les montants des produits désirables ou indésirables peut être décrite par un système de coefficients techniques semblable à celui que l'on emploie pour analyser l'interdépendance structurelle existant entre les différentes branches de production et de consommation » ; si, par exemple, dans un modèle à deux branches, l'industrie produit 0,5 gramme d'un polluant solide par mètre de tissu fabriqué, et l'agriculture 0,20 gramme par boisseau de blé, ces deux chiffres seront la base de calcul des coefficients techniques correspondants, inscrits dans une ligne « Pollution ».

Si l'appareil économique se voit contraint de maintenir le volume de ses rejets au-dessous d'une certaine norme, inférieure au volume normal de ses émissions, il doit se doter d'un ensemble d'activités de dépollution que l'on peut considérer comme une branche particulière donnant lieu à l'ouverture d'une colonne spéciale^{dc}. Cette branche produira elle-même une certaine pollution et absorbera, pour fonctionner, une partie des produits livrés par les autres branches, ainsi que du travail. Connaissant les coefficients techniques correspondants, nous pourrons, comme avec une matrice traditionnelle :

- « calculer l'impact sur les productions des branches, de la réduction du montant des polluants livrés aux utilisateurs finals » ;

- ou déterminer « de combien doit varier le niveau d'activité de l'industrie anti-pollution lorsqu'on change la demande finale de biens agricoles et manufacturés, si l'on désire garder constant le montant de polluant non éliminé ».

Les inputs de la branche anti-pollution, sans oublier l'input travail, constituent le coût de cette activité pour la collectivité nationale : « le prix p_3 (coût de l'élimination d'un gramme de polluant) doit juste couvrir, après paiement des inputs en provenance des autres industries, la valeur ajoutée V_3 ; cette valeur ajoutée est, bien sûr, égale aux paiements de facteurs primaires, comme le travail que l'industrie antipollution a dû employer directement ».

Connaissant donc les prix des inputs, on est en mesure d'exprimer monétairement la charge de l'anti-pollution pour l'économie. Dans l'exemple traité par Leontief, que résume le tableau ci-dessous, ce coût s'élève à \$ 101,8 (dont \$ 33,94 en provenance de l'industrie et \$ 67,86 en provenance du travail), soit 3 dollars par gramme de matière éliminée.

Dès 1971, Leontief présentait à Genève les premiers résultats chiffrés concernant l'économie américaine, à partir de cinq polluants atmosphériques, et dans le cadre d'un découpage des activités en 90 branches. Un peu plus tard, il s'attaquait, au niveau mondial, à l'analyse de 28 groupes de pays découpés chacun en 45 secteurs productifs et prenant en compte 30 polluants⁵⁷.

Table d'input-output de l'économie nationale
(le surplus de pollution est éliminé par l'industrie antipollution)

Secteur d'output Inputs et outputs polluants	Secteur 1 Agriculture	Secteur 2 Industrie	Anti- pollution	Livraison finale aux ménages	Totaux
<i>Secteur 1</i> Agriculture (boisseaux)	26,12 (\$ 52,24)	23,37 (\$ 46,74)	0	55 (\$ 110,00)	104,50 (\$ 208,99)
<i>Secteur 2</i> Industrie (mètres)	14,63 (\$ 73,15)	7,01 (\$ 35,05)	6,79 (\$ 33,94)	30 (\$ 150,00)	58,43 (\$ 292,13)
<i>Polluants (grammes)</i>	52,25	11,68	= 33,93	30 (payé pour élimination de 33,93 grammes de pol- luant)	
<i>Travail</i> (Année-hommes)	83,60 (\$ 83,60)	210,34 (\$ 210,34)	67,86 (\$ 67,86)	0	361,80 361,80
Total	\$ 208,99	\$ 292,13	\$ 101,80	\$ 361,80	

Cependant, on ne peut obtenir du modèle tout (et seulement) ce qu'il est en mesure de livrer, que si l'on garde une conscience précise de ses limites.

Les unes, traditionnelles, tiennent à sa conception générale :

- centré sur les activités de production et de consommation, et laissant hors de son champ les analyses de l'emploi, de la répartition, de la balance extérieure, etc, il ne propose qu'une reconstitution partielle de l'économie et ne saurait éclairer à lui seul l'ensemble des problèmes qu'une politique de l'environnement pose à une nation ;
- l'hypothèse de fixité des coefficients techniques conduit à négliger les possibilités des interventions qui, au-delà de la simple réduction des rejets, mettraient en œuvre des processus de recyclage ou de transformation (reconvertissant une partie des rejets en nouveaux inputs pour certaines branches) ayant pour effet de modifier ces coefficients ;
- les relations retenues sont linéaires : le coût de dépollution, exprimé par gramme de matière, est supposé fixe quel que soit le niveau initial de pollution, alors qu'en fait ce coût croît rapidement avec le degré de pureté exigé du milieu ;
- ce coût, enfin, ne saurait être confondu avec celui des dommages que la pollution occasionne dans l'environnement où elle se développe.

Et l'on aborde ici les limites tenant à la manière dont le modèle appréhende l'environnement :

- situé au niveau global, il convient au cas de décharges non localisées (émission de CO² dans l’atmosphère, par exemple), et il demande à être régionalisé ;
- ses limites s’arrêtent aux frontières de la sphère économique ; il ne tient compte que des coûts internes à cette sphère, et non de l’ensemble des dommages qu’entraînent les résidus dans l’environnement où ils se diffusent ;
- il n’intègre pas la ressource naturelle en tant que facteur dont il convient d’assurer la reproduction.

Mais tel qu’il se présente — appelant à coup sûr de notables perfectionnements — il nous paraît indiquer l’une des voies que l’économiste, désormais aux prises avec les lois de deux univers radicalement différents, pourra emprunter pour traduire en termes opérationnels au niveau de l’un, les impératifs que lui imposent les nécessités de la reproduction de l’autre.

De nombreux auteurs se sont attachés à faire reculer les limites de la méthode, tout en respectant son esprit⁵⁸, mais notre objectif, ici, se limitait à en dégager les principes.

D’importantes *études de branches*, enfin, s’efforcent, à un échelon plus réduit, de traduire en termes monétaires les fonctions de coût liées au respect de différents niveaux de qualité du milieu⁵⁹.

L’économiste n’est donc pas totalement démuni devant l’immense interrogation que lui pose la prise en compte des régulations de l’Univers physique qu’il lui faut désormais affronter^{dd}.

L’existence d’unités communes aux phénomènes marchands et à ceux de la biosphère, comme la mise en évidence des voies permettant de relier leurs valorimètres propres, traduisent, au plan comptable, la possibilité technique d’une intégration des deux univers.

Cependant, pour aussi importante qu’apparaisse cette démonstration, elle ne saurait être considérée comme une fin en soi. Le problème n’est pas dans l’expression chiffrée des processus, mais dans l’organisation des actions humaines dont il faut assurer la cohérence avec les processus naturels.

Le chiffrage nous prouve qu’un effort entrepris dans ce sens trouvera les instruments nécessaires, mais il ne nous dit rien sur l’orientation même de cet effort.

La question est donc de savoir si la réflexion systémique est de nature à nous proposer quelques principes d’organisation socioéconomique, susceptibles de permettre l’indispensable intégration de la sphère

marchande à la biosphères.

CHAPITRE II

L'organisation sociale et la reproduction

Le test de l'intégration réussie ne saurait être que le respect, par la sphère économique, des mécanismes qui président à la reproduction de la biosphère.

Notre propos n'est donc pas de dissenter ici sur le bonheur humain, fût-il confondu — ce que nous ne faisons pas — avec le bien-être économique. Il est simplement de dégager quelques principes d'organisation dont le respect conditionne la *reproduction* des sociétés humaines et de la biosphère dans le temps, reproduction sans laquelle le problème du bien-être cesserait de se poser, parce qu'il n'y aurait plus de société humaine. A partir de là, chacun pourra épiloguer sur sa propre conception du bonheur individuel ou collectif.

A) Le choix d'un type d'organisation se situe apparemment entre les deux modèles extrêmes :

- de la société libérale reposant sur les arbitrages du marché, et donc théoriquement décentralisée,
- et de la planification autoritaire soumise aux injonctions d'un centre unique de décision.

Le premier, reposant sur la fiction que l'intérêt général résulte de l'harmonisation spontanée des intérêts privés, privilégie en fait les exigences de la rentabilisation et de l'accumulation du capital. Le second, outre la quantité de contraintes qu'il suppose, aboutit fatalement à une gestion bureaucratique paralysante pour l'ensemble des activités humaines.

On ajoutera que, notamment dans le cas français, le système prétendument libéral se signale par une centralisation de fait, génératrice d'une bureaucratisation comparable à celle qui caractérise les économies commandées du centre. Cette situation cumule alors une double série d'inconvénients relatifs :

- à la polarisation du pouvoir qui s'éloigne des citoyens et leur devient de plus en plus étranger à mesure que s'élargit le champ des interdépendances,
- au fait que les critères décisionnels, issus du marché ou des exigences de l'accumulation, déterminent en dernière instance toutes les grandes options politiques ou institutionnelles et installent au rang d'utilité sociale ce qui n'est en réalité qu'une combinaison d'intérêts matériels particuliers à un sous-ensemble de la collectivité humaine.

Notre réflexion portera sur la recherche d'une voie qui, évitant ces périls extrêmes, permettrait, dans une optique de reproduction sociale, de concilier le maintien des cohérences d'un système socio-économique avec la préservation des « degrés de liberté » tout aussi indispensables à sa survie.

Or, la question ainsi posée constitue le type même de problème que résolvent spontanément les organismes vivants. Sociétés de cellules, placées dans un milieu de moindre complexité — donc apparemment condamnées à subir la loi de l'entropie —, celles-ci parviennent à maintenir leur structure et à se reproduire grâce à leur organisation. Cette organisation, malgré les variations du milieu, leur permet, par delà les générations, d'assurer la transmission des invariants et de conserver la souplesse d'adaptation, sans lesquels toutes les espèces se trouveraient condamnées à la disparition. Ici, le contrôle permanent de ce qui doit être coordonné, pour assurer le maintien du système global, se combine avec les décentralisations et l'accumulation des réserves de variabilité nécessaires aux évolutions dans le temps.

Il est donc certainement intéressant de comprendre les principes sur lesquels s'organisent de tels systèmes. Mais le danger réside dans une sorte de biologisme au bout duquel nous découvririons les « vertus » d'une société de cellules inconscientes, subordonnées à la logique d'un tout qui les absorbe.

B) Nous devons donc préalablement nous interroger sur la légitimité, les conditions de validité et les limites de la démarche analogique à laquelle il est fait appel ici.

1. La question de « l'analogie »

L'analogie n'a généralement pas bonne presse en économie. « Raisonnant par analogie, écrivait en 1952 A. Marchal, les économistes

eurent la tentation, sans toujours s'en rendre compte très clairement, d'identifier l'économie politique, d'abord aux sciences physiques et mécaniques, puis aux sciences biologiques ou organiques, jusqu'au jour où l'on s'aperçut que l'économie politique était purement et simplement une science sociale et humaine...

L'emprunt de ses procédés à une science préexistante est une attitude de paresse qui, trop souvent, dispense les économistes de procéder à l'observation minutieuse des phénomènes économiques et qui les pousse vers une sorte de scientisme infécond. » Et il concluait une argumentation parfaitement nuancée par cette affirmation apparemment de bon sens : « La méthode d'une science dépend de sa nature »¹.

Ces préventions n'étaient pas dénuées de fondement. L'analogie, on ne le sait que trop, a souvent servi de prétexte à une imagerie puérile², souvent moins anodine qu'il n'y paraît au premier abord. Steven Rose reproduit une planche et sa légende, extraites d'une encyclopédie pour enfants parue avant la guerre, assimilant l'organisme humain à une usine : « Imagine ton cerveau comme la branche exécutive d'une grosse affaire, dit le texte, il est divisé, comme tu le vois sur le dessin, en plusieurs départements. Assis derrière un grand bureau dans le service central se trouve le Directeur Général, ton toi conscient, avec des lignes de téléphone qui le relient à tous les départements. Autour de toi les principaux adjoints, les surintendants des messages qui arrivent, vision, goût, odorat, ouïe et toucher, etc. »³.

Il est évident que ces modèles diffusent une philosophie sociale, d'autant plus redoutable qu'elle reste inexprimée : « dans le cas cité, la direction sait toujours mieux que les autres et a toujours raison, tandis que les cadres supérieurs et inférieurs et les ouvriers savent rester à leur place. Si le gros orteil ne dit pas au cerveau ce qu'il faut faire, quel droit a l'ouvrier d'ouvrir la bouche devant son employeur ? »⁴.

Mais, en fait, il ne s'agit là que d'imagerie.

La recherche des équivalences ponctuelles, les rapprochements terme à terme entre vie biologique et vie sociale, tels que ceux auxquels se livrent des auteurs comme Schaeffle, Lillienfeld, Worms et, dans une certaine mesure, Spencer « ne sont pas le support de l'analogie, mais son écume » (J. Schangler)⁵.

Beaucoup plus prudent en cette matière, Bertalanffy⁶ distingue soigneusement :

- la recherche de « *similitudes superficielles* qui ne se correspondent ni par leurs causes ni par les lois qui les gouvernent » et « n'ont aucune

- valeur scientifique » ; nous parlerons ici de *métaphore* ;
- *l’homologie*, « cas où les facteurs qui agissent sont différents, mais où les lois sont identiques sur le plan formel » ; cette identité des lois permet de représenter des phénomènes distincts par des modèles similaires ; elle « rend possible l’isomorphisme entre les sciences » ;
 - *l’isomorphisme* enfin, ou « similitude structurelle », signifiant qu’au plan « réel », l’ensemble des phénomènes observés présente des uniformités qui se manifestent par des traces d’ordre comparables ; au plan formel, ces uniformités permettent le recours à des schémas conceptuels identiques.

En mettant l’accent sur l’organisation et sur les relations qui unissent les éléments, plutôt que sur la nature de ces derniers, pour caractériser un système, l’approche systémique ne dématérialise pas celui-ci, mais elle le désubstantialise. Et elle nous fournit, par là-même, le critère qui nous permet de séparer les bonnes et les mauvaises « analogies » : est condamnable toute sollicitation de la simple métaphore ; est légitime, en revanche, le recours à l’homologie ou à l’isomorphisme, c’est-à-dire la recherche de similitudes dans les fonctions, les relations et, en définitive, les lois qui caractérisent divers phénomènes. De ce point de vue, comme l’a démontré Marey⁷, la fonction d’un tube de caoutchouc chargé de régulariser un débit d’eau pulsée peut être assimilée à celle qu’accomplit une artère dans la circulation sanguine ; une loi de croissance exponentielle aura les mêmes conséquences numériques quels que soient les objets auxquels elle s’applique (populations humaines, microbiennes ou capital placé à intérêts composés...). La généralité des conclusions auxquelles on parvient permet de faire l’économie des multiples redécouvertes de principes similaires auxquelles conduit le cloisonnement des disciplines.

Mais, bien évidemment, les choses s’arrêtent là. Il en est ici comme de la loi de Newton : le fait qu’elle s’applique au système planétaire, aux marées ou... aux pommes, ne signifie pas que le système planétaire, les marées et les pommes soient analogues sous tous leurs autres aspects.

Nous découvrons alors que le raisonnement analogique n’est pas, contrairement à certaines affirmations, le propre de l’approche systémique : c’est par la recherche des similitudes conduisant à des formalisations communes qu’ont toujours progressé les sciences ; un modèle n’est rien d’autre qu’une analogie... il n’y a de science que de l’analogie.

Ce qu’apporte l’interrogation systémique, ce n’est donc pas le recours à

l'analogie, mais une réflexion sur l'analogie et sur les utilisations légitimes ou illégitimes de celle-ci. Nulle part ailleurs on ne trouve aussi rigoureusement distinguées les différentes démarches que peut recouvrir un même terme et dénoncés les dangers de la simple métaphore... à laquelle en revanche, faute de critères, toute autre démarche se trouvait jusqu'ici dangereusement exposée.

Or, c'est très précisément dans ces limites que se situe notre problème. Il ne s'agit pas, à la manière de Spencer, d'assimiler la société à un organisme qui naît, croît, vieillit et meurt, mais de rechercher la nature et l'agencement des fonctions par lesquelles un système parvient à maintenir sa cohérence et à se reproduire dans le temps.

2. Le deuxième problème concerne la légitimité de l'analogie biologique

Le choix d'un modèle n'est jamais innocent, le mécaniste pas plus que l'organiciste... et inversement.

Le premier nous décrit un jeu se déroulant entre des choses mortes, dans un monde immobile : des quantités s'ajustent à l'équilibre sous l'action d'une force, le prix ; l'homme, réduit aux dimensions d'une simple molécule^{de}, en est absent ; il s'adapte passivement aux conditions du milieu ; l'intérêt social s'obtient — hors de toute action des groupes dont le rôle ne saurait être que néfaste — par le jeu du marché harmonisant les intérêts individuels ; et l'équilibre ainsi réalisé constitue un optimum.

L'identification de ce schéma théorique au monde réel consacre le règne des choses sur les hommes et l'acceptation de fait des dominances existantes, au nom de la négation des groupes...

Le second nous propose un univers en mouvement — l'évolution et non l'équilibre étant la loi de la vie — , un univers où les individus, à la fois solidaires et opposés, existent, calculent, s'organisent, s'affrontent et, en même temps, participent aux grandes fonctions sociales dont l'accomplissement est indispensable à leur propre survie ; un univers, enfin, où il y a des dominants et des dominés et où l'organisation revêt une importance capitale.

En ce qui concerne les processus et les fonctions, c'est bien l'analogie avec le vivant qui a historiquement inspiré la division traditionnelle de l'économie en quatre branches — production, circulation, distribution, consommation — , que nous tenons d'un auteur aussi peu suspect de biologisme que J. B Say : « Les parties principales de l'économie sociale, affirme ce dernier, sont ce qui a rapport aux organes dont la société se sert pour la création, la distribution et la consommation des biens de même que

les parties principales de la physiologie de l'homme sont les organes qui se rapportent à la nutrition, à l'accroissement, au développement du corps humain »⁸. Si la formulation, en termes de correspondances organiques, est contestable dans sa lettre, c'est bien, en esprit, sur l'analogie des fonctions qu'est mis l'accent.

Un système économique, enfin, se reproduit dans le temps grâce à des mécanismes comparables à ceux que met en œuvre un organisme : il dispose d'un patrimoine et de stocks régulateurs lui conférant un certain degré d'autonomie vis-à-vis du milieu ; de même que le code génétique transfère à l'individu tout le bagage héréditaire de son espèce, le code culturel d'une société transmet son savoir d'une génération à l'autre ; sa faculté d'adaptation aux variations de l'environnement est fonction de son degré de diversification ; sa croissance exige la formation de surplus énergétiques, etc.

S'il nous faut donc opter pour une analogie, c'est bien vers celle du vivant que nous nous orienterons.

C) Mais est-ce bien le modèle organiciste que nous sollicitons dans le cas précis qui nous préoccupe ici ?

Si, dans notre interrogation, nous rencontrons d'abord la biologie, n'est-ce point parce que la nature des problèmes qu'elle traite (l'organisation des systèmes vivants maintenant leur structure par production de néguentropie) l'a conduite à s'engager dans cette voie avant d'autres disciplines : « On est enfin venu, constate J. Piaget, à concevoir le concept d'organisation comme le concept central de la biologie »⁹.

Or, ce concept constitue l'objet même de *l'approche systémique*. Celle-ci étudie les liaisons organisationnelles et les principes organisateurs (finalisation, hiérarchisation des niveaux, autorégulation, etc.) communs à l'ensemble des systèmes. Ce faisant, elle ne relève d'aucune discipline particulière, « elle franchit les trois grands secteurs entre lesquels était interdite ou inconcevable toute théorisation commune : le physique, le vivant, l'humain » ; de sorte « qu'à un certain niveau organisationnel, il n'y a plus de frontière... entre le physique, le biologique, le sociologique et l'anthropologique » (E. Morin)¹⁰. En fait, c'est la théorie des systèmes que nous consultons, en dernier ressort, par l'intermédiaire de la biologie.

Ce n'est donc pas d'organicisme qu'il est question ici, mais d'« organisationnisme ». *Il ne s'agit pas, en effet, de projeter le vivant comme modèle de l'organisation sociale, mais de rechercher les principes*

d'organisation permettant à un système — le vivant parmi les autres — de se reproduire et d'évoluer en maintenant sa cohérence dans un environnement mouvant. Il se trouve seulement que la biologie est en avance dans la prospection de cette voie. Il résulte, de la démarche ainsi définie, que nous ne saurions prétendre formuler un modèle unique d'organisation, mais seulement dégager un ensemble de principes fondamentaux dont le respect se concilie parfaitement avec plusieurs modèles concrets d'organisation.

L'approche systémique est, avant tout... une approche, c'est-à-dire un moyen d'appréhender les faits. Son objet n'est pas d'exprimer l'essence profonde des choses — que la science contemporaine sait lui être inaccessible^{df} — mais d'aboutir à des modes de représentation permettant une meilleure compréhension du réel et une action plus efficace sur les phénomènes. Un système n'a pas d'existence en soi. C'est l'observateur qui l'élabore à partir du moment où il définit les variables qu'il considère comme stratégiques et les relations qui les unissent. La vision qu'il nous propose dépend donc à la fois de sa perception et de l'interrogation qu'il porte sur les choses : l'organisation d'une cellule, par exemple, se présente sous des aspects différents selon les colorants que l'on emploie et la nature de ces derniers varie avec l'objet de la recherche.

Si, pendant trois siècles, la méthode analytique, chère à Descartes, a soutenu le progrès des sciences, c'est que ce dernier passait prioritairement alors par la découverte des relations causales entre éléments constitutifs de la réalité. Cette recherche est loin d'avoir livré tous ses fruits aujourd'hui et — sur le plan qui reste le sien — la méthode a encore de beaux lendemains devant elle. Mais on s'aperçoit maintenant que, contrairement à l'espoir de ses initiateurs, l'appréhension du particulier ne saurait déboucher sur la compréhension du global : l'analyse la plus fine des corpuscules élémentaires dont est constitué un organisme, loin de nous livrer le secret de la vie, débouche simplement sur la mise en évidence des éléments chimiques intracellulaires (carbone, hydrogène, etc.), par lesquels, précisément, le vivant ne se différencie pas de l'inanimé ; de même, ce n'est pas en examinant en détail toutes les pièces d'une machine indépendamment de leur agencement que l'on en peut comprendre le fonctionnement. Plus que l'identité des éléments, c'est la façon dont ils sont agencés, la nature des relations qui s'établissent entre eux, qui nous apportent quelques lueurs sur ce sujet.

La démarche ainsi suggérée va donc à l'inverse de la précédente : partir de la finalité du tout et comprendre comment celle-ci commande l'organisation des parties et des éléments qui le constituent.

Ainsi, la nécessité d'assurer la survie de l'organisme explique le jeu des grandes fonctions (digestive, respiratoire, sexuelle, etc.) vitales ; à un niveau inférieur, l'émergence de chacune de ces fonctions éclaire le fonctionnement et l'articulation des organes qui, ensemble, assument son accomplissement, et, à un niveau encore plus élémentaire, le fonctionnement d'un organe permet de comprendre le rôle des cellules qui le composent en fonction de la place qu'elles occupent.

Et réciproquement, le comportement de chacune des composantes du système éclaire la façon dont celui-ci maintient et reproduit sa structure.

Nous voyons ainsi apparaître les notions de totalité, de finalité, de relations et de niveau d'organisation, à partir desquelles nous tentons d'interpréter le fonctionnement du monde qui nous entoure.

Il apparaît alors que tout système — et notamment tout système vivant — assure sa reproduction dans le temps, en combinant trois principes dont nous essaierons de préciser les implications au plan socio-économique :

- un principe d'interdépendance,
- un principe de hiérarchisation des finalités,
- et un principe de contrainte minimale, accompagné d'un bouclage des contrôles, s'exerçant aussi bien du bas vers le haut que du haut vers le bas.

I. L'INTERDÉPENDANCE DU TOUT ET DES PARTIES : LA REPRODUCTION DE LA SPHÈRE ÉCONOMIQUE INDISSOCIABLE DE CELLE DU MILIEU NATUREL

A) Le tout et ses parties

L'économique est immergé dans l'humain, dont il ne constitue qu'un sous-ensemble, lui-même ouvert sur l'écosystème naturel. C'est donc ce dernier que nous considérons ici comme « le tout », dont les sociétés humaines et, au sein de ces dernières, la sphère d'activité économique ne constituent que des sous-systèmes.

1. *Les niveaux d'organisation*

Des molécules élémentaires composant la cellule au cosmos tout entier,

une infinité de systèmes s'intègrent ainsi en un tout cohérent. Par rapport à l'ensemble, chacun constitue ce que l'on appelle un *niveau d'organisation* (H. Laborit) ou, dans une perspective plus dynamique, un palier d'évolution (J. Ruffié).

La distinction de chacun de ces niveaux n'est peut-être pas aussi simple à opérer que pourrait le laisser supposer la simple image des inclusions successives. Plusieurs critères nous sont proposés à ce sujet : F. Jacob utilise l'image des boîtes encastrées ou des poupées russes, H. Laborit retient les différents niveaux de bouclage de l'information-structure sur elle-même, K. Boulding se réfère au degré de complexité de l'organisation, B. Walliser évoque les modalités de l'autorégulation, J. Ruffié définit ses paliers d'intégration en fonction du stade d'évolution qu'ils représentent, de leur degré de complexité et de la nature de l'information qu'ils peuvent intégrer...¹¹, etc. Aucune de ces conceptions n'est vraie ou fautive en elle-même : structuration, complexité, information, auto-régulation ont entre elles de nombreux points de contact. Leur multiplicité ne fait que refléter la diversité des préoccupations de leurs auteurs. Elles ne seraient critiquables que dans la mesure où — ce que la plupart ne font pas — elles prétendraient exprimer un découpage vrai « en soi » à l'exclusion de tout autre.

On peut donc, d'un point de vue plus englobant, définir les niveaux d'organisation par l'articulation des finalités dont la combinaison conditionne l'apparition et l'existence d'un système. Cette conception nous paraît résumer l'ensemble des précédentes, dans la mesure où elle admet explicitement la relativité des points de vue qui les inspire. Nous constatons, en effet, que tout système est indissociable d'une finalité qui s'exprime à travers sa (ou ses) fonction(s). Or, celle(s)-ci est (sont) à la fois :

- le résultat de la combinaison d'un ensemble de fonctions élémentaires que nous dirons situées à un niveau d'organisation inférieur ;
- et, combinée(s) avec d'autres, le moyen d'accomplissement d'une ou plusieurs autres fonctions que nous dirons situées à un niveau supérieur.

Ainsi, des cellules (niveau 1) combinent leurs activités dans un organe (niveau 2), dont la (ou les) fonction(s) associée(s) à d'autres assurent l'accomplissement de fonctions de niveau supérieur (système digestif, respiratoire... niveau 3) qui, associées, permettent le maintien de la reproduction de l'organisme (niveau 4). Le « rang » de chacun de ces niveaux dépend évidemment des limites et de l'objet de l'analyse : d'une

part, l'organisme peut être inséré dans divers systèmes et, d'autre part, on peut descendre très bas à l'intérieur même de la cellule.

Transposé au plan socio-économique, ce schéma peut nous livrer des structures très diverses (l'homme → l'entreprise → la branche → la nation... ; ou bien l'homme → le quartier → la cité → la région, etc.), selon la nature de notre interrogation. Nous retrouvons ici l'image de la coloration de la cellule évoquée plus haut.

En outre — et c'est un avantage considérable — dans la mesure où un élément (ou un sous-système) participe à l'accomplissement de plusieurs fonctions, on peut fort bien le retrouver à plusieurs niveaux d'organisation : l'homme, par exemple, moyen de l'activité économique, est en même temps l'agent qui combine les facteurs de production et la fin qui justifie la mise en œuvre de ces derniers. C'est une caractéristique que nous ne trouvons pas dans les découpages « topographiques » du style emboîtement de poupées russes...

Quelles que soient leurs conceptions, tous les auteurs s'accordent à souligner l'impossibilité dans laquelle on se trouve d'appréhender un niveau d'organisation indépendamment de tous les autres. Leur définition même, à partir de l'articulation de leurs finalités respectives, suffit à exprimer leur interdépendance. Ainsi, dans le domaine précis qui nous intéresse, l'économique n'aboutit à la satisfaction des besoins humains qu'au prix d'une transformation du milieu auquel retournent, par ailleurs, les déchets des activités de production et de consommation ; l'état du milieu (climat, dotation en ressources, etc.) conditionne en retour l'existence, la nature et le niveau de ces activités ; et l'on ne saurait omettre le rôle de l'organisation sociale, des systèmes de valeurs et de croyances, etc.

2. La vision rétrécie de l'économisme

Or, toutes les grandes écoles économiques, lorsqu'elles débouchent, implicitement ou explicitement, sur le problème de la reproduction, réduisent celle-ci à la stricte dimension des ressources du marché.

Il en est ainsi, par exemple, des modèles néo-classiques de croissance dont F. Perroux met en évidence la façon dont, privilégiant, comme seules stratégies, les variables représentatives de l'argent et du capital, ils sont conduits à réduire l'équilibre de croissance « à l'ajustement de deux quantités qui symbolisent les équilibres du capital : l'investissement et l'épargne »¹². Et, en ce qui concerne Marx et Engels, nous avons souligné

le contraste qui s'établit entre l'ampleur de leurs préoccupations concernant les sciences de la nature et le caractère limité des schémas de la reproduction, dont se trouve exclu le milieu naturel. C'est qu'en ce dernier domaine, leur analyse n'exprime pas l'étendue qu'ils prêtent eux-mêmes à l'acte économique, mais la façon dont ils interprètent le fonctionnement effectif du système économique qu'ils observent.

La question se pose alors de savoir si la reproduction de la sphère économique peut être réglée au seul niveau des forces ainsi prises en compte.

B) Les deux leçons du vivant

Le vivant nous livre ici deux enseignements dont on peut, sans peine, retrouver les équivalents au niveau des systèmes socioéconomiques.

1) *Tout d'abord, un système est autre chose que la somme des parties qui le composent.*

a) *Il est plus que cela*, dans la mesure où le passage de la cellule à l'organe et à l'organisme se caractérise par l'apparition de fonctions, de propriétés et de finalités nouvelles irrévélées aux niveaux précédents : l'analyse la plus fine d'une molécule ne permet pas plus de découvrir les fonctions de la cellule à laquelle elle appartient qu'un examen attentif de cette dernière ne dévoile la manière dont l'organe auquel elle participe assume sa propre fonction, et ainsi de suite... A chaque niveau « on retrouve les mêmes éléments qu'au palier précédent, mais spécialisés et fortement intégrés dans un ensemble constituant une sorte de super-individu, doué de qualités nouvelles. Chaque palier semble donc révéler une information demeurée muette au palier inférieur » (Ruffié)¹³. Si un palier d'organisation ne peut être compris indépendamment des autres, c'est cependant à son propre niveau que se révèlent ses finalités spécifiques.

Il en va de même au plan socio-économique. Bien qu'insistant sur les mérites de l'approche analytique supposant « que l'on a sectionné de grands problèmes en leurs parties composantes »¹⁴, Alfred Marshall reconnaît un peu plus loin que « de même qu'une cathédrale est quelque chose de plus que les pierres dont elle est faite, de même une personne est quelque chose de plus qu'une série de pensées et de sentiments, de même la vie de la société est quelque chose de plus que la somme de la vie des

individus »¹⁵.

Dans les sociétés comme dans le vivant, en effet, de nouvelles propriétés, de nouvelles fonctions, de nouveaux besoins et de nouvelles finalités qui n'étaient pas apparentes à un certain niveau d'organisation, se révèlent lorsqu'on passe à un niveau supérieure.

A supposer que l'individu réagisse essentiellement en termes de plaisirs et de peines, autre chose apparaît au niveau du groupe, de la ville, de la région ou de la Nation. Le choix des équipements collectifs, par exemple, repose — il convient de le rappeler — sur tout autre chose que les avantages ou les inconvénients ressentis par chaque personne. Car, ainsi que nous l'avons vu plus haut, les éléments de la formation d'un prix sur le marché ne sont réunis, en ce qui les concerne, ni du côté de l'offre, ni du côté de la demande.

De même, dans une perspective un peu différente, les objectifs des services commerciaux, techniques ou financiers d'une unité de production, ne se manifestent pas dans les fonctions de préférence des individus qui les composent et doivent être arbitrés au niveau de la firme dont les perspectives s'étendent à l'ensemble des données du marché (c'est-à-dire bien au-delà de la vision spécialisée de chacun de ses services) ; la stratégie de la branche prend en considération des impératifs globaux inapparents au niveau de l'entreprise^{dg} ; et le développement économique de la nation exige, la plupart du temps, une régression de certaines branches d'activité^{dh}.

A cela s'ajoute la non-transitivité des choix, inhérente à tout passage du particulier au collectif. Le tout ne serait ici la somme des parties que si les choix effectués au niveau global découlaient nécessairement — et exclusivement — des préférences exprimées par les individus. Il faudrait, pour cela, que, chaque fois qu'une majorité de ces derniers préfère une première option (a) à une seconde (b), et celle-ci à une troisième (c), il en résulte, au plan global, qu'une majorité préfère (a) à (c). Or, le paradoxe de Condorcet nous démontre qu'il n'en est pas nécessairement ainsi, à partir du moment où le nombre de choix possibles est supérieur à deux. Dans le cas illustré ci-contre, par exemple, où les lettres majuscules représentent les agents et les lettres minuscules les choix classés par ordre décroissant de préférences, il résulte que, si l'option (a) est préférée deux fois à (b), et si l'option (b) est préférée deux fois à (c), cette dernière est cependant elle-même préférée deux fois à (a).

A

B

C

(a)	(b)	(c)
(b)	(c)	(a)
(c)	(a)	(b)

Les choix ne sont pas transitifs¹⁶.

L'arbitrage social inévitable qui fera primer (a) sur (c), ou inversement, ne découle donc pas des préférences exprimées par les sous-systèmes. Il fait intervenir, en dernier ressort, des finalités autres que celles qui animent ces derniers.

La part du normatif et l'importance des jugements de valeur qui s'y attachent est d'autant plus grande que s'accroît la dimension de la collectivité considérée. En admettant que le problème de la transitivité des choix ne se pose pas dans le cas d'un individu poursuivant un objectif bien déterminé à partir d'un stock d'informations donné, cette propriété est plus contestable au niveau de l'équipe (groupe restreint, que l'on définit par la communauté d'objectif et la diversité des informations détenues par ses membres) ; elle est totalement exclue au niveau d'une collectivité plus vaste, comme la nation, où s'affrontent des systèmes de valeurs irréductibles concernant la conception que l'on se fait de l'homme, de sa place dans la société et du devenir de l'espèce.

b) Mais le tout est aussi, en un sens, moins que la somme des parties. Si, au niveau du vivant, l'individu avait constamment conscience de l'ensemble des impulsions perçues par ses sens, si toutes ses cellules lui communiquaient l'intégralité de l'information qu'elles détiennent, si la mémoire n'exerçait, vis-à-vis de la conscience, une sélection des messages enregistrés par le cerveau, toute conduite deviendrait impossible ; le système tout entier s'effondrerait sous une masse d'informations défiant toute capacité de traitement. Il n'y a donc pas communication totale entre ce qui se passe au niveau de l'organisme, et ce qui se passe dans l'ensemble de ses sous-systèmes, organes ou cellules. « Aucune des trente milliards de cellules d'Antoine ne sait ce qui se passe quand Antoine dit son amour à Cléopâtre, et Antoine ignore qu'il est constitué de trente milliards de cellules » (E. Morin)¹⁷.

Il en va de même au plan socio-économique. Les préoccupations des agents, variées à l'infini, touchent aux domaines les plus divers. Et c'est bien pour cela, Adam Smith et Alfred Marshall nous le disent clairement :

– que l'image de l'homme retenue par la théorie n'est que celle d'un

- homme moyen résumant les tendances les plus générales du comportement dans un domaine bien délimité ;
- et que l'Etat ne saurait prétendre connaître mieux que les individus eux-mêmes ce à quoi ils aspirent.

Mais, réciproquement, nous venons de le voir, il est des préoccupations qui n'apparaissent qu'au niveau de la collectivité.

Là encore, Antoine et ses cellules ne communiquent que partiellement ; il sera bon de nous en souvenir lorsque nous essaierons de répartir le pouvoir de décision entre les différents types d'agents.

2. Un second enseignement du vivant a trait à l'interdépendance entre la reproduction de l'ensemble et celle de ses sous-systèmes

a) Chacun des niveaux d'organisation définis plus haut constitue un système ouvert sur ceux qui l'englobent. Il en reçoit l'énergie qui lui permet de résister aux forces entropiques du milieu, ainsi que les informations grâce auxquelles il est constamment renseigné sur l'état de ce dernier, et devient susceptible d'ajuster en conséquence son propre comportement. Il en résulte deux implications (E. Morin) :

- les lois d'organisation du vivant ne sont pas d'équilibre, mais de déséquilibre compensé ou rattrapé : le *maintien de la structure* de chaque sous-système suppose que soit effectué, sur le milieu, un prélèvement d'énergie, dont l'organisation viendra contrebalancer les effets de l'entropie ; le *développement et la complexification* des structures exige l'existence d'un surplus énergétique utilisé à cette fin ;
- la reproduction de chaque système, à tous les niveaux d'organisation, ne peut donc être assurée qu'à travers l'ensemble de ses interrelations avec son environnement.

Ainsi, chaque cellule, chaque organe, ne peut maintenir son organisation que dans la mesure où l'organisme tout entier se trouve lui-même en état de préserver sa structure. Et réciproquement, ce dernier n'obtient ce résultat qu'à travers le bon fonctionnement de ses propres organes. Que l'organisme se désagrège, et l'ensemble de ses composantes est appelé à se dissoudre ; qu'une fonction importante exercée par l'une d'elles cesse de s'accomplir, et l'organisme ne saurait se maintenir¹⁸.

b) Le même constat s'applique à la reproduction de la sphère économique. Système ouvert sur son environnement humain et naturel,

elle en tire l'énergie qui l'anime, et subit, en retour, les conséquences des dérèglements qu'elle peut y provoquer. Sa reproduction suppose celle des sphères sociale et naturelle, sans lesquelles elle ne peut se maintenir. Elle ne saurait donc être assurée par la gestion rationnelle des seules forces qui s'expriment au niveau du marché. Une telle conclusion serait d'une affligeante banalité si la pensée économique ne se tenait précisément à l'intérieur de cette limite étroite.

