

FUNDAMENTALS OF ECOLOGY DE E.P. ODUM : VÉRITABLE « APPROCHE HOLISTE » OU REDUCTIONNISME MASQUÉ ?*

Donato BERGANDI

Muséum National d'Histoire Naturelle - Laboratoire d'Ecologie Générale
4, av. du Petit-Château, 91800 - Brunoy

SUMMARY (original scientific paper)

E.P. ODUM'S « FUNDAMENTALS OF ECOLOGY » REAL « HOLISTIC APPROACH » OR HIDDEN REDUCTIONISM ?

We attempt to understand the spirit of a holistic approach to ecology by analyzing the major work of E.P. ODUM *Fundamentals of ecology* (1953, 1959, 1971). We set forward what might be meant by the « holistic approach », which is implicated in all the different levels of organization at which the problem of « complexity » is debated.

Ecology presents itself as an « holistic science » and ODUM's book offers a vision of the world which dates far back in the history of philosophy. A first (non-exhaustive) analysis of the philosophical tradition will dwell upon:

- a) the theory of emergence: each level of organization is characterized by properties whose laws cannot be deduced from the laws of the inferior levels of organization (ENGELS, C.L. MORGAN);
- b) clarification of the relations between the « whole » and the « parts » (J.H. WOODGER, J. NEEDHAM);
- c) the ontological or epistemological nature of the emergent properties; are they a phenomenological reality or solely an artefact of the state of our knowledge ? (S.C. PEPPER, P. HENLE, C.G. HEMPEL et P. OPPENHEIM);
- d) the proposition of the holistic theoretical and methodological model (A.B. NORTKOFF, J.K. FEIBLEMAN); By looking at the three different editions of this fundamental text on ecology, we shall become aware of the evolution of ODUM's thought. In fact, only in the third and last edition is there a conscious appropriation of the holistic approach (by utilizing the theoretical models of FEIBLEMAN).

However, even when formally referring to the theory of emergence (that is to say the ontological nucleus of every holistic approach), ODUM's systemic analysis presents logical errors, which push him back into the reductionist domain.

Above all, in his examination of the main concepts of « population », « community » and « ecosystem », there is a misunderstanding of the profound difference between « collective properties » and « emergent properties ».

Moreover, the cybernetic models of ODUM's systemic analysis (introduced into ecology by MARGALEF), allowed him to vastly oversimplify his methodological task: in fact, neither is it clearly marked how many levels, nor which levels of organization are fundamental for the study of each individual level.

Finally, ODUM analyses the ecosystem as composed of energetic flux and cycles of matter, referring to the trophic-dynamic vision of LINDEMANN. That is to say, in our opinion, he juxtaposes a reductionistic methodology and epistemology to a holistic ontology.

KEY WORDS : Epistemology - Holism - Reductionism - Integrative levels - Ecosystem - Community - Population - Emergent properties - Collective properties - Cybernetics.

RÉSUMÉ (travail original)

L'analyse comparative des trois éditions de *Fundamentals of ecology* (1953, 1959, 1971) de E.P. ODUM permet de mieux comprendre et de définir l'évolution de la pensée de l'auteur en ce qui concerne l'approche holiste dans l'étude des écosystèmes.

Avant d'entamer l'analyse du texte, une présentation est faite sur l'arrière-plan philosophique qui structure l'approche holiste (théorie de l'émergence, relations tout-parties, caractère réel ou fictif des propriétés émergentes, proposition d'un modèle théorique et méthodologique du holisme).

Bien qu'ODUM soit perçu comme le porte-drapeau du holisme en écologie, sa démarche méthodologique révèle une contradiction avec ses présupposés ontologiques, en réalité il est opérativement réductionniste. D'une part, ODUM confond les propriétés collectives avec les propriétés émergentes, d'autre part, fondamentalement, il limite son analyse de l'écosystème aux flux d'énergie et aux cycles de la matière. Ce faisant, il nous dévoile la structure thermodynamique de l'écosystème, mais il évacue la problématique des propriétés émergentes spécifiques à chaque niveau d'intégration.

MOTS CLÉS : Epistémologie, Holisme, Réductionnisme, Niveaux d'intégration, Ecosystème, Communauté, Population, Propriétés émergentes, Propriétés collectives, Cybernétique.

* Manuscrit reçu le 20 décembre 1992 ; version révisée acceptée pour publication le 15 mars 1993.