Or, ce que nous percevons au niveau de la pratique ne fait qu'aggraver la rigueur de ce constat. La rationalité de la décision se définit par rapport à l'accumulation et à la rentabilisation d'un facteur privilégié, le capital. Tous les critères de l'investissement privé — celui de l'actualisation des bénéfices escomptés, par exemple — se réfèrent à cette unique considération et, comme nous l'avons vu, les techniques de choix de l'autorité publique — Analyse coût-avantages, Rationalité des choix budgétaires — débouchent fréquemment, en dernière instance, sur le même impératif.

On pourrait tirer des conclusions analogues de l'observation de la plupart des économies planifiées, où l'objectif de la maximisation du rendement matériel à court terme n'est qu'une traduction particulière d'une préoccupation dont la maximisation du profit ne constitue qu'une autre expression ; où ce dernier retrouve droit de cité ; et où, enfin, les instruments de la décision s'inspirent assez étroitement du modèle capitaliste. Chaque mode de production, en définitive, secrète les hiérarchies et les valeurs qui ont pour but de le légitimer et de permettre sa propre reproduction^{di}. Or, ce que nous avons dit plus haut tend à démontrer que la finalité dominante d'un tout (ici la biosphère) englobe et dépasse les finalités de chacune de ses composantes. Ce n'est donc pas à partir de ces dernières que l'on saurait prétendre assurer l'accomplissement de la première. Plus simplement, *la reproduction du capital n'assure pas celle de la biosphère, et c'est au niveau de celle-ci qu'il faut nous situer pour obtenir ce résultat.*

Ceci pose le problème de l'interrelation à établir entre les finalités respectives des trois sphères — économique, humaine et naturelle — , dont nous venons d'affirmer le caractère indissociable.

II. L'ARTICULATION DES FINALITÉS : LE PRIMAT DE L'UTILITÉ SOCIALE

Invariance et changement constituent le couple antagoniste indissociable

de toute évolution.

D'une part, en effet, la structure d'un système étant considérée comme « l'ensemble des propriétés de ses composantes, de leurs relations et de leurs combinaisons, qu'il est possible à la fois logiquement et empiriquement de tenir pour constantes »¹⁹, sa reproduction ne peut être assurée que si l'essentiel de ce qui le caractérise se répète dans le temps.

Mais, d'autre part, ne se maintient que ce qui se transforme. Lorsqu'à la suite d'une spécialisation extrême, un système a perdu toute réserve de variabilité et s'est trop étroitement adapté aux conditions de son environnement, la moindre modification de ce dernier le condamne, comme nous l'avons vu, à disparaître. Il en est ainsi notamment des espèces troglodytes devenues totalement inaptes à survivre aux variations de température, de luminosité ou d'humidité de leur milieu.

Dans un univers en évolution ne se maintient donc que ce qui se transforme, et ne se transforme que ce qui comporte un minimum d'invariants²⁰. Nous définissons ainsi les termes d'un jeu qui s'exerce dans les limites d'un certain degré de contrainte (invariance) et de liberté (potentiel de variabilité)...

Le premier aspect de ce dilemme retiendra seul — pour l'instant — notre attention.

A) La primauté de la finalité du tout sur celle des sous-systèmes : le principe de contrainte descendante

Ce qui a été dit plus haut de la spécificité des fins, de leur hiérarchisation à l'intérieur d'un système et de la non-transitivité des choix, comporte des conséquences au plan biologique comme à celui des sociétés.

1. La régulation du tout ne peut être effectuée, à partir du bas, par un niveau d'organisation inférieur agissant selon ses propres finalités.

Le noyau d'une cellule, contenant l'intégralité du bagage génétique de l'individu, « pourrait donner naissance à une cellule remplissant n'importe quelle fonction. S'il ne le fait pas, c'est que ses potentialités fonctionnelles sont réprimées par certaines molécules qui lui interdisent de remplir une autre fonction que celle dévolue à l'organe dans lequel la cellule qui le contient se trouve située » (Laborit)²¹. Placé dans un autre contexte, libéré de ses répresseurs initiaux (et soumis à d'autres), le noyau se révèle

capable de développer de nouvelles activités : ainsi, lorsqu'on remplace, avant toute division cellulaire, le noyau d'un œuf fécondé de grenouille par celui d'une cellule quelconque, ce dernier fonctionne comme l'aurait fait son prédécesseur et permet d'obtenir une grenouille parfaitement normale.

Si, de la cellule à l'individu, les finalités de tous les sous-systèmes s'articulent de façon cohérente, c'est qu'à l'état normal, un jeu complexe de contraintes^{dj}, s'exerçant du haut vers le bas, vient limiter les conduites possibles à celles-là seules qui n'entravent pas l'émergence des finalités de niveau supérieur auxquelles elles participent.

2. La finalité de l'ensemble prévaut donc sur celles des sous-systèmes et celle d'un niveau d'organisation « supérieur » l'emporte sur celle d'un niveau « inférieur »²².

A partir du moment où une cellule se développe pour elle-même, c'est le cancer. Et une fable ancienne nous conte ce qu'il advient lorsque l'estomac et les membres agissent chacun pour son compte exclusif...²³ !

La primauté de l'utilité sociale implique celle du politique sur l'économique. Elle signifie que le projet collectif ne saurait se réduire à la seule dimension marchande. Elle suppose une vision globale mettant en cause des valeurs morales, métaphysiques ou religieuses, débordant largement le domaine du scientifiquement démontrable. La science, qui nécessairement examine les choses d'un point de vue spécifique (donc partiel)²⁴, ne peut prétendre démontrer la validité ou la supériorité d'une vision qui concerne et engage l'homme dans toutes ses dimensions.

Il n'appartient pas plus à la discipline économique qu'aux autres de se prononcer sur ce point. Elle ne peut même pas démontrer qu'il *faut* assurer la reproduction sociale : cela dépend des poids respectifs que l'on accorde aux générations présentes et aux générations futures²⁵.

C'est seulement à partir du moment où l'on accepte cet objectif (choix normatif), qu'il revient à l'économiste, compte tenu de l'acquis des autres sciences, de préciser en toute rigueur les conditions minimales de sa réalisation, ainsi que les moyens de l'assurer au moindre coût.

B) La conception de l'économisme réductionniste : l'illusion que le tout peut être réglé par le sous-système du marché

La conception de l'économisme réductionniste se situe dans une perspective diamétralement opposée. Elle postule que les sociétés humaines peuvent être régulées par un de leurs sous-systèmes, le

marché^{dk}, censé réaliser la double commutation qui mène des impératifs d'un facteur technique mort :

- à la reproduction du milieu vivant,
- et à la satisfaction des besoins individuels ou collectifs des hommes.

Or, nous savons maintenant que cette double prétention est rigoureusement insoutenable.

1. La logique du marché ne peut assurer la reproduction du milieu naturel

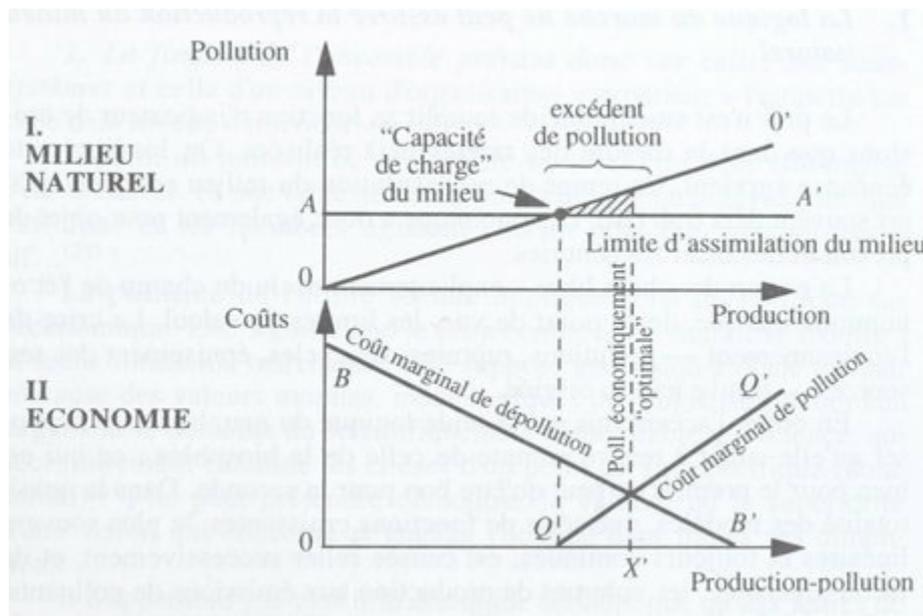
Le prix n'est susceptible de remplir sa fonction d'indicateur de tensions que dans la mesure des raretés déjà réalisées. Or, lorsque cette échéance survient, les temps de reconstitution du milieu sont tels qu'il est souvent déjà trop tard. L'économie a donc également pour objet de prévoir et devancer les pénuries.

La notion de « bien libre » explicitement exclu du champ de l'économie marque, de ce point de vue, les limites du calcul. La crise de l'environnement — pollutions, ruptures des cycles, épuisement des ressources — trouve ici son origine.

En outre, l'accent mis sur la seule logique du marché laisse supposer qu'elle suffit à rendre compte de celle de la biosphère : ce qui est bien pour le premier ne peut qu'être bon pour la seconde. Dans la quasi-totalité des modèles, une série de fonctions croissantes, le plus souvent linéaires et toujours continues, est censée relier successivement, et de façon réversible, les volumes de production aux émissions de polluants, celles-ci à la dégradation du milieu, et cette dernière à une notion de coût social effectivement révétable à un moment donné. Ainsi sont méconnus, comme nous l'avons déjà souligné, les effets et réactions propres à la biosphère : effets de synergie, de seuil, d'amplification et d'irréversibilité.

Dans tous ces cas, la loi de la nature s'oppose à celle de l'économie. La logique des valeurs reste radicalement étrangère à celle de la matière, de l'énergie ou du vivant. C'est donc un non-sens de définir une notion de pollution optimale, à partir des avantages ou inconvénients (appréciés monétairement) afférents à l'état du milieu. Une politique de dépollution, nous dit-on, améliore le bien-être des populations mais coûte aux producteurs. Elle est rationnelle — et n'est rationnelle que — dans la mesure où les avantages procurés aux uns sont supérieurs au coût qu'elle entraîne pour les autres²⁶.

L'optimum ainsi défini, par égalisation à la marge, a peut-être un sens, d'un strict point de vue interne à la sphère économique, à un moment donné. Mais peut-on nous garantir que le taux de pollution dit optimal qui en découle n'engendre pas des conséquences à long terme, non perceptibles aujourd'hui par les agents, ou qu'il ne se situe pas au-delà des capacités d'auto-régénération du milieu ?



J. Ph. Barde et E. Gerelli, s'inspirant des travaux de D.W. Pearce, démontrent qu'il peut « s'avérer rentable de continuer à polluer au-delà de la capacité d'assimilation, lorsque les avantages que l'on retire des activités polluantes (production industrielle, par exemple) sont supérieurs aux désavantages correspondants, en terme de détérioration de l'environnement »²⁷. Dans le graphique ci-contre, le point Q marque la limite à partir de laquelle le milieu n'est plus en mesure de se régénérer, le point X la limite jusqu'à laquelle l'appareil économique a intérêt à prolonger la pollution. Dans la mesure où cette dernière ne se transforme en nuisance et n'engendre de coût qu'à partir du moment où les facultés d'auto-épuration du milieu sont dépassées, il devient évident que la notion économique de pollution optimale est incompatible avec la reproduction de la biosphère : l'optimum économique de dépollution se situe au-delà des facultés d'auto-régénération du milieu.

Cela ne saurait surprendre, puisqu'il n'existe aucune courroie de transmission entre ce calcul de maximisation et ces mécanismes de reproduction. La nature se moque de l'optimum dit de Pareto.

2. *La reproduction de la ressource humaine n'est pas davantage assurée*

Nous avons dit à différentes reprises tout ce que laisse fuir le marché^{dl}. En définitive, celui-ci évacue l'homme comme réalité biologique, psychologique et sociale :

- *comme réalité biologique* : la couverture des besoins physiologiques n'est pas assurée ; moins bien traité que le capital, l'homme ne fait l'objet d'aucun amortissement ; toute consommation dont il bénéficie est considérée comme une fraction du produit, même si elle reste inférieure au minimum nécessaire pour réparer l'usure entraînée par sa participation à la production ; la prospérité d'une partie des nations a pour contrepartie le dénuement des autres ; au sein même des économies les plus prospères, subsistent et se développent d'importants îlots de pauvreté ; Henri Bartoli relève, statistiques à l'appui, que le système productif se tient encore loin d'assurer la couverture intégrale des besoins en alimentation, logement, santé ou éducation, par lesquels on définit les coûts de l'homme : « le grand fait social qui domine notre temps n'est pas le haut niveau de satisfaction des besoins atteint en quelques cantons par les populations privilégiées, mais l'existence de masses de misère et leur croissance »²⁸ ;
- *comme réalité psychologique* : le système ne reconnaît que les comportements rationnels, et ignore tout ce qui peut être pulsion ; à la limite, cette conception de la « rationalité » conduit à assimiler l'homme à un simple corpuscule subissant passivement les forces du marché, et s'adaptant par conséquent de façon parfaite à elles (Rueff, par exemple) ;
- *comme réalité sociale* : dans la suite logique de la loi Le Chapelier, qui interdisait aux travailleurs de se coaliser pour défendre « leurs prétendus intérêts communs », l'équilibre général ne connaît, encore aujourd'hui, que des individus supposés égaux et confrontant librement leurs aspirations ; l'égalité supposée des agents exclut toute spoliation, le marché assurant correctement sa fonction d'arbitrage ; la société n'est qu'une somme d'individus, l'intérêt social n'est qu'une somme d'intérêts individuels.

C'est ainsi, par exemple, que nous voyons naître la notion de « capital humain », selon laquelle la valeur de l'homme est appréciée monétairement, par imputation du produit constaté ou anticipé de son

travail. Toutes les méthodes utilisées pour chiffrer cette valeur (approche par la dépense, par le revenu ou par le produit) ne sont que variations sur ce thème. Quel est le prix de revient d'un individu ? Qu'apporte-t-il à la collectivité ? Combien cette dernière accepte-t-elle de dépenser pour sauver une vie humaine ? Tels sont les critères par lesquels on entend exprimer économiquement la réalité humaine... « L'on part de la société telle qu'elle est, du marché tel qu'il existe, et l'on cherche ce que coûte la formation d'un homme, ce qu'il rapporte au cours de sa vie, ce qu'il faudrait dépenser pour sauver sa vie, en fonction d'une comptabilité consacrée aux choses, non aux hommes. L'on estime la valeur d'une vie humaine en fonction de la perte de production qu'occasionne sa disparition, en multipliant le temps de travail perdu jusqu'à la retraite par le salaire moyen, sans poser la question du niveau du salaire, de la distribution des revenus, et, au-delà, des rapports de production où elle se forge » (Bartoli)²⁹.

Seule la notion de « coûts de l'homme », chère à François Perroux, pose la couverture des besoins vitaux (alimentaires, de culture et de santé) comme une exigence pour le système. L'homme retrouve sa vraie place, mais cette notion n'est, hélas, pas prise en compte dans le calcul économique.

C) La hiérarchisation des finalités : le pouvoir économique et les normes

Les critères issus du capital sont conçus pour satisfaire les besoins du capital, non ceux des hommes ou de la biosphère.

1. Si, avec H. Bartoli, nous définissons **le principe d'économicité** comme « la couverture des coûts de l'homme... pour le plus grand nombre, aux moindres coûts humains »³⁰, nous ajouterons qu'il sera vain de prétendre y parvenir aussi longtemps que le développement social restera subordonné au critère suprême de la rentabilité et de l'accumulation.

L'introduction de toutes les variables biologiques ou écologiques exclues, dans des modèles décisionnels conçus selon la norme du profit, ne changera rien à la logique ultime de ces derniers : « ce n'est pas en incluant les variables exclues dans les schémas inchangés du marché que l'on prend en compte leur contenu et leurs conséquences économiques ; ce n'est pas en les soumettant à la norme de la solvabilité et de l'équivalence ; ce n'est pas en confiant leur sort aux motivations du marché, c'est-à-dire de la plus grande rentabilité en monnaie ; ce n'est pas en supposant que les

offres et les demandes de services, de santé, d'hygiène, d'éducation, etc. s'ajustent en vue d'une optimisation par le seul jeu des prix » (F. Perroux)³¹.

C'est, dirons-nous, en édifiant un système où l'homme tiendrait dans le calcul économique — *c'est-à-dire dans le pouvoir de décision* — la place actuellement occupée par le capital. *Seule une organisation contrôlée à tous les niveaux par la ressource humaine peut prétendre satisfaire aux nécessités de cette dernière ; seule la logique d'un facteur vivant, susceptible d'inscrire en sa conscience les exigences du vivant, est capable d'assurer la reproduction du vivant.*

Dans ce cas, cependant, pas plus que dans le précédent, le passage au social ne saurait se régler par agrégation de calculs individuels. Contrairement aux illusions d'un certain socialisme, un simple changement d'institutions n'engendre pas l'harmonie universelle. Les obstacles logiques à l'agrégation restent les mêmes, quelle que soit l'identité des agents — capitalistes ou travailleurs — qui contrôlent la décision, les finalités de l'ensemble ne se réduisent pas davantage à celle du sous-système productif ; les visions des groupes restent partielles ; les oppositions d'intérêts subsistent et appellent des arbitrages^{dm} ; après comme avant, les différents services appartenant à une même unité de production, les différentes unités de production d'une même branche, les différentes branches d'une économie, conservent une vision spécifique et orientée de ce que doivent être les finalités de l'unité qui les englobe. Les travailleurs d'une entreprise prospère dans l'ancienne économie yougoslave « autogérée », subissaient la tentation de pratiquer un autofinancement trop important, ou de se servir des salaires trop élevés, sans tenir compte des solidarités qui les liaient à tous les travailleurs et à toutes les entreprises de la Nation.

Trois conclusions au moins découlent de ce constat :

- 1) Si le pouvoir hiérarchique, exercé par les travailleurs, rendu plus mobile, non héréditaire, accessible à tous sur des critères de compétence et non réservé aux seuls possédants, se trouve profondément transformé, il n'est pas pour autant appelé à disparaître ;
- 2) Le syndicalisme, garant des intérêts spécifiques, conserve sa raison d'être ; il ne doit ni perdre son indépendance, ni assumer des fonctions de gestion qui ne relèvent pas de sa mission ;
- 3) Le pouvoir politique, ouvert à tous les citoyens, reste indispensable à tous les niveaux de la Nation, pour définir le contenu d'un projet

social qui ne se réduit jamais aux seuls impératifs de la sphère productive sous peine de tomber dans le corporatisme.

Il n'en reste pas moins que les « recettes de l'optimum », issues d'un calcul économique fondé sur la prééminence du facteur humain, devraient grandement différer de celles que nous livrent aujourd'hui les systèmes construits sur la logique du capital financier ou du facteur technique.

2. C'est, de la même façon, au seul niveau de l'écosphère que l'on peut détecter les normes de reproduction de cette dernière.

a) F. Chazel définit la norme comme « une règle ou un critère régissant notre conduite en société »³². Il n'y a pas lieu d'opposer ici, comme on le fait couramment, un mode de gestion qui serait normatif à un mode de gestion qui ne le serait pas.

L'efficacité technique ou le profit ne sont pas moins normatifs que le respect des rythmes de reconstitution d'une ressource renouvelable. Toute gestion implique choix, tout choix suppose renonciation, et les normes justifient ce sacrifice. Elles sont donc rattachées à un système de valeurs ; elles nous « renvoient aux valeurs essentielles de la société » (Tabatoni, Jarniou)³³. La question n'est pas « norme ou absence de norme », mais « à quel système ces dernières doivent-elles être empruntées ? ». Tout ce que nous avons dit concernant la spécificité de chaque niveau d'organisation répond directement à cette question.

Les normes issues du milieu naturel sont de deux ordres — quantitatives et qualitatives — , comme le montre l'exemple de l'eau. Au plan mondial, toute utilisation donnant lieu à restitution, il semblerait en résulter que le problème quantitatif de la préservation du stock ne se pose pas. Mais au plan local, il n'en est pas de même ; notamment dans le cas de nappes captives ou lorsque les rejets sont effectués en des lieux autres que ceux des prélèvements.

La pérennité de la ressource implique donc, comme nous l'avons vu, que les rythmes d'utilisation dont elle fait l'objet soient inférieurs ou, au plus, égaux à son flux de reconstitution. Ce dernier nous fournit la norme quantitative dans les limites de laquelle se situe le problème de la gestion rationnelle de la ressource.

Mais l'eau est aussi un ensemble de qualités supportant un ensemble de fonctions (fonction alimentaire, usages agricoles, milieu de vie, refroidissement de matières industrielles, transports, élimination de

déchets, etc.), souvent incompatibles entre elles, et reposant sur des propriétés bio-physico-chimiques différentes. La sollicitation d'une de ces fonctions (refroidissement industriel, transport de déchets) s'effectue le plus souvent au détriment des autres (milieu de vie, alimentation, agriculture...).

Ainsi, chaque mètre cube d'eau douce utilisé par l'industrie pollue, dit-on, en moyenne 11m³ désormais rendus impropres à d'autres usages. Alors qu'au plan mondial, le flux annuel des prélèvements (2 500 km³ en 1975 et 4 450 km³ en 1990) reste très inférieur aux rythmes de reconstitution (35 000 km³), on voit, en conséquence, poindre le spectre des pénuries.

La préservation de la ressource implique donc aussi le respect de ses caractéristiques bio-physico-chimiques, exprimées, cette fois-ci, par un ensemble de normes qualitatives.

L'exemple est généralisable :

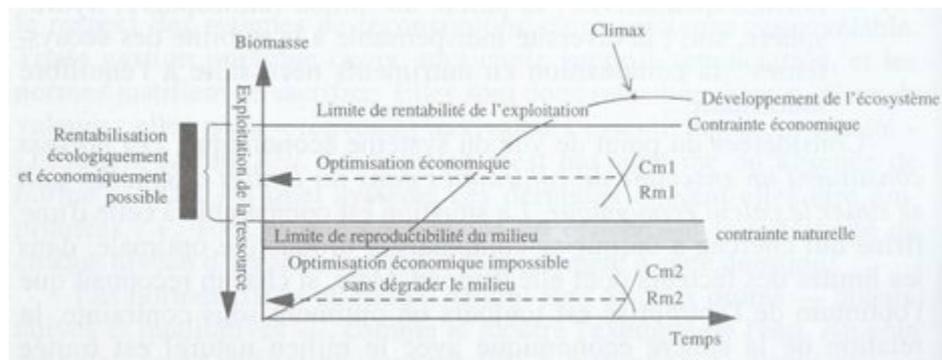
- normes quantitatives : le respect du rythme de reconstitution de toute ressource renouvelable ; la fixation de taux de prélèvement compatibles avec les perspectives de prise de relais d'une ressource non renouvelable par une autre (le pétrole par les diverses énergies de remplacement) ; le minimum nutritionnel correspondant pour chaque homme à la dépense énergétique liée aux efforts qu'exige sa profession^{dn}...
- normes qualitatives : la pureté du milieu (atmosphère, hydrosphère, sol) ; la diversité indispensable à la stabilité des écosystèmes ; la composition en nutriments nécessaire à l'équilibre alimentaire...

Considérées du point de vue du système économique, *ces normes constituent un ensemble de contraintes dans les limites desquelles doit se situer le calcul économique*. La situation est comparable à celle d'une firme qui cherche à définir sa combinaison productive optimale, dans les limites des facteurs dont elle dispose. Mais, si chacun reconnaît que l'optimum de l'entreprise est toujours un optimum sous contrainte, la relation de la sphère économique avec le milieu naturel est traitée comme s'il s'agissait de la recherche d'un optimum *sans* contrainte.

La « gestion normative sous contrainte » (R. Passet, « L'Economie : des choses mortes au vivant », in *Encyclopædia Universalis*, Symposium, Les Enjeux, 1984 ; « L'environnement et la biosphère » in *Encyclopédie Economique*, Economica, 1990) s'attache précisément à définir les conditions d'un développement économique durable en interdépendance

avec l'ensemble de ses environnements, sans réduire ces derniers à une pure logique marchande qui n'est pas la leur et sans diluer l'économique dans un biologisme ou un écologisme où disparaîtrait sa spécificité.

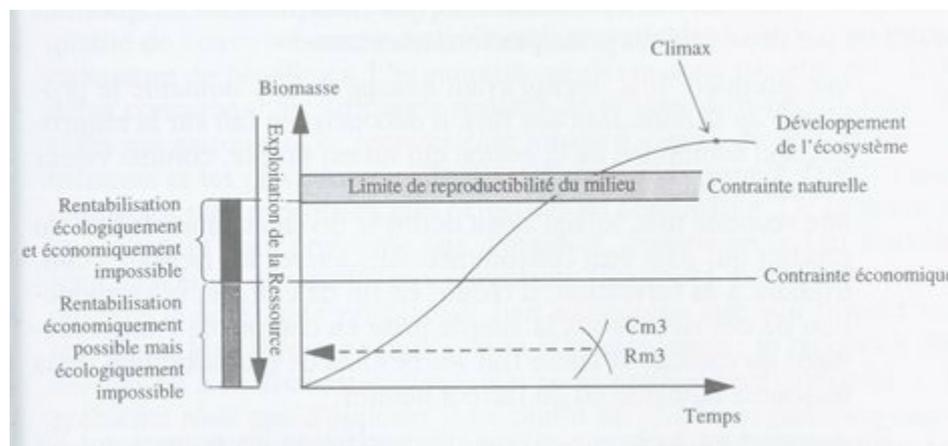
Dans le cas, par exemple, de l'exploitation d'un écosystème forestier, des considérations d'ordre écologique conduisent à exclure du champ de la gestion deux comportements extrêmes, également suicidaires pour l'espèce humaine : la destruction totale de l'écosystème à des fins de rentabilité immédiate, d'une part ; le respect intégral, d'autre part, des écosystèmes, considérés en quelque sorte comme extérieurs à l'espèce humaine : la situation climacique (climax) vers laquelle on s'orienterait alors aurait, en effet, pour résultat l'absorption par les écosystèmes de toute l'énergie solaire parvenant sur notre planète ; une telle situation ne ferait aucune place à l'homme qui lui-même ne peut se développer qu'en utilisant de l'énergie solaire. Entre ces deux extrêmes, deux autres limites apparaissent, l'une écologique, l'autre économique : la première est constituée par le seuil de reproduction du système (taux de croissance naturelle, niveau de biomasse et de diversité en-deçà desquels sa stabilité est compromise...) ; la deuxième est définie, aux approches du « climax » par la partie plate de la courbe logistique exprimant le développement de l'écosystème dans le temps ; à ce niveau les durées de reconstitution de la biomasse sont telles qu'elles compromettent toute perspective de rentabilité.



Entre ces deux limites, se dessine le champ du possible à l'intérieur duquel le calcul économique peut se déployer sans compromettre la reproduction du système. Les techniques traditionnelles de l'optimisation économique déterminent alors le niveau optimum de la production. Aucun problème n'apparaît lorsque cette production se situe à l'intérieur de la zone du possible (courbes Cm1 et Rm1 du schéma ci-dessus).

Appliquer immédiatement (et exclusivement) les techniques de calcul économique comme on le fait couramment, suppose résolue *la question*

cruciale de la compatibilité entre optimisation économique et reproductibilité du système. Or deux situations, autres que celle que nous venons d'envisager, sont concevables : d'abord la production optimale (Cm_2/Rm_2) peut se situer en un point extérieur à la zone de reproductibilité ; dans ce cas l'optimisation ne peut être obtenue qu'au prix de la destruction à terme du système ; l'exploitation est possible mais non l'optimisation ; s'il s'agit d'une ressource dont on ne peut se priver, pour des raisons d'intérêt stratégique ou collectif, on ne saurait l'exploiter que dans des conditions non optimales pouvant appeler la participation financière de la puissance publique ; enfin il se peut que la position des contraintes soit inversée par rapport à la situation précédente et que la contrainte naturelle soit plus restrictive que la contrainte de rentabilité (schéma ci-dessous) :



Dans ce cas, toute exploitation dans les conditions du respect des lois du marché est impossible ; s'il s'agit d'une ressource indispensable, elle ne peut être exploitée que dans les limites du respect de la contrainte naturelle et dans des conditions de non rentabilité appelant la prise en charge par la puissance publique.

Des travaux récents nous paraissent relever d'une logique conforme aux exigences d'une telle gestion normative sous contrainte :

- le scénario de développement énergétique NOE (Nouvelles Options Energétiques) de B. Dessus et F. Pharabod qui part clairement du respect d'un certain nombre de contraintes environnementales telles que la nécessité, dès 2100 :
 - de ne pas émettre plus de CO_2 dans l'atmosphère que les puits naturels terrestres et océaniques ne sont capables d'en éliminer,
 - de mettre fin au stockage de nouveaux déchets nucléaires à très

longue durée de vie.

Sur cette base est alors proposée une stratégie de développement énergétique conforme aux besoins de la croissance économique, aux possibilités des technologies énergétiques et aux exigences de l'environnement ;

- le modèle de développement durable de Barbier et Markandya (Ecole de Londres) subordonnant l'optimisation économique au respect des contraintes environnementales majeures que sont les rythmes de reconstitution des ressources renouvelables, les perspectives de substitution de nouvelles ressources à des ressources épuisables et les systèmes d'auto-épuration des milieux.

b) C'est donc dans les limites des contraintes liées à la reproduction du vivant que se situe le champ légitime du calcul économique.

De ce point de vue, l'économisme que nous mettons en question trahit ici par deux fois ses principes fondamentaux :

- une première fois, lorsqu'ayant évacué de son domaine le problème de la définition des fins, il débouche en fait sur la réintroduction subreptice de la norme qui lui est propre, comme valeur sociale et guide de l'action humaine ;
- une seconde fois, lorsqu'ayant défini le revenu comme la part du produit qui peut être consommée sans altérer les richesses contribuant à sa formation, il réduit, en fin de compte, la reproduction de ces richesses à la simple prise en compte de l'amortissement du capital, et laisse fuir les besoins de reconstitution de la ressource humaine ou du facteur naturel.

En empruntant à chaque niveau d'organisation les normes qui lui sont propres, nous remettons l'économie à sa vraie place, celle d'un sous-système dont les finalités restent subordonnées au respect des régulations des systèmes qui l'englobent. Nous définissons par là même, pour toutes les ressources — et non pour le seul capital — , les conditions minimales d'une reproduction à partir de laquelle peut être dégagé le revenu véritable, celui dont on peut disposer sans altérer le patrimoine dont il est issu.

C'est nous qui, alors, sommes fidèles — mais dans les faits et pas seulement dans les mots — à ce que les économistes nous disent être l'économie.

A aucun moment, celle-ci ne saurait prétendre à nous proposer la moindre norme sociale : ni dans les limites de la reproduction, dont elle échoue à nous proposer les règles ; ni au-delà, lorsqu'apparaît la question

du bien-être concernant l'homme tout entier, irréductible à ses seules activités de production et d'échange.

Le champ du calcul reste cependant immense. C'est bien à lui qu'il appartient, dans l'un et l'autre cas, de nous dire si, compte tenu des moyens dont nous sommes autorisés à disposer, les fins que nous poursuivons simultanément sont ou non compatibles entre elles ; c'est à lui de nous indiquer les moyens de les réaliser en ménageant et aménageant au mieux nos ressources.

L'économiste a également son mot à dire dans la fixation des normes qu'il ne se contente pas d'enregistrer passivement. Contrairement aux hypothèses habituellement retenues, en effet, les fonctions exprimant, d'une part les coûts économiques entraînés par le respect de différents niveaux de pureté du milieu, et d'autre part la gravité des dégradations exercées sur l'environnement par le relâchement des contraintes, ne sont ni linéaires ni continues, mais progressent par paliers. Il sera donc irrationnel d'exiger un durcissement des normes si celui-ci exige le franchissement d'un seuil concernant les coûts à supporter par l'appareil économique, alors que l'avantage, en termes de qualité du milieu, resterait minime. Réciproquement, un durcissement des normes, peu onéreux en termes économiques, peut permettre le franchissement d'un seuil de qualité de l'environnement dont il serait regrettable de ne pas se mettre en mesure de bénéficier. L'économiste ne devra donc pas être absent du débat concernant les différents niveaux de normes à respecter. C'est lui enfin qui retrouvera le premier rôle lorsqu'il s'agira de définir les instruments et les procédures permettant d'assurer ce respect dans les conditions les plus conformes aux exigences de l'optimalité. De ce point de vue, c'est un faux problème que d'opposer, comme on le fait souvent, réglementation et recours aux stimulants financiers. Lorsque la norme qui fixe la contrainte est établie, rien n'implique que son respect soit assuré par les moyens exclusifs de la réglementation ; le recours à l'incitation ou à la dissuasion financière reste parfaitement concevable, le problème n'est pas d'opposer mais plutôt de combiner judicieusement deux modes d'intervention bien plus complémentaires que contradictoires.

Tout cela, une fois de plus, serait affreusement banal si, par une série de glissements successifs — de la convention à l'image du réel, puis à la norme sociale —, la théorie et la pratique n'aboutissaient à la négation inavouée des principes sur lesquels elles prétendent se fonder.

III. LE PRINCIPE DE CONTRAINTE MINIMALE : LA

RÉPARTITION DU POUVOIR DE DÉCISION PAR NIVEAUX D'ORGANISATION

Notre schéma serait extrêmement dangereux s'il s'arrêtait au point précis où nous venons de le conduire. Il impliquerait la suprématie absolue du tout sur les parties, la subordination totale des individus à la collectivité.

En mettant l'accent sur la globalité, en privilégiant la relation par rapport à l'objet, l'approche systémique recèle incontestablement ce type de danger. A première vue, le monde cybernétique ne se préoccupe pas de l'homme, mais de systèmes dans lesquels l'individu devient remplaçable et sacrificable³⁴. « C'est une idée répandue, souligne Bertalanffy³⁵, de considérer l'Etat ou la Nation comme un organisme d'un niveau super-organisé. Une telle théorie constituerait cependant le fondement d'un Etat totalitaire, dans lequel l'individu apparaîtrait comme une cellule insignifiante dans un organisme, un travailleur sans importance dans une ruche ». A la limite, l'homme libre serait considéré comme l'élément perturbateur. Alors, dit encore Bertalanffy, de deux choses l'une : « ou bien il faut entièrement l'éliminer et le remplacer par le hardware des calculateurs, mécanique qui se règle toute seule, ou bien il doit être rendu aussi sûr que possible, c'est-à-dire mécanisé, conformisé, contrôlé et normalisé³⁶. En termes plus durs, dans le grand système, l'homme doit devenir, et il l'est déjà devenu dans une certaine mesure, un idiot-presse-bouton, ou un idiot instruit, c'est-à-dire étroitement spécialisé, ou un simple morceau de machine. Ceci est conforme à un principe des systèmes bien connu, celui de la mécanisation progressive ; l'individu se transforme en rouage dominé par quelques leaders privilégiés, médiocres et mystificateurs, qui poursuivent leur intérêt propre sous le couvert des idéologies »³⁶.

Christiane Barrier-Lynn s'attache à démontrer la vraisemblance d'une telle hypothèse dans le cas d'une société dominée par l'impératif écologique. A l'idée que l'environnement constitue une entité globale, insécable, où toute action entreprise en un point déclenche toujours des conséquences quelque part, correspond celle d'un système économique-social « réellement intégré, avec mécanismes d'ajustements, d'avertissement et de contrôle, capacités de feed-back et feed-before »³⁷.

Le pouvoir appartiendrait alors à « celui qui sait », le savant, seul apte à se prononcer sur les normes à respecter et les ajustements à effectuer. Il échapperait au contrôle démocratique dans la mesure où le débat revêtirait

un caractère essentiellement technique, mettrait en jeu de très longues périodes débordant le champ des sensibilités individuelles et, en raison des interdépendances mondiales, exigerait des sacrifices nationaux qu'il serait difficile d'obtenir des populations. En somme, un type de gouvernement scientifique, centralisé, auto-régulé, devenu cybernétique, dans lequel les individus passifs seraient soumis à une quantité de contraintes dont l'histoire ne montre aucun précédent.

Ce schéma extrême, non invraisemblable, à propos duquel on ne peut manquer d'évoquer la société de 1984 décrite par Orwell, doit être considéré avec sérieux si l'on veut être en mesure d'en conjurer l'éventualité.

Mais il ne paraît pas forcément inscrit dans la nature des choses.

A) Les limites de la centralisation

Le vivant et le social font apparaître les limites de la centralisation.

1. Au sein d'un organisme, chaque niveau d'organisation — organe ou cellule — reçoit et diffuse très exactement toute et seulement l'information qui lui est nécessaire pour accomplir sa fonction, et faire connaître ses besoins à l'ensemble auquel il appartient.

Des 20 000 informations-seconde reçues par le corps humain, seul ce qui peut être traité à un certain niveau d'organisation, sans mettre en cause l'équilibre du système, l'est effectivement.

Le principe *d'équifinalité* « signifie qu'un système peut, selon les aléas, difficultés, résistances qu'il rencontre, utiliser différentes stratégies pour atteindre un même but, et que plusieurs systèmes semblables peuvent atteindre les mêmes fins par des moyens différents » (E. Morin)³⁸.

L'information constituant le moyen que possède un niveau d'organisation d'agir sur les autres, nous tirerons de ce double constat l'idée :

- que la quantité de contrainte déployée à chacun de ces niveaux correspond toujours au strict minimum indispensable pour assurer l'émergence de la finalité de niveau supérieur ;
- et que sont préservés les degrés de liberté permettant les adaptations nécessaires aux aléas et au changement.

Le vivant nous enseigne encore qu'une organisation qui se complexifie et se centralise, accroît ses performances et son autonomie vis-à-vis de son environnement, mais se fragilise en même temps. Soumis à une agression,

les organismes dépourvus de système nerveux central se régénèrent : l'étoile de mer amputée reconstitue ses branches ; l'embryon d'oursin sectionné donne naissance à deux individus... alors qu'atteints en un point vital, les organismes plus évolués s'effondrent. A la limite, une seule agression localisée suffirait pour qu'un organisme intégralement centralisé soit condamné à disparaître^{dp}. Un équilibre doit donc être trouvé entre le supplément d'autonomie et le surcroît de fragilité que confère la centralisation.

2. L'observation du social confirme cette indication. « L'Etat, cette machine lente, bête et corrompue » (Spencer)³⁹, se révèle inefficace à partir du moment où il tente de tout contrôler⁴⁰. Plus ses moyens d'information et d'action se concentrent, et plus une agression orientée se révèle susceptible de le paralyser. Les firmes, après avoir expérimenté les possibilités de contrôle par le centre que leur conférait l'ordinateur, n'ont pas tardé à comprendre à quel point cela les rendait, en même temps, vulnérables aux agressions résolues d'un petit nombre d'hommes contrôlant quelques points stratégiques ; d'où la vogue de l'informatique répartie...

D'un point de vue plus théorique, Couffignal souligne que les individus réagissent de trois façons différentes — adaptation, lutte ou fuite — à la contrainte sociale. Il met alors en évidence l'existence d'un niveau de contrainte critique à ne pas dépasser sous peine d'inefficacité. Le respect de cette limite suppose un certain degré de décentralisation : « il est de mauvaise cybernétique de confier le choix des buts à des hommes ignorants des conditions de l'exécution du milieu »⁴¹.

Tabatoni et Jarniou⁴² démontrent qu'on réduit l'incertitude d'un système d'organisation — donc qu'on accroît son efficacité — en renforçant l'autonomie de décision de ses organes et en accompagnant cette autonomie des moyens (stocks, réserves, ressources polyvalentes...) lui attribuant une portée réelle.

Cela confère une importance particulière aux acteurs locaux qui doivent affronter l'incertitude de l'environnement.

B) Centralisation et décentralisation, deux conceptions complémentaires et non antagonistes

Dans cette optique, centralisation et décentralisation n'apparaissent plus comme antagonistes, mais révèlent, au contraire, leur complémentarité :

- la décentralisation d'un système n'est concevable sans désarticulation et perte d'identité, que dans la mesure où elle s'accompagne de la maîtrise, par le Centre, de l'information et du pouvoir d'impulsion indispensables au maintien de la cohérence du tout : on le vérifie, par exemple, au niveau de l'entreprise, où la multiplication de petites unités de production disséminées dans l'espace n'a été réalisable qu'à la faveur des possibilités de communication et de commande à distance qu'apportait le développement de l'informatique ;
- mais réciproquement, la centralisation qui se poursuit sans décongestion du centre par la périphérie s'achemine vers les limites de lenteur, de lourdeur et d'inefficacité au terme desquelles se profile la paralysie et l'effondrement du système.

Le problème n'est donc pas de savoir si on centralise ou si on décentralise tout (ce qui fait alterner la bureaucratie paralysante et l'incohérence anarchique), mais de déterminer ce qu'on centralise ou décentralise et à quel niveau.

1. *Le principe de répartition du pouvoir de décision par niveaux d'organisation*

a) *Le principe* paraît être que toute décision devrait être prise « au » et « par le » niveau d'organisation où elle développe ses conséquences ; « plus » et « moins » sont également néfastes :

- régir par le haut les activités d'agents ou de groupes concernant des domaines où ils ne mettent en cause qu'eux-mêmes, se traduit par le déploiement de contraintes auxquelles la collectivité — qui, par hypothèse, n'est pas impliquée — n'a rien à gagner et met à sa charge des coûts d'information, d'encombrement et de contrôle parfaitement injustifiés ;
- supporter que les décisions soient prises à un niveau inférieur à celui qui est concerné, revient à confier la régulation d'un système à l'un de ses sous-systèmes...

L'application de ce principe nous conduit, du point de vue économique le plus large, à distinguer trois types d'activités :

- celles qui, par nature, échappent à la logique du marché (biens collectifs, santé, sécurité, etc.), relèvent de toute évidence d'une certaine conception de l'utilité sociale, et doivent être prises par le

- pouvoir politique au niveau collectif concerné ;
- celles qui, mettant essentiellement en cause les agents individuels (consommateurs, commerçants, artisans, activités à faibles effets externes...) qui les prennent, ne sont pas de nature à infléchir le choix de finalité d'un niveau d'organisation plus élevé, et pour lesquelles il convient de laisser jouer l'initiative individuelle ;
 - les activités faussement individuelles enfin, pouvant donner lieu à formation d'un prix, paraissant relever de l'initiative privée et du mobile du profit (activités bancaires, sidérurgie, fabrication et vente de certains armements...), mais qui, par leur nature, leur importance et la masse des effets externes qu'elles comportent, engagent en fait l'avenir de la collectivité et devraient être soumises à la décision de cette dernière.

Il est, de ce point de vue, des centralisations abusives consistant à faire réglementer par le centre des activités qui, en fait, développent leurs conséquences à un autre niveau d'organisation : que l'on pense au rôle que joue, par exemple, en France, le Ministère des Finances... la logique des moyens se substitue ici aux finalités des niveaux qu'elle devrait servir.

Mais il est aussi des décentralisations intempestives qui ne sont que caricature de démocratie ; il en est ainsi chaque fois que les citoyens sont appelés à trancher *directement* de questions ne relevant pas de leur champ d'expérience ou de sensibilité^{dq} (les appellerait-on à légiférer par referendum en matière de pollution internationale des océans ?) ; et que penser de la solution qui consiste à soumettre un important secteur de la Sécurité nationale (tel que l'aviation militaire) au jeu de la décision privée gouvernée par le mobile du profit ?...

b) L'accent étant mis sur l'inutilité de contraindre tout ce qui ne met pas en cause un niveau d'organisation supérieur, il semble qu'à partir du moment où la collectivité assure son contrôle sur les fonctions majeures dont dépend son évolution, le champ réservé à l'initiative privée reste considérable.

Sans doute y a-t-il là un critère de la décentralisation et du contrôle public. C'est bien, en effet, de décentralisation qu'il s'agit ici (c'est-à-dire de décisions prises par des agents individuels ou collectifs dotés d'autonomie et bénéficiant de moyens propres), et non d'une simple déconcentration technique^{dr}.

Une telle situation consacre « l'existence autonome de certains intérêts en eux-mêmes généraux, mais d'une généralité moins large que ceux dont l'Etat a la charge : intérêt municipal ou départemental, par exemple » (G.

Vedel)⁴³. Et, ajouterons-nous, elle consacre aussi l'existence des intérêts individuels. Au niveau de la Nation : il revient alors au pouvoir politique, issu de l'arbitrage populaire entre les idéologies et les programmes, de fixer le contenu du projet social qui, pour un temps, s'impose à tous. Aux niveaux inférieurs : les agents collectifs ou individuels dotés d'autonomie doivent déterminer librement leurs objectifs et les modalités de leur réalisation, dans le cadre délimité par le respect des options de niveau supérieur. Les échelons collectifs intermédiaires ne sont en mesure d'agir ainsi que s'ils disposent de leurs ressources financières propres, « y compris dans le produit de l'impôt direct sur le revenu » (J. Delors)⁴⁴.

Mais l'Etat, qui fixe les objectifs généraux, veille alors à ce que soit réalisée l'égalité des chances et des conditions entre citoyens, quel que soit le lieu géographique de leurs activités ou de leur résidence : les critères de l'imposition restent nationaux ; les agents chargés de percevoir les rôles doivent être indépendants des pouvoirs locaux (n'oublions pas les excès de l'ancien régime) ; les possibilités de promotion étant les mêmes pour tous, les collectivités décentralisées sont tenues d'assurer un minimum de services dans les domaines prioritaires de l'éducation, de la santé, des transports collectifs, etc.

Le problème de la collaboration internationale, que l'extension du champ des interdépendances soulève chaque jour en termes plus impérieux, cesse alors de se poser sous l'angle général de la supranationalité (éloignant de plus en plus le pouvoir des citoyens) ; il se formule plutôt en termes de transferts de souveraineté limités aux questions communes aux Nations, et dont la solution exige la coopération de toutes.

Ainsi, dans le domaine de l'environnement :

- relèvent du *plan mondial* : la pollution des océans, la destruction de certaines espèces marines, tout ce qui relève des menaces globales affectant les mécanismes régulateurs de la biosphère ; demain, sans doute, la gestion des matières premières détenues par les uns et exploitées par les autres, alors qu'elles appartiennent à ce que l'on s'apercevra être un jour le patrimoine de l'humanité, etc.
- relèvent du *plan international*, mettant en cause un groupe limité de nations : certaines questions de pollution atmosphérique, marine (pays riverains de la Méditerranée), fluviale (le Rhin), etc.
- relèvent du *plan national* : la définition des normes de qualité du milieu à respecter sur l'ensemble du territoire, en fonction des utilisations faites des différentes ressources, la mise en place du

dispositif permettant de réduire les inégalités de charges pouvant en découler entre différentes zones du territoire, etc.

Et nous touchons ici à la diversité des conditions qui requiert l'*initiative régionale ou locale* : cette diversité est telle que le respect d'une norme nationale de qualité ne peut être obtenu que moyennant une réglementation des normes d'émission parfaitement adaptée aux conditions locales ; en ce qui concerne les eaux de surface, par exemple, interviennent les usages qui en sont faits, les possibilités de substitution dans la satisfaction de ces usages, la composition chimique des eaux, leur débit, leur localisation (bassin versant ou vallée), la présence ou l'absence de sources de pollution en amont, etc. Le pouvoir qui voudrait centraliser toutes ces informations sur l'ensemble du territoire se condamnerait à l'inefficacité ; c'est ici que doit jouer à plein l'initiative des niveaux concernés (le bassin, la municipalité). On découvre alors, comme c'est actuellement le cas pour la nappe d'Alsace, la nécessité d'informer les populations, de les « responsabiliser » et de les associer à la gestion d'un patrimoine dont l'avenir dépend de leur comportement.

Le principe de subsidiarité préconisé aujourd'hui par les autorités européennes correspond d'assez près à l'esprit des principes formulés ci-dessus. Il consiste, en effet, à placer, dans chaque cas, le pouvoir de décision au niveau le plus bas que le permet le respect des impératifs de niveaux supérieurs et, plus largement, de l'intérêt général.

Dans la pratique cependant, l'acharnement frénétique à tout réglementer dans le détail qui caractérise les institutions de Bruxelles fournit souvent l'exemple même de ce qu'il ne faut pas faire eu égard à ce principe.

2. Le bouclage de l'information et le contrôle du bas vers le haut

Nous percevons ainsi un second aspect du principe de contrainte minimale, la nécessité d'un bouclage de l'information et du contrôle allant, cette fois-ci, du bas vers le haut.

Là encore, le vivant nous sert de modèle. « Dans le système fermé sur le plan de l'information-structure que représente un individu, tous les organes, tous les systèmes, toutes les cellules, toutes les molécules concourent au maintien de la structure... Le système nerveux n'est que l'exécutant des décisions anti-entropiques de l'ensemble de l'organisme...

« ...Pour que chaque niveau d'organisation puisse s'intégrer fonctionnellement à l'ensemble, il faut qu'il soit informé de la finalité de l'ensemble et, qui plus est,... qu'il puisse participer au choix de cette

finalité » (H. Laborit)⁴⁵. Au plan social, « être libre — a-t-il été dit dans une instance qui ne s'est pas signalée par son caractère subversif — c'est participer aux décisions » (CNJP)⁴⁶.

La satisfaction de cette exigence par l'organisation socioéconomique impliquerait :

- que l'information soit un bien commun largement ouvert à tous et non, comme c'est le cas aujourd'hui, au moins en France, comme un bien inaccessible au public, appartenant en propre aux organismes administratifs — pour ne pas dire aux corps ou aux castes — qui la recueillent ou l'élaborent ;
- que réciproquement, les niveaux décisionnels supérieurs se mettent en mesure de connaître les aspirations et les besoins des hommes concernés par leurs décisions ;
- que le pouvoir de décider appartienne aux populations concernées, dans tous les cas où elles possèdent l'information nécessaire et ne mettent pas en cause un niveau d'organisation supérieur ;
- que les agents individuels ou collectifs investis du pouvoir décisionnel à tous les niveaux de l'organisation soient démocratiquement désignés — et périodiquement révocables — par l'ensemble des populations qu'ils représentent, et donc soumis au contrôle de ces dernières.

J'ajouterai enfin que le caractère normatif de l'utilité sociale me paraît impliquer un autre enseignement : dans la mesure où tout système de valeurs échappe à la démonstration scientifique, les conceptions relatives au contenu de l'utilité sociale sont nécessairement multiples, ce qui constitue, à mon sens, une invitation au *pluralisme*, à la *tolérance* et une justification de *l'alternance démocratique*.

CONCLUSION

Placée devant un de ces défis qui s'inscrira parmi les plus considérables de son histoire, voici l'humanité parvenue au moment décisif où il lui appartient de s'accomplir ou de se détruire.

S'accomplir, en effet, car les accumulations réalisées au fil des générations ont successivement affranchi les régions les plus avancées du monde — et laissent espérer la possibilité d'affranchir les autres — de l'obsession de la survie liée aux productions alimentaires, puis de la recherche du confort associée à la production de biens de consommation durables. Et elles ouvrent maintenant les perspectives d'une économie de l'être, dont nous pensons avoir montré ailleurs qu'elle semble s'amorcer par le développement des dépenses de loisir, culture et santé. L'évolution dans le temps, des budgets de familles des nations à revenus croissants, tout comme la comparaison dans l'espace des comportements de consommation de groupes ou de nations à revenus inégaux, est très révélatrice : survie, confort et bien-être semblent bien marquer trois ordres de préoccupations successivement prédominantes, à mesure que s'élèvent les niveaux de vie. L'homme se trouve donc, semble-t-il, au seuil d'une ère nouvelle ou, après avoir satisfait aux exigences de l'avoir, il lui serait possible de songer prioritairement aux impératifs de la personne. C'est une révolution sans précédent : alors que le développement des sociétés humaines s'était traduit jusqu'à ce jour en termes de productions matérielles de survie et de confort s'adressant à des besoins saturables, c'est un développement orienté vers des activités dont l'aspect matériel est secondaire et s'adressant aux besoins illimités de l'être qu'il convient désormais de concevoir.

Mais simultanément, la puissance même des moyens accumulés pour obtenir cette libération révèle leur ambivalence :

- au plan individuel, la croissance de l'avoir n'est plus, comme nous l'avons vu, création mais destruction de l'être ;
- au plan social, au terme d'une évolution dont nous nous sommes efforcé de dégager le cheminement, le moyen a pris figure de fin ; ce qui dissocie devient alors plus fort que ce qui rassemblait : là où

l'adhésion à des valeurs communes permettait de surmonter les oppositions et de maîtriser l'usage des choses, la compétition pour la possession et le contrôle des moyens place les hommes dans une situation d'antagonisme radical ; les vieilles solidarités s'estompent et rien ne peut les remplacer qu'une sorte de loi de la jungle, à peine camouflée par le cynisme d'affirmations morales, dont chacun sent bien qu'elles servent plus à canaliser les aspirations des faibles qu'à refréner les appétits des puissants ;

- au plan de la biosphère enfin, la régression des pénuries concernant les produits s'accompagne de l'épuisement des ressources dont ils proviennent et du blocage des mécanismes régulateurs dont la disparition menace dans sa reproduction le milieu qui constitue le support de toute vie.

Les vraies questions concernant l'Homme, obscurcies pendant des millénaires par les exigences de la lutte pour la survie, se posent donc enfin à lui : elles se réfèrent à son être, sa place par rapport à l'ordre des choses et ses relations avec la Nature.

Nous espérons avoir montré ici que ces questions ne sont pas sans réponse. Mais là où il faudrait un supplément d'âme et de lucidité, l'humanité aborde l'avenir, comme elle l'a toujours fait, avec les armes et les catégories mentales du passé.

En cette fin de XX^e siècle se précise l'idée que l'évolution des sociétés est parvenue à l'un de ces points critiques où l'histoire peut bifurquer dans des directions radicalement opposées. D'une part, un monde plus humain, un monde dans lequel le développement des communications et de l'information permet, en tout point de la Planète, à chaque homme, d'entrer en contact instantané avec tous les autres ; un monde où les productions — notamment alimentaires — n'ont cessé, depuis la fin du second conflit mondial, de croître à un rythme supérieur à celui des populations humaines ; un monde où une gestion plus efficace permet, comme nous l'avons vu, de réduire les quantités de matière, d'énergie et d'espace nécessaires pour fabriquer une unité de produit ; un monde où la machine semble accomplir sa tâche qui est de libérer l'homme de la peine... Serait-ce la réalisation du rêve séculaire des grands penseurs humanistes ? On pense au discours que Victor Hugo mettait dans la bouche d'Enjolras, sur la barricade où celui-ci allait mourir : « Le XIX^e siècle est grand, mais le XX^e sera heureux. Alors plus rien de semblable à la vieille histoire ; on n'aura plus à craindre comme aujourd'hui une

conquête, une invasion, une usurpation, une rivalité de nations à main armée (...) on n'aura plus à craindre la famine, l'exploitation, la prostitution par détresse, la misère par chômage, et l'échafaud et le glaive et les batailles, et tous les brigandages du hasard dans la forêt des événements. On pourrait presque dire : il n'y aura plus d'événements. On sera heureux. Le genre humain accomplira sa loi comme le globe terrestre accomplit la sienne... » (*Les Misérables*, 1862, V^e partie, livre I, chap. 5).

Mais, la même émergence de l'immatériel qui semble véhiculer de telles promesses provoque aussi l'emprise de nouveaux pouvoirs dont la rationalité vient en pervertir le sens. De toutes les sphères d'activité, celle qui bénéficie le plus du développement de l'informationnel est sans nul doute celle de la finance. Ce qu'elle véhicule, en effet, c'est de l'immatériel, des ordres circulant à travers le monde, à la vitesse de la lumière. La flexibilité des changes et la dérèglementation libérant la spéculation sur les devises, quelques dixièmes de points de variation déplacent des flux d'argent qui tourbillonnent et s'enflent de façon disproportionnée^{ds}. Cette sphère — bien que ses mouvements s'inspirent d'un souci de valorisation d'un patrimoine financier, sans grand rapport avec les impératifs du développement économique ou de la biosphère — étend son emprise sur l'économie réelle, lui impose sa loi et l'oriente en fonction de ses propres exigences.

Alors la promesse se retourne. Car la logique de la finance n'est ni une logique du réel, ni une logique de création, ni une logique de mise en valeur des territoires, ni une logique de l'homme puisqu'elle débouche sur le cercle vicieux de la course à la productivité, de la surexploitation des milieux naturels, du chômage, de l'exclusion sociale et de la marginalisation des nations les plus déshéritées. C'est-à-dire, point par point, l'opposé des promesses que laisse entrevoir l'émergence de l'immatériel. Le politique et le social réduits à l'économique et celui-ci au financier, c'est ce double réductionnisme qui régent aujourd'hui les affaires de la Planète. Entre la logique du vivant et celle de l'argent se joue l'avenir du monde.

Au carrefour de l'être et du néant, l'histoire marque un temps d'hésitation.

Face à l'avenir qui est en jeu, l'économiste assume une responsabilité particulière. Il lui appartient de pourfendre le fétichisme des choses mortes, pour participer à l'œuvre de vie qui se poursuit à travers l'espèce humaine et peut seule donner un sens à l'acte de production.

UNE SCIENCE TRONQUÉE

Le Monde, 12.1.1971

par René Passet

Pollution, dégradation du milieu ambiant, violation des règles les plus élémentaires de la sécurité, exploitation abusive de ressources, insuffisance des équipements collectifs... cette jonction contemporaine de faits n'est pas le fruit capricieux du hasard. Elle constitue le résultat logique d'une série de décisions fondées sur un calcul économique où prédomine une certaine conception du rentable ; L'économiste qui prend conscience de cette réalité s'aperçoit qu'il est au service d'une science tronquée dont les insuffisances, aujourd'hui éclatantes, l'invitent à un effort d'approfondissement et de remise en cause.

La science économique a fait son apparition à une époque et dans des circonstances qui expliquent la plupart de ses traits contemporains. C'est logiquement — ce qui ne veut pas dire légitimement — qu'elle a été amenée à privilégier le facteur matériel.

Au XVIII^e siècle comme au XIX^e, dans les pays avancés aussi bien que dans les autres, la majeure partie des hommes connaissaient des niveaux de vie proches du minimum vital. La production accrue de biens matériels constituait alors, pour eux, le seul moyen de se libérer de l'obsession de la survie, la « création de l'homme par l'homme », dont François Perroux a fait la belle définition du développement, se confondait inévitablement avec la production de marchandises. Nul ne songeait qu'il pût y avoir un péril quelconque dans la croissance. Et cela restera vrai, dans une grande mesure, pour les premières sociétés de confort.

Sur un autre plan, la puissance des moyens de production restait assez limitée pour que l'on puisse utiliser les ressources de la nature sans altérer le principe qui les engendrait. La réserve de richesses constituée par cette dernière paraissait inépuisable et les rythmes d'exploitation auxquels elle était soumise lui

permettaient de se reconstituer automatiquement.

Dans la lutte quotidienne contre la rareté, qui voit concourir avec les facteurs naturels l'homme assisté des équipements qu'il se donne, seuls ces derniers — parce qu'il fallait les fabriquer — faisaient figure de moyens fondamentalement rares.

Alors que la production semblait porter en elle une promesse de libération pour l'homme, alors que la nature pouvait se montrer « avare » dans ses fruits mais non susceptible d'épuisement dans son principe, l'extension du capital technique paraissait seule commander la création des richesses.

Il n'est donc pas étonnant que ce facteur ait tenu la place d'honneur dans le calcul économique. *Le souci quasi exclusif d'une rentabilité conçue de façon strictement financière et fondée sur la prédominance du facteur matériel* allait marquer durablement notre discipline. Tout ce qui pouvait être entrepris au nom de cette rentabilité, quel qu'en fût le coût pour l'homme et la nature, commandait et commande encore la plupart des décisions.

Un économiste « sérieux » a-t-il le droit de s'en indigner ? Quels outils trouverait-il d'ailleurs dans les instruments traditionnels d'analyse mis à sa disposition, pour opposer une argumentation cohérente aux calculs réalistes des hommes d'action ?

Doit-il alors se résigner ou repenser son arsenal ?

L'indispensable mutation

Un fait nouveau se révèle pourtant aujourd'hui : pour la première fois peut-être dans l'histoire de la vie la multiplication rapide d'une espèce, associée à l'extension de son aire biologique (critères habituels de succès) la menace elle-même. On connaît la forme exponentielle de la croissance démographique : le doublement de la population mondiale, qui avait exigé un siècle et demi entre les années 1750 et 1900, s'effectuera en quarante ans entre 1960 et l'an 2000. En même temps, l'accumulation de moyens techniques de plus en plus puissants donne à cette population un pouvoir de destruction sur la nature qui était impensable jusqu'à ce jour. Ainsi, l'homme épuise lentement les sources dont il tire sa subsistance et la

nature entre désormais dans le circuit des biens rares et périssables qu'il faut comptabiliser.

Pour ce qui est de l'homme lui-même, sa relation avec le développement n'apparaît plus aussi simple qu'au cours de la période précédente. les biologistes nous enseignent que les fruits les plus incontestablement bénéfiques de la croissance économique ne sont pas sans contrepartie. Sous l'effet de l'amélioration des niveaux de vie par exemple, la sélection naturelle n'assure plus l'élimination des moins aptes, et c'est un matériel génétique progressivement dégradé qui risque de se transmettre de génération en génération. Sans que, de toute évidence, il puisse être question de revenir sur la régression des taux de mortalité, il faut en connaître toutes les conséquences et orienter les travaux des chercheurs (c'est-à-dire les crédits) dans des voies qui ne sont pas nécessairement celles du profit monétaire immédiat. Des auteurs réputés sérieux nous donnent à penser que les efforts en cette matière, s'ils soulèvent des problèmes éthiques considérables, ne seraient pas nécessairement voués à l'insuccès.

Le développement s'accompagne en outre d'un renforcement de la concentration urbaine. Or, les médecins, psychologues, sociologues, nous informent qu'une densité excessive de population est, pour toutes les espèces, une cause d'usure et une source d'agressivité. Même si l'on se borne à considérer l'homme comme un potentiel productif, il y a là un détournement d'énergie dont il faut bien convenir qu'il constitue un coût, difficile à évaluer sans doute, mais incontestable.

Il n'est pas sûr, enfin, que le développement tel qu'il a été réalisé à ce jour, sous la forme essentielle d'une accumulation de biens, ne brise en l'homme quelques-uns des ressorts parmi les plus indispensables à la survie de l'espèce. C'est là un doute que l'on trouve formulé aussi bien du côté où l'on dénonce le pouvoir corrupteur de la société de consommation que celui, sensiblement opposé, où l'on déplore la régression des vertus traditionnelles.

La prise en considération de ces coûts conduirait à des orientations de développement très différentes de celles qu'imposent les économies de la matérialité, du rendement et de la rentabilité.

C'est une prise en compte totale de l'homme, moyen et fin de

l'activité économique, qu'il s'agit de réaliser. mais si la science forge timidement ses premiers instruments dans cette direction, la pratique reste loin de lui emboîter le pas. Nous nous en tiendrons donc ici à quelques propositions modestes. Etendre à tous les facteurs le traitement dont bénéficie le capital, voilà un objectif qui, sans pouvoir être considéré comme un idéal en soi, constituerait déjà un remarquable progrès.

Supposons, par exemple, que nous appliquions à la nature et à l'homme la notion simple d'amortissement ; Ceci impliquerait, pour nous limiter à quelques conséquences évidentes :

- Que la part d'une production qui altère les possibilités de renouvellement d'une ressource (ou qui implique un épuisement trop rapide d'un gisement non reproductible), soit traitée non point comme un revenu, mais comme une destruction du patrimoine ouvrant, au bénéfice de la collectivité, un droit à compensation ;
- Qu'il en soit de même de toute atteinte (pollution, dégradation de site, amputation d'espace vert, etc.) portée à l'environnement ;
- Que la part des revenus correspondant au minimum vital des hommes soit considérée, du point de vue de la comptabilité nationale et de la fiscalité, non comme un produit net, mais comme un simple amortissement indispensable au maintien d'un facteur de production. la justice fiscale y gagnerait et la clarté des comparaisons de niveaux de vie aussi.

On s'apercevrait alors qu'il existe des nations ou des catégories sociales dont le revenu est négatif, c'est-à-dire dont le potentiel humain, technique ou naturel s'épuise plus que ne s'accroissent leurs ressources apparentes. On éviterait aussi, de cette manière, le paradoxe comptable qui consiste à traiter comme un accroissement de produit national le simple fait qu'un bien indispensable à la vie (l'eau par exemple) sorte de l'état de surabondance et de gratuité pour entrer dans le circuit de la rareté et de l'échange onéreux.

Il est probable que, dans un tel système, les firmes dont l'activité diffuse, sur leur environnement, des effets indirects importants par rapport à leurs productions directes ne puissent plus relever de la gestion privée. C'est un choix à effectuer entre

certaines modes d'organisation et l'avenir de la collectivité.

Mais ceci ne constitue encore qu'un pâle aperçu des tâches qui attendent l'économiste. Un physiologiste connu d'origine espagnole, le docteur Delgado, résumait récemment ainsi au cours d'un colloque tenu à l'UNESCO, les perspectives qui s'ouvrent à nos sociétés : « *Nous en sommes maintenant à un moment décisif de la création. Autrefois, la nature a contrôlé l'homme. Aujourd'hui, l'homme contrôle la nature et bientôt nous pourrions intelligemment contrôler l'homme* ».

Il est impensable que les orientations découlant de ces pouvoirs inquiétants et vertigineux reposent au premier chef sur les impératifs étriés des calculs d'argent. Avant même d'effectuer les options éthiques, idéologiques ou doctrinales auxquelles il pourra de moins en moins échapper, l'économiste découvre l'importance que revêtent, pour lui, toutes les disciplines consacrées à l'homme. Il s'aperçoit alors inévitablement que, à l'image de la biologie, l'économie est d'abord une science de la vie.

René PASSET

NOTES ET RÉFÉRENCES

AVANT-PROPOS

1

S. Faucheux et J.F. Noël, « Les menaces globales sur l'environnement », *Repères*, La Découverte, 1990.

2

V. Vemadsky, *Biosphera*, Moscou, 1926 (trad. française, *La Biosphère*, Félix Alcan, Paris, 1929).

3

J. Lovelock, *Gaïa, a new look at life on earth*, 1979 (trad. française, *La terre est un être vivant, l'hypothèse Gaïa*), Monaco, Ed. Le Rocher, 1986 et surtout : *The Age of Gaïa*, 1988 (trad. française *Les âges de Gaïa*, Laffont, 1990).

4

B. Dessus, *Atlas des énergies. Pour un monde vivable*, Syros, 1994.

5

B. Perret et G. Roustang, *L'économie contre la société*, Esprit, Seuil, 1994.

6

T. Kuhn, *La structure des révolutions scientifiques*, Champs, Flammarion, 1983.

7

Beckerman W., *Economists, Scientists and Environmental Catastrophs*, Oxford, Econ. Paper, nov. 1972.

8

R. Passet, *L'Economie marxienne sous les feux de la thermodynamique* (Mélanges en l'honneur de J. Weiller, *Economica*, 1983).

9

N. Georges-Roegen, *The entropy law and the economic process*, Harvard University Press, 1971.

10

K. Boulding, *The economics of the spaceship earth* in Jarret ed., *environmental quality in a growing economy*, John Hopkins, Baltimore, 1966.

11

A. Tsuchida, T. Murota, N. Kawamiya, *Entropy Studies on Ecology and Economy*, Universities of Tokyo and Nagoya, 1985.

12

J. Rueff, *Les Dieux et les Rois*, Hachette, 1967.

13

H. Jonas, *Le principe Responsabilité*, NRF, Cerf, 1990.

14

P. Ricœur, « La responsabilité et la fragilité de la vie — éthique et philosophie de la biologie » chez Hans Jonas, *Le Messenger*, n° 5, 1991.

INTRODUCTION

1

Alfred Marshall, *Principes d'Economie Politique* (1890), Traduction Sauvaire-Jourdan. Giard et Bière Ed., 1906, p. 11.

2

L. Von Bertalanffy, *Théorie générale des systèmes*, Dunod, 1972. J. de Rosnay, *Le Macroscopie*, Seuil, 1975.

3

A. Marshall, *Principes d'Economie Politique*, *op. cit.*, p. 1.

4

M. Godelier, *Rationalité et irrationalité en économie*, T. 1, p. 31. Maspero, 1971. Les passages soulignés le sont par M.G.

5

L. Couffignal, « Un être humain, une société humaine, un mécanisme quelconque, ne peuvent agir que sur une partie du milieu extérieur et ne subissent les influences que d'une partie du milieu extérieur. Ces deux parties du milieu extérieur constituent *l'environnement* de cet être, de cette société, de ce mécanisme ». « La science économique traditionnelle et la cybernétique de l'Economie », in *L'Univers Economique et Social*, Encyclopédie française Larousse : 9.68.5.

6

C. de Linné, *Systema Naturae*, 1735.

7

M. Berthelot, *Chimie organique fondée sur la synthèse*, 1860. *Leçons sur les méthodes générales de synthèse de chimie organique*, 1864.

8

R. Descartes, *Discours de la Méthode*, II^e Partie.

PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION

1

Commoner B., *L'Encerclement*, Seuil, 1971, p. 21.

2

Dajoz R., « La plupart des écosystèmes se sont formés au cours d'une longue évolution et ils sont la conséquence de longs processus d'adaptation entre les espèces et le milieu ambiant. Les écosystèmes sont doués *d'autorégulation* et capables de résister, au moins dans certaines limites, aux modifications du milieu ambiant et aux brusques variations de la densité des populations » (*Précis d'Ecologie*, Dunod, 1974, p. 249). De même, P. George souligne que l'environnement « est généralement défini comme un équilibre entre un grand nombre de groupes de forces qui se compensent les uns les autres », *L'Environnement*, Que sais-je ? PUF, 1971, p. 9.

CHAPITRE PREMIER

1

Science, 1957, p. 143 ; cité par Moscovici, *Essai sur l'Histoire Humaine de la Nature*, Flammarion, 1977, p. 7.

2

Sauvy A., « Moins de 6 milliards d'hommes en l'an 2000 », *L'Expansion*, n° 119, juin 1978, p. 66. Selon cet auteur, l'état stationnaire pourrait être atteint vers l'an 2100 avec 11 à 12 milliards d'habitants. Ce sont là des perspectives « optimistes », mais les masses sur lesquelles elles portent confirment notre propos.

Leontief W., de son côté (*L'Avenir de l'Economie mondiale*, ONU, 1976), considère, conformément aux données disponibles à l'ONU, qu'un état stable sera atteint en 2025 pour les pays développés et en 2075 pour les autres, non sous l'effet de la famine mais par suite de l'évolution normalement liée au développement économique.

Dans un sens plus pessimiste, F. Mayer estime qu'en raison du caractère surexponentiel de la croissance démographique, la surface disponible par individu serait voisine de zéro vers l'an 2025, *La Surchauffe de la Croissance*, Fayard, 1974, p. 104.

Un peu de science-fiction enfin : aux rythmes actuels, comme le fait remarquer Ashley J. Coale (« The History of the human population », *Scientific American*, sept. 1974, p. 43), la population mondiale serait multipliée par 2000 dans trois siècles et demi et par 1 million en sept siècles ; dans 1 200 ans le poids de la population humaine égalerait celui de la terre qui la porte et, dans 6 000 ans, cette population constituerait autour du globe une sphère dont le rayon s'accroîtrait à la vitesse de la lumière... Il ne s'agit évidemment pas d'une prédiction mais d'une démonstration, par l'absurde, que les taux actuels ne peuvent éternellement se maintenir.

3

François Mayer (*La Surchauffe de la Croissance*) développe longuement ces différents points. Voir notamment Chap. 2, pp. 33 et suiv.

4

B. de Jouvenel, en 1970, estimait à 34,3 tonnes par habitant (soit 7,5 milliards de tonnes pour 216 millions d'individus) les inputs utilisés annuellement par l'économie américaine. B. de Jouvenel, « Le thème de l'Environnement », *Analyse et Prévision X. – 3.1970*. Voir également : Ayres et Kneese (« Production consumption and externalities », *Amer. Ec.*

Rev., juin 1969) ; Rapport Paley (*Ressource for freedom*, juin 1952) et « Restoring the quality of our environment », report of the environmental pollution panel, President's sciences advisory committee — Washington the White House, nov. 1965) ; H. Guitton, *Entropie et Gaspillage*, Cujas, 1975, pp. 57 et 61-62.

5

C'est ce que suggère le rapport Paley (*op. cit.*), qui prend l'input comme indicateur des flux de sortie et ce qu'affirment Ayres et Kneese : « Dans une économie fermée (ni importation, ni exportation) et où il n'y aurait pas d'accumulation nette (d'installations, équipements, stocks, biens durables de consommation et logements), le montant des résidus rejetés dans l'environnement naturel doit être approximativement égal au poids des combustibles, aliments et matières premières entrant dans le processus de production, plus l'oxygène emprunté à l'atmosphère. Ce résultat, quoi qu'il soit évident à la réflexion, mène à cette conclusion au premier abord surprenante que les déchets éliminés comportent un tonnage supérieur à celui des inputs » (*op. cit.*, pp. 284-285).

6

Cf. E. Cook, « The flow of Energy in an Industrial Society », *Scientific American*, sept. 1971, p. 136.

7

Voir en particulier C. Cippola, *The Economic History of World Population*, Penguin Books, 1962, p. 175.

8

Les phénomènes d'épuisement (des sols par exemple), sans être totalement inconnus, restaient toujours localisés et ne posaient pas de problème au niveau global de la planète ou même d'une nation.

9

B. de Jouvenel, « Le thème de l'environnement », art. cit., p. 521.

10

F. Mayer, *La Surchauffe...*, *op. cit.*, pp. 18 et suiv.

11

F. Mayer, « Prenant pour unité le gain annuel moyen de la période la plus ancienne qui va du X^e s. av. J.-C. au X^e s. de notre ère... on constate une

accélération surprenante : la vitesse d'évolution des 50 dernières années est de 500 millions de fois supérieure à celle des premiers temps de l'histoire » (*La Surchauffe...*, p. 46).

12

A. Leroi-Gourhan, *Le Geste et la Parole*, Albin Michel, 2 vol., 1972, T. I, p. 192.

13

Patterson et Salvia : « Lead the modern environment », *Scientist and Citizen*, avril 1968.

14

J. Ruffié, *De la Biologie à la Culture*, Flammarion, 1976, pp. 363-364.

15

J. Michelet, Préface à son *Histoire du XIX^e siècle* (1872).

16

Boulding K., « The Economics of the Spaceship Earth », in Henry Jarret ed., *Environmental Quality in a growing economy*, Baltimore, Johns Hopkins, 1966.

17

Tibor Mende, *Abondance et Pauvreté*, Dusseldorf, 1972.

18

Rapport Meadows, *Halte à la croissance ?*, Fayard, 1973, p. 216.

19

A. Robin, Directeur à la Direction Générale d'EDF, « Croissance énergétique zéro, quand et à quel niveau ? », *Le Monde*, 25.5.1976 ; selon cet auteur, le plafond définitif des besoins en énergie (toutes formes réunies) « ne devrait pas excéder quelque 10 TEC par tête » alors que l'hypothèse évoquée nous mènerait à 25 TEC ; il est probable, selon lui, qu'étant donnée « la vitesse acquise », la consommation mondiale d'énergie par tête passerait par un maximum — peut-être à la fin du siècle — pour redescendre ensuite vers un optimum plus modeste avec tous les problèmes que poserait cette régression.

20

W. Leontief, *L'Avenir de l'Economie Mondiale*, ONU, 1976. Dans les seules trente dernières années de ce siècle, l'humanité consommera trois à quatre fois plus de minéraux qu'elle ne l'a fait depuis le début de la civilisation, mais selon l'auteur les besoins pourront cependant être couverts, moyennant des hausses de prix allant de 17 %, pour la bauxite à 260 % pour le cuivre, 330 % pour le pétrole et 760 % pour le gaz naturel.

21

Nous ne voulons pas reprendre ici l'exposition de problèmes ayant fait l'objet d'une large vulgarisation. Cf. notamment : A. et P. Ehrlich, *Population, Ressources, Environnement*, Fayard, 1972 ; B. Commoner, *L'Encerclement*, *op. cit.*

22

B. de Jouvenel, « Le Thème de l'Environnement », *art. cit.*, p. 524.

23

Cf. R. Passet, « Phases de développement et seuils de mutation », *Rev. Eco. et jurid. du S.O.*, n° 25 1965 ; « Développement économique et seuils de consommation », *Rev. Eco. et Jurid. du S.O.*, n° 3) 1966 ; « Politiques de développement », 2^e éd., Dalloz, 1969, ch. II, « Niveaux de développement évolutions structurelles et mutations fonctionnelles », Egalement les travaux de P.-L. Reynaud, et notamment *Economie généralisée et seuils de croissance*, Génin, 1962 ; *Seuils de Modernisation et société de l'être*, Génin, 1969.

CHAPITRE II

1

Mircea Eliade, *Le Sacré et le Profane*, NRF, coll. Idées, 1967.

2

Th. Monod, « L'Homme contre la Nature », *Revue du christianisme social*, juil. 1962. Cet auteur, quoique partant de préoccupations différentes des nôtres, distingue également 3 phases assez comparables à celles que nous décrivons ici. On trouve également des considérations analogues chez J. Ph. Barde, « Ecologie et Economie » (*Bull. Soc. Ecologie*, 1970), et quelques réflexions rapides dans le même sens dans Ph. Saint Marc, *Socialisation de la nature*, Stock, 1971, p. 33.

3

B. Commoner, *L'Encerclement*, *op. cit.*, pp. 20-21.

4

Déjà l'évolutionnisme avait effacé les oppositions établies au plan somatique entre l'humain et l'animal. Mais voici en outre :

- que le vivant apparaît comme une émergence de la matière parvenue à un certain seuil de complexification ;
- que la cybernétique nous propose des schémas et des concepts significatifs à tous les niveaux d'organisation de la nature, animée ou non ;
- et que les racines du culturel, dernier privilège de l'espèce, laissent deviner leur implantation lointaine au plus profond du règne animal : « Nous étions accoutumés à l'idée que notre physiologie, notre anatomie « descendent » de celles des primates, nous devons nous faire à l'idée qu'il en est de même de notre corps social » écrit S. Moscovici dans *La Société contre Nature*, UGE 10-18, Paris, 1972.

5

Quesnay F., *Droit Naturel*, Œuvres, pp. 372-373.

6

Quesnay F., *Maximes*, I, p. 390.

7

Le Mercier de la Rivière, *L'Ordre Naturel et essentiel des sociétés politiques*, 1767, p. 19.

8

Turgot, *Ecrits Economiques*, Calmann-Lévy, 1970, p. 126. Dans le même sens que nous, voir également : Cepède M., *Du Prix de Revient au Produit Net en Agriculture*, PUF, 1946, pp. 354 et suiv.

9

Le Mercier de la Rivière, *L'ordre Naturel et essentiel...*, p. 293.

10

Le Mercier de la Rivière, *op. cit.*, p. 467.

11

Turgot : « Réflexion sur la formation et la distribution des richesses » (1766), cité par Gide et Rist, *Histoire des Doctrines économiques*, Sirey,

1947, T. I, p. 20.

12

R. Gonnard, *Histoire des doctrines économiques*, LGDJ, 1943, p. 198.

13

R. Gonnard, *op. cit.*, p. 374.

14

« L'agglomération, au-delà d'une certaine quantité et densité de population, est un lieu où interfèrent les organisations et les institutions économiques, politiques sociales, culturelles, les artefacts, machines et produits multiples, les groupes sociaux et les individus. C'est cette multiplicité de systèmes hétérogènes, relationnés les uns aux autres, réagissant de façon enchevêtrée les uns sur les autres, qui accomplit le caractère urbain de l'agglomération, en même temps que son caractère écosystémique ». E. Morin, « Société et Ecologie », Fondation Royaumont (non daté), p. 14 ; dans le même sens : H. Laborit, *L'Homme et la ville*, Flammarion, Paris, 1972 ; J. de Rosnay, *Le Macroscopie*, Seuil, 1975, pp. 52-64.

15

Ad. Smith, *La Richesse des Nations* (1776), L. I, chap. V, p. 48 ; Ricardo dit exactement la même chose (*Principes...*, chap. XXV, pp. 280-281. Calmann-Lévy, 1970).

16

C'est par cette phrase qu'Adam Smith ouvre la *Richesse des Nations*.

17

A. Smith, *op. cit.*, Livre IV, chap. III.

18

Voir la répétition de ces qualificatifs dans les *Principes...* de Ricardo, tout au long notamment du chap. II consacré à la rente. Malthus lui-même, s'il dénonce (déjà !) la croissance exponentielle des populations humaines comparée à la croissance linéaire des subsistances, ne met pas en cause la dégradation de la ressource naturelle mais l'impossibilité d'accroître constamment les productions sans se heurter à la loi des rendements décroissants : l'amélioration des terres déjà mises en valeur « par la nature de toute espèce de sol, ne peut faire des progrès toujours croissants ; mais

ceux qu'elle fera, au contraire, seront de moins en moins considérables » (*Essai sur le principe de population*, 1798, p. 8). Ce n'est donc pas la reproduction du facteur qui est en cause mais l'évolution de son rendement « à la marge », dirions-nous aujourd'hui.

19

J.B. Say, *Cours d'Economie Politique Pratique*, Bruxelles, 3^e éd., p. 36.

20

Ricardo définit le salaire naturel comme « celui qui fournit aux ouvriers les moyens de subsister et de perpétuer leur espèce sans accroissement ni diminution » (*Principes*, ch. IV, p. 26), mais Smith nous montre que le marché ne permet de satisfaire que la « demande effective » (c'est-à-dire celle qui est solvable) et non la « demande absolue » (c'est-à-dire l'ensemble des besoins humains).

21

Ad. Smith, *Richesse...*, p. 16.

22

Marx-Engels, *Lettres sur les Sciences de la Nature*, Ed. Sociales, 1974. Il faut lire aussi la *Dialectique de la Nature* (Engels) et, bien sûr, *Le Capital*.

23

Marx, *Le Capital*, L. I, ch. XV, 10 : « Grande industrie et Agriculture ».

24

A. Marshall, *Principes de l'Economie Politique*, 1890.

25

L. Walras, *Eléments d'Economie pure*, 1874.

26

L. Walras, *Etudes d'Economie sociale*, 1896 ; *Etudes d'Economie appliquée*, 1898.

27

Cf. F. Perroux : « L'équilibre de Von Neumann, premier essai d'évaluation », Coll. Economie et Société, *Cahiers de l'ISEA*, T. V, n° 10, oct. 1971. Précisons que, sans échapper à ce dernier constat, le modèle de Von Neumann, s'il se révèle moins étroit que les précédents dans la

mesure où il considère la nature et l'homme comme des facteurs produits, de période en période par les hommes, échoue finalement dans sa tentative : « L'équilibre de Von Neumann est la rencontre de la théorie du circuit *stationnaire* ou *quasi-stationnaire* avec une mathématique moderne. Ce circuit représente non un état sans mouvement, mais un mouvement sans évolution répété de période en période » (*op. cit.*, p. 1694). Il élimine toute transformation structurelle et ne considère les agents que « réduits à des points ou à des centres implicites de fonctionnement, les prix et les quantités étant seuls explicitement symbolisés » (p. 1699).

28

L. Robbins, *Essai sur la nature et la signification de la science économique*, Trad. fse Médicis, 1947, p. 30.

29

R. Courtin, Cours ronéotypé 1957-1958, *Les Cours de Droit*, p. 20.

30

H. Bartoli, « Economie et Création collective ». *Economica*, 1977.

31

Sismondi, *Nouveaux principes d'Economie Politique*, L. IV, chap. 1, pp. 249-250. Tout ce chapitre est très significatif des préoccupations de Sismondi en cette matière.

32

Dunoyer, *De la liberté du travail*, 1845, p. 409.

33

Ricardo, par exemple, le souligne fortement en ce qui concerne la rente : « Si l'air, l'eau, l'élasticité de la vapeur et la pression de l'atmosphère pouvaient avoir des qualités variables et limitées, si l'on pouvait, de plus, se les approprier, ces agents donneraient une rente... si l'excédent de produit qui forme la rente est réellement un avantage, il est à désirer que, tous les ans, les machines récemment construites deviennent moins productives que les anciennes, cela donnerait, en effet, plus de valeur aux marchandises fabriquées non seulement avec des machines, mais avec toutes celles du pays et l'on paierait alors une rente à tous ceux qui posséderaient les machines les plus productives... » « La rente est une création de valeur, non une création de richesse... » « On paie la nature

pour son travail, non à raison de ce qu'elle fait beaucoup mais à raison de ce qu'elle fait peu. A mesure qu'elle se montre plus avare de ses dons, elle exige plus de prix de son ouvrage » (*Principes*).

34

F. Bastiat, *Les Harmonies Economiques* (1850).

35

. F. Bastiat, *Harmonies...*, p. 187. Néanmoins, Bastiat reste libéral car il croit que la libre initiative favorise le progrès technique grâce auquel le coût des efforts à entreprendre pour se procurer les utilités gratuites ne cesse de décroître et « l'utilité gratuite tend de plus en plus à se substituer à l'utilité onéreuse » (p. 142). « Communistes, s'exclame-t-il, vous rêvez la communauté ? Vous l'avez ! L'ordre social rend toutes les utilités communes à la condition que l'échange des valeurs appropriées soit libre » (p. 142).

36

37

Cf. A. Barrère, *Histoire de la Pensée économique et Analyse contemporaine*, T. II : « L'analyse économique contemporaine », ch. I : « La synthèse du coût et de l'utilité », pp. 148-156.

38

Cf. également : J. Robin, *De la croissance économique au développement humain*, chap. I, p. 26. Seuil, 1975. R. Passet, « Une science tronquée », *Le Monde* (12 janvier 1971).

On notera qu'à côté des coûts de production proprement dits, le Produit National « contient » une certaine part de rentes (c'est-à-dire de revenus différentiels ne correspondant pas à une contrepartie productive) ; mais les rentes des uns sont des coûts pour les autres et leur maximisation ne correspond pas à celle des flux physiques ; leur prise en compte ne modifie donc pas notre conclusion.

39

Sur l'emprise financière : J.M. Chevalier, *La structure financière de l'industrie américaine*, Paris, Cujas, 1970 ; et F. Morin, *La structure financière du capitalisme français*, Paris, Calmann-Lévy, 1974.

Sur l'inversion de la filière : J.M. Galbraith, *Le Nouvel Etat Industriel*, Gallimard, 1968.

40

J.M. Chevalier, *La structure...*, *op. cit.*, pp. 216-217.

41

« En même temps — ajoute-t-il cependant — qu'il peut ne pas être applicable à une situation réelle », léger détail que beaucoup auront tendance à oublier (Bronfenbrenner, « A. Middlebrow », « Introduction to Economic Methodology », in S.R. Hrupp, *The Structure of Economic Science*, Prentice Hall, 1966, p. 10).

Dans le même esprit : « Que l'hypothèse hédonistique et psychologique d'où se déduisent toutes les vérités économiques coïncide ou non avec les motifs qui déterminent réellement les actions des hommes, dira Pantaleoni, c'est là une question qui ne touche point à l'exactitude des vérités ainsi déduites ».

42

Les néoclassiques, dira J. Ullmo, « prennent les hypothèses pour des évidences et croient avoir établi une théorie déductive nécessaire s'imposant à la réalité quand ils n'ont construit qu'un modèle hypothétique qui se propose à elle. Le véritable esprit scientifique exigerait que l'hypothèse soit considérée comme telle ; la loi comme une loi théorique tant qu'elle n'a pas été vérifiée alors qu'en fait les principes de l'économie pure sont communément considérés comme les règles pratiques de la conduite publique et privée ».

43

Cf. la fameuse Cobb-Douglas, fonction homogène et de degré 1, dans laquelle les productivités marginales sont constantes et égales aux productivités moyennes. Chaque facteur étant rémunéré à sa productivité marginale (donc à sa productivité moyenne) la totalité du produit est répartie entre ceux qui ont contribué à le créer et ce pour une part égale à leur apport.

44

Disons cependant quelques mots des deux autres problèmes :

L'insertion des *biens collectifs* et des biens individuels dans un même système de représentation initialement conçu pour ces derniers exclusivement, permettra de sauvegarder les apparences formelles. La société, tout comme un individu, aura réalisé la combinaison optimale de ces biens lorsqu'elle ne pourra plus accroître la quantité de l'un ou de l'autre sans se retrouver sur une courbe d'indifférence plus basse. On se

gardera bien de se demander :

- si l'agrégation de courbes individuelles en courbes sociales d'indifférence ne viole pas le principe de non-comparabilité des préférences individuelles ;
- ou si le rapprochement de deux types de biens dont les uns relèvent d'appréciations subjectives menées en termes d'utilités individuelles et les autres d'un calcul social de type normatif, a un sens ; le moule formel a été préservé...

Le progrès technique faisant apparaître un « excédent » inimputable aux seules variations du capital ou du travail semble compromettre les conclusions que l'on pouvait implicitement tirer des fonctions de production, concernant la répartition.

– Les auteurs vont donc s'efforcer de démontrer que ce progrès technique est neutre, c'est-à-dire qu'il laisse inchangé ce que chacun considère comme essentiel dans ces fonctions : ainsi Harrod définira-t-il un progrès technique neutre par rapport au coefficient de capital, Hicks un progrès technique neutre par rapport aux taux marginaux de substitution des facteurs et Solow un progrès technique laissant inchangée la relation qui lie la productivité du travail et le coût salarial ;

Ou bien, ce qui n'est pas incompatible avec l'hypothèse précédente, on tentera d'imputer ce progrès technique à l'un ou l'autre des facteurs, ou encore de le présenter comme un phénomène induit, résultat et non plus cause de la croissance. Cf. L. Stolery, *L'équilibre et la croissance économiques*, Dunod, 1971, pp. 395 à 411. Ainsi, les fonctions traditionnelles de production peuvent être enrichies, mais leurs conclusions fondamentales demeurent...

45

Par exemple, une taxe unitaire égale au montant des coûts que l'entreprise rejette sur la collectivité pour chaque unité produite, venant s'ajouter aux coûts de production de cette entreprise, est supposée porter le coût total effectivement supporté par cette dernière à un niveau égal au coût social qui découle de son activité.

Dans ce sens, et selon des modalités diverses : A.C. Pigou, *The Economics of Welfare*, Mac Millan, London, 4^e éd., 1932 ; et à sa suite : R.H. Coase, *The problem of social cost*, *Journal of law and economics*, vol. 3, oct. 1960 ; J.H. Dales, *Pollution, property and prices, an essay in policymaking and economics*, Toronto Univ. Press, Toronto, 1968. On trouvera un bon résumé de l'ensemble des contributions portant sur cette

question dans : J.F. Noël, *Le mode de traitement de l'environnement dans la théorie et la pratique économique*, Thèse, Paris I, 1977) pp. 30 à 174 ; ou Barde (J.-Ph.) et Gerelli E., *Economie et politique de l'environnement*, PUF, 1977.

46

Préface à l'ouvrage de Michel Grenon, *Pour une politique de l'énergie*, Marabout-Université, 1972. Voir également Michel Grenon, *Ce monde affamé d'énergie*, Laffont, 1973.

47

Ce phénomène constitue la règle en chimie : la combinaison d'hydrogène et d'oxygène donne un produit, l'eau, dont les propriétés diffèrent de celles de ses composantes, etc. Notons qu'il est une simple application du principe — que nous rencontrerons plus loin — de l'émergence de nouvelles propriétés au fur et à mesure que l'on s'élève dans les niveaux d'organisation. « Les principales réactions chimiques dangereuses s'effectuant sous certaines conditions dans l'atmosphère sont la transformation du dioxyde de soufre en trioxyde qui, en s'hydratant, donne des aérosols d'acide sulfurique (smogacide), la concentration de l'ozone, l'oxydation de l'oxyde azotique et l'élaboration de produits rares du type nitrate de peracycle... On pense que les cancers des voies respiratoires sont favorisés par la respiration d'air contenant certains hydrocarbures polycycliques comme le naphtopérylène ou la benzopyrine, présents dans les gaz d'échappement » (P. George, *L'environnement*, PUF, 1973, p. 103).

48

P. George, *op. cit.*, p. 10 : « C'est le cas d'associations héritées de périodes climatiques différentes de la phase actuelle dans une région du globe : associations créées par un climat plus humide et plus frais, telles que la chênaie et hêtraie de la Sainte-Baume, dans la Provence calcaire, dont la sécheresse estivale ne permettrait pas la reconstitution aujourd'hui ».

49

Il ne faut pas en effet se contenter de la lecture du *Cours* (1896) ou du *Manuel d'Economie Politique* (1909), réédités respectivement en 1964 et 1966. C'est dans son *Traité de Sociologie* de 1916 que Pareto traite le problème dans toute son ampleur.

50

Pareto, *Cours d'Economie Politique*, Ed. Droz, 1964, p. 360.

51

Pareto, *Traité de sociologie générale* (1916), Nouvelle édition, Droz, 1968, p. 1412.

52

C'est pourquoi Ph. Cazenave et Ch. Morrisson distinguent soigneusement « l'Optimum de Pareto » de « l'Optimum des Parétiens », *La Redistribution des Revenus, Théorie et pratique*, chap. I.

53

F. Perroux, qui met en évidence la véritable « Tradition parétienne », nous propose une formalisation très claire de ces hypothèses : « Les conceptualisations implicitement normatives et les limites de la modélisation en économie. » *Economie et Société, Cahiers de l'ISEA*, T. IV, n° 12, déc. 1970) pp. 2272 à 2282.

54

Pareto, *Traité de sociologie générale...*, *op. cit.*, pp. 1287 et 1288.

55

On notera par exemple le soin avec lequel L. Stoleru (*L'Equilibre et la Croissance économique*, 3^e éd., Dunod, 1971) s'attache à prolonger chacun de ses chapitres théoriques par des « exemples », « compléments » ou « applications », empruntés à la réalité et notamment à la planification française. Ce souci, tout à fait louable du point de vue pédagogique, nous permet en même temps de comprendre que l'influence de la théorie sur la politique économique n'est pas aussi négligeable que l'on se plaît parfois à l'affirmer, avec d'autant plus de force d'ailleurs que l'on ignore ce dont on parle.

56

E. Morin, « Le développement de la crise du développement », note ronéo non publiée.

57

Cf. le très édifiant article de F. Perroux, « Les conceptualisations implicitement normatives et les limites de la modélisation en économie. » *Economie et Société, Cahiers de l'ISEA*, T. IV, n° 12, déc. 1970.

En ce qui concerne le rôle actif des variables matérielles :

- en longue période, l'accumulation du capital commande la croissance du Produit National : cette dernière dépend alors du volume de l'épargne couplée au coefficient de capital : si ce coefficient est de 4, il faut 20 unités d'épargne pour produire 5 unités de produit dans l'année ;
- la répartition dépend en dernier ressort du profit, seul revenu (ou revenu principal) à partir duquel est censée se constituer l'épargne, moteur de l'accumulation du capital, donc de la croissance : le salaire joue un rôle passif ;
- les conditions de la croissance équilibrée optimale se définissent à partir de la « règle d'or » de Phelps dont la formulation repose entièrement sur la seule prise en compte de la variable monétaire ; Stoleru l'énonce ainsi, sous forme de théorème : « Il existe un taux d'épargne qui permet d'atteindre asymptotiquement un niveau limite maximum de la consommation par tête : c'est le taux d'épargne qui fait tendre asymptotiquement le taux d'intérêt vers le taux de croissance » (*L'Equilibre...*, *op. cit.*, p. 421).

En ce qui concerne le rôle passif des variables contrôlées par la ressource humaine :

- Le volume de l'emploi est gouverné par les décisions de l'employeur qui fixe sa demande de force de travail au point pour lequel la productivité marginale de ce facteur est égale à sa rémunération : c'est lui qui, dans un contexte économique donné, maître de l'efficacité de la combinaison productive, peut agir sur cette productivité et faire varier la demande de force de travail ;
- Il existe un taux de salaire d'équilibre et un seul, fixé par les mécanismes du marché ; la force contractuelle, le phénomène syndical qui nous éloignent de cet équilibre sont perçus comme des forces perturbatrices : le salaire d'équilibre est « transformé en discipline sociale ; les salaires sont ce qu'ils sont... les lois économiques, etc. » (F. Perroux, « *Les conceptualisations...* », *art. cit.*, p. 2268).

La relation de Phillips souligne qu'un certain chômage peut être le moyen de retrouver cet idéal un instant perdu.

En effet :

- Le profit que procure un investissement à celui qui l'effectue ne correspond pas nécessairement à un avantage social : si, par exemple, un équipement permet à une entreprise de s'alléger d'une partie de sa main-d'œuvre, son gain se mesurera à l'économie en salaires ainsi réalisée ; or du point de vue social le véritable avantage, lorsqu'il existe, se trouve tout à fait ailleurs. Il correspond au supplément de produit que la main-d'œuvre ainsi libérée contribuera à créer dans les secteurs où elle sera réembauchée et dans le cas où cette main-d'œuvre se trouverait réduite au chômage ce gain serait nul ;
- l'appréciation des coûts et avantages évalués au niveau du marché laisse fuir tous les effets induits sur l'environnement ;
- loin de corriger ces effets, le critère du bénéfice actualisé tend au contraire à les multiplier. C'est bien sa logique qui conduit l'entreprise à « internaliser » les profits de ses activités et à en rejeter, autant que faire se peut, les coûts sur la collectivité.

60

Sur tous ces points, voir : Xavier Greffe, *L'approche contemporaine de la valeur en finances publiques*, Economica, 1972.

Pour les applications de l'ACA à l'environnement : B. Desaignes, *La planification de l'environnement*, op. cit. ; F. Noël, *Le traitement économique de l'environnement*, op. cit. ; J.-Ph. Barde et E. Gerelli, *Economie et politique de l'environnement*, PUF, 1977.

Pour les applications à la ressource humaine : M. Lena, « Le prix de la vie humaine », *Notes et études documentaires*, n° 4455, Documentation française, 1978.

61

F. Perroux, « Les conceptualisations... », art. cit., p. 2264.

62

La seule divergence notable sur laquelle s'opposeront néo-classiques et neokeynésiens concernera l'importance respective à accorder dans la gestion publique, à l'instrument monétaire (néo-classiques) ou à l'instrument budgétaire (néo-keynésiens), et non la part de responsabilité qui doit revenir à la ressource humaine ou à la ressource matérielle.

63

R. Barre, *Economie Politique*, PUF, 1956, T. II, p. 209.

CHAPITRE III

1

Plus que *l'Introduction à la médecine expérimentale* (1865), c'est sans doute les *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux* (1877-1878) qui constitue l'ouvrage majeur de Claude Bernard.

2

Ce mécanisme est longuement examiné dans le bel ouvrage de P. Vendryes, *Vers la théorie de l'homme*, PUF, 1973.

3

Steven Rose, *Le Cerveau Conscient*, Seuil, 1975, pp. 265 et suiv.

4

Von Foerster (H.), « On self-organizing systems and their environments », in *Self-organizing Systems*, Pergamon Press, 1960, cf. pp. 31 à 50.

5

E. Morin, « Sociologie et Ecologie », Ronéo, Royaumont, p. 7.

6

Parsons, *Social Change*, Etzioni éd., p. 84.

7

Y. Barel, *La Reproduction Sociale*, Anthropos, p. 289.

8

F. Ramade, *Eléments d'Ecologie Appliquée*, Ediscience, Paris, 1974.

9

Nous englobons dans l'expression « gestion privée » les comportements de pays non capitalistes qui au mépris de la primauté de l'utilité sociale inscrite dans leurs principes privilégient le rendement matériel à court terme : cf. le comportement de l'URSS dans le domaine des pêches maritimes.

10

Cet aspect n'est pourtant pas négligeable. L'insécurité routière en France en 1970, nous révèle Saint-Marc, à coûté 67 milliards en accidents ; la

Grande-Bretagne, si son air était pur, économiserait 250 millions de livres par an (*Socialisation de la Nature*, Stock, 1971, pp. 22-23).

11

Le droit d'entrée parfois perçu — à l'entrée d'un musée par exemple — n'a rien de commun avec un prix résultant d'une confrontation d'offres et de demandes. L'intérêt social consiste ici à percevoir le droit le plus faible (nul à la limite) pour permettre le plus grand nombre d'entrées possibles compte tenu des phénomènes d'encombrement.

12

Ph. Saint-Marc, *Socialisation...*, *op. cit.*, p. 18.

13

Ph. Saint Marc, *op. cit.*, p. 19.

14

Relations et mise en évidence des types d'analyses correspondants, très bien caractérisées par Y. Barel, *Prospective et Analyse de système*, Documentation française, 1971.

15

L'expression « bouillon organique » est due au Professeur Alexandre I. Oparin, *The origin of life on the earth*, New York, Macmillan, 1938 ; ultérieurement réédité et révisé : New York Academic Process, 1957.

Voir également : B. Commoner, « Biochemical, Biological and Atmospheric Evolution ». *Proceeding, National Academy of Science*, Vol. 53, pp. 1183-1194 ; J. Monod, *Le hasard et la nécessité*, Seuil, 1970 ; F. Jacob, *La logique du vivant*, NRF, Gallimard, 1970 ; A. Lwoff, *L'ordre biologique*, Marabout-Université, 1970 ; J. Ruffié, *De la biologie à la culture*, Flammarion, 1976.

16

B. Commoner, *L'Encerclement...*, *op. cit.*, p. 24.

17

Joël de Rosnay, *Le Macroscopie*, Seuil, 1975, p. 26.

18

Joël de Rosnay, *op. cit.*, p. 34.

19

Les principaux cycles sont décrits dans les ouvrages d'écologie que nous signalons ci-dessous (voir note 22).

20

E. Goldsmith, R. Allen, M. Allaby, J. Davull, S. Lawrence, *Changer ou disparaître*, Trad. fse A. Petitjean, Fayard, 1972.

21

A. a P. Ehrlich, *Population, Ressources, Environment*, Trad. fse Fayard, 1972, p. 97.

22

Voir : P. Dajoz, *Précis d'écologie*, Dunod, 1974 ; Ph. Dreux, *Précis d'écologie*, PUF, 1974 ; P. Aguesse, *Clés pour l'écologie*, Seghers, 1971 ; F. Ramade, *Eléments d'écologie appliquée*, Ediscience, 1974 ; P. Duvigneaud, *L'écologie, science moderne de synthèse*, Bruxelles ; Odum (E.P.) et Odum (H.T.), *Fundamentals of ecology*, W.B. Saunders, 1960 ; A et P. Ehrlich, *Production, ressources, environnement*, Trad. fse Fayard, 1972.

23

Claude Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux* (1878), cité par P. Vendryes, *Vers la théorie de l'homme*, PUF, 1973, pp. 65-66.

24

Tableau des principales interdépendances :

Type d'interaction des populations A et B	Résultat de l'interaction
Neutralisme	Pas d'action réciproque
Compétition	Une population tend à éliminer l'autre
Mutualisme, symbiose ou coopération	Aide réciproque
Commensalisme (A commensal de l'hôte B)	Obligatoire pour A B n'est pas affecté

Amensalisme (A amensal, B inhibiteur)	A est inhibé, B non affecté
Parasitisme (A parasite de l'hôte B) ou prédation (A prédateur de B)	Obligatoire pour A B est inhibé

(D'après Ph. Dreux, *Précis d'Ecologie*, PUF, 1974, p. 123).

25

V. Volterra, *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie*, Trad. fse Villars, 1931.

26

P. George, *L'environnement*, Que Sais-Je ? PUF, 1971, p. 9.

27

Commoner B., *L'encerclement*, *op. cit.*, p. 150.

28

« D'après ce tableau des échanges interindustriels, remarque A. Rieu, pour les opérations productives de la sidérurgie et les tanneurs, il ne faut point d'eau ! Vérité financière sans doute mais erreur physique » (*Comptabilité nationale et bien-être*, Thèse, Aix-Marseille, 1970, T. II, p. 230).

H. Culmann, *Comptabilités Nationales*, Que Sais-Je ? PUF, 1968, p. 123.

B. de Jouvenel, « Propositions à la commission des comptes de la Nation sur la prise en compte des services gratuits, des nuisances et des prélèvements sur la Nature », *Etudes et Conjoncture*, n° 8, août 1968 ; B. de Jouvenel, « Pour une conscience écologique », in *Arcadie*, Sedeis, Paris, 1968 ; R. Passet, « Une science tronquée », *Le Monde*, 12 janvier 1971.

J. Robin, *De la croissance...*, *op. cit.*, pp. 26 et suiv.

29

A. Rieu, *Comptabilité nationale et bien-être*, *op. cit.*, p. 229.

30

Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, « Environnement et Réorientation de la croissance », sept. 1978. Sur les dates d'épuisement prévisibles, voir notamment les différentes publications du « Club de Rome » ; Goldsmith, *Changer ou disparaître*, déjà cité, et plus

récemment : Th. de Montbrial, *Rapport au Club de Rome*, Ed. J.C. Lattés, oct. 1978 ; « 1999, l'expertise de W. Leontieff », Dunod, 1977.

31

A. et P. Ehrlich, *Populations, Ressources, Environnement*, *op. cit.*, p. 77. Sur le cycle de l'eau et les problèmes contemporains la concernant, voir F. Harrois-Monin, « L'eau dans le monde », *Science et Vie*, av. 1977, pp. 83-93.

32

Les besoins des nations s'accroissent rapidement en fonction de leur développement ; avec 630 litres par jour l'Américain moyen en consomme 11,5 fois plus qu'un Afghan, 10 fois plus qu'un Indien, 6 fois plus qu'un Allemand et 3 fois plus qu'un Russe, un Suédois ou un Français ; on prévoit pour les années 1970 à 1980 une augmentation de 30 % aux Etats-Unis ; pour les années 1970 à 2000 une augmentation de 228 %, en Europe ; entre 1975 et 2030 la consommation mondiale devrait être multipliée par plus de 6 et passer à 15 190 km³, pour s'élever à 21 680 km³ en 2060 et 23 020 km³ en 2090 (F. Harrois-Monin, *art. cit.*, p. 92).

33

Contrairement à l'image couramment admise, la pollution n'est pas liée aux seuls rejets mais peut l'être également aux prélèvements. Il semble en être ainsi notamment de la pollution par CO² dont la teneur dans l'atmosphère est passée de 290 à 330 parties par million entre les années 1850 à 1975 (+ 14 %) et devrait doubler d'ici à l'an 2000. On le sait, cette augmentation comporte un risque sérieux de modification générale des climats. On pensait, jusqu'à une date récente, qu'elle était due essentiellement à l'utilisation accrue des combustibles fossiles. On estime aujourd'hui qu'elle a une autre cause au moins aussi importante : le déboisement à l'échelle mondiale, qui limite les possibilités de fixation du carbone ou des matières organiques par la photosynthèse. G.M. Woodwell, « Le problème du gaz carbonique », *Science*, mars 1978) p. 12.

34

Commoner, *L'Encerclement...*, *op. cit.*, p. 41. Cet auteur nous propose quatre lois écologiques (pp. 35 à 48) :

1^{re} loi : Toutes les parties du complexe vital sont interdépendantes.

2^e loi : La matière circule et se retrouve toujours en quelque lieu.

3^e loi : La nature en sait plus long (autrement dit l'équilibre actuel

représente le résultat de plusieurs milliards d'années d'évolution, que toute intervention extérieure risque surtout de dégrader).

4e loi : Il n'y a pas dans la nature de don gratuit (« Tout ce qui par suite de l'effort humain, se trouvera défait, devra être compensé. Il peut y avoir des délais, mais quels qu'ils soient il faudra payer le prix »).

35

N'insistons pas sur la description de ces phénomènes fort bien détaillés dans les ouvrages d'écologie que nous avons cités plus haut et notamment dans A. et P. Ehrlich ainsi que B. Commoner. Prenons un seul exemple emprunté à ce dernier : le mercure, sous l'effet de la combustion, se transforme en vapeur de mercure ; celle-ci emportée par le vent revient un peu plus tard sur la terre mêlée à la pluie ou la neige ; retombant par exemple sur un lac de montagne, la matière se condense et se dépose sur le fond ; là les bactéries la transforment en méthyle de mercure ; cet élément soluble mais non métabolisable est absorbé par les poissons dans la chair desquels il s'accumule ; les poissons sont pêchés et consommés par l'homme, etc.

36

Ezra Mishan, *The costs of economic growth*, F.A. Praeger, 1967.

37

B. Commoner, *L'Encerclement*, *op. cit.*, pp. 14-15.

38

Les réserves de carbone de l'atmosphère s'élèvent à $700 \cdot 10^9$ tonnes, celles de l'hydrosphère à $50\,000 \cdot 10^9$ tonnes. La photosynthèse annuelle totale est évaluée, selon les auteurs, à $30 \cdot 10^9$ tonnes ou $150 \cdot 10^9$ tonnes. La durée moyenne du cycle varie donc selon les estimations à 3 ou 4 siècles dans un cas et plus de 10 siècles dans l'autre.

En outre, tout le carbone entrant dans les organismes vivants grâce à la photosynthèse n'est pas immédiatement restitué au réservoir de CO_2 . Les matières organiques imparfaitement décomposées s'accumulent et sont transformées en combustibles fossiles. Le carbone entre dans la formation du calcaire.

Le carbone est alors restitué au réservoir de CO_2 par la combustion des stocks d'énergies fossiles ou par la désagrégation des roches calcaires. Cette partie du cycle s'étale sur plusieurs millions d'années.

On pourrait dire en un sens qu'il n'y a que des ressources renouvelables,

mais la durée de reconstitution de certaines d'entre elles est tellement longue qu'il devient préférable, à l'échelle de la vie humaine, de les considérer comme non renouvelables.

39

Exemple : les actions d'une compagnie minière sont censées procurer des dividendes de 200, 160, 80 et 40 F pendant l'année présente et les quatre années qui suivent et perdre toute valeur (rendements décroissants). Les actions d'une autre société sont censées produire 5, 10, 20 et 30 F pendant l'année courante et les 3 années suivantes et pouvoir être revendues 600 F la 5^e année (rendements croissants) :

- Si le taux d'actualisation est de 2,5 %, la valeur actuelle du portefeuille à rendements décroissants (581 F) est inférieure à celle du portefeuille à rendements croissants (605,5 F) ;
- Si le taux est de 5 %, la situation se renverse : le portefeuille à rendements décroissants a une valeur actuelle (563 F) supérieure à celle du portefeuille à rendements croissants (552 F).

L'élévation du taux d'actualisation a donc pour effet de favoriser la recherche des rendements immédiats.

40

Nash et Woolson, *Science*, vol. 157, pp. 924-927.

41

J. Dubois, « Une vie de travail, cycles et durée », *Revue de l'Action Populaire*, n° 155, fév. 1962, pp. 174-175, cité par J. Brunet-Jailly, *Essai sur l'Economie Générale de la Santé*, Cujas, 1971, p. 654.

42

Bartoli, « Economie et création collective », *Economica*, 1977, p. 500 ; B. Seys, « Les horaires en 1974 », *Economie et statistique*, juil.-août 1975.

43

La durée hebdomadaire du travail passait de 70 heures au milieu du siècle dernier à 48 heures un siècle plus tard. L'âge d'entrée en activité reculait de 6 à 8 ans mais l'âge de sortie s'élevait d'une trentaine d'années. Au total, la durée de la vie active passait de 25-30 ans à 50 ans. P. Naville, *La vie de travail et ses problèmes*, A. Colin, Paris, 1954, p. 22.

44

Cinq enquêtes de ce type ont été effectuées jusqu'ici par le Ministère du travail : janvier 1955, avril 1959, juillet 1963, juillet 1970 et avril 1974. L'enquête de 1974 ne concerne que le personnel ouvrier et porte sur 5,3 millions de personnes (« Enquête sur l'activité et les conditions d'emploi de la main-d'œuvre ». Ministère du trav., av. 1974).

45

Dr Claude Veil, *Hygiène mentale du travail*, Paris, Le François, 1964, p. 23.

46

On signale, dans tel atelier, une « crise de nerfs » pour 600 heures travaillées (Dr Cl. Veil, *Hygiène mentale... op. cit.*, p. 24). « La notion de rendement, écrit le Dr Eck, pour l'employeur et pour l'employé a remplacé la notion de création. De telles conditions de travail, impérieusement exigées pour les conditions de la production, identiques à l'Est et à l'Ouest, dénaturant le travail et le rendent névrogène parce que sans signification » (« Travail, fatigue et équilibre mental », *Rev. de l'action populaire*, n° 153, 1961s p. 1180). Voir également : C. Durand, C. Prestat, A. Willener, *Travail, salaire, production. Le contrôle des cadences*, Paris, Mouton, 1972 ; A. Laville, C. Teiger, J. Duraffourg, « Conséquences du travail répétitif sous cadence sur la santé des travailleurs a les accidents ». CNAM, Laboratoire de physiologie du travail et ergonomie, Rapport n° 29, mars 1972 ; H. Bartoli, *Economie et création collective*, Economica, 1977, notamment pp. 486 et suiv.

47

H. Landier a N. Vieux, *Le travail posté en question*, CERF, 1976, p. 19. Sur cette question voir également : Carpentier a Cazamian, « Le Travail de Nuit » BIT, Genève, 1976 ; R. Richard, « Le Conflit entre les biorythmes et les synchroniseurs professionnels et socio-familiaux dans le travail de nuit fixe et alternant », Thèse 3^e cycle, Paris I, 1975 ; R. Leonard, « Le travail de nuit et les horaires alternants », Thèse Université, Paris I, 1978.

48

Si l'on se réfère aux seules industries de transformation (bâtiment non compris), la proportion des ouvriers travaillant en équipes passe de 25,5 % en 1970 à 31,3 % en 1974 (Enquête du Ministère du travail).

49

P. Cazamian, *Leçons d'ergonomie industrielle, une approche globale*,

Coll. du Centre d'Education Permanente de Paris I, p. 111, Cujas, 1973. Cependant, à côté de cette formule dominante, existent de multiples variantes dont fait état l'enquête précitée du Ministère du travail.

50

« C'est le cas notamment des industries chimiques dont les investissements représentent parfois jusqu'à près de 2 fois le montant du chiffre d'affaires annuel pour les « produits de base et qui doivent renouveler fréquemment leurs installations, de l'industrie automobile dont on estime que 60 à 70 % des machines sont périmées avant d'être mises hors d'usage, ce qui exige l'amortissement rapide de l'outillage d'un modèle dont la durée commerciale est de plus en plus courte, ou encore de l'industrie textile dont la modernisation effectuée dans l'après-guerre a entraîné un accroissement considérable du travail par équipes, y compris du travail de nuit ». R. Richard, « Le conflit entre les biorythmes et les synchroniseurs professionnels et socio-familiaux dans le travail de nuit fixe et alternant ». Thèse 3^e cycle, Université Paris I, p. 14.

51

On trouvera chez A. Reinberg le tableau des variations circadiennes concernant l'homme, *Des rythmes biologiques à la chronobiologie*, Gauthier-Villars, 1974, pp. 56-59.

52

Chaque rythme biologique peut être représenté par une fonction sinusoïdale objectivement caractérisée par les paramètres suivants : la période, l'amplitude, l'acrophase (ou pic de la fonction), le niveau ajusté ou méso.

53

A. Reinberg, *Des rythmes biologiques...*, *op. cit.*, p. 52. L'auteur parle également « d'anatomie temporelle » (p. 6).

54

De cette expression on tirera les termes « circaseptidien », « circamensuel », ou « circannuel ». Halberg parle également de rythmes « infradien » ou « supradien ».

55

Un fait semble plaider en faveur d'une possibilité de décalage ou d'inversion des rythmes : l'adaptation qui se produit au bout de quelques

jours, dans le cas de déplacements transmériidiens en avion par exemple. On remarquera cependant que, dans ce cas, le décalage des synchroniseurs naturels s'accompagne d'un décalage concomitant des synchroniseurs sociaux et professionnels. Tous les synchroniseurs restent donc eux-mêmes... synchronisés.

Il n'en va pas de même dans le cas général du travail de nuit à poste fixe ou alternant, se produisant dans un milieu social qui continue à vivre à la cadence normale de l'activation diurne et de la détente nocturne.

56

En effet, la pénibilité d'un effort physique se mesure par rapport à un niveau zéro qui est celui du muscle au repos et la fatigue est d'autant plus grande que l'on s'élève au-dessus de ce niveau. En revanche, des pauses intervenant en cours de journée permettent d'en effacer les traces.

Dans le cas du travail perceptif et mental, au contraire, la pénibilité ne se mesure pas par rapport au niveau zéro qui serait celui du sommeil mais par comparaison au niveau d'activation de l'homme éveillé. La fatigue apparaît lorsque ce niveau est dépassé (fatigue par excès) ou lorsqu'il n'est pas atteint (fatigue par défaut dans le cas des tâches répétitives et monotones) de sorte que l'état de non-fatigue ne coïncide pas avec celui de récupération. Seul le sommeil peut procurer ici la réalisation de l'état de détente indispensable à la réparation des efforts effectués dans le courant de la journée précédente. Les perturbations qui l'affectent comporteront donc des conséquences particulièrement néfastes.

57

D'autres auteurs croient avoir constaté que l'accélération des rotations (sur 2 ou 3 jours par exemple) atténuerait considérablement ces inconvénients. Mais il convient de rester encore prudent en cette matière.

58

Préface à l'ouvrage de J. Landier et N. Vieux, cité plus haut.

59

J. Ruffié, *De la biologie à la culture*, Flammarion, 1976, p. 88.

60

Steven Rose, *Le cerveau conscient*, Seuil, 1975.

61

J. Ruffié, *De la biologie...*, *op. cit.*, p. 6.

62

Ehrlich A. et P., *Population, ressources...*, *op. cit.*, p. 193.

63

Ainsi les écosystèmes arctiques et subarctiques, caractérisés par leur très grande simplicité, sont-ils beaucoup moins stables que les systèmes tropicaux infiniment plus diversifiés. Les importantes fluctuations des peuplements d'animaux nordiques comme les lemmings, les lièvres et les renards ne se retrouvent pas dans les forêts tropicales.

64

Ashby W.R., « Requisite variety and its implications for the control of complex systems », *Cybernetica*, vol. 1, n° 2, Namur, 1958, pp. 83-99.

65

Atlan (H.), *L'Organisation biologique et la théorie de l'information*, Hermann, 1972, pp. 54-55.

66

Cancela da Fonseca, « Quelques remarques à propos de la résilience et de la stabilité dans les écosystèmes », *Rev. ouest Sci*, 148, 1977, pp. 423-444.

67

Le même constat peut être fait pour de multiples espèces domestiques : ovins, porcins, chevaux, ânes, volailles... B. Vissac, « La seconde révolution de l'élevage », *Science et Avenir*, 1972.

68

Goldsmith (*op. cit.*) souligne également qu'en plantant des arbres et des arbustes de culture du même âge nous bouleversons l'équilibre entre les classes d'âge » qui s'établit spontanément dans les populations naturelles et nous rendons les systèmes plus vulnérables à certaines maladies qui affectent les individus à un certain moment de leur développement ; que l'homme a tendance à simplifier les chaînes alimentaires en éliminant les gros carnassiers, soit directement, soit parce que les effluents déversés sur le milieu, se concentrant en passant d'un individu à l'autre, sont particulièrement néfastes aux consommateurs qui se trouvent en bout de chaîne alimentaire.

69

J. Ruffié, *De la biologie...*, *op. cit.*, p. 111.

70

B. Commoner, M. Corr et P.J. Stamler, « The causes of pollution », *Environment*, av. 1971.

71

Pour plus de détails, on trouvera l'essentiel des conclusions de cette étude dans B. Commoner, *L'encerclement...*, *op. cit.*, chap. IX, pp. 141 et suiv., ainsi que pp. 258 et suiv.

72

Commoner (B.), *L'Encerclement*, *op. cit.*, p. 260.

73

Citation extraite du *St Louis Globe Democrat*, du 14 mai 1971.

74

Bastiat F., *La pétition des marchands de chandelles contre la concurrence du soleil*.

75

Fife D., « Killing the goose », *Environment*, août 1971, p. 20.

76

B. Commoner, « The origins of the environmental crisis », cité dans *L'Encerclement*, pp. 175 et suiv.

77

Pour le modèle SPIRE, « Politique de Gestion à long Terme des pollutions », Ministère de la Culture et de l'Environnement, Sous-Direction des Programmes et des Etudes Economiques, décembre 1977.

— Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, Délégation à la qualité de la vie : « Environnement et réorientation de la Croissance », sept. 1978, p. 72. Les citations sont extraites de ce texte, p. 77.

DEUXIÈME PARTIE

INTRODUCTION

1

« Le problème de la société post-industrielle, affirme Giarini, se pose à

partir du moment où l'économie monétaire n'est plus en synergie positive avec le patrimoine (ou économie non monétaire), mais en synergie négative. C'est-à-dire à partir du moment où le système économique monétarisé, pour pouvoir fonctionner, fait des prélèvements tels sur l'économie non monétarisée que le bien-être global diminue. »

2

Rappelons, pour nous en tenir à la littérature de langue française, les ouvrages déjà cités de F. Jacob, H. Laborit, A. Leroi-Gourhan, A. Lwoff, J. Monod, J. Robin, J. de Rosnay, J. Ruffié, etc.

3

H. Atlan, *L'organisation biologique et la théorie de l'information*, Hermann, 1972.

4

Il faut rendre ici hommage à G. Bataille qui a fait véritablement œuvre de précurseur : *La Part Maudite*, Ed. de Minuit, coll. Points, rééd. 1971.

5

Ainsi, par exemple, les végétaux prélèvent le CO² de l'atmosphère pour lui faire subir une série de transformations au terme desquelles l'élément C se trouve incorporé dans les substances carbonées très nutritives (cellulose, amidon, glucose, saccharose...), répandues dans les tissus, tandis que l'élément O est expulsé au titre de déchet gazeux.

6

Cuvier : « Les différentes parties de chaque être doivent être coordonnées de manière à rendre possible l'être total non seulement en lui-même, mais dans ses rapports avec ce qui l'entoure », (*Le règne animal*, T. 1, p. 6) cité par F. Jacob, *La Logique du vivant*, op. cit., p. 123.

7

Cl. Bernard, *Leçons sur la chaleur animale* (1876), cité par Vendryes, *Vers la théorie de l'homme*, p. 65. Nous prendrons évidemment l'expression « serre chaude » au sens propre pour les animaux à sang chaud et au sens figuré pour les autres.

8

La régulation thermique, par exemple :

- peut être morphologique par apparition d'un système naturel isolant : pelage, plumes ;
- peut être physiologique, par activation du métabolisme et production de chaleur ;
- peut consister à se déplacer pour trouver un micro-milieu plus favorable ;
- peut consister à transformer le milieu : le creuser pour s'enfouir, construire un nid, etc. Ce mode de régulation, complémentaire chez l'animal, revêt un caractère tout à fait spécifique chez l'homme (cf. R. Mayer, *La Surchauffe...*, *op. cit.*, pp. 74 et suiv.

9

Waslawick et al., *Une logique de la Communication*, Seuil, 1972, p. 262.

10

J. Robin, *De la croissance économique...*, *op. cit.*, p. 57.

11

F. Jacob, *La logique du vivant*, *op. cit.*, pp. 272-273.

12

On ne peut manquer évidemment d'évoquer ici le nom d'Ilya Prigogine, *Introduction à la thermodynamique des phénomènes irréversibles*, 3^e ed., Dunod, 1967 ; « La thermodynamique de la vie », *La Recherche*, 25,547, Paris, 1972.

13

Schrödinger, *Qu'est-ce que la vie ?*

14

Pour expliquer ce point, nous allons reprendre un exemple longuement développé par H. Atlan (*Organisation biologique...*, *op. cit.*) pp. 202-206 ; la citation faite dans le texte est empruntée aux pages 204 et 205). Soit un récipient rempli d'eau, divisé en deux compartiments que sépare une membrane perméable ; si l'on introduit une substance soluble dans l'un de ces compartiments, deux situations peuvent se produire :

- si le récipient est isolé de l'extérieur, le soluté va se répandre progressivement dans le second compartiment jusqu'au moment où sa concentration sera la même de part et d'autre de la membrane ; à ce moment aucun flux ne traversera plus cette dernière dans une

direction déterminée (thermodynamique classique) ; le système sera en situation d'équilibre statique ;

- si (thermodynamique des phénomènes irréversibles) le récipient, ouvert sur l'extérieur, en reçoit un apport de substance, la différence de concentration peut être maintenue entre les deux compartiments ; le système est dit en « état stationnaire de non-équilibre » ; dans cette situation les passages se poursuivent à travers la membrane et le flux de matière qui la franchit est constant : $\frac{dm}{dt} = \text{Cte} \neq 0$;

15

H.J. Morowicz, *Energyflow in biology*, Academic Press, New York, 1968.

16

I. Prigogine, « La Thermodynamique de la vie », *La Recherche*, juin 1972.

17

Cf. H. Atlan, L'organisation biologique et la théorie de l'information, *op. cit.* ; J. Attali, *La parole et l'outil*, PUF, 1976, p. 137 a suiv. ; E. Morin, *La Méthode : I. La Nature de la Nature*, Seuil, 1977, fait une application authentiquement grandiose de ce principe à l'évolution de l'univers et à l'apparition de la vie. Il nous apparaît cependant qu'il déborde du champ de l'observation pure lorsqu'il pose le désordre au départ et à l'arrivée de son système : l'explosion originelle, le « big-bang » (désordre), déboucherait sur un ensemble de mouvements tourbillonnaires au sein duquel les rencontres aléatoires engendreraient les emboîtements ordonnés de systèmes qui constituent notre univers au-delà duquel nous retrouverions le désordre. Désordre au départ et à l'arrivée ? En fait nous n'en savons rien :

- au départ, une protéine dont on désarticule les éléments retrouve sa structure (qui correspond à l'organisation la plus efficace du point de vue de la gestion de l'énergie) en moins d'une minute alors que, selon un calcul des probabilités, il lui faudrait, si elle devait explorer toutes les structures possibles, un temps supérieur à celui de la création de l'univers pour atteindre ce résultat ; tout se passe comme si la matière obéissait à une sorte de principe de primauté de la forme (cf. Ruyer, *La Gnose de Princeton*, Fayard, 1975), mais là encore toute affirmation serait hasardeuse ; P. Laszlo, « Actualité du mouvement brownien » (*Monde*, 13-12-77) ;
- à l'arrivée, rien ne nous prouve que le cosmos débouche sur le désordre ; l'observation à près de trois milliards d'années-lumière

nous révèle que l'organisation en structures emboîtées se poursuit au niveau des galaxies (E.J. Groth, P.J.E. Peebles, M. Seldner et R.M. Soneira, « Le mode de groupement des galaxies », *Pour la Science*, n° 3, janvier 1978, p. 20).

Le principe de l'ordre à partir du bruit n'a aucune espèce de portée métaphysique : dans l'expérience de Von Forster le désordre ne crée rien ; il n'est que l'occasion des rencontres aléatoires qui révèlent un ordre préexistant et qui réside dans la façon dont ont été polarisées les différentes faces des cubes ; mais qui se chargera de démontrer scientifiquement qu'il en est de même pour l'Univers ?

18

On ne peut manquer d'évoquer ici Teilhard de Chardin dont le téléfinalisme permanent heurte à très juste titre le chercheur qui entend s'en tenir au strict constat scientifique, mais qui mieux que beaucoup, et avant tout autre, a mis très clairement en évidence cette « loi de complexité-conscience ». Cf. toute son œuvre, et plus particulièrement l'ouvrage qui la résume, *Le phénomène humain*, Plon, 1956.

19

Von Neumann : « Nous trouvons ainsi cette propriété tout à fait fondamentale de la complexité, à savoir qu'il existe une taille critique au-dessous de laquelle le phénomène de synthèse est dégénératif, mais au-dessus de laquelle le phénomène de synthèse, s'il est ordonné convenablement, peut devenir explosif » (*Theory of self reproducing automata*, Univers of III. Press, 1966, pp. 79-80).

20

J.A. Thomas, « Réflexions sur l'évolution », *Science*, T. VI, n° 2-3, p. 51.

21

J.A. Thomas, « Réflexions... ». Les deux citations qui suivent se trouvent respectivement pp. 43 et 26 de cet article.

22

J.A. Thomas, *Réflexions...*, p. 50.

23

Au sens le plus neutre et le moins métaphysique du terme, c'est plus que jamais ici le lieu de le rappeler. La science n'a rien à démontrer dans le

domaine métaphysique... et réciproquement.

24

J. Piaget, *Le comportement moteur de l'évolution*, Coll. Idées, Gallimard, 1977.

25

J. Piaget, *Le comportement...*, p. 7.

26

J. Piaget, p. 172.

27

J. Piaget, p. 181.

28

J. Piaget, p. 184.

CHAPITRE PREMIER

1

On relira avec profit l'étude de J. Mérigot, « Autour de *l'homo-æconomicus* », *Eco-contemporaine*, mars-avril et mai-juin 1949. Cf. également J. Attali et M. Guillaume, *L'anti-économique*, PUF, 1975.

2

Castoriadis C., « Science moderne et interrogations philosophiques », *Encyclopaedia Universalis*, organ. Vol. 17, p. 59.

Reprenons ici le célèbre portrait critique de Veblen : « C'est un calculateur général de plaisirs et de peines, qui, comme une sorte de globule homogène, fait de désir de bonheur, oscille sous l'impulsion de stimulants qui le promènent un peu partout sans le déformer. Il n'a ni passé ni avenir. Il est un fait humain, isolé, immuable, en équilibre stable, sauf sous le contrecoup de certaines forces agissantes qui le déplacent dans un sens ou dans l'autre. Se plaçant lui-même au milieu des éléments naturels, il tourne régulièrement autour de son axe spirituel, jusqu'à ce que le parallélogramme de ces forces pèse sur lui, de façon qu'il suive la ligne de la résultante. Quand cesse l'action de ces forces, il revient au repos et n'est plus comme auparavant qu'un simple globule » (*The theory of business enterprise*, p. 310).

3

Marc Bloch, *Apologie pour l'histoire ou métier d'historien*, A. Colin, 1950, p. 76.

4

Afin d'éviter (espérons-le !) tout malentendu, nous distinguerons clairement les progrès sectoriels de la pensée économique qui sont nombreux et souvent remarquables et les reconstructions synthétiques (théorie de l'équilibre général par exemple) qui subsistent imperturbablement, comme si rien ne se passait. Or c'est à ces dernières que nous nous attaquons ici car ce sont elles qui caractérisent l'esprit d'un système. Ainsi l'équilibre général se caractérise toujours, comme le rappelle F. Perroux, par :

- « a) le nombre des agents ; il réduit chacun d'eux à l'impuissance d'agir, même localement, sur son environnement,
- b) l'absence de structure dans le sens que nous avons défini maintes fois,
- c) l'échange marchand considéré, en principe, comme un transfert libre d'utilité et non pas comme une opération toujours conjointe de luttes et de concours, de conflits et de coopération,
- d) le défaut d'intermédiaire analytique entre la micro-économie et la macroéconomie,
- e) enfin, l'absence d'intermédiaires explicites et rationnels entre les institutions (règle du jeu) et les séquences de l'activité économique » (F. Perroux, *Notion d'équilibre, mathématiques actuelles et thermodynamique d'Ilya Prigogine*, Table Ronde, 11-13 juin 1974. CNRS, Colloque « Sadi Carnot et l'Essor de la thermodynamique »).

La plupart des révisions de la théorie — théories du déséquilibre, marchés « contestables », anticipations rationnelles, équilibre général calculable... — s'effectuent selon une procédure à peu près invariable : remise en cause de telle ou telle donnée de base de la théorie (atomicité, transparence...) pour montrer qu'en fait les solutions auxquelles on aboutit ne s'éloignent pas fondamentalement des conclusions de la théorie de base et ne remettent pas en cause ses implications essentielles.

5

Weber, *L'éthique protestante et l'esprit du Capitalisme*, Plon, Paris, 1963.

6

M. Weber, *L'éthique protestante...*, p. 51.

7

Ad. Smith : « En dirigeant son industrie de manière à ce que son produit ait le plus de valeur (l'individu) ne pense qu'à son propre gain ; en cela comme en beaucoup d'autres cas, il est conduit par une main invisible pour remplir une fin qui n'entre nullement dans ses intentions », *Richesse des Nations*, trad. Roucher, p. 153.

8

Ad. Smith, *op. cit.*, T. I, p. 1.

9

Weisskopf résume ainsi la position de Smith sur ce point :

- « 1 – L'intérêt économique individuel est un gain monétaire ;
- 2 – ... Ce gain monétaire peut être réalisé par la production individuelle et ensuite par la vente de la plus grande quantité de produits...
- 3 – ... l'intérêt collectif consiste à accroître le volume total des ventes sur le marché... ... on pouvait alors soutenir que les intérêts économiques privé et collectif ne sont pas contradictoires, mais sont en harmonie l'un avec l'autre » (*Aliénation, Idéologie, Répression*, PUF, 1976, p. 62).

10

Voir Parsons (T.), *The structure of social action*, Glencoe, III., The Free Press, 1949, t. II, chap. IV.

11

Weisskopf (W.A.), *Aliénation...*, *op. cit.*, p. 86.

12

L. Robbins, « An essay on the nature and significance of economic science », Londres, Macmillan, 1^{re} éd., 1932.

13

A.C. Pigou, *L'économie de bien-être*, Trad. G.H. Bousquet, Dalloz, Paris, 1958, p. 89.

14

J.R. Hicks, « Les finances publiques dans le revenu national », *L'Actualité Economique à l'Etranger*, Ministère des finances, juin 1946, p. 129.

Et déjà J.B. Say : « Produisez, mot qui à lui seul signifie tout le reste... qu'avons-nous en effet par-dessus les Kalmoucks, si ce n'est que nous produisons et consommons plus qu'eux ? Nous sommes parvenus à produire et à consommer davantage : c'est le trait le plus saillant de la civilisation » (cité par Rieu, Comptabilité Nationale et bien-être, Thèse, Aix-Marseille, 1970, p. 21).

15

Moravia (A.), *The red book and the great wall*, New York, Farrar, Straus et Giroux, 1968, pp. 13 et suiv.

16

F. Perroux, *Economie et société : contrainte, échange, don*, PUF, 1950.
Marcel Mauss, *L'économie du don*.

17

On s'en convaincra sans peine en lisant Ph. d'Iribame, *La Politique du bonheur*, Seuil, 1973 ; ou J. Baudrillard, *Le monde des objets* (1971) ; *Le miroir de la Production* (1972) ; *Pour une critique de l'Economie Politique du signe* (1972).

18

Ces conduites, nous dit-on, relèvent de l'ethnologie et non de l'économie. S'il en est ainsi, celle-ci rejette de son champ les deux-tiers de l'humanité. Comme, par ailleurs, la notion d'optimum qu'elle nous propose n'est valable que dans les limites d'un état donné de la répartition, sans qu'elle soit en mesure de se prononcer sur cette dernière, on peut s'interroger sur sa véritable portée. Il y a là comme une invitation à moins de sectarisme, plus d'humilité et un peu de tolérance...

19

H. Laborit, « Action et réaction. Mécanisme bio – et neuro-physiologiques », *Agressologie*, 15, 5, pp. 303-322, 1974.

20

H. Laborit, *L'agressivité détournée*, Coll. 10-18, 1971, p. 22.

21

H. Laborit, *La nouvelle grille*, *op. cit.*, p. 63.

22

C'est donc bien le social qui est présent ici sous la forme du phylum (lignée des ancêtres humains et pré-humains) dont l'histoire conditionne l'inné, c'est-à-dire une certaine *faculté d'acquérir*. Voir par exemple J.P. Changeux, « L'inné et l'acquis dans la structure du cerveau », *La Recherche*, n° 3, juil.-août 1970 ; Steven Rose, *Le cerveau conscient*, *op. cit.*

23

« L'enfant-loup » découvert à 7 ans, quoique doté d'un code génétique humain, ne sera jamais véritablement un homme, faute d'avoir pu engrammer l'expérience sociale humaine dans les premières années de sa vie.

24

Weisskopf (W.A.), *Aliénation, Idéologie, Répression*, PUF, 1976, p. 30.

25

Une première présentation de ces conséquences est faite par Laborit dans « Action et réaction, mécanismes bio – et neuro-physiologiques », *art. cit.* ; plus récemment, *Eloge de la fuite*, Laffont, 1976, pp. 25 a suiv. ; et H. Laborit, F. Jeanson, *Discours sans méthode*, Stock, 1978.

26

F. Perroux, *Pouvoir et Economie*, Roudot, 1973, pp. 31-32.

27

J.P. Changeux, *L'inné et l'acquis....*, *art. cit.*

28

H. Atlan, « Variabilité des cultures et variabilité génétique », *Ann. Génét.* 18, n° 3, pp. 149-152, 1975.

29

Steven Rose, *op. cit.* Elie Schneour, « Le Cerveau et la Faim », *Prospective et Santé*, printemps 1977, pp. 40 et suiv. : « La malnutrition prénatale produit souvent une réduction du nombre des cellules cérébrales et du placenta. Le manque de protéines est l'une des formes les plus graves de la malnutrition. Le placenta, tant chez l'homme que chez l'animal, semble jouer un rôle fondamental dans le développement du cerveau » (p. 42).

30

Expérience faite sur des chats, placés, dans les premiers temps de leur existence, dans une obscurité totale et qui perdent de ce fait définitivement la faculté de voir.

31

Malinowski (B.) (*Une théorie scientifique de la culture*, Maspéro, 1970) insiste fortement sur cet aspect des choses. L'Européen sera incapable de satisfaire son besoin de protéines animales en consommant des larves ou des vers comme le font certaines peuplades. L'impact du culturel est tel que son organisme même le lui refusera. Ceci n'est que l'aspect le plus évident et le moins subtil des différenciations que l'apprentissage social introduit dans les comportements.

32

G. Destanne de Bernis, « La notion de besoin en analyse économique est-elle nécessairement inacceptable par les médecins ? ». *C. Social. Demogra. Medic.*, XII^e année, n° 3, pp. 94-98 (juil.-sept. 1972).

33

Baudrillard, *Le monde des objets*, *op. cit.* ; *Le miroir de la production*, *op. cit.* ; d'Iribarne, *La politique du bonheur*, *op. cit.*

34

Nous nous référons ici à nos études du développement menées en termes de *seuils* et déjà citées.

35

On enregistre même des réactions de sens inverse, comme aux Etats-Unis.

36

Aux Etats-Unis, une comparaison entre les différents Etats montre qu'entre 1955 et 1965 :

- l'augmentation en volume de la consommation de soins a entraîné une baisse du taux de mortalité de 3,5 % ;
- l'éducation sanitaire a fait baisser elle aussi ce taux de 3 % ;
- mais le tout a été compensé par l'effet de revenu qui, par le biais d'une alimentation trop riche, a relevé le taux de 6 %.

(J. Léon, « L'illusion et le chiffre ; la politique de santé à la recherche d'indicateurs », *Prospective et santé*, n° 1, printemps 1977, pp. 79 et

suiv.).

En 1972, l'OMS mettait en évidence une légère tendance à la diminution des espérances de vie pour 4 pays parmi les plus riches du monde : les Etats-Unis, les Pays-Bas, l'Australie, la Nouvelle-Zélande.

37

Livet R., *Géographie de l'alimentation*, Editions Ouvrières, Paris, 1969.

38

Dr Lambert, « La santé de l'homme au Travail », ronéo, 1977, p. 10.

39

d'Iribarne, *La politique du bonheur*, *op. cit.*

40

Cf. Illich (Ivan), *Energie et Equité*, Seuil, 1973 ; mais aussi l'étude très solidement documentée, argumentée et chiffrée de J.M. Beauvais, *Coût social des transports parisiens*, Cujas, 1977.

41

d'Iribarne Ph, *op. cit.*, p. 125.

42

Allais (M.), *Fondements d'une théorie positive des choix rationnels comportant un risque*, 1955, p. 31.

43

Godelier (M.), *Rationalité et irrationalité en économie*, *op. cit.*

44

« La théorie moderne des organisations a progressivement dégagé l'existence de pratiques non rationnelles ou de rationalité réduite qu'elle tend à considérer comme normales ». Tabatoni et Jarniou, *Les systèmes de gestion : politiques et structures*, PUF, 1975, p. 22.

45

J. March a H. Simon, *Organization* (1955), trad. fse *Les organisations, Problèmes Psychosociaux*, Dunod, 1964.

46

R. Cyert a J. March, *Processus de décision dans l'entreprise*, trad. fse,

Dunod, 1970.

47

Voir, par exemple, B.C. Blanche, *Introduction au marketing*, Dunod, 1969, pp. 16-31. Celui-ci résume de la façon suivante les mobiles du consommateur, qu'il regroupe sous deux rubriques :

« – *Mobiles affectifs*. Le sigle fameux SONCAS rappelle les principaux : S comme sécurité (mobile apparemment rationnel mais constituant en fait une réaction affective issue du sentiment de vulnérabilité).

O comme orgueil (sentiment d'auto-expression).

N comme nouveauté.

C comme confort.

A comme avidité, avarice (passion).

S comme sympathie (phénomènes psychologiques de sympathie).

Il faut ajouter :

– les mobiles purement émotionnels, ceux issus notamment d'émotions d'origine sexuelle,

– ceux relevant de l'imitation et de l'émulation.

– *Mobiles rationnels ou motifs*. Les plus courants sont :

- Economie à l'achat,
- Economie d'exploitation,
- Tous les mobiles du type rentabilité,
- Qualité du service, etc. »

48

A. Marshall, *Principes...* Traduction Sauvaire-Jourdan, p. 18.

49

A. Marshall, p. 106.

50

F. Dumont, *La dialectique de l'objet économique*, Anthropos, Paris, 1970. Dans le même sens également, A. Marshall, « La partie de la vie humaine dont l'économie politique s'occupe particulièrement est celle pour laquelle la conduite de l'homme est la plus réfléchie et où il lui arrive le plus souvent de calculer les avantages et les inconvénients d'une action particulière avant de l'exécuter. De plus, c'est la partie de sa vie où, lorsqu'il obéit à une habitude et à une coutume, et agit sur le moment sans réfléchir, il y a le plus de chances pour que ces habitudes et ces coutumes elles-mêmes soient nées d'un examen minutieux et soigneux des avantages

et des inconvénients que présentent les différents partis à prendre » (*op. cit.*, p. 107).

51

O. Lange, *Economie Politique*, pp. 191-192.

52

Voir par exemple W.A. Weisskopf, *Aliénation...*, *op. cit.*, pp. 57 à 115.

53

L. Robbins, *An essay...*, *op. cit.*, p. 137.

54

L. Robbins, *op. cit.*, p. 96.

55

« Il fallait démontrer que la rationalité domine tous les types d'activité économique. Le consommateur, la ménagère, l'entrepreneur, l'entreprise, l'épargnant sont tous représentés comme des agents qui équilibrent en toute conscience des forces des valeurs des intérêts qui s'opposent de manière à maximiser la somme de leurs avantages, utilité, profit et ainsi de suite et qui, de cette façon, recherchent et trouvent un point d'équilibre ». Weisskopf, *Aliénation...*, p. 83.

56

W.A. Weisskopf, *op. cit.*, p. 90.

57

Goodfellow, *Principles of Economic Sociology*, Routledge, 1939, pp. 4 et suiv. Cité par Godelier, *op. cit.*, T. II, p. 167.

58

O. Lange, *op. cit.*, p. 214.

59

M. Godelier, *Rationalité...*, T. I, p. 26.

60

A. Marshall, *Principes...*, L. I, p. 108, note 1.

61

Ch. Gide, *Cours d'Economie Politique*, Paris, 10^e éd., 1930, p. 87.

62

Tel que nous le révèlent les travaux de J. Papez (« A proposed mechanism of emotion », *Arch. Neurol. Psychiat.* Chicago, 38 : 725-743 — 1937) ; P.D. Mac Lean (*Man and his animal brain*, *Mod. Med.* 32. 95. 106, 1937) ; ou H. Laborit, *L'agressivité détournée*, coll. 10-18, 1970 ; *La Nouvelle Grille*, *op. cit.*).

63

Selon les recherches plus récentes de l'américain R.S. Perry et du soviétique V.L. Deglin (communication faite lors d'une réunion internationale d'experts organisée par l'UNESCO, à Varna en 1975 et publiée dans le *Courrier de l'UNESCO*, janvier 1976, p. 4, sous le titre « Nos deux cerveaux »).

64

Il convient évidemment de conserver une certaine prudence dans l'interprétation, au niveau des comportements humains, de la persistance des « cerveaux » animaux hérités des phases antérieures de l'évolution. Il est vrai qu'au cours du développement évolutif du cerveau peu de structures ont été totalement écartées : au fur et à mesure que certaines se développaient, d'autres dégénéraient, mais cette évolution laissait subsister de nombreuses voies ou connexions. Il faut alors, à la fois :

— *se garder de toute transposition simpliste* :

« Extrapoler de ces faits que, parce que des structures similaires du cerveau existent chez les hommes et les grenouilles, le comportement de l'homme est inévitablement semblable à celui de la grenouille est un non-sens, quoiqu'en puissent dire certains biologistes. C'est comme si nous disions que nous pensons par l'odorat, puisque les hémisphères cérébraux se sont développés à partir des lobes olfactifs. Au cours du développement du cerveau des structures demeurent, mais leurs fonctions sont transformées » (Steven Rose, *Le cerveau conscient*, Seuil, 1975, p. 177) ;

— *s'efforcer de reconnaître l'influence effective de la persistance de ces structures* : « Quelques régions... comme l'hypothalamus et l'hypophyse gardent une importance pour le contrôle de l'humeur, de l'émotion et de modèles complexes de comportement... Ceux qui aiment insister sur la relation de l'homme avec d'autres espèces animales, soulignent toujours l'importance critique de ces pulsions et de ces comportements chez les humains, montrant combien ils dominent la

totalité de la personnalité, et quelle proportion importante de l'existence humaine est remplie par des activités qui leur sont associées ». Steven Rose, *op. cit.*, p. 177.

65

H. Laborit, *L'Homme et la ville*, Flammarion, 1972, p. 35.

66

H. Laborit, « Propositions d'un modèle intégré des comportements normaux et anormaux à partir de données biochimiques, neuro-physiologiques, éthiologiques, climatiques et sociologiques » (note ronéotée, non publiée). Voir également, du même auteur, *Les comportements. Biologie, Physiologie, Pharmacologie*, 1 vol. Masson, Paris, 1973.

67

Steven Rose, *Le Cerveau conscient*, *op. cit.*, p. 179.

68

V.L. Deglin, *Courrier de l'UNESCO*, janv. 1976, p. 31. Précisons que la différenciation fonctionnelle paraît s'amorcer chez certains primates supérieurs comme le singe rhésus, mais qu'elle est totalement absente chez la plupart des grands mammifères : le lion par exemple possède « deux cerveaux droits ».

69

Contrairement à des idées répandues, cette spécificité ne réside pas :

- dans le poids du cerveau : certains animaux ont un cerveau bien plus grand et bien plus lourd que l'homme ;
- dans son poids relatif (poids rapporté au poids total du corps) : à poids égal des cétacés ont des cerveaux plus lourds que celui de l'être humain ;
- dans sa superficie (liée au nombre des circonvolutions) : le dauphin est ici supérieur à l'homme.

70

E. Morin, *Le paradigme perdu : la nature humaine*, Seuil, Paris, 1973, p. 143.

71

Nous pouvons résumer ainsi les aspects de cette question qui nous concernent plus directement ici :

- a) *la personnalité de chaque individu est marquée par la prédominance de l'un ou l'autre hémisphère* : ceci confirme, 40 ans après, la constatation de Pavlov selon qui les êtres humains sont soit des penseurs, soit des artistes : « Les artistes » sont les gens chez lesquels l'hémisphère droit, qui contrôle l'imagerie mentale, est plus actif, plus puissant, donc dominant ; les « penseurs » sont ceux chez lesquels domine l'hémisphère gauche qui gouverne la pensée abstraite » (Deglin, *op. cit.*, p. 32) ; *l'homo-oæconomicus* n'est donc pas seul au monde...
- b) *les deux hémisphères sont complémentaires* : L'individu qui ne serait qu'hémisphère droit percevrait le monde dans toute sa richesse, mais serait incapable d'établir des relations logiques entre ses expressions ; l'individu qui ne serait qu'hémisphère gauche se caractériserait par un pouvoir d'analyse et de conceptualisation... qu'il serait incapable d'utiliser, faute d'expressions sur lesquelles travailler : « c'est seulement quand les deux hémisphères fonctionnent simultanément que devient possible une saisie complète, spécifique et conceptuelle, des phénomènes constituant le monde environnant » (Deglin, p. 32).
- c) *les deux hémisphères fonctionnent également de façon antagoniste*. Selon les circonstances, l'un ou l'autre est plus ou moins sollicité. Quand j'écris un livre, c'est mon cerveau gauche qui intervient, mais si je dois faire face à une situation d'urgence en conduisant ma voiture, ce sont mes facultés de perception liées à l'hémisphère droit. On constate alors que, pour mieux exercer ses fonctions, l'hémisphère sollicité bloque provisoirement le fonctionnement de l'autre : « dans l'état normal, chaque hémisphère inhibe d'une certaine façon l'activité de l'autre... ils sont en compétition, comme si chacun d'eux empêchait l'autre de travailler » (Deglin, p. 32).

On ne saurait donc réduire les comportements humains aux seules conduites gouvernées par le cerveau gauche : les interventions fréquentes de l'hémisphère droit et son action inhibitrice sur l'hémisphère gauche confirment et renforcent ce que nous avait appris le jeu des « trois cerveaux ».

73

La quantité relative de la phase du sommeil pendant laquelle se produisent la plupart des rêves (sommeil dit « paradoxal ») est plus élevée chez les primates que chez les autres espèces (15 % du temps de sommeil chez les chimpanzés) et plus élevée chez l'homme (24 % du temps de sommeil) que chez les autres primates.

74

« On connaît les inconvénients graves de la privation de rêve chez l'homme, comme s'il fallait absolument respecter cette prolifération irrationnelle mais nécessaire de l'inconscient pour assurer l'équilibre mental de la personne ». Bugard, *Stress, fatigue, dépression*. 2 vol., Doin, Paris, 1974, t. II, p. 179.

75

J. Baillet, *La fin du néolithique* (note ronéotée, présentée au groupe des Dix, fév. 1973) souligne l'importance de l'alibi dans le discours humain : « Le discours humain, dit-il, est alors le moyen le plus rationnel de présenter l'irrationnel ». Les citations reproduites dans le texte se situent page 19 de ce document.

76

Comme peut l'être par exemple une carte d'état-major qui, simplifiant la réalité, en retient cependant l'essentiel de façon suffisamment efficace pour servir utilement celui qui veut se diriger.

77

J. Austruy par exemple soutient l'idée que c'est pour avoir su quitter « le marais des descriptions psychosociologiques sur la variété des motivations humaines » et pour avoir par une « simplification géniale » privilégié l'intérêt comme mobile, qu'a pu se constituer le calcul économique et que « l'économie a réussi à toucher l'essentiel et à devenir une vraie science avec des lois qui permettent la mesure et la prévision » (*Le Prince et le Patron*, Cujas, 1972, p. 69).

78

C'est en ce sens qu'Aristote dénonçait la « chrématistique », recherche absurde de l'argent pour l'argent, mettant en cause l'idéal grec d'autarcie familiale et menaçant la cohésion de la communauté grecque (*Politique*, 1257 a, b).

79

Godelier, *Rationalité et irrationalité*, T. 2, p. 171.

80

J. Lesoume (« Recherche d'un optimum de gestion dans la pensée économique », *L'Univers Economique*, Encyclopédie française, 1960, pp. 9-68-12 à 9-70-4), partant de l'optimum de Pareto, pour le situer par rapport aux problèmes de choix des économies réelles et aux exigences de la dynamique économique, montre qu'il s'agit d'un optimum restreint dépendant d'un optimum social.

81

F. Perroux, « L'économie de la Ressource humaine », *Mondes en développement*, n° 7, 1974 ; Unités actives et mathématiques nouvelles : révision de la théorie de l'équilibre économique général. Dunod, 1975.

Signalons aussi les efforts de K.J. Arrow, Negishi, O. Morgenstern, R.E. Kuenne, M. Shubik, J. Robinson, Phelps Brown, Champernowne, N. Kaldor, G. Demaria, G. Palomba et Komai. On notera aussi le travail de précurseur de J. Dumontier, *Equilibre physique, équilibre biologique, équilibre économique*, Paris, 1949.

CHAPITRE II

1

Lettre reproduite par D. Halevy, *Essai sur l'accélération de l'histoire*, Plon, 1949, pp. 4-5.

2

On trouve dans la correspondance de Marx et d'Engels (*Lettres sur les sciences de la Nature, op. cit.*) de multiples allusions à ces principes. Leurs propos nous montrent combien ces deux auteurs — dont les héritiers ne savent trop souvent que dissenter à l'infini sur les lois de la reproduction capitaliste ou découper en quatre les cheveux de la philosophie marxienne — étaient attentifs au mouvement scientifique de leur époque.

3

B. Desaignes, *La planification de l'environnement*, Thèse, Paris I, 1977.

4

Martha W. Gilliland, « Energy Analysis and public policy », *Science*, vol. 189, n° 4208 du 26 sept. 1975.

5

Nous verrons plus loin, dans un exemple peut-être moins puéril, que les productions exprimées en énergie dans un certain nombre de systèmes agricoles africains, représentent également plusieurs fois l'énergie dépensée en travail pour les obtenir.

6

Odum (H.T.), *Environment, Power and Society*, Wiley Interscience, 1971.

7

Urs Heierli, « Bilans énergétiques et développement », *Les Temps Modernes*, août-sept. 1975, pp. 279-308.

8

H. Laborit, *Société informationnelle*, Cerf, 1973, pp. 29-30.

9

J. Vieira da Silva, « Ecologie et développement, le rôle de l'énergie », rapport Colloque GERMES, Arc et Semans, sept. 1977.

10

P. Cazamian, « Le système homme-automate » (communication présentée le 18 nov. 1977 aux Journées de l'IFOCOP, « Imagination et travail »).
Egalement : Calleja M., *Niveaux d'automatisation et représentation du vécu des contraintes*, Thèse, Paris I, 1977.

11

L.A. White, *The evolution of culture*, Mc Graw-Hill, New York, 1959.

12

N. Georgescu-Roegen, *The entropy law and the economic process*, Harvard Univ. Press, 1972.

13

G. Bataille, *La part maudite*, *op. cit.*, p. 62. Michel Cepede précise que « l'humanité dépense en énergie fossile annuellement entre 1/12 500 et 1/20 000 de l'énergie reçue du soleil, ou encore de l'ordre de 1/5 de ce que les plantes utilisent pour la seule photosynthèse » (« L'économie en unités de travail », Rapport à l'Académie d'Agriculture, 15 fev. 1978).

14

« Il semble évident que le développement nécessite de la croissance qui, elle, sera utilisée dans l'augmentation de l'organisation de la diversité, mais il est possible, et cela est malheureusement souvent le cas, dans le tiers-Monde, d'avoir de la croissance sans développement ou même avec un sous-développement si l'augmentation d'un nombre restreint d'activités débouche sur la suppression d'une quantité d'autres et sur la création d'un système plus important mais simplifié. »

J. Vieira da Silva, « Ecologie et développement, le rôle de l'énergie », Rapport présenté au colloque GERMES des 15 et 16 déc. 1977, à Paris.

15

Michel Grenon, *Pour une politique de l'énergie*, Marabout-Université, n° 229, 1972, p. 25 ; on trouve un schéma identique pour une période plus ancienne (1956) chez P. Maillet, *L'énergie*. PUF, Coll. Que sais-je ? Cf. également un article plus récent de Gérald Leach, « Energy futures — Wide open to change and choice ». *Ambio*, vol. V, n° 3, 1976.

16

J. de Raffin fait une bonne analyse de cette question dans une thèse en préparation.

17

Cependant, cette mise au point ne doit pas nous conduire à nier l'existence même d'une telle relation. Da Silva affirme que le développement des Etats-Unis a reposé initialement sur l'énergie solaire qui, en 1850, représentait 13,4 % de l'énergie totale utilisée : l'énergie disponible par tête était alors de 36×10^6 kcal, identique à celle qui était accessible aux Français de 1976. « Il n'est pas étonnant, conclut-il, que, consommant et gaspillant de l'énergie, ce géant industriel se soit développé » (« Ecologie et développement », art. cit.).

18

Nous nous séparons ici de la plupart des définitions qui se réfèrent seulement à la satisfaction des besoins de reconstitution « de la ressource humaine » (par exemple ; (Bilan énergétique et développement », *Temps Modernes*, sept. 1975, pp. 279 et suiv.).

Il nous paraît évident en effet qu'une économie qui n'assure pas la reproduction de toutes ses ressources ne se développe pas mais régresse, même si elle couvre les besoins fondamentaux des hommes. Ainsi, le poids des « amortissements » nécessaires à cette reproduction s'accroissent

avec le niveau de développement, le seuil à partir duquel apparaît le surplus s'élève en même temps que ce dernier. C'est donc à partir du moment où les besoins liés à la reproduction de toutes les ressources productives ont été couverts que l'économie peut progresser.

19

F. Cottrel, *Energy and society*, Westport, Conn., 1970.

20

Adam Smith déjà soulignait le lien existant entre accumulation du capital et division du travail : « Comme l'accumulation du capital doit, par la force des choses, être antérieure à la division du travail, ainsi le travail ne peut être subdivisé davantage que dans la proportion où le capital a été préalablement de plus en plus accumulé » (T. I, p. 259, Liv. II, introd.). Cf. également Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole*, Albin Michel, 1972, T. I, pp. 241 et suiv.

21

Herskovits M.J., *The economic life of primitive people*, Londres, New York 1941.

22

Heierli, « Bilans énergétiques... », art. cit.

23

Evaluations de Cottrel (*op. cit.*), reprises par U. Heierli, « Bilan énergétique et développement », art. cit., pp. 279 et suiv.

24

Dans les transports maritimes par exemple, le vent permet au voilier de déplacer de lourdes cargaisons sur de longues distances pour une dépense énergétique faible, réduite à la seule nourriture de l'équipage. Cottrel estime à 250 CH par homme et par jour le surplus énergétique engendré par un voilier. Nul doute selon lui que cela ait fortement contribué à l'essor économique de la Grande-Bretagne qui fut pendant longtemps la première puissance maritime du monde.

25

L'utilisation des rivières comme moyen de transport fut sans doute un des premiers procédés employés par les hommes pour élargir leurs ressources énergétiques. L'accumulation vers l'aval des ressources produites en

amont s'en trouva facilitée cependant qu'il n'était avantageux de cheminer en sens inverse que dans le cas des matières élaborées peu pondéreuses, c'est-à-dire des produits manufacturés plutôt que des matières premières. Nous trouvons là sans doute une des premières causes historiques du clivage de l'espace entre villes et arrière-pays.

26

L'Égypte à l'époque de l'Empire de Byzance versait à ce dernier 12,5 % environ de sa production agricole et restait en mesure d'utiliser sur place un surplus d'environ 10 % (Bratiani, *Études Byzantines d'Histoire économique et sociale*, Paris, 1938).

27

Pour le détail des calculs : Heierli, art. cit., p. 28.

28

Déjà, en 1776, A. Smith remarquait qu'à Edimbourg, « il n'existait sans doute pas un seul morceau de bois écossais ».

29

John U. Nef, « Les conséquences d'une crise historique de l'énergie », *Science*, janv. 1978, n° 3, pp. 92-101.

30

Heierli (U.), « Bilan énergétique... », art. cit., p. 287.

31

Tschumi P.A., « Limites de la consommation d'énergie » (*Grenzen des Energiekonsums*), dans *Probleme in Gespräch : Mensch, Energie und Umwelt*. Bern, 1973, p. 125. Ces chiffres concernant chacun l'évolution de la demande dans une nation déterminée et s'appliquant à des économies marchandes ayant achevé leur processus de monétarisation ne présentent pas les inconvénients des comparaisons critiquées plus haut.

32

C'est là une nouvelle forme de la loi des rendements décroissants telle que nous serons amenés à l'analyser dans la III^e partie de cet ouvrage.

33

D'après D. Varguese (*Le Monde*, 4 déc. 1973), reprenant et mettant à jour un schéma plus ancien de E. Cook, « The flow of energy in an industrial

society », *Scientific American*, sept. 1971, p. 136. Ce schéma présente quelques-unes de faiblesses que nous avons prêtées à ce genre d'évaluation. Mais, dans la mesure où il fait apparaître les différentes formes d'utilisation de l'énergie, il nous fournit une indication au moins approximative sur le développement du surplus.

34

Cippola C., *The Economic history of World Population*, Penguin Books, 1962, p. 175.

35

F. Meyer, *La surchauffe de la croissance*, *op. cit.* Le schéma a été construit en combinant deux graphiques de l'auteur (pp. 35 et 59).

36

Varagnac (A.), *La conquête des énergies*, Paris, 1972.

37

J. de Rosnay, *Le Macroscopie*, *op. cit.*, pp. 38-41.

38

Margalef R., « On certain unifying principles in Ecology », *Amer. Natur.* 97, pp. 357-374, 1963.

39

Da Silva, « Ecologie et développement », *art. cit.*, pp. 8 et suiv.

40

Meyer F., *La surchauffe...*, *op. cit.*, p. 84. Nous nous inspirons ici — pour l'essentiel — assez étroitement de cet auteur qui a remarquablement synthétisé la question. On lira également avec profit J. Ruffié, *De la biologie à la culture*, *op. cit.*, pp. 359-366.

41

Ayant reconstitué les procédés d'éclatement et de retouche de la pierre aux différentes époques, A. Leroi-Gourhan propose comme indice du progrès technique, la longueur de tranchant obtenue pour 1 kg de silex. Et il obtient les résultats suivants :

1 800 000	années ;	Pebble culture :	0,4 m
560 000	— ;	Abbevilliers :	1,0 m
300 000	— ;	Acheuléen :	2,0 m
120 000	— ;	Moustérien :	4,0 m
30 000	— ;	Aurignacien :	8,0 m
15 000	— ;	Magdalénien :	70,0 m
5 000	— ;	Mésolithique :	120,0 m

Cela suppose une progression stupéfiante dans le savoir-faire, l'acquisition de connaissances et de tours de main que l'on se communique et que l'on transmet de génération en génération.

Quant au critère du nombre d'outils, il nous apparaît nettement moins significatif : tout dépend en effet de la définition que l'on donne de l'outil. Il n'y a pas toujours une frontière nette entre un outil ancien perfectionné et un outil nouveau. Cf. Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole*, Albin Michel, 1972, T. I, pp. 90 et suiv.

Sur tout ce qui concerne l'évolution de la technique on lira également avec profit Lewis Mumford, *Le mythe de la machine*, 2 vol., Fayard, 1974.

42

Le schéma est emprunté à F. Mayer qui transpose, et traduit pour le non-spécialiste, le schéma plus savant proposé par A. Leroi-Gourhan (*Le Geste et la Parole, op. cit.*).

43

F. Mayer, *La surchauffe...*, *op. cit.*, p. 87.

44

« Si un immense cataclysme détruisait la totalité des pays développés et ne laissait survivre que quelques tribus de Nouvelle-Guinée, le monde se retrouverait brutalement ramené 7 ou 8 000 ans en arrière. Tout serait à recommencer... Même si de jeunes bébés américains russes ou chinois, fils des plus éminents savants du siècle, étaient sauvés du désastre et élevés dans des tribus primitives, ils auraient tout à réapprendre et tout à réinventer... Mais supposons que le même cataclysme détruise toutes les abeilles sauf une femelle fécondée. En quelques semaines la ruche serait reconstituée selon les mêmes normes que par le passé » (J. Ruffié, *De la biologie à la culture, op. cit.*, p. 365).

45

F. Mayer, *La surchauffe...*, *op. cit.*, p. 94.

46

« L'imbrication croissante des ordinateurs et des télécommunications — que nous appellerons « télématique » — ouvre un horizon radicalement neuf... (elle) constituera non pas un réseau de plus, mais un réseau d'une autre nature... elle transformera notre modèle culturel... elle pèsera sur les équilibres économiques, modifiera les rapports de pouvoir, élargira les enjeux de souveraineté. »

S. Nora et A. Mine, « L'informatisation de la Société », Rapport à Monsieur le Président de la République, Documentation française, janvier 1978.

47

Cf. la liste des travaux que nous avons consacrés à ce sujet note 23, chap. I, I^{re} partie, ci-dessus.

TROISIÈME PARTIE

INTRODUCTION

1

F. Perroux, *L'Europe sans rivage*, PUF, 1954, p. 419.

CHAPITRE PREMIER

1

Shannon (C.E.), « A mathematical theory of communication », *Bull. Syst. Tech. J.* 27, 1948.

2

Théorie de l'information de Shannon :

Nous avons défini la quantité d'information dont est porteur un événement comme une fonction décroissante de sa probabilité d'apparition.

Si, donc, N événements, que nous considérerons dans un premier temps comme également probables (probabilité $\frac{1}{N}$) étaient possibles, la quantité d'information apportée par l'apparition d'un de ces événements sera une fonction décroissante de

et une fonction croissante de N . Lorsque nous considérons, non plus une mais deux expériences indépendantes comportant respectivement N_1 et N_2 événements équiprobables, la probabilité d'apparition d'un couple déterminé d'événements est une fonction décroissante du produit $N_1 \cdot N_2$.

Ainsi, dans le tableau ci-dessous, où $N_1 = 3$ et $N_2 = 4$, la probabilité d'apparition d'un couple donné $y_2 z_3$, par exemple, est égale à :

		N_1 résultats possibles		
		y_1	y_2	y_3
N_2 résultats possibles	z_1	$y_1 z_1$	$y_2 z_1$	$y_3 z_1$
	z_2	$y_1 z_2$	$y_2 z_2$	$y_3 z_2$
	z_3	$y_1 z_3$	$y_2 z_3$	$y_3 z_3$
	z_4	$y_1 z_4$	$y_2 z_4$	$y_3 z_4$

Plus le produit $N_1 \cdot N_2$ est élevé, plus la probabilité d'apparition d'un couple est faible, et plus est importante, par conséquent, la quantité d'information H qu'elle nous livre. Nous pouvons donc écrire :

$$H = f(N_1, N_2) = x f(N_2) \text{ (fonction croissante).}$$

Or, N_1 et N_2 peuvent être remplacés par leur logarithme. La base 2 étant choisie pour des raisons de commodité que nous préciserons plus loin, nous pouvons écrire :

$$H = \log_2 N_1 + \log_2 N_2$$

Et si nous voulons exprimer cette formule par rapport aux probabilités d'apparition $p(1)$ et $p(2)$, des événements :

$$H = -\log_2 p(1) - \log_2 p(2).$$

Cette formule étant valable quel que soit le nombre d'expériences indépendantes considérées, nous écrivons, s'agissant d'un message x :

$$H(x) = -\log_2 p(1) - \log_2 p(2) - \log_2 p(3) - \dots - \log_2 p(n)$$

Cependant, nous ne pouvons affecter chaque probabilité d'une même pondération que dans la mesure où nous nous sommes placés dans une situation où tous les événements également probables se réalisent en moyenne un même nombre de fois.

Si nous abandonnons cette hypothèse d'équiprobabilité, il nous faut tenir compte du fait que les événements les plus probables (donc, porteurs d'une information moindre à chaque apparition) se réaliseront en moyenne un plus grand nombre de fois que les autres :

- un événement certain apparaîtra à coup sûr avec une probabilité 1. Mais il véhiculera à chaque fois une information nulle ; donc l'information qu'il nous livrera sera :

$$1 \times 0 = 0 ;$$

- un événement impossible nous apporterait une information totale, mais il n'apparaîtra jamais, donc il nous livrera en fait une information nulle ;
- entre ces deux situations extrêmes, l'information $\log_2 p(i)$ contenue dans un événement devra être pondérée par sa probabilité d'apparition ; ce qui nous donnera :

$$H(x) = -p(1) \cdot \log_2 p(1) - p(2) \cdot \log_2 p(2) - \dots - p(n) \cdot \log_2 p(n)$$

ou, sous une forme plus générale :

$$H(x) = - \sum p(i) \cdot \log_2 p(i).$$

La somme des probabilités étant égale à 1, la fonction $H(x)$ représente la quantité moyenne d'information véhiculée par événement. L'événement pouvant être l'apparition d'un symbole dans un message, la quantité totale d'information véhiculée par ce dernier sera donc égale au produit de $H(x)$ par le nombre de symboles qu'il comporte.

3

Von Bertalanffy, *Théorie générale des systèmes*, Dunod, 1972.

4

H. Atlan, *L'organisation biologique et la théorie de l'information*, Hermann, 1972, p. 15. Il faut préciser que la formule de Shannon a été établie à propos du problème de la communication (Shannon C.E. et Weaver W., *The mathematical theory of communication*, Univ. of Illinois Press, Urbana, III., 1949) concernant le codage, à l'aide de symboles, d'une information émise par une source et transmise à un destinataire par l'intermédiaire d'une voie.

5

H. Atlan, *L'organisation biologique...*, *op. cit.*, pp. 18-19.

6

L. Couffignal, *Concept*, 1965, p. 351, cité par E. Morin, *La Méthode*, t. I, p. 306. Sur la relation entre thermodynamique, information et biologie, voir également J. Tonnelat, *Thermodynamique et biologie*, Maloine, t.I, 1978 ; t. II à paraître.

7

L. Brillouin, *La science et la théorie de l'information*, Masson, Paris, 1959.

8

H. Atlan, *L'organisation...*, *op. cit.*, pp. 178-179. Dans un article récent, A. Danchin s'élève contre l'assimilation « entropie-désordre, néguentropie-ordre ». Il insiste sur le fait que l'entropie peut être créatrice d'ordre. Mais on peut se demander si un tel débat ne prend pas sa forme dans un malentendu : nul ne nie notamment que c'est bien dans un phénomène entropique (le rayonnement solaire) que l'évolution complexifiante trouve son origine et son aliment (A. Danchin, « Entropie et Ordre biologique », *La Recherche*, sept. 1978, p. 788).

9

J. de Rosnay, *Le Macroscopie*, Seuil, 1975. p. 131. Ce terme est proposé, indique l'auteur, par analogie avec la bio-énergétique, « étude globale des bilans énergétiques de la cellule ».

10

J.F. Deleage, N. Sauger-Naudin, C. Souchon (Paris VII), « Réflexions méthodologiques sur l'analyse écoénergétique des systèmes agricoles et agroalimentaires », Communication au colloque du GERMES, Arc-et-Senans, sept. 1977.

11

Lindemann R., « The trophic-dynamic aspect of ecology », *Ecol.* 23, pp. 399-418, 1942. Odum H.T., *Energy, Power and society*, J. Wiley, New York, 1971 ; « Energy, Ecology and economics », *Ambio* 2, 1973, pp. 220-227.

12

Le rendement est encore plus faible dans les milieux aquatiques, dans la mesure où l'eau absorbe ou réfléchit une quantité importante d'énergie : il se situe entre 0,1 % et 0,4 %. Le cas des Silver Springs est exceptionnel dans la mesure où il s'agit de sources chaudes (situées en Floride) à haut rendement de photosynthèse.

13

Le bilan énergétique d'un animal s'exprime par l'équation suivante :

$$I = NA + PS + R \text{ dans laquelle :}$$

I = Aliments ingérés.

NA = Aliments non assimilés rejetés sous forme de déchets.

PS = Production secondaire de tissus animaux (gain de poids par exemple).

R = Respiration (par laquelle se mesure la qualité d'énergie utilisée par l'animal pour entretenir son fonctionnement).

Le rapport $\frac{PS+R}{I}$, appelé *rendement d'assimilation*, mesure la qualité d'énergie effectivement utilisée par l'animal, après élimination des déchets.

Le rapport $\frac{PS}{I}$, dit *taux d'assimilation*, mesurant la production de tissu par rapport aux aliments ingérés, est évidemment celui qui intéresse plus particulièrement les éleveurs.

Le passage du laboratoire à la nature exige que l'on tienne compte de facteurs supplémentaires tels que la pyramide des âges des populations animales (les jeunes ayant une production secondaire sensiblement plus élevée que les adultes), les modalités de la reproduction (caractère saisonnier par exemple), sa vitesse plus ou moins grande, etc. Cf. Dreux, *op. cit.* ou Dajoz, *op. cit.*, pp. 279 à 343.

14

Les continents et les océans représentent respectivement 29 % et 71 % de la surface du globe.

15

Ce pourcentage établi sur l'ensoleillement total ne doit pas être confondu avec celui que nous avons déterminé plus haut à partir des 400 000 Kcal effectivement absorbées chaque jour par mètre carré de sol. Les évaluations rapportées ci-dessus sont celles de Duvigneaud P. (*L'écologie science moderne de synthèse*. Bruxelles, Ministère de l'Education

Nationale et de la Culture, 1967). Les estimations de certains auteurs américains, plus optimistes, oscillent autour de 140 109 tonnes de production de matière organique (Dajoz, *op. cit.*, p. 314).

16

La marge peut paraître énorme. N'oublions cependant pas :

- que certaines atteintes localisées peuvent avoir des répercussions considérables,
- qu'avec un taux de doublement tous les 10 ans ces industries mettraient seulement 60 ans à absorber — si cela se pouvait — la totalité de la matière organique créée sur la planète.

17

Dajoz R., *Précis d'écologie*, Dunod, 1974, p. 319.

18

Ehrlich A et P., *Population...*, *op. cit.*, p. 100.

19

Selon le Professeur Hall D.O., du Kings College à l'Université de Londres, on pourrait obtenir des taux de transformation de 10 % grâce auxquels toute l'énergie actuellement utilisée en G.B. — alimentation aussi bien que combustible et énergie — pourrait être obtenue à partir d'une surface de 8 500 miles carrés seulement, représentant moins du dixième de la surface totale du pays. Aux Etats-Unis, compte tenu des besoins beaucoup plus élevés en énergie, mais également de la densité plus faible de la population et de l'intensité plus grande du rayonnement, 1,5 % du territoire suffirait à obtenir le même résultat. Hall D.O., « Photobiological Energy Conversion », publié par la section britannique de l'International Solar Energy Society, *The sun at Work*, vol. 1, juillet 1974.

Gerard Leach, de l'Institut International pour l'Environnement et le Développement, de Londres, est plus nuancé (« Energy Futures — Wide open to change and choice »), *Ambio*, vol. 5, n° 3, 1976, pp. 108-116). Mais cela n'enlève rien à la valeur de l'exemple que nous prenons ici à titre de simple illustration des perspectives imaginables pour l'humanité.

Sur l'enrichissement des chaînes alimentaires en milieu aquatique, cf. les travaux du Dr Bombard.

20

S.A. Podolinski (1850-1891) : auteur darwiniste qui fut un des premiers

propagateurs du marxisme en Ukraine. Engels évoque ici un article paru en 1881 dans le journal italien *La Plèbe* : « Le socialisme et l'Unité des forces physiques. »

21

Marx et Engels, *Lettres sur les sciences de la Nature*, Ed. Sociales, 1974, pp. 109-112. Engels, en effet, estime qu'en raison de l'entropie, il est impossible que l'homme produise en travail plus de Kcal qu'il n'en absorbe. La plus-value ne peut donc être démontrée de cette façon. Il ne disposait pas alors de la notion *d'énergie d'amplification*, autour de laquelle cependant il tourne parfois : « Il est clair, en supposant que la personne en question ait une alimentation normale, que la quantum de protéines et de corps gras qu'elle tire de la chasse ou de la pêche est indépendante de la quantité de ces mêmes substances qu'elle consomme elle-même ».

Dans une lettre ultérieure (15 oct. 1888), à un écrivain russe, traducteur des trois tomes du *Capital*, Nicolai Franzevitch, il envisage l'alimentation sous l'angle de la reconstitution énergétique des forces de travail et parle de « l'épuisement de l'organisme consécutif à la prolongation du temps de travail et... la quantité d'énergie potentielle, sous forme d'aliments, nécessaire pour compenser cet épuisement ». Il ajoute très judicieusement : « une nourriture produisant des calories ne suffit pas ; il faut aussi des protéines » (*Lettres*, p. 117).

Le nom d'Engels revient ici plus souvent que celui de Marx car, ce dernier le lui avoue : en ces matières « je marche toujours dans tes empreintes » (4 juil. 1864).

22

Parmi les premiers travaux notables concernant l'analyse des flux énergétiques dans les sociétés humaines, citons :

- W.B. Kemp, concernant une société eskimo : « The flow of energy in a hunting society », *Scientific American*, 224, 1971, pp. 105-115.
- R.A. Rappaport, portant sur un groupe primitif de Nouvelle-Guinée, *Pigs for the ancestors*, New Haven, Yale University Press, 1968 ; « The flow of energy in an agricultural society », *Scientific American*, 224, 1971, pp. 117-132.
- E. Cruz de Carvalho et J. Vieira da Silva, *The cunene region : ecological analysis of an agricultural system. Social change in Angola*, Munich 1973, pp. 145-192 ; et surtout :
- H.T. Odum, *Energy, Power and Society*. J. Wiley, New York, 1971 ;

- « Energy, ecology and economics », *Ambio*, 2, 1973, pp. 220-227.
- D. Pimentel, « Food production and Energy analysis ». *Science*, n° 11, 1973, pp.443-449.
 - Steinhart J.B. et Steinhart C.E., « Energy use in the U.S. food systems », *Science*, n° 184, 1974, pp. 307-315^{dt}.

23

« On ne peut s'exposer arithmétiquement que pour les branches de la production les plus primitives : chasse, pêche, élevage, agriculture... Dans l'industrie, toute sorte de calcul cesse irrémédiablement... La mesure de la valeur énergétique d'un marteau, d'une vis ou d'une aiguille à coudre... est une impossibilité pure » (19 déc. 1882). Engels se trompait sur ce dernier point, mais n'est-il pas déjà admirable que le problème ait été posé en ces termes ?

24

J.P. Deleage, N. Sauget-Naudin et C. Souchon (CEGERNA et Laboratoire d'Ecologie de l'Université Paris VII), *Réflexions méthodologiques sur l'analyse écoénergétique des systèmes agricoles en agro-alimentaires*, Rapport présenté du Colloque au Groupe GERMES, Arc-et-Senans, sept. 1977.

25

Deleage, Sauget-Naudin, Souchon, *Réflexions...*, p. 16.

26

J. de Rosnay, « La croissance organique et l'environnement urbain », *Rev. Critique*, n° 19, 1977, Montréal, Québec.

27

M. Slessor, « Accounting for energy », *Nature*, vol. 254, 20 mars 1975, p. 171.

28

L'exemple que donne Malcolm Slessor est celui de la consommation nette d'énergie dans le cas de fabrication de bouteilles en plastique ou de bouteilles en verre. La quantité d'énergie que les premières peuvent restituer, par combustion, après usage doit venir en déduction de celle qu'elles ont exigée au cours de leur processus de fabrication. Les secondes, en revanche, ne restituent rien et la consommation brute exigée par leur processus de fabrication se confond avec leur consommation nette.

29

Chapman et al. (*Energy Policy*, Londres, sept. 1977) nous indique également le niveau auquel s'est établi, entre 1963 et 1972, l'ERE pour les principales sources d'énergie en Grande-Bretagne :

	1963	1968	1971-1972
Charbon	0,047	0,042	0,042
Gaz	0,48	0,390	0,23
Pétrole	0,23	0,132	0,11
Electricité	3,54	3,192	2,98

30

Selon la FAO, la production agricole a presque doublé (indice 184) de 1950 à 1971, cependant que la production par habitant augmentait de plus de 20 %, (indice 122) ; la création d'une variété de blé à tige courte permettait de tripler les rendements, engendrait un effort de recherche systématique de variétés à haut rendement (VHR) et déclenchait la Révolution verte. Cf. J.C. Lavigne, « Dix ans de révolution verte », *Economie et Humanisme*, nov.-déc. 1977 ; Henri de Farcy, « Pourra-t-on nourrir les hommes de l'an 2000 ? ». Projet, juil.-août 1974.

31

Estimations du Club de Rome rapportées aux Entretiens écologiques de Dijon (avril 1977) par M. Guernier, membre du Club. Cf. B. Desaignes, *La planification de l'environnement*, Thèse, Paris I, 1977, p. 5.

32

Les rendements américains de 23 qx/ha, et surtout français qui ont atteint jusqu'à 47 qx/ha, semblent faire apparaître, par comparaison, d'importantes possibilités d'accroissement pour la moyenne mondiale. Chiffres empruntés à B. Walluis, « Perspectives et Stratégies céréalières internationales », *Chroniques d'actualité Sedeis*, 31 déc. 1975.

33

R. Mac Namara, interview in *Le Monde*, 4 mars 1975.

34

120 kg d'azote, 60 de potasse et autant de phosphate pour les variétés de blé à haut rendement ; 140 kg d'azote et 80 de potasse et de phosphate, alors que les variétés traditionnelles ont un rendement décroissant à partir de 60 kg d'éléments azotés (J.C. Lavigne, art. cit.).

35

Le nombre des épandages des pesticides pouvant aller jusqu'à 12 sur des rizières ensemencées en VHR (J.C. Lavigne, art. cit.).

36

Les phosphates, nitrates, engrais potassiques remplacent le fumier. Insecticides et herbicides protègent les récoltes contre leurs prédateurs habituels. Toute une population mécanique de tracteurs et d'équipements agricoles décline l'homme, le bœuf et le cheval. « Le pétrole et l'électricité remplacent aussi la chaleur et la lumière du soleil dans le séchage des fourrages ou l'éclairage et la climatisation des étables artificielles permettant l'élevage intensif du bétail ». Cf. J. de Rosnay, « Production agricole, un bilan énergétique qui se détériore », *La Recherche*, n° 47, juil.-août 1974.

37

M. Slessor, Université de Strathclyde, *J. Sci. Fd. Agric.* 24, 1193, 1973 ; et « Energy Analysis in policy making », *New Scientist*, 328, nov. 1973.

38

D. Pimentel et L.E. Hurd, professeurs au New York State College of Agriculture and Life science, « Le gouffre énergétique de l'agriculture occidentale ». *Science*, nov. 1973. Traduit dans *Les temps modernes*, août-sept. 1975, pp. 309-327.

39

Pimentel, note 8, p. 326 de l'art. des *Temps modernes*.

40

De 1909 à 1971, les rendements en maïs par acre passent de 26 boisseaux à 87, soit une augmentation de + 234 % (Pimentel).

41

Steinhart J.S. and Steinhart C.E., « Energy use in the U.S. food system », *Science*, 184, 307, 1974.

42

Cf. L. Malassis, « L'économie agro-alimentaire », *Economie Rurale* (revue de la Soc. Française d'Economie Rurale), nov. déc. 1977. Un exemple emprunté à cet auteur : « la pomme de terre est un produit agricole transféré de l'Amérique précolombienne vers l'Europe, mais les chips, les

flocons, les frites surgelées et autres... sont typiquement des produits agro-industriels ».

43

Ph. Dreux, *Précis...*, *op. cit.*, pp. 177 et 180.

44

Jusqu'à ce jour, les pays en voie de développement ont globalement obtenu leurs accroissements de production par l'extension des surfaces cultivées. Par exemple, en Inde, ces surfaces ont doublé entre 1961 et 1971 (passant de 11 à 22 millions d'ha).

Mais, selon la FAO : « En Asie méridionale... dans quelques régions de l'Extrême-Orient, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, ainsi que dans certaines régions de l'Amérique Latine et de l'Afrique... il n'existe pratiquement aucune possibilité d'augmenter la superficie des terres arables... En Amérique latine et en Afrique Subsaharienne, il existe encore des possibilités considérables de création de nouvelles terres arables, mais le prix de leur aménagement serait si élevé que l'on a jugé plus économique d'intensifier le rendement des zones annuellement cultivées » (FAO, « Provisional indicative World plan for agricultural development », 1970, I, 41).

Restent donc les possibilités offertes par les accroissements de rendements qui sont encore considérables, notamment dans les PEVD, mais dont nous savons qu'elles ne sont pas illimitées.

45

Ces évaluations ont servi de base aux calculs de Pimentel visant à déterminer le coût énergétique du parc de machines utilisées dans la production de maïs.

46

Gyftopoulos and Associates, *Potential fuel effectiveness in industry*. Ballinger, Cambridge, Massachusetts, 1974.

47

M. Slessor, « Accounting for energy », *art. cit.*, p. 172.

48

Cf. notamment Illich (I.), *Energie et équité*, *op. cit.* Egalement, pour une tentative d'évaluation économique : J.M. Bauvais, *Le coût social des transports parisiens*, *op. cit.*

49

P. Cazamian, *Leçons d'ergonomie industrielle, op. cit.*, p. 33.

50

L. Randoïn, *Tables de composition des aliments*, Lanore, 4^e ed., 1971.

51

Le premier problème sera traité dans le chap. II. Nous démontrerons que les unités servent à définir, au niveau de la biosphère, un ensemble de normes qui doivent être reçues au niveau de la sphère économique, comme autant de contraintes à respecter.

52

Odum H.T., *Energy Power and society, op. cit.* ; « Energy Ecology and Economics », art. cit.

Nous développons ici une argumentation et n'avons nullement l'intention d'être exhaustif. C'est pourquoi des travaux très importants, dont l'analyse s'imposerait dans un manuel, comme ceux qu'Ayres et Kneese ont consacré aux *balances-matières*, ne seront pas développés : cf. Ayres R.U. et Kneese A.V., « Production, consumption and externalities ». *Amer. Ec. Rev.*, juin 1969. « Pollution and environmental quality », in Perloff (éd.), *The Quality of urban environment*, Washington, 1969 ; Kneese A.V., *Economics and the environment*, Penguin Books, 1977.

53

Selon J. de Rosnay (« Croissance organique »..., art. cit., 1977), on obtiendrait :

21 000 kcal-dollar en 1963

17 000 en 1970,

15 000 en 1972 et 10 000 en 1977.

54

Odum estime à 40 kcal/m²/jour la quantité d'énergie photosynthétique absorbée par une forêt soit 59 106 kcal par acre (4047 m²) et par an.

La forêt atteignant son climax en 100 ans, la quantité totale d'énergie nécessaire pour lui permettre d'aboutir à ce stade est donc de 59 108 kcal.

Au prix de 1 dollar pour 10 000 kcal, la valeur de remplacement de l'acre de forêt centenaire s'établit alors à 590 000 dollars, chiffre très supérieur à la valeur marchande du bois abattu, qui est de l'ordre de 64 dollars par acre. Une procédure identique est employée dans d'autres cas :

valeur du site récréatif de la Baie de Corpus Christi au Texas ; valeur d'une production de blé, etc.

55

B. Desaignes, *La planification de l'environnement*, *op. cit.*, p. 215.

56

Pour un exposé détaillé, simple et clair de la méthode dont nous ne pouvons ici que résumer l'esprit, cf. W. Leontieff, « L'environnement et la structure économique », *Analyse et Prévision*, T. XI, 1971, pp. 253-256.

57

Cf. ONU : « Brief outline of the United Nations study on the impact of prospective environmental issues and policies on the international development strategy », av. 1973.

W. Leontief : « Structure of the world economy, outline of a simple input-output formulation ». *The Amer. Ec. Rev.*, dec. 1974. « L'Avenir de l'Economie mondiale », ONU Trad. fse. Dunod, 1977.

58

On en trouvera une bonne analyse dans : F. Noël, *Le Mode de traitement de l'environnement*, Thèse, Paris I, 1977. B. Desaignes, *La planification de l'environnement*, Thèse, Paris I, 1977.

Citons plus particulièrement : Cumberland J.H., « Un modèle concernant les relations économiques de l'environnement », *Rev. Eco. du Sud-Ouest*, IERSO, Univ. Bx I, 1973 ; « A regional interindustry model for analysis of development objectives », *Papers of the regional Science Association*, vol. XXVI, 1966, pp. 65-94 ; Daly H., « On economics as a life science », *Journal of political economy*, vol. 76, n° 3, mai-juin 1968 ; Isard W., « Some notes on the linkage of Socio-economic and ecologic systems », *Papers of the Regional Science Association*, vol. XXII, 1969, pp. 85-96 ; Isard W. et collaborateurs, *Ecologic-economic analysis for regional development*, New York, Free Press, 1972 ; Victor P.A., *Intut-output analysis and the study of Economic and environmental interaction*, Columbia, 1971 ; *Economics of pollution*, London, Macmillan, 1972 ; *Pollution, economics and environment*, Allen and Unwin, 1973 ; Richardson, *Input-output and régional analysis*, Londres, 1972.

59

Les deux plus importantes concernent :

- La betterave sucrière : Löf et Kneese, « The economics of water utilisation in the beet sugar industry », *RFF*, 1968 ;
- Et le pétrole : Clifford et Russel, « Residuals management in industry, a case study of petroleum refining », *RFF*, 1973.

CHAPITRE II

1

A. Marchai, *Méthode scientifique et science économique*, 2 vol., Paris, Médicis, 1952. Les extraits cités dans le texte se trouvent T. II, pp. 21, 26 et 36 respectivement.

2

Souvenons-nous : les sphères célestes mues par les anges, les modèles de l'organisme assimilé à un système hydraulique, à un mécanisme d'horlogerie, à un système de flux électriques, etc.

3

Steven Rose, *Le cerveau conscient...*, *op. cit.*, p. 39 et suiv.

4

Steven Rose, *Le cerveau conscient*, *op. cit.*, p. 41.

5

Judith Sdlangler, *Les métaphores de l'organisme*, 1971, p. 35.

6

L. Von Bertalanffy, *Théorie générale des systèmes*, pp. 32 à 34 et 82 et suiv.

7

Cf. L. Couffignal, « La Science économique traditionnelle... », *art. cit.*, p. 9-68-6.

8

Cité par Teilhac, *Economie Politique pour les Français*, Beyrouth, 1943, p. 94. Cette conception est d'autant plus remarquable, comme le souligne Gonnard (*Histoire des Doctrines Economiques*, LGDJ, 1943, p. 363), que J.-B. Say s'inspirait, au plan de la méthode, de la physique, pour aboutir à « la notion de l'organisme social, transformant ainsi sa physique en une physiologie ».

Dans le même esprit, Wagemann souligne que les recherches de l'Institut de conjoncture de Berlin, dont il fut longtemps le directeur, « reposent sur le principe organicobiologique et s'appuient sur l'idée fondamentale que l'organisme économique est un organisme vivant ». F. Perroux (*Cours d'économie politique*, T. I, Paris, 1939, p. 37) signale des traces de cette conception chez le socialiste Rodbertus.

9

J. Piaget, *Biologie et connaissance*, Gallimard, Idées, 1973, p. 140.

10

E. Morin, « Auto-organisation », art. cit. Les citations sont respectivement extraites des pages 11 et 7 de ce document.

11

F. Jacob, *La logique du vivant*, Gallimard, 1970, p. 323 : « La boîte faite de boîtes »... Laborit, *La nouvelle grille*, R. Laffont, 1974, pp. 33-37. A noter cependant que cette fermeture s'accompagne d'une ouverture sur l'information circulante, in Buckley W., *Sociology and modern systems theory*, Prentice Hall inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1967 ; Walliser B., « Principes de base des systèmes finalisés », Ministère des finances, ronéotypé. J. Ruffié, *De la biologie à la culture*, pp. 196 et suiv.

12

F. Perroux, « Les conceptualisations... », art. cit., p. 2267.

13

J. Ruffié, *De la biologie a la culture, op. cit.*, p. 196.

14

A. Marshall, *Principes...*, trad. Sauvaire-Jourdan, p. 96.

15

A. Marshall, *op. cit.*, p. 115. L'auteur ne semble pas envisager un seul instant que cette constatation soit de nature à remettre en cause le bien-fondé de l'approche analytique. La seule conclusion qu'il en tire est que la science n'a pas à rendre compte de la diversité des caractères personnels d'un individu envisagé isolément, mais qu'elle doit raisonner sur un individu « moyen » dont les traits sont supposés représentatifs des comportements dominants constatés dans une société.

16

Arrow de son côté énonce cinq conditions qui doivent être satisfaites pour assurer un passage des choix individuels au choix collectif et il démontre qu'aucune méthode rationnelle de choix collectif ne peut satisfaire simultanément ces cinq conditions lorsque le nombre de cas possibles est supérieur à deux.

Les tentatives ultérieures de levée de l'indétermination supposent la réunion d'un ensemble d'hypothèses qui ne font qu'en souligner l'impossibilité pratique. Voir :

L. Stoleru, *L'équilibre et la croissance économique*, Dunod.

J. Attali, *Analyse économique de la vie politique*, PUF, 1972.

Arkhipof, *Peut-on mesurer le bien-être social ?* INSEE, C41, Paris, mars 1976.

17

E. Morin, *La Méthode*, T. I, Seuil, 1977, p. 127.

18

Comme l'écrit H. Laborit : « Un organisme est constitué de structures possédant une finalité fonctionnelle qui par niveaux d'organisation concourent à la finalité de l'ensemble, finalité qui paraît être ce que l'on peut appeler la survie de cet organisme et qui résulte du maintien de sa structure complexe dans un milieu qui l'est moins, ce qui paraît être aussi un échappement constant au deuxième principe de la thermodynamique, à l'entropie. Cette notion nous amène à considérer que *la finalité de chaque élément, de chaque sous-ensemble ou partie d'un organisme vivant, concourt à la finalité de cet organisme, mais qu'en rétroaction, le maintien de sa structure d'ensemble, finalité de cet organisme, assure la finalité de chacun de ces éléments et donc le maintien de leur structure.* »
H. Laborit, *La Nouvelle Grille*, op. cit., pp. 41-42.

19

Parsons : « A functional theory of change », in *Social change, sources, patterns and consequences* », Etzioni E., éd. Basic Books, New York, London, 1964 (7^e éd.), pp. 1344.

20

Yves Barel a insisté beaucoup plus longuement qu'on ne saurait le faire ici sur les aspects indissociables de l'invariance et du changement, *La Reproduction sociale*, Anthropos, 1973, pp. 247 et suiv.

21

H. Laborit, *La nouvelle Grille*, *op. cit.*, p. 123. L'exemple qui suit dans le texte est emprunté à cet auteur.

22

H. Laborit insiste très fortement dans tous ses ouvrages (notamment *La Société Informationnelle* et *La Nouvelle Grille*, *op. cit.*) sur le fait que cette hiérarchie de fonctions n'implique aucune hiérarchie de valeurs : chaque cellule, comme nous venons de le voir, en vaut potentiellement une autre ; toutes les fonctions sont également nécessaires à l'organisme « aucune d'entre elles n'est plus ou moins « noble » que les autres ; la place d'un homme dans l'organisation sociale ne confère aucune valeur particulière à sa personne, ni aux jugements qu'il porte dans les domaines extérieurs à sa compétence.

23

« Les membres et l'estomac » : Esope, Tite-Live, La Fontaine.

24

Un exemple de K. Boulding (*Economic analysis*, p. 5, 2^e ed.), repris par R. Barre, permettra d'illustrer ce point : « C'est un fait qu'Oliver Cromwell avait une verrue sur le nez. Mais qu'est-ce que ce fait ? Du point de vue du chimiste c'est un conglomerat d'atomes et de molécules ; du point de vue du biologiste c'est une certaine impropiété, dans le fonctionnement des cellules ; du point de vue du psychologue il peut éclairer le caractère de l'homme ; du point de vue de l'historien ce peut être un fait historique important ou sans valeur ; du point de vue de l'économiste, la verrue est négligeable à moins que Cromwell ne dépense une certaine somme pour la faire extraire... Chaque science est une reconstruction rationnelle et partielle de la réalité » (R. Barre, *Economie politique*, Thémis, T. I, pp. 4-5, 1^e éd.).

25

Le débat apparemment technique et bien peu philosophique sur les taux d'actualisation du Plan n'a pas d'autre fondement que celui-ci : un taux élevé traduit une forte dépréciation du futur (donc du poids des générations futures) par rapport au présent ; un taux faible exprime au contraire l'importance que l'on accorde dans le présent aux générations à venir.

26

Cf. par exemple : Freeman, Haveman, Kneese, « The Economics of environmental Policy », Resource for the future, The Johns Hopkins Press, 1973.

27

J. Ph. Barde et E. Gerelli, *Economie et Politique de l'Environnement*, PUF, 1977, pp. 120-121.

28

Rappelons quelques faits :

- alimentation : compte tenu des besoins énergétiques liés à la nature des efforts qui leur sont demandés, 20 % des hommes sont sous-alimentés dans le monde ; aux Etats-Unis même, le nombre des « vrais affamés » était évalué à 10 millions de personnes ;
- logement : le développement démentiel de la concentration urbaine dans les pays sous-développés s'accompagne d'une dégradation grave des conditions d'habitation, caractérisée par la prolifération des bidonvilles ; en 1971 le surpeuplement touche 21,7 % des logements en France et 8 % aux Etats-Unis ; 10 % de la population du Royaume Uni vit dans des taudis, des quasi-taudis ou des logements surpeuplés ;
- vie et santé : l'amélioration des moyennes statistiques dissimule de profondes inégalités tenant à la couleur de la peau, à la nationalité, au lieu de résidence, à la catégorie socio-professionnelle ; la mortalité infantile exogène par exemple est 4 fois plus élevée en France dans le milieu des manœuvres que dans celui des professions libérales.

H. Bartoli, *Economie et création collective*, *op. cit.*, chap. V : « Echech social de l'économie » (pp. 427-536). Citation : page 426.

29

Bartoli H., *Economie...*, pp. 167-168.

30

Bartoli H., *op. cit.*, p. 426.

31

Perroux F., « Structuralisme, modèles économiques, structures économiques », *Economie appliquée*, 1971, n° 3, pp. 338-339.

32

F. Chazel, « Normes et valeurs sociales », *Encyclopedia Universalis*, 1971.

33

Tabatoni et Jarniou, *Les systèmes de gestion*, PUF, 1975, p. 40.

34

Ruesch, *Towards a unified theory of human behavior*, New York, 1967.

35

L. von Bertalanffy, *Théorie générale des systèmes*, *op. cit.*, p. 34.

36

Von Bertalanffy, *op. cit.*, p. 8. Dans le même sens, cf. Roguslaw (W.), *The New Utopians*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1965.

37

C. Barrier-Lyrin, *Ecologie : vers un despotisme super-éclairé*, p. 191. Cf. également : Allan Schick, « The cybernetic state », in *Trans-action*, fév. 1970, pp. 15 à 26 ; Lewis Mumford, *Le mythe de la machine*, Fayard, 1974, notamment T. II.

38

E. Morin, *La Méthode*, *op. cit.*, p. 269, note 1.

39

Spencer, cité par Pascallon in *Regards sur ce temps ou réflexions sur la croissance*, Cujas, 1977, p. 74.

40

J. Delors illustre cette situation dans le cas français en décrivant le véritable « parcours du combattant » que doit effectuer un animateur désireux de créer un centre social dans un nouveau quartier (*Changer*, Stock, 1975, p. 26). Dans le même sens : « La Démocratie à portée de la main », *Echange et Projets*, 1977.

41

L. Couffignal, art. cit., p. 9-68-10.

42

Tabatoni et Jarniou, *Les systèmes de gestion*, p. 109-110. Cf. également : March et Simon, *Organisation*, N.Y., Wiley and Sons, 1959, ch. VI ; J.

Galbraith, *Organization design*, Reading, Addison Wesley Pub. Co., 1973 ; J.C. Emery, *Organisational planning and control systems*, Mac Millan, 1970 ; J.C. Le Moigne, *Systèmes de décision dans les organisations*, ch. IV.

43

G. Vedel, *Droit Administratif*, PUF, Thémis, 1968, p. 562.

44

J. Delors, *Changer*, Stock, 1975, p. 218.

45

H. Laborit, *La Nouvelle Grille*, *op. cit.*, pp. 120-121.

46

Congrès du Centre National des Jeunes Patrons, mai 1962, cité par Pierre Mendès France, *La Démocratie Moderne*, Coll. Idées Gallimard, 1962, p. 117.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

La publication de l'important ouvrage de J. Tonnelat, intitulé *Thermodynamique et Biologie* (2 vol., Maloine Ed., T. I, 1977, T. II, 1978) s'est achevée alors que notre propre travail était déjà sous presse.

Ce livre très stimulant remet en cause un certain nombre d'idées reçues et sa contestation, dont il ne nous a pas été possible de tenir compte dans nos développements, ne saurait être passée sous silence.

Nous nous bornerons à reprendre ici, ce qui concerne plus directement notre sujet.

1) La relation désordre-entropie, ordre-néguentropie

a) « La notion d'ordre, affirme J. Tonnelat, est une question d'appréciation personnelle » (II, p. 25), tout au plus peut-on dire que « le degré d'ordre d'un système est, sinon mesuré, tout au moins repéré par le plus ou moins grand nombre d'expressions littérales ou numériques par rapport au nombre de constituants individualisables nécessaires pour indiquer les positions relatives de ces constituants » (II, p. 25). D'un certain point de vue, la répartition probabiliste des molécules à l'intérieur d'un système en situation d'entropie (équi-répartition par exemple entre deux compartiments communicants de ce système) n'est pas plus

désordonnée que leur répartition entre un certain nombre de cases prédéterminées.

Ce qui nous gêne, dans une telle affirmation, c'est précisément l'absence d'une véritable définition de l'ordre. En ce qui nous concerne, nous définirions ce dernier par la quantité de contrainte qui se trouve introduite dans le système : contraintes de position par exemple. Nous dirions alors qu'un système est d'autant plus ordonné que ses éléments se voient assigner un plus grand nombre de positions déterminées. Le plus grand désordre correspondrait, dans ce cas, à la situation dans laquelle chaque élément peut « choisir » librement sa position ; le degré d'ordre le plus élevé serait celui dans lequel chaque élément ne peut occuper qu'une position bien déterminée et une seule. L'ordre serait donc une autre manière de désigner le degré de structuration du système.

Il est évident que, dans cette conception, l'entropie correspondrait au désordre et la négentropie à l'ordre.

Mais peut-être Tonnelat a-t-il raison de dénoncer le recours à une notion qui ne peut manquer d'avoir des résonances subjectives. Les termes de structuration et déstructuration nous conviendraient parfaitement. Et nous avons l'impression que le discours de Tonnelat et celui auquel nous nous référons, pourraient se rejoindre sur ces termes : l'entropie ayant pour effet de déstructurer un système que la négentropie a pour effet de structurer. Car, l'auteur en est d'accord, l'entropie obéit, comme nous l'avons souligné ici, à la loi de probabilité qui tend à orienter un système vers la situation pour laquelle le plus grand nombre de voies de réalisation est possible.

Désaccord sur les termes, mais accord sur le fond.

b) Notre définition nous interdit de suivre Tonnelat et Danchin (art. cit.) lorsqu'ils invoquent l'apparition de structures organisées dans un système dont l'entropie s'accroît pour conclure à l'existence d'une relation ordre-entropie.

N'insistons pas sur le fait qu'il est gênant de conclure au sens d'une relation entre deux termes dont l'un n'a pas été véritablement défini.

Si nous nous situons au niveau du système global, le constat qui nous est proposé n'a rien de contradictoire avec ce que nous pouvons lire, par exemple, chez Monod, Jacob, Laborit, Ruffié, Atlan et bien d'autres. L'apparition de zones d'ordre *localisées* ne saurait en rien renverser le courant de l'entropie. Nous croyons que cela ressort clairement de nos propres développements : toute organisation se paie.

Mais ce qu'il faut voir, c'est ce qui se passe au niveau du sous-système qui se structure à l'intérieur du système global. Ce sous-système, dans la

démarche que nous avons adoptée ici, c'est l'économie. Et nous n'avons pas le droit, sous peine de supprimer du même coup la raison d'être de notre propre interrogation, de la considérer comme une sorte de « boîte noire » à l'intérieur de laquelle nous ne pénétrions pas. Or ce qui nous apparaît lorsque nous y pénétrons, sans cesser de la situer par rapport au milieu qui l'englobe, c'est un double phénomène de structuration et de négentropie à l'intérieur, compensé par une contribution à l'entropie extérieure au sous-système.

2) **La relation complexité-entropie**, telle que l'établit Tonnelat, paraît, à première vue, en opposition radicale avec la conception dominante que nous exprimons ici. Mais, là encore, il semble qu'il s'agisse d'une différence tenant aux définitions, plus que d'une opposition réelle sur la nature des phénomènes analysés.

Généralement, la complexité est liée à « l'hétérogénéité des parties et la richesse des contacts entre elles » (Atlan, *op. cit.*, p. 57), c'est-à-dire au degré de structuration ou à la richesse fonctionnelle du système.

Tonnelat, au contraire, appelle « complexité C , d'un état i , le logarithme de la réalisabilité de cet état » (II, p. 12). Or, comme la réalisabilité d'un état, telle qu'il la définit, exprime le nombre de façons dont un état peut se réaliser, la complexité n'est qu'une autre expression de ce même nombre.

Les mots ayant été définis de façon à peu près inverse, il est normal que des phénomènes sur lesquels il n'y a aucune divergence s'expriment par des termes opposés.

En ce qui concerne l'entropie par exemple, Tonnelat parlera normalement d'un accroissement de complexité : « Les états macroscopiques qui tendront à se réaliser seront ceux qui peuvent l'être du plus grand nombre de façons, c'est-à-dire dont la réalisabilité particulière est la plus grande... Il y a d'autant plus de chances pour qu'un système parvienne à un état... que sa complexité est plus grande » (II, p. 12).

Nous dirons exactement la même chose en parlant de réduction de complexité. En fait, il n'y a là qu'une affaire de définitions.

Si nous osions proposer un terme, nous dirions, d'une façon peut-être acceptable par l'auteur et à coup sûr en accord avec nos propres définitions, qu'un système entropique n'est pas plus complexe mais plus complexifiable (c'est-à-dire susceptible de se complexifier) qu'un système structuré. C'est là, en effet, que les rencontres aléatoires entre éléments sont les plus fréquentes et les états susceptibles de se réaliser, les plus nombreux. Ces systèmes sont les plus riches en potentialités (surtout si certaines structures aboutissent à des fixations), alors que les systèmes plus

structurés, ayant effectué un certain nombre de « choix », ont par là même éliminé certaines des voies qui leur étaient ouvertes au départ.

La complexifiabilité exprimerait donc une richesse potentielle d'options, que les complexifications réalisées (au sens où nous entendons le terme) réduiraient d'autant.

3) La distinction complexité énergétique et complexité spatiale

« Il faut, souligne Tonnelat, distinguer complexité énergétique et complexité spatiale » (II, p. 14), car « pour une répartition énergétique donnée, il subsiste toujours des libertés d'accèsion à des positions différentes dans l'espace » (II, p. 15).

« Lorsqu'un système reçoit ou cède de l'énergie, en théorie il peut en résulter une variation des niveaux d'énergie de certaines molécules, sans changement dans la répartition des molécules de cette espèce sur les différents niveaux ; nous dirons que le système échange du travail.

Il peut aussi, en théorie, en résulter une variation de la répartition des molécules sur les différents niveaux sans variation de ces niveaux ; nous dirons alors que le système échange de la chaleur » (II, p. 15).

Du point de vue où il se place, il est possible qu'en toute rigueur théorique (c'est lui-même qui emploie par deux fois le terme) la distinction doive être opérée.

L'auteur remarque cependant que « les possibilités de répartitions spatiales sont liées, de façon complexe, aux possibilités de répartitions énergétiques » (II, p. 14). La complexité des liens, donc la pluralité des relations possibles, ne souligne-t-elle pas en même temps... leur existence ?

On notera également dans le domaine physique, qu'une émission d'énergie est liée à une modification spatiale, le changement d'orbite d'un électron (N. Bohr).

Lorsqu'il aborde les problèmes de la biologie, Tonnelat lui-même souligne l'interdépendance entre phénomènes énergétiques et organisation spatiale. Par exemple, en ce qui concerne la photosynthèse, il faut « que les réactions soient canalisées, c'est-à-dire que les différentes substances réduites photochimiquement soient oxydées selon une séquence bien définie. Ce résultat ne peut être obtenu que si les substances réagissantes se déplacent au sein d'un milieu structuré » (II, p. 86).

Concernant les phénomènes qui intéressent l'économiste, la transformation organisée d'énergie en travail (machine à vapeur par exemple) exige :

— une différence de potentiel énergétique entre molécules (complexité

énergétique) ;

- mais aussi une répartition dans l'espace (complexité spatiale), de façon à susciter la production d'un flux : si les molécules à différents niveaux de complexité énergétique sont mélangées et se heurtent au hasard, aucun mouvement ordonné ne pourra en être tiré.

Le travail obtenu d'un système aura donc pour effet de modifier à la fois son organisation énergétique et son organisation spatiale.

Sans prétendre aucunement prendre position sur un problème de théorie pour lequel nous ne sommes pas compétents, il nous semble que les conclusions auxquelles nous avons abouti concernant l'aspect thermodynamique des phénomènes qui interviennent dans la sphère économique restent parfaitement valables.

4) La relation entre phénomènes informationnels et phénomènes thermodynamiques

a) « Parler du contenu d'information d'une molécule, affirme J. Tonnelat, en opposition avec par exemple Atlan, revient à désigner par ce seul mot l'ensemble des propriétés d'interaction de ses atomes entre eux et avec les atomes des autres molécules. C'est donc procéder à une extension abusive du mot information » (II, p. 42).

Cependant, en évitant là encore de prendre des positions théoriques dans des domaines autres que le nôtre, nous nous permettrons de faire un certain nombre de remarques.

Tout d'abord, l'observation de J. Tonnelat ne semble pas viser ce qu'avec certains biologistes (H. Laborit, par exemple) nous avons appelé « information-structure ». Rejeter cette notion reviendrait à nier la structuration elle-même, ce qui n'est certes pas dans l'intention de l'auteur : celui-ci nous parle, à propos du vivant, de la genèse des structures qui, « à partir des aliments, se manifeste à nous comme une mise en ordre de matériaux qui se trouvaient répartis d'une façon quelconque dans le milieu extérieur... Tous les êtres vivants régénèrent des structures ordonnées à partir d'une matière amorphe » (II, 132). Tout au plus pourrait-on regretter l'utilisation du terme information pour désigner ce phénomène ; mais ce serait alors récuser son emploi dans son acception d'origine (« informare » : donner une forme).

En outre, si Tonnelat rejette le terme, sa description des phénomènes biologiques (rôle de l'ADN ou du code génétique par exemple) reste conforme à celle qui est couramment admise dans l'état actuel de nos

connaissances et il le fait dans le langage de l'information : il parle par exemple, à propos des protéines, de « système de programmation », de « message codé », de « transmission de message », d'« exploitation de message » et, à propos de l'ADN, de « langage codé » ou de « lettres spéciales » indiquant le début et la fin d'un message. L'emploi fréquent de guillemets marque, vis-à-vis du vocabulaire employé, une prise de distance qui ne va cependant pas jusqu'au rejet. Si ce langage reste le moins mal adapté, ne serait-ce point qu'il existe une certaine homologie entre lui et les phénomènes qu'il exprime ?

b) En ce qui concerne la relation proprement dite de l'énergie à l'information, Tonnelat récuse, à juste titre nous semble-t-il, la démarche qui consiste à lier l'état d'un système considéré du point de vue énergétique et l'information que détient un observateur relativement à cet état : « l'acquisition de connaissances partielles sur la disposition des constituants diminuera le nombre des hypothèses que l'observateur peut faire sur l'état réalisé ; ce nombre passera de P_0 à P_1 . Brillouin adopte comme mesure de l'information acquise la grandeur $Kl_n (P_0/P_1)$ où K est une constante arbitraire *a priori*. Or, en réalité, cette grandeur mesure la diminution de notre incertitude sur la nature de l'état réalisé. Contrairement à ce que dit Brillouin, cette grandeur est sans lien avec l'entropie du système qui est égale à $Kl_n \Omega e$, où Qe est le nombre de façons dont les molécules peuvent se répartir par fluctuations pour réaliser l'état statique effectif. Ce nombre n'a pas changé. *Il ne peut donc exister un lien entre une information qui s'accroît et une entropie qui ne varie pas* » (II, pp. 26, 27).

Située sur le terrain de la relation entre la complexité énergétique d'un système et l'information d'un observateur extérieur, la remarque nous semble irréfutable.

Mais nous soulignerons que ce n'est pas la voie que nous avons suivie ici.

Le démon de Maxwell, dans l'exemple que nous avons repris de Brillouin, n'est pas un observateur extérieur au système, mais un agent, c'est-à-dire un sujet agissant qui, pour agir, doit utiliser de l'énergie et posséder de l'information ; cet agent constitue avec le système proprement dit, un système plus large qui est celui au niveau duquel nous nous plaçons pour effectuer le double bilan de l'énergie et de l'information.

La conception que nous avons nous-mêmes développée ici est différente de celle que dénonce justement Tonnelat. Elle repose sur le lien qui nous

paraît exister (toujours dans le seul domaine qui nous intéresse) entre :

- d'une part, le degré de structuration d'un système thermodynamique et la quantité de travail qui peut en découler,
- d'autre part, ce degré de structuration et la probabilité de réalisation de chacun des micro-états possibles du système, c'est-à-dire l'inverse de l'information que livrerait l'apparition de l'un ou l'autre de ces micro-états.

Autrement dit, la relation que nous établissons entre l'énergie et l'information-message passe par l'information-structure.

5) La position vis-à-vis des lois de la thermodynamique

A aucun moment nous n'avons eu l'impression, dans cet ouvrage, de nous inscrire en faux contre les lois — et tout particulièrement le second principe — de la thermodynamique. A aucun moment non plus, nous n'avons eu le sentiment d'une remise en cause de ces lois par les auteurs (biologistes notamment) sur lesquels nous nous sommes appuyés. Bien au contraire, il nous a paru clairement affirmé qu'un gain localisé en néguentropie — dû à l'organisation particulière du vivant et non à une mise en défaut des lois de l'énergie — se payait ailleurs par un supplément d'entropie. Nous comprenons donc moins bien J. Tonnelat lorsqu'il écrit, à propos de « l'ordre admirable » qui caractérise le vivant, qu'il y a là « un des phénomènes qui ont le plus contribué à faire douter de la validité, pour les êtres vivants, du second principe, considéré comme une règle d'évolution vers un désordre croissant » (II, p. 132).

L'image de l'embarcation que l'on écope en permanence, utilisée par H. Laborit, montre par exemple, assez clairement, que l'entropie ne cesse d'être présente dans les réactions du vivant, avant de triompher définitivement dans la mort.

Mais ce n'est là qu'un désaccord mineur avec un auteur que sa spécialité conduit naturellement à connaître et à dénoncer des déviations qui nous ont peut-être échappé.

Quoi qu'il en soit, la longueur de cette note témoigne de l'importance que nous attachons à un ouvrage qui sort des sentiers battus et nous force à réexaminer les questions fondamentales.

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

(Publications postérieures à la première édition de cet ouvrage)

- AHMAD Y.J., EL SERAFY S. et LUTZ E., *Environmental Accounting for sustainable development*, The World Bank, Washington DC, 1989.
- ALPHANDÉRY P., BITOUN P. et DUPONT Y., *L'Equivoque Ecologique*, La Découverte, Paris, 1992.
- BARDE J. Ph., *Economie et politique de l'Environnement*, PUF, 1992.
- BAREL Yves, *Le paradoxe et le système*, PUF, 1989 ; *La quête du sens*, Seuil, 1991.
- BARTOLI Henri, *L'Economie multidimensionnelle*, Economica, 1991.
- BARTOLI Henri, *L'Economie, service de la vie*, PUG, 1996 (publié alors que le présent ouvrage était déjà sous presse et dont, par conséquent, il n'a pu être tenu compte ici).
- BOURGUIGNON André, *Histoire naturelle de l'homme*, t. 1 : *L'Homme imprévu*, PUF, 1989 ; t. 2 : *L'homme fou*, PUF, 1994.
- BRUNDTLAND Gro Harlem (sous la direction de Madame), *Our Common Future*, World commission on environment and development, Oxford University Press, 1987.
- BÜRGENMEIER Beat, *La Socio-économie*, Economica, 1994.
- CAPRA Fritjof, *Le temps du changement*, Rocher, 1983.
- CAZAMIAN Pierre, *Traité d'ergonomie*, Octarès ed., 1987 (2^e éd. à paraître, 1996).
- DEBEIR J.O., DELEAGE J.P. et HEMERY D., *Les servitudes de la puissance, une histoire de l'énergie*, Flammarion, 1986.
- DELEAGE Jean-Paul, *Une histoire de l'Ecologie*, La Découverte, Flammarion, 1991.
- EDELMAN Gerald M., *Biologie de la Conscience*, Ed. Odile Jacob, 1992.
- EKINS P. (ed.), *The living economy — A new economics in the making*, Routledge Londres/New York, 1986.
- EKINS P. et MAX-NEEF M. (eds), *Real-Life economics*, Routledge, Londres/New York, 1992.
- FAUCHEUX Sylvie, *L'Articulation des évaluations monétaires et énergétiques en économie*, Thèse Paris I, 1984.
- FAUCHEUX Sylvie et NOËL Jean-François, *Les menaces globales sur*

- l'environnement*, La Découverte, Repères, 1990.
- FAUCHEUX Sylvie et NOËL Jean-François, *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*, A. Colin, 1995.
- GLEICK James, *La Théorie du chaos*, traduction française, Albin Michel, 1989.
- GOLDFINGER Charles, *l'Utile et le futile*, Odile Jacob, 1994.
- GORZ André, *Capitalisme, Socialisme, Ecologie*, Galilée ed., 1991.
- HAWKING Stephen, *A brief History of Time*, New York, Bantam Books, 1989.
- JACOB Jean, *Les sources de l'écologie politique*, Seuil, 1995.
- JONAS Hans, *le principe responsabilité*, traduction française, ed. du Cerf, Paris, 1990.
- KAUFFMAN Stuart, *The Origins of order*, Londres, Oxford, University Press, 1993.
- LASZLO Ervin, *Aux racines de l'Univers (vers l'unification de la connaissance scientifique)*, Fayard, Paris, 1992.
- LESTIENNE Rémy, *Les fils du temps*, Presses du CNRS, 1990 ; *Le hasard Créateur*, La Découverte, 1993.
- LÉVY Pierre, *La Machine Univers*, Seuil, Points Sciences, 1992.
- LÉVY Pierre, *L'intelligence collective*, La Découverte, 1994.
- LOVELOCK James, *The Ages of Gaïa, a biography of our living earth*, New York Bantam Books, 1989, traduction française "Les ages de Gaïa", Paris, Robert Laffont, 1990.
- MARÉCHAL Jean-Paul, *Le prix du risque*, Presses du CNRS, 1991.
- MARGULIS Lynn et SAGAN Dorion, *L'Univers bactériel*, Paris, Albin Michel, 1989.
- MARTINEZ-ALIER Juan, *Ecological Economics, Energy environment and society*, Basil Blackwell, Oxford Cambridge MA, 1987.
- MEDA Dominique, *Le travail, une valeur en voie de disparition*, Alto/Aubier, 1995.
- MORIN Edgar et KERN Anne Brigitte, *Terre – Patrie*, Seuil, 1993.
- NAREDO José Manuel, *La economia en evolution. Historia y perspectivas de las categorias basicas del pensamiento economica*, Siglo Veintiuno, Madrid, 1987.
- NICOLESCU Basarab, *Nous, la particule et le monde*, Le Mail, Payot, 1985.
- NICOLESCU Basarab, *Transdisciplinarité*, ed. du Rocher, 1996 (paru alors que le présent ouvrage était sous presse).
- ODUM H.T., *Systems Ecology*, J. Wiley and sons, New York, 1983.
- PASSET René, *Une économie de rêve*, Contes et Mécomptes

- d'Ecomonopolie, Calmann-Lévy, 1995.
- PASSET René et Jacques THEYS coord., *Héritiers du futur* (Aménagement du Territoire, Environnement et Développement Durable), Rapport du Groupe de Prospective « Environnement » DATAR, dirigé par René PASSET, ed. de l'Aube, 1995.
- PASSET René, REEVES Hubert, STENGERS Isabelle, SALOMON Jean-Jacques, *Du Cosmos à l'Homme*, L'Harmattan, Paris, 1991.
- PEARCE D. et TURNER RK., *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Londres, 1990.
- PEZZEY J., *Economic Analysis of Sustainable Development*, World Bank, mars 1989.
- PILLET G., *Economie écologique*, Georg Ed., Genève, 1993.
- POLANYI K. (1944), *La grande transformation*, Traduction française, Gallimard, Paris, 1983.
- RAMADE François, *Ecologie des ressources naturelles*, Masson, 1981.
- REEVES Hubert, *Patience dans l'azur*, Seuil, 1981.
- REEVES Hubert, *L'heure de s'enivrer*, Seuil, 1986.
- ROBIN Jacques, *Chager d'ère*, Seuil, 1989.
- ROSNAY (Joël de), *L'Homme symbiotique*, Seuil, 1995.
- RUELLE David, *Hasard et Chaos*, Odile Jacob, 1991.
- SAINT-MARC Philippe, *L'Economie barbare*, Frison-Roche, 1994.
- SFEZ Lucien, *Critique de la Communication*, Seuil, 1990 ; *La Santé Parfaite*, Seuil, 1995.
- SUE Roger, *Temps et ordre social*, PUF, 1994.
- TIETENBERG T., *Environmental and Natural Resources Economics*, Harper Collins, New-York, 1988.
- TRINH Xuan Thuan, *La mélodie secrète*, Folio, 1991.
- THUILLIER Pierre, *La grande implosion*, Rapport sur l'effondrement de l'Occident, 1999-2002, Fayard, 1995.
- UNESCO, *Entre Savoirs*, Erès, 1992.
- VARELA Francisco J., *Autonomie et connaissance*, Paris, Seuil, 1989.
- VINCENT Jean-Didier, *Biologie des passions*, Ed. Odile Jacob et Seuil, 1986.
- VIVIEN Franck Dominique, *Economie et Ecologie*, La Découverte, Repères, 1994.

*

René PASSET est professeur émérite de Sciences économiques à l'Université Paris I (Panthéon-Sorbonne) où il a dirigé le « Centre économie espace environnement » (C3E) ; il a été l'un des membres fondateurs du *Groupe des Dix* qui, dès la fin des « années soixante », s'est situé à l'avant-garde de la « pensée complexe ».

Notes

a

AVERTISSEMENT :

Les notions mêmes de « multidisciplinarité », « multidimensionnalité » ou « transdisciplinarité » supposent que l'on s'appuie sur une solide batterie de notes et de références. Même s'il séduit parfois, l'exposé, aussi vigoureux soit-il, des convictions ou des états d'âme d'un auteur, dans la discipline qui est la sienne, n'a jamais remplacé le moindre début de démonstration. A plus forte raison, le plus élémentaire bon sens interdit-il de s'en tenir aux seules affirmations d'un homme dans un domaine qui touche à de trop nombreuses disciplines pour qu'il puisse se prononcer avec autorité sur toutes. Il importe donc à chacun de préciser ses sources et ses définitions.

Afin d'éviter que cette exigence n'alourdisse le texte et n'en hache exagérément la lecture, nous avons réparti nos notes en deux catégories :

- les unes, situées en bas de page et indiquées par des lettres minuscules, correspondent aux indications (définitions, illustrations...) qui peuvent être indispensables à la compréhension du raisonnement :
- les autres, reportées en fin d'ouvrage et numérotées par chapitre, sont destinées au lecteur désireux d'obtenir un supplément de précision ou de se reporter aux principales sources utilisées dans cet ouvrage.

b

La philosophie de Marx et Engels relève sans aucun doute de la « destruction créatrice » bien plus que de la dégradation entropique de l'énergie : dans le processus dialectique en effet, la *synthèse* sur laquelle débouche l'opposition entre *la thèse* et l'*antithèse*, dépasse l'une et l'autre et débouche donc sur une véritable création. De même leur sociologie ne se sépare pas de leur économie. Mais, comme nous le verrons plus loin, l'analyse qu'ils donnent du processus d'autodestruction du capitalisme paraît s'inspirer assez étroitement du processus de la dégradation entropique.

c

Voir R. Passet, « Une Science tronquée », *Le Monde*, 12 janvier 1971 ; – « L'Economique et le Vivant », article publié dans les Mélanges offerts à A. Garrigou Lagrange, B. Drouillard, 1974 ; repris et développé sous le même titre dans *Revue Economique du Sud-Ouest*, n° 1, 1975.

d

Selon la célèbre définition de L. Robbins, pour qui l'économique a pour objet d'étudier « le comportement humain en tant que relation entre les fins et moyens rares à usages alternatifs ». *Essai sur la nature et la signification de la science économique*. Trad. française Médicis, 1940, p. 30.

e

H. Laborit : « *Ce terme ne fait appel à aucun finalisme dans le sens philosophique*. Son contenu sémantique découle de l'application des lois cybernétiques. Un effecteur, c'est-à-dire tout mécanisme assurant la réalisation d'une action, d'un effet, est orienté vers un but, car il a été programmé de façon à l'atteindre. L'œil est fait de telle façon qu'il participe au phénomène de la vision. Pittendrigh remplace le terme de finalité par celui de "téléonomie" repris par J. Monod pour désigner l'action des systèmes opérant sur les bases d'un programme, d'une information codée » (*La Nouvelle Grille*, R. Laffont, 1974, p. 41).

f

Un système est dit *ouvert* lorsqu'il « échange avec le milieu, de la matière, de l'énergie ou de l'information » (J. Robin, *De la Croissance Economique au développement humain*, Seuil, 1975, p. 75).

g

Etymologiquement, le mot « biosphère » semble désigner exclusivement la sphère du vivant. Cependant, si nous en croyons les définitions proposées par l'écologie, nous pouvons considérer qu'elle englobe également l'inanimé. Pour Dajoz, par exemple (*Précis d'Ecologie*, Dunod, 1974) :

« *La biosphère* réunit l'ensemble des écosystèmes (p. 249) ;

Ecosystème = biotope + biocénose (p. 248) ;

Le biotope est une étendue plus ou moins bien délimitée renfermant des ressources suffisantes pour pouvoir assurer le maintien de la vie. Le biotope peut être de nature organique (dans le cas de parasites) (p. 248) ;

Une biocénose est un groupement d'êtres vivants rassemblés par l'attraction non réciproque qu'exercent sur eux les divers facteurs du

milieu ; ce groupement est caractérisé par une composition spécifique déterminée par l'existence de phénomènes d'interdépendance et il occupe un espace que l'on appelle biotope » (p. 247).

h

Nous pensons plus particulièrement à la science néo-classique ou néo-libérale dominante dans notre région du monde mais nous verrons aussi que la science marxiste (surtout dans l'interprétation qu'en ont faite ses héritiers) n'échappe pas à ce jugement.

i

Je n'aurais probablement pas osé entreprendre cette tâche si je ne m'étais trouvé pendant dix ans, grâce au « *Groupe des Dix* », créé et animé par le Docteur Jacques Robin, à l'école de quelques-uns des meilleurs spécialistes des différentes disciplines qu'il me fallait aborder. Je dois à J. Robin (lui-même auteur d'un ouvrage stimulant intitulé *De la croissance économique au développement humain*, Seuil, 1975, suivi un peu plus tard, du très remarquable *Changer d'ère*. Seuil, 1989), de nombreux conseils, critiques et suggestions. Qu'il me soit permis d'exprimer également une reconnaissance particulière à H. Laborit (aujourd'hui disparu) dont les ouvrages et l'amitié ont été mes meilleurs guides dans le domaine de la biologie qu'il honore de ses travaux. Mais je ne suis évidemment pas certain d'avoir convenablement surmonté toutes les difficultés qui se présentaient à moi et mes amis, à qui je dois une bonne part de mon faible savoir, ne sauraient partager la responsabilité de mes lacunes ou de mes erreurs.

j

Biosphère, au sens défini dans l'avant-propos ci-dessus, p. XI.

k

Niche écologique. « Ce terme... désigne l'ensemble des caractéristiques écologiques de l'espèce : habitat, nourriture, lieux de reproduction, résistance aux facteurs du milieu, rapports avec les espèces concurrentes ou ennemies, en un mot toutes ses conditions d'existence. » Ph. Dreux, *Précis d'Ecologie*, PUF, Sup, 1974, p. 126.

l

Contentons-nous provisoirement d'une définition rapide : il y a *causalité linéaire* simple lorsqu'un phénomène A (cause) détermine unilatéralement un phénomène B (conséquence) ; nous parlons de rétroaction (ou feed-

back) lorsque B réagit sur A soit pour en amplifier le mouvement (feed-back positif), soit pour le contrarier (feed-back négatif).

m

Ce comportement s'observe chez certaines populations animales (daims ou chèvres par exemple) qui, lorsqu'elles ne rencontrent plus d'ennemis naturels, épuisent leur zone de subsistance et se trouvent condamnées à la régression.

n

L'utilisation intensive des engrais artificiels et des pesticides ; le développement des techniques d'ensilage, de séchage par électricité ou de conservation des produits, la naissance de véritables complexes agro-industriels dans le domaine alimentaire, traduisent ce même effort pour s'affranchir des contraintes et des rythmes du milieu naturel.

o

Les pages qui suivent, limitées au sujet qui nous intéresse ici, ne sauraient constituer en aucune façon un résumé de l'histoire de la pensée économique. Leur éclairage particulier répond à l'objectif de faire apparaître la façon dont s'est produit historiquement ce que nous croyons être le divorce entre deux logiques initialement accordées : celle de l'économie et celle qui préside au fonctionnement du milieu naturel.

Pour un approfondissement, il faut lire le très bel ouvrage de Jose Manuel Naredo, *La economía en evolución*, Siglo Veintiuno de España, Madrid, 1987. Ce livre, qui représente bien plus qu'une simple histoire de la pensée économique, nous propose une réflexion sur le sens et la portée des évolutions de cette pensée en relation avec les transformations du monde dans l'histoire.

Concernant plus particulièrement la prise de conscience des questions écologiques dans la science économique, voir aussi l'excellent livre de Juan Martinez-Alier, *Ecological Economies*, Basil Blackwell, Oxford and Cambridge, MA, 1987.

p

Y compris le capital, fruit d'une combinaison de ressources offertes par la nature et de travail.

q

La loi des débouchés est due à J.B. Say. Le prix de tout produit est égal à son coût de production. Il se décompose donc en rémunérations de

facteurs, c'est-à-dire, dans l'optique des agents qui les perçoivent, en revenus. Comme ces revenus sont censés être immédiatement dépensés en biens de consommation ou de production (la thésaurisation n'est pas prise en compte ; la monnaie simple intermédiaire passif est supposée ne pas être recherchée pour elle-même), la demande globale est égale à l'offre. Toute fabrication se traduit par la mise en circulation d'un pouvoir d'achat qui lui est strictement égal en valeur. Une crise générale est impensable...
L'équilibre extérieur (Ricardo) : Quand un pays importe plus qu'il n'exporte il voit fuir sa monnaie vers l'étranger alors que ses flux de marchandises s'accroissent. Ses prix baissent donc. La situation étant strictement symétrique dans les pays exportateurs nets, vient un moment où il devient plus avantageux d'acheter dans le pays qui jusque-là importait. L'importateur net devient exportateur et *vice versa*. Cette théorie connaîtra plusieurs perfectionnements dont l'exposé nous éloignerait par trop de notre sujet. Un pays ne peut rester durablement déficitaire...

r

Nous disons *marxienne* et *non marxiste* afin de distinguer la pensée propre de Marx (dont Engels reste évidemment indissociable) de celle de ses successeurs qui reste loin d'avoir toujours la même ampleur.

s

Plus un bien est utile et plus il a de valeur pour un agent. Mais l'utilité d'une unité de ce bien dépend de la quantité d'unités dont dispose le consommateur : si elles sont peu nombreuses, le bien sera réservé aux besoins les plus fondamentaux ; si elles existent en grand nombre, les utilités satisfaites « à la marge » concerneront des besoins moins importants. La valeur d'une unité quelconque de chaque bien (valeur unitaire qui déterminera son prix par la rencontre des offreurs et des demandeurs sur le marché) dépend donc à la fois de son utilité et de sa rareté : théorie de la valeur *utilité-rareté* dite également *théorie marginaliste* dans la mesure où c'est la dernière unité d'un bien (l'unité marginale) qui détermine la valeur de chacune.

t

« La houille de Newcastle est prodiguée *gratuitement* à tous les hommes : elle leur est prodiguée à *titre gratuit* comme l'eau du torrent, à la seule condition de l'aller chercher ou de restituer cette peine à ceux qui la prennent pour nous. Quand nous achetons la houille, ce n'est pas la houille

que nous payons, mais le travail qu'il a fallu exécuter pour l'extraire a la transporter » (F. Bastiat, *Harmonies...*, ch. X, p. 362).

u

Le revenu discrétionnaire peut être défini comme la fraction du revenu dont le consommateur dispose encore, après avoir satisfait tous ses besoins considérés comme essentiels.

v

Cet amalgame n'est justifiable qu'à un niveau très global d'observation et concernant les problèmes qui nous préoccupent ici ; il serait totalement insoutenable si notre centre d'intérêt était l'évolution de la pensée économique contemporaine envisagée en elle-même (pour cela cf. A. Barrère, *Histoire de la pensée...*, *op. cit.* dans notre note 37). Par ailleurs, nous nous en tenons ici aux analyses qui expriment l'idéologie dominante du système. Selon la pensée dominante, l'optimum dit de Pareto se définit par rapport aux individus : aussi longtemps que, pour un état donné de la répartition, la position d'un agent au moins peut être améliorée sans dégrader celle d'un autre agent, l'avantage collectif peut être amélioré ; l'optimum est atteint lorsqu'il n'est plus possible d'améliorer la position d'un agent sans dégrader celle d'un autre. Nous dirons, un peu plus loin, ce que nous pensons de cette interprétation.

w

Les biens collectifs : Prenons l'exemple du phare qui éclaire le navire. Il diffuse ses services de façon indivise pour tous. Chacun consomme intégralement ces services sans en priver les autres. L'arrivée d'un consommateur supplémentaire n'entraîne aucune charge productive complémentaire. Aucun d'eux n'a donc intérêt à révéler ses préférences en offrant un prix pour se procurer un bien dont la concurrence des autres ne saurait le priver. Les services que rend le phare ne peuvent donc être vendus sur le marché. Sa construction doit être financée par d'autres moyens. Sa rentabilité ne se mesure pas en termes financiers, mais à l'ensemble des avantages qu'il procure (sécurité accrue) à la collectivité. Sa construction ne relève donc pas du calcul individuel mais de la conception que le décideur public se fait de l'utilité sociale de ce bien. Le choix de le construire est un choix politique au sens le plus large et ne découle en aucun cas de la forme des fonctions individuelles de préférences. Sur ce sujet : A. Wolfelsperger, *Les biens collectifs*, PUF, Que Sais-Je ? 1968. P.A. Samuelson, "The pure theory of public expenditures",

Rev. Econ. Stud., nov. 1954.

x

Le progrès technique intègre les améliorations de qualité de la main-d'œuvre ou du capital et les améliorations structurelles, c'est-à-dire « tous les effets qui, à quantités de main d'œuvre et d'équipements données, permettent d'augmenter la production nationale » (L. Stoleru, *L'équilibre et la croissance économique*, Dunod, 1970, 3e éd., p. 394).

y

Les effets externes : « D'une façon générale, il y a externalités s'il y a interdépendance hors marché des fonctions de production et d'utilité des consommateurs, ou encore interdépendance des fonctions de production entre elles ou des fonctions d'utilité entre elles. Exemple : fumée d'une usine, encombrement de voitures... Autrement dit, lorsqu'un bien a d'autres effets que celui qui sert à fixer son prix sur un marché, ce prix ne permet pas de fixer sa production à un niveau tenant compte également de tous les intérêts en cause ». Groupe interministériel d'évaluation de l'environnement, *Méthodologie et théorie économique de l'environnement*, sous la direction de J. Attali, Paris, 1975.

z

Par exemple, une firme A située en amont d'une rivière déverse des produits nocifs que reçoit une firme B située en aval. Cette dernière doit assumer des coûts de dépollution qui ne sont pas liés à son activité mais à celle de A. Les véritables coût de production de A pour la collectivité n'apparaissent pas sur le marché de son produit mais sur celui de B.

Donc :

- le coût de production privé de la firme A est inférieur à son coût pour la société (coût privé + coûts entraînés par les pollutions), A sera conduit, sur la base d'un calcul strictement individuel, à produire plus que ne l'exigerait le point de vue de la société ;
- le coût de production privé de la firme B est supérieur à son coût social et les productions de B, atteignant plus rapidement le niveau auquel leur coût absorbe leurs recettes, seront inférieures à ce qu'exigerait l'optimum social.

Il faut donc rétablir pour chacun l'égalité entre coût (et avantage) social et coût (et avantage) particulier et, des optima de firmes découlera, selon la théorie, l'optimum social de production...

aa

Il s'agit du phénomène bien connu de la concentration des produits toxiques le long des *chaînes alimentaires*. Une chaîne alimentaire est constituée d'espèces prédatrices les unes par rapport aux autres : herbivores → carnassiers → grands carnassiers. Lors du passage d'un niveau à l'autre (niveaux trophiques) seulement 10 % de l'énergie stockée est transmise utilement. Une espèce doit donc consommer 10 fois plus de matière qu'il ne lui en faudrait si le taux de conversion était de 100 %. D'un échelon à l'autre, par conséquent, la quantité de matières toxiques non métabolisables se multiplie par 10, suivant la progression 10, 100, 1000... Ainsi, l'eau d'un lac, initialement souillée en DDT, apparemment retournée à un état de pureté satisfaisante, peut contenir des espèces de poissons hautement toxiques pour l'organisme humain.

ab

Il ne m'est donc pas indifférent de posséder 100 F tout de suite ou dans un an. Actualiser, consiste à calculer la valeur actuelle d'un revenu futur. Si le taux d'intérêt du marché "est de 10 %, une somme de 100 F que je possède aujourd'hui sera devenue 110 F dans un an. En revanche, il revient au même que l'on me donne 100 F immédiatement ou 110 F dans un an ou 121 F dans deux ans, etc., puisque ces dernières sommes correspondent à ce que je pourrais obtenir moi-même en faisant fructifier mon argent. je dirai donc que 110 F dans un an ou 121 F dans deux ans ont une valeur actuelle de 100 F.

La somme des valeurs actuelles que procurera, dans le temps, un certain investissement, doit être au moins égale au coût actuel de ce dernier pour que la décision d'investir soit rationnelle.

ac

Nous employons indifféremment les termes de rétroaction (voir note p. 21) ou de feed-back.

ad

Ainsi les espèces mammifères retournant à la vie aquatique, loin de retrouver les branchies de leurs ancêtres, ont vu leurs poumons s'adapter aux séjours en profondeur.

ae

Les écologues font remarquer par exemple qu'à l'intérieur de chaque espèce ou groupe, la taille la plus grande se retrouve dans les régions les plus froides. Ceci s'explique par une simple considération d'ordre

thermodynamique : la surface d'un animal varie comme le carré de sa taille et son volume comme le cube de sa taille. Or la perte de chaleur est proportionnelle à la surface, donc d'autant plus élevée que le rapport surface/volume est grand, c'est-à-dire que l'animal est plus petit.

af

Le coût marginal est celui de l'unité supplémentaire fabriquée. D'abord décroissant, il s'élève au-delà d'un certain volume de production. Aussi longtemps qu'il reste inférieur au supplément de recette qu'il procure (recette marginale), la production doit se poursuivre. En revanche, elle doit s'arrêter dès que l'unité supplémentaire coûterait plus qu'elle ne rapporterait. Donc l'optimum de production correspond théoriquement au point pour lequel le coût marginal est égal à la recette marginale.

ag

Dans le cas d'un bien individuel au contraire, qui n'est susceptible d'appropriation que par une personne à la fois, chacun est amené à révéler ses préférences — en offrant ou acceptant de verser un prix — de façon à se l'attribuer.

ah

A l'origine, les radiations solaires projetaient sur la terre un intense rayonnement ultraviolet grâce auquel a pu se constituer le « bouillon organique » dans lequel sont apparus — on ne sait dire exactement comment — les premiers organismes vivants.

Faute d'oxygène, le seul mode de transformation de l'énergie permis à ces organismes était la fermentation, activité métabolique dont le résidu — l'acide carbonique — ne réalimentait pas directement la machinerie vitale. Il s'agissait donc d'un processus linéaire dont le déroulement, par prélèvement continu sur un stock non réapprovisionné de réserves organiques, aurait fatalement fini par épuiser sa source.

ai

Energie : mot d'origine grecque (« en » dans et « ergon » action) : puissance capable d'engendrer une action, aptitude à affectuer un travail (déplacement ou modification de matière).

aj

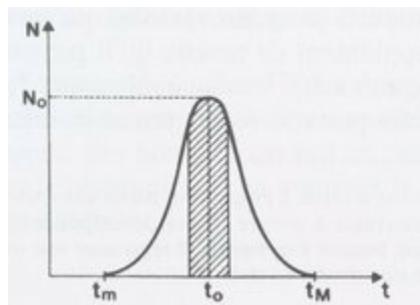
C'est toujours le facteur le moins bien adapté aux exigences de l'espèce qui limite le développement de cette dernière. Un seul facteur suffit à exercer ce rôle, même si tous les autres sont réunis dans des conditions

idéales. Cette limitation peut provenir d'une insuffisance ou d'un excès.

On retrouve ici un phénomène semblable à celui que connaît une entreprise dont le volume de production sera toujours limité, comme on le sait fort bien en programmation linéaire, par la contrainte la plus rigoureuse (la rareté d'un facteur, par exemple...).

ak

Considérant une espèce déterminée, on constate que le nombre N d'individus qui la représentent dans un milieu particulier varie avec divers facteurs comme par exemple la température t : en-deçà d'une température minimale t_m , et au-delà d'une température maximale t_M , l'espèce ne comporte aucun représentant ; à l'intérieur de ces bornes qui marquent sa limite de tolérance, le nombre d'individus croît jusqu'à un maximum N_0 correspondant à une température optimale t_0 et décroît à nouveau entre t_0 et t_M . Autour de t_0 (partie hachurée) se situe une zone particulièrement favorable au développement de l'espèce. Le même constat peut être fait pour toute autre variable que la température (humidité, luminosité, taux d'oxygène, etc.).



al

En fait ce climax n'existe à proprement parler que sous la forme d'une asymptote jamais atteinte et toujours mouvante à mesure que se développe le système. On peut donc dire qu'il n'existe pas. Cependant, comme l'asymptote, il représente une sorte de position idéale permettant d'interpréter l'état et le mouvement du réel.

am

Les transports constituent de très loin la première source de pollution en oxyde de carbone et en oxyde d'azote : en France, en 1993, respectivement 5 866 milliers de tonnes sur un total de 6 811 et 1 018 sur un total de 1 404 (Etudes documentaires CITEPA, n° 113, 1994).

an

Eutrophisation : un excès de matières nutritives (eutrophie : du grec *eu*, bien, *trophé*, nourri) déversées dans un lac, stimule la croissance des algues qui prolifèrent et meurent rapidement ; leur décomposition absorbe alors l'oxygène des eaux et les poissons meurent par asphyxie.

ao

Voir également sur ce point et dans le même sens, l'excellent livre de Dominique Meda, *Le travail, une valeur en voie de disparition*. Alto-Aubier, 1995 ; celui-ci a été publié à une date qui n'a pas permis d'en reprendre les conclusions dans le présent ouvrage.

ap

Phénotype : ensemble des caractères observables chez l'individu, résultant de l'action conjuguée du bagage génétique et de l'environnement.

aq

Le *zygote* est l'œuf résultant de la fécondation d'un gamète femelle par un gamète mâle et dans lequel se juxtaposent les chromosomes provenant du mâle et ceux provenant de la femelle. *L'hétérozygote* est un zygote résultant de la fusion de deux gamètes qui avant cette fusion contenaient tous les deux des déterminants de deux caractères, l'un dominant, l'autre récessif ; *l'homozygote* résulte de « la fusion de deux gamètes contenant l'un et l'autre les facteurs du même caractère à l'état pur et qui donnent par conséquent un individu présentant le susdit caractère dans toute sa pureté » (Larousse).

ar

L'exemple fréquemment donné ici est celui de la phalène du bouleau qui, dans les conditions de la nature, est presque toujours de type clair (la mutation noire étant récessive) et qui a pu s'adapter aux circonstances nées de la pollution, grâce à la présence de cette espèce sombre, moins repérable alors par les prédateurs, qui est ainsi devenue dominante. Puis l'équilibre s'est à nouveau modifié en faveur de la variété claire lorsque, à Birmingham par exemple, a été entreprise une lutte efficace contre les pollutions et les fumées.

as

On sait la fragilité des systèmes de monoculture et des nations dépendant d'une source d'énergie, d'un seul produit exporté, ou d'une nation dominante pour leurs approvisionnements ou leurs débouchés.

at

C'est le cas du chien par exemple, qui a éclaté en une centaine de races, privilégiant quelques particularités (teckels, bassets, bulldogs) de telle sorte que le croisement ne pourrait plus redonner la race initiale car une bonne part du bagage génétique ancestral est définitivement perdue. De la même façon et pour les mêmes raisons, les tentatives d'éleveurs allemands en vue de reconstituer l'aurochs à partir des bovins actuels ont échoué. Sur ces points cf. F. Bourlière, « Les mammifères » in *Encyclopédie de la Pléiade*, Zoologie 4, 1974.

au

« *Génome* : ensemble des informations contenues dans un seul jeu chromosomique. » Ruf. fié, p. 574.

av

Spire : Simulation Projection Intégrées Régionalisées des Emissions de Polluants.

aw

En un mot, le milieu naturel doit « gérer » des *pollutions*, alors que l'économique ne perçoit que des *nuisances*.

ax

Le maintien de la structure s'analyse comme l'invariance des relations établies entre les éléments qui la composent, malgré une rotation permanente de ces derniers. Ainsi les cellules de l'organisme meurent et sont remplacées plusieurs fois au cours de l'existence et l'individu reste le même.

ay

Nous distinguerons donc :

- a) *l'information-structure* qui mesure le degré de structuration, c'est-à-dire le niveau de complexité d'un système ;
- b) *l'information-message* qui véhicule à l'intérieur d'un système les indications relatives à son état, à celui de ses composantes ou de son environnement et qui peut être :

— *signifiante* lorsqu'elle comporte une signification susceptible d'être décrite par le récepteur possédant le « code » correspondant (aspect sémantique),

non-signifiante lorsqu'un événement nous informe seulement de

son apparition (c'est cette information que mesure Shannon (cf. III^e partie).

c) *l'information structurante* qui est une information message ayant pour objet de modifier la structure d'un système.

Cette classification est très proche de celle qu'utilise H. Laborit (pour *La Nouvelle Grille*, Laffont, 1974).

En raison de son objet, elle diffère quelque peu de celle que propose Attali, sans être cependant incompatible avec cette dernière : information non signifiante ou message, information cybernétique ou signal, information sémantique ou discours, information sémiologique ou symbole, information inconditionnelle ou relation (*La Parole et l'Outil*, pp. 62 a suiv.).

az

L'astrophysique la plus récente confirme cette perspective : par exemple Hubert Reeves ou Trinh Xuan Thuan (cf. bibliographie complémentaire, pp. 281 et suiv.).

ba

Phénotype : l'ensemble des caractères apparents.

bb

Epigénèse : évolution par interaction entre l'organisme et le milieu.

bc

Larousse : « *Comportement* : Biol. Manière d'être d'un organisme dans son milieu. » Littré : « Se comporter : se conduire, agir d'une certaine manière. »

bd

Précisons pour le non économiste que le taux marginal de substitution mesure le nombre d'unités d'un bien A qu'il faut ajouter à la provision d'un agent pour compenser la perte d'une unité de B et laisser inchangé son niveau de satisfaction.

be

PVS : Periventricular System.

MFB : Medial forebrain bundle.

bf

L'hédonisme, issu de Bentham, consiste à expliquer les comportements humains par la recherche du plaisir et le rejet des sensations désagréables.

bg

Cf. III^e Partie, chap. II, où ce thème est développé.

bh

Cette soumission n'est évidemment pas exclusive de tensions, de conflits et d'explosions.

bi

Nous pouvons retenir ici la définition que Ehrlich donne du culturel : « Ensemble d'informations non génétiques qu'on se transmet de génération en génération » (*Population, ressources, environnement*, Fayard, 1972, p. 11).

bj

Cité par Schneour : une femme ayant souffert de malnutrition avant naissance possède un cerveau endommagé du fait que le placenta de sa mère était insuffisant. Même bien nourrie après sa naissance, elle sera incapable de former un placenta suffisant et donnera naissance à des enfants ayant tous les aspects de la malnutrition. Cela met en évidence une influence environnementale ressemblant beaucoup à un effet héréditaire.

bk

Dans l'un et l'autre cas il s'agit de réduire la dépense énergétique nécessaire à l'organisme pour atteindre un résultat déterminé.

bl

Elle est de 10 à 20 g pour ces dernières, c'est-à-dire inférieure de moitié à ce qu'exigerait un bon équilibre alimentaire : on estime en général qu'un homme doit absorber approximativement 1 g de protéines par kg de poids et que le rapport des protéines animales aux protéines végétales doit être au moins de l'ordre de 1.

bm

Cependant, en France en 1994, l'espérance de vie était de 73,6 ans pour les hommes et 81,8 ans pour les femmes et elle augmentait, en moyenne, de 3 mois tous les ans. Qui plus est on constate que l'espérance de vie sans incapacité s'accroît encore plus rapidement que l'espérance moyenne.

bn

C'est cette même conception que l'on retrouve dans la distinction qu'effectue H. Simon — et qui s'est imposée aujourd'hui — entre *rationalité substantielle et rationalité procédurale*. L'auteur en fait une application particulière aux questions d'environnement. Voir H.A. Simon, « From Substantive to procedural rationality » in *Methods and appraisal in economics*, Cambridge University Press, 1976 ; « Bounded rationality » in *The New Palgrave MacMillan*, Londres, 1991 ; également : Géraldine Froger et Eric Zyla, « Décision making for sustainable development », in Faucheux S., O. Connor M., Van Der Straten J. (éds), *Sustainable Development : Analysis and Public Policy*, Kluwer, 1996.

bo

« Selon la tradition philosophique classique, la *raison ontologique* est la structure de l'esprit qui rend l'esprit capable de saisir et de transformer la réalité. Elle est efficace dans la fonction cognitive, esthétique, pratique et technique de l'esprit humain...

Dans le concept de *raison technique*, la raison est réduite à la capacité de raisonnement. Seul l'aspect cognitif du concept classique demeure et, dans le domaine cognitif, seuls restent les actes cognitifs qui traitent de la découverte des moyens adaptés aux fins... La conséquence est que les fins sont données par des forces non rationnelles... La raison critique a cessé d'exercer toute force de contrôle sur les normes et les fins ». Paul Tillich, *Systematic Theology*, University of Chicago Press, vol. I, 1951, p. 72.

bp

Synapses : points de communication établis entre deux neurones et par lesquels passe l'influx nerveux.

bq

Dans le cas du cerveau humain, le « bruit » (au sens cybernétique que nous avons vu dans l'introduction à cette deuxième partie) constitue l'élément nouveau générateur d'adaptation, d'innovation et de complexité plus riche ; élément désorganisateur, il provoque une réorganisation sur de nouvelles bases ; tout système vivant est menacé par lui et, en même temps, en vit.

br

Pour une présentation satirique de la théorie dominante, sur ce point, voir René Passet, *Une économie de rêve !*, Calmann-Lévy, Paris, 1995.

bs

$e = mc^2$ ou énergie = masse X carré de la vitesse de la lumière.

bt

Lorsqu'une production d'énergie exige une dépense d'énergie, nous devons donc distinguer, dans l'établissement du bilan énergétique d'un système, l'énergie *brute* ou apparente, de l'énergie *nette* obtenue déduction faite de l'énergie qu'il a fallu dépenser pour produire la première.

bu

Carnot montre qu'une partie de la chaleur prise à la source chaude est transformée en travail mécanique alors que l'autre est transmise au puits froid. Le rendement de cette transformation s'exprime par le rapport du travail effectué, à la chaleur prélevée sur la source chaude : $\frac{W}{Q}$. Il en mesure

la limite théorique : $R = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ dans laquelle R = rendement, T_1 et T_2 représentent les T_1 températures absolues respectives de la source chaude et du puits froid.

bv

C'est-à-dire la possibilité de passage d'une forme à l'autre, la quantité d'énergie dans un système clos restant constante.

bw

« La matière demeure et la forme se perd », Ronsard (*Elégies*) ; une fois de plus, le poète avait pressenti les choses...

bx

Dans le cas des pays chauds, les calories fournies gratuitement par le soleil ne figurent ni dans les consommations énergétiques ni évidemment dans le PIB ; il en va différemment dans le cas de nations soumises à des températures moins clémentes : le fait de recourir aux énergies fossiles fait croître à la fois leur consommation énergétique appréhendée statistiquement et le volume des activités marchandes exprimées par le PIB. Les encombrements, la durée des transports accroissent les dépenses en énergie et le coût des déplacements, c'est-à-dire le PIB. De même le développement du parc automobile provoque une augmentation des dépenses de carburant (donc du PIB), une augmentation du coût des réparations matérielles ou physiques rendues nécessaires par les accidents... donc du PIB, etc.

by

En effet :

d'une part, 1 CV = 75 kilogrammètres par seconde : le cheval-heure est le travail exécuté pendant 1 heure par une machine dont la puissance est un cheval-vapeur : on le désigne par les abréviations CH ou Ch-h ; donc

$$1 \text{ CH} = 75 \text{ kgm} \times 3\,600 = 270\,000 \text{ kgm} ;$$

– d'autre part, 1 kcal = 426 kgm ; donc :

$$600 \text{ kcal} = 426 \text{ kgm} \times 600 = 255\,600 \text{ kgm}.$$

bz

Cette situation s'accompagne généralement d'un temps de loisir important que la collectivité n'utilise pas à produire un surplus qui ne l'intéresse pas (J. Lizot, « Economie primitive et subsistance », *Libre, Politique, anthropologie, philosophie*, PBP, 1978-4). Il n'y a donc là rien de contradictoire par rapport à la thèse de Marshall Sahlins sur « l'Age d'Abondance » qu'aurait été l'Age de pierre : cette abondance se définit par rapport à la couverture des besoins les plus essentiels qui seule intéresse ces populations et que le milieu aurait alors permis d'assurer.

ca

Voir les échelles des temps dans le graphique suivant, p. 143.

cb

Cette formulation prudente est celle de la première édition du présent ouvrage (1979). En 1996, la réponse à cette question ne fait plus aucun doute.

cc

Avec un peu de clairvoyance, cette évolution était perceptible dès les premiers temps de ce que vers la fin des années cinquante, on appelait l'*automation* : « La firme, écrivions-nous alors, devient un vaste ensemble intégré (...) Les circuits fabrication et administration forment *une boucle unique à l'intérieur de laquelle circule une matière première uniforme : l'information*. Dans la firme transformée tout entière en une vaste chaîne de rétroaction, une information initiale entraîne un processus d'exécution dont la mesure permet une comparaison avec l'injonction première et met en évidence un écart qui, transmis par un processus d'amplification aux organes d'exécution, donne lieu à une nouvelle impulsion... » (R. Passet, « L'Automation, ses conséquences économiques sociales », in *Entreprises*

du Sud Ouest, 2^e et 3^e trimestre 1963. Repris dans l'article *Automation* de l'Encyclopædia Universalis, ed. 1968).

cd

INSEE : Rapport sur les Comptes de la Nation 1992 et 1993 ; Patrick Epingard, « La rationalité économique à l'épreuve de l'investissement immatériel », thèse (sciences économiques), Paris I, 1996.

ce

Nous nous permettons de citer ici deux textes anciens pouvant témoigner de la fécondité de ce type d'approche en termes de seuils que la science économique dominante se refuse toujours à intégrer :

« Cette mutation des économies dont nous croyons déceler quelques signes précurseurs, serait sans doute la plus considérable de toutes celles qui se sont produites jusqu'à nos jours. Elle déplacerait en effet le leadership économique, de productions matérielles s'adressant à des besoins saturables, à des activités dont l'aspect matériel est secondaire et qui s'adressent à des besoins illimités (...)

S'il y a quelque leçon à tirer de nos conceptions, ce n'est certainement pas la justification d'un « laisser-aller » optimiste et un peu naïf mais, au contraire, la conscience des nouvelles responsabilités qui échoient aux hommes, dans la prise en charge de leur destin » (R. Passet, « Développement économique et seuils de consommation », *Rev. éco. du Sud-Ouest*, 1966, n° 3, p. 23).

« L'analyse classique et l'analyse keynésienne voient ainsi préciser leurs champs d'application respectifs et nous pouvons percevoir, au-delà de cette dernière, l'annonce d'un nouveau système d'explication dont l'avenir ne saurait manquer de préciser les lignes directrices (...) mais dont quelques traits pourraient rappeler (dans un contexte cependant très différent) ceux de la vieille analyse classique » (R. Passet, « Phases de développement et seuils de mutation », *Rev. éco. du Sud Ouest*, n° 2, 1965, p. 48).

cf

C'est là, nous semble-t-il, le point commun entre toute information quelle qu'elle soit ; signifiante ou non. Notre journal par exemple — comme le sac de boules — n'est porteur d'information que s'il nous apprend la survenue d'événements inattendus ou s'il nous révèle quel événement incertain parmi plusieurs s'est effectivement réalisé (résultat d'un vote, résultats sportifs, etc.). Il n'est pas porteur d'information s'il nous dit ce

que nous savions devoir se réaliser. *Toute information est levée d'incertitude.*

cg

Le lecteur désireux d'approfondir cette question pourra se reporter à la longue note n° 2 que nous lui consacrons, pp. 265 et 266.

ch

Nous réintroduirons les aspects qualitatifs ultérieurement (ch. II).

ci

Il s'agira d'une réduction des flux énergétiques nécessaires pour obtenir un flux énergétique donné ou d'un accroissement des flux énergétiques produits pour une consommation énergétique donnée. Cela se traduira donc, dans les deux cas, par une augmentation du rapport :

$$\frac{\text{output énergétique}}{\text{input énergétique}}$$

Par « flux énergétiques », nous entendons évidemment ici tous les inputs et les outputs de la firme ou de l'appareil productif, mesurés énergétiquement.

cj

La « constante de Boltzmann » k est une constante universelle égale à la constante des gaz parfaits R divisée par le nombre d'Avogadro, soit $1,38 \times 10^{-16}$ erg/degrés (Atlan).

La différence de base logarithmique (base 2 ou base $e = 2,718$ dite des logarithmes naturels) n'a aucune importance puisque l'on peut passer d'un système de logarithme à un autre, par le moyen d'une constante.

ck

Maxwell imaginait, on le sait, un système clos contenant un gaz et divisé en deux compartiments par une cloison dotée d'une ouverture ; un petit personnage — le démon — placé à l'intérieur de ce système, pourrait manipuler cette ouverture de façon à permettre le passage des seules molécules rapides dans un sens déterminé (A vers B par exemple) et celui des molécules les plus lentes uniquement en sens inverse (du compartiment B vers le compartiment A). On obtiendrait ainsi, à l'encontre semble-t-il du second principe de la thermodynamique, une

augmentation permanente de la température en B et un abaissement permanent en A.

cl

De même, l'expérience des tourbillons de Benard (cf. plus haut) montre qu'un phénomène thermodynamique (un réchauffement) est susceptible de créer de l'organisation (information-structure).

cm

Au sens de Shannon.

cn

Cf. pp. 275 et suiv. la Note complémentaire que nous consacrons aux objections de J. Tonnelat (*Thermodynamique et Biologie*, 2 vol., Maloine Ed., 1977 et 1978).

co

« Cette productivité primaire est dite :

- *brute* : quand elle englobe toute l'énergie produite sous forme de matière organique, y compris celle qui est oxydée dans le même temps par respiration pour assurer le fonctionnement des plantes ;
- *nette* : quand elle donne seulement l'augmentation finale de matière organique des plantes ».

Ph. Dreux, *Précis d'Ecologie*, PUF, 1974, p. 174.

cp

Il ne s'agit que d'un exemple théorique. N'oublions pas, en effet, que la nutrition humaine ne se réduit pas à une question de calories et que la composition de la ration alimentaire (notamment le nombre de protéines d'origine végétale ou animale qu'elle comporte) a également son importance.

cq

Voir J. Martinez Alier et J.M. Naredo, « La noción de “fuerzas productivas” y la cuestión de la energía », *Cuadernos de Ruedo Iberico*, n° 63-66, pp. 71-90 ; J.M. Naredo, « A marxist precursor of energy economics », *Journal of Peasant Economics*, vol. 9, n° 2, janv. 1982.

cr

Cf. schéma page précédente.

cs

On admirera rétrospectivement la distinction physiocratique (qui se trouve ici confirmée) entre les activités agricoles seules créatrices du produit net (conçu on le rappellera comme un produit physique) et les autres activités, dites stériles, qui ne font que transformer la matière ; ceci, près de 70 ans avant l'invention de la première thermodynamique.

ct

1 acre = 0,405 hectare.

cu

1 boisseau = 56 livres.

cv

En y comprenant le stockage et le transport.

cw

Inverse de celui qu'utilise Pimentel, il fait donc apparaître le nombre de kilocalories d'input nécessaires pour produire 1 calorie d'output.

cx

Encore trop ignorées dans notre discipline, les évaluations éco-énergétiques, rarement menées par des économistes et plus souvent par des ingénieurs ou des agronomes, se sont pourtant multipliées. La thèse de doctorat de Sylvie Faucheux nous en propose un bilan complet et raisonné (S. Faucheux, *L'articulation des évaluations monétaires et énergétiques en économie*, Université Paris I, 1990).

cy

Il faut signaler ici l'important travail d'approfondissement méthodologique conduit par P. Le Goff (coordonateur), *Energétique industrielle*, 2 vol., Lavoisier, Paris, 1979.

cz

1 joule = 1 watt-seconde ; 1 mégajoule (MJ) = 1 million de joules ; 1 kWh = 3,6 MJ.

da

Le « Centre Economie Espace Environnement » (C3E) de l'Université Paris I (Pathéon-Sorbonne) a participé à la mise au point du module environnemental de ce modèle (G. Pillet, S. Faucheux, F. Levarlet. J.F.

Noel, *Revue critique du modèle ECCO et propositions d'un module environnement,*, 1991) ; P. Meral, P. Schembri, E. Zyla, « Technological lock-in and complex dynamics. Lessons from the french energy nuclear policy », *Revue Internationale de systémique*, vol. 8, n° 4-5, 1994, p. 469-495. ; S. Faucheux, M. O'Connor (eds), *Valuation for sustainable development : methods and policy indicators*, Edward Elgar, (parution 1996).

db

Chiffre très supérieur à la valeur marchande du bois abattu, qui était alors de 64 dollars par acre.

dc

A vrai dire, Leontief envisage également l'hypothèse où chaque branche assume elle-même ses activités de dépollution, et en impute les coûts dans ses prix de vente.

dd

Pour une mise au point récente sur l'état de la question, voir « L'Articulation entre les activités économiques et l'environnement à partir du tableau "entrées et sorties (TES)" », Division « Concepts et Nomenclatures de l'INSEE », M. Braibant, note X/D 520 du 15 novembre 1995.

de

Cf. par exemple, J. Rueff qui illustre remarquablement ce type d'approche :

— « Une force appliquée à une masse produit un mouvement caractérisé par son accélération. Celle-ci, pour une même force, est d'autant plus grande que la masse est plus faible. De même, une demande appliquée à une richesse déterminée par le prix auquel elle intervient. Pour une demande d'un même montant en unités monétaires, le prix est d'autant plus élevé que la quantité de richesse est plus faible. La quantité offerte est donc une résistance à la hausse des prix comme la masse une résistance au mouvement. Dans les deux cas, l'inertie est proportionnelle à la quantité de matières à laquelle l'influence motrice est appliquée » (*L'ordre social*, Génin, 1967).

— « Les lois de l'économie politique... sont tout à fait comparables aux lois de gaz, les individus jouant, en économie politique, le rôle des molécules dans la théorie cinétique » (*Des sciences physiques aux sciences morales*, 1922).

df

Ajoutons cependant que si un mode de représentation possède quelques vertus, c'est qu'il doit certainement y avoir quelque homologie — ou isomorphisme — entre lui et le réel.

dg

La modernisation de la branche exigera, par exemple, l'absorption ou la disparition de certaines entreprises jugées trop archaïques ou mal localisées, et pourtant, chacune de ces entreprises poursuivra son propre objectif de survie ou d'indépendance.

dh

L'apparition de l'automobile se traduit, par exemple, par la régression et la disparition des transports par diligence.

di

L'image des sphères possédant chacune sa logique, adoptée ici, pourrait laisser supposer que cette analyse évacue le problème des rapports sociaux pour substituer au mécanisme du marché propre aux néo-classiques, un autre mécanisme — certes plus large — à base écosystémique. Cependant, le constat qu'au sein d'un mode de production, un groupe d'hommes réussit à imposer ses valeurs et sa dominance à l'ensemble de la collectivité et à les faire apparaître comme fonction d'utilité sociale de cette dernière, soulève immédiatement la question de savoir comment historiquement et pour quelles raisons ce phénomène a pu se produire. *La présente approche n'évacue donc pas les rapports sociaux mais les situe et invite à les approfondir.*

Si nous n'avons pas cru devoir insister sur ce point, c'est que cette analyse est largement poursuivie ailleurs, notamment dans la pensée marxienne ou dans l'œuvre de François Perroux. Il nous a paru préférable de mettre l'accent sur ce qui, précisément, est négligé par l'ensemble des écoles économiques.

dj

Il faut donc entendre ici le terme contrainte, dans le sens le plus neutre de la recherche opérationnelle, comme une limitation des choix possibles.

dk

« La *sphère économique* », dirons-nous dans le cas des sociétés industrielles non capitalistes, lorsqu'elles sont, en fait, dominées par les

impératifs de l'efficacité économique. C'est le cas de bien des économies dites socialistes (cf. G. Duchêne, *Essai sur la logique de l'économie planifiée soviétique*, 1965-1975, Paris I, 1977).

dl

Voir également René Passet, « Economie *de* ou *avec* marché », *Transversales Science/Culture*, n° 8, mars-avril 1991.

dm

Ce n'est pas l'existence des conflits, expression de la diversité indissociable de la liberté, qui est à redouter, mais leur absence, résultat de l'uniformisation des individus par la société. Le vrai problème se situe au niveau des arbitrages : ceux-ci proviennent-ils d'un sous-système imposant ses normes et ses valeurs, ou sont-ils le fruit d'une véritable concertation sociale ?

dn

Précisons une fois de plus qu'il s'agit seulement de définir ici les conditions minimales de la reproduction et non un idéal de bien-être. Les nutritionnistes et les ergonomes nous informent avec assez de précision sur la dépense énergétique moyenne correspondant aux diverses activités productives, mais nous ne confondons pas nutrition avec alimentation, minimum indispensable à la reproduction de la ressource humaine, avec idéal d'une société.

do

Une certaine « deep ecology », particulièrement vivace aux Etats-Unis semble bien être tombée dans de tels excès. Certains de ses représentants vont jusqu'à préconiser la disparition de la majeure partie de l'humanité pour assurer la survie de la Nature. C'est en pensant à elle qu'Henri Atlan a pu dénoncer le péril d'un « fascisme vert » au moins aussi redoutable que ceux — brun ou noir — qui l'ont précédé. Mais la « deep ecology » n'est pas — heureusement — toute l'écologie.

dp

C'est pourquoi les systèmes hypercomplexes sont également polycentriques (cf. plus haut).

dq

Ce n'est pas la procédure démocratique de choix entre les thèses opposées des représentants de l'opinion (les partis politiques par exemple) qui est en

cause ici (on le verra plus loin), mais celle qui consisterait à faire régler directement par les individus des questions qui se posent à un autre niveau.

dr

G. Vedel : « *La déconcentration* est une technique d'organisation qui consiste à remettre d'importants pouvoirs de décision à des agents du pouvoir central placés à la tête des diverses circonscriptions administratives ou à divers services.

La décentralisation consiste à remettre d'importants pouvoirs de décision à des organes autres que de simples agents du pouvoir central, non soumis au devoir d'obéissance hiérarchique, et qui sont souvent élus par les citoyens intéressés.

La déconcentration n'est qu'une technique de commandement n'ayant pas par elle-même de valeur démocratique, puisqu'elle laisse toute l'administration aux mains du pouvoir central ou de ses agents.

La décentralisation a une valeur démocratique, puisqu'elle se ramène à faire gérer le maximum d'affaires par les intéressés eux-mêmes ou par leurs représentants » (*Droit administratif*, Thémis, PUF, 1968-2, pp. 560-561).

ds

D'après la Banque des Règlements Internationaux (BRI) les transactions sur le marché des changes atteignaient 1 000 milliards de dollars par jour en 1993 et représentaient 50 fois le montant des échanges sur biens et services. A l'époque de Keynes ce rapport était de 2.

dt

Publié alors que notre ouvrage était sous presse : J. Lizot, « Economie primitive et subsistance », *Libre 4*, PBP, Payot, 1978.