INTRODUCTION

De temps en temps, dans le développement d'une discipline scientifique, des textes émergent et deviennent rapidement, de façon durable, une référence fondamentale. Cela est dû à leur capacité d'apparaître en tant que « point d'attraction » de la discipline et surtout à leur capacité de se révéler comme nouveau et fructueux point de vue. *Fundamentals of Ecology* de E.P. ODUM appartient à ce petit groupe de textes que nous pourrions définir comme « paradigmatiques », parce que c'est à partir d'eux et avec eux que les spécialistes de la discipline avancent dans leurs recherches. Edité pour la première fois en 1953, cet ouvrage le fut à nouveau en 1959, puis encore en 1971. L'analyse comparative des trois éditions nous semble un préalable essentiel pour comprendre la portée de l'ouvrage dans toutes ses nuances et surtout pour comprendre la portée de l'écologie systémique qui est présentée.

L'apport d'ODUM a été essentiel pour déterminer le statut scientifique de l'écologie moderne -sa conception holiste de l'écosystème a permis de « centrer » la recherche écologique en lui donnant un substrat épistémologique original. Toutefois cela n'a pas résolu la problématique méthodologique qui accompagne l'analyse de la « complexité » en écologie, ni permis de dépasser le débat historique existant entre les tenants du réductionnisme et les tenants du holisme.

Dans le développement de l'écologie, ce débat a une origine antérieure à ODUM, mais c'est avec ODUM qu'il va prendre toute son ampleur. La rencontre-affrontement entre ces deux visions du monde remonte aux réactions qui ont accompagné la proposition de F.E. CLEMENTS (1916), à la fois métaphorique et méthodologique, qui amenait à considérer la communauté végétale comme un organisme⁽¹⁾. Cette conception a été rejetée, d'abord par A.E. GLEASON (1926), puis par A. TANSLEY (1935). Tous deux ont minimisé, sinon nié, l'importance du concept de « totalité organique » appliqué aux communautés végétales. En particulier la vision du monde de TANSLEY se concrétise dans une conception, mécaniste, de ce qu'il considère comme « l'unité de base de la nature » : l'écosystème⁽²⁾, conception qui prend corps chez G.E. HUTCHINSON (1941) et R.L. LINDEMAN (1942) pour devenir une méthode. LINDEMAN, en suivant les traces d'HUTCHINSON, propose, en effet, une procédure d'analyse qui trouve dans les échanges d'énergie entre les êtres vivants une clé de lecture economiciste fondée sur la thermodynamique et qui, par reconstruction additive, semble suffire pour donner une compréhension complète de l'écosystème.

Dans les années 40 le groupe des écologistes de Chicago, avec à sa tête W.C. ALLEE⁽³⁾, relance, de son côté, la conception holiste en l'adoptant pour proposer des schémas d'interprétation des relations coévolutives dans les communautés animales, mettant ainsi l'accent sur des phénomènes qui ne peuvent être convenablement abordés par la seule démarche énergétique.

Une dizaine d'années après la création de la cybernétique par N. WIENER⁽⁴⁾, R. MARGALEF fut le premier à utiliser des modèles cybernétiques en écologie, ouvrant ainsi la voie à une approche nouvelle des systèmes écologiques susceptible d'associer les concepts de transfert trophique et d'interaction régulatrice⁽⁵⁾. Vers la fin des années 70 et le début des années 80, après plusieurs années d'utilisation de ce type de modèle en écologie, s'est ouvert le débat sur la nature cybernétique ou non des écosystèmes (ENGELBERG, J. and BOYARSKY, L.L., 1979 ; KNIGHT, R.L. and SWANEY, D.P., 1981 ; JORDAN, C.F., 1981 ; PATTEN, B.C. and ODUM, E.P., 1981)⁽⁶⁾. Encore récemment, LOEHLE, C. (1988), dans une analyse des méthodologies utilisées en écologie, a signalé la cybernétique comme une des approches holistes possibles en écologie.

Holisme et propriétés émergentes sont des termes entre lesquels existe une relation réciproque : on ne peut pas citer l'un sans se référer à l'autre. Mais, quand on parle de propriétés émergentes, on se heurte inévitablement au problème de leur existence dans la nature et de leur pouvoir explicatif dans les sciences (SALT, G.W., 1979 ; EDSON, M.M. *et al.*, 1981).

Dans la préface de la dernière édition de son ouvrage, ODUM, en faisant une auto-analyse rétrospective, affirme que : « *Practice has caught up with theory in ecology. The holistic approach and ecosystem theory, as emphasized in the first two editions of this book, are now matters of world-wide concern* »⁽⁷⁾. Nous ne partageons qu'en partie cette opinion de l'auteur, qui laisse croire qu'une même conception fondamentale sous-tend les trois éditions. Si l'on procède à une analyse comparative des trois éditions, on ne peut, en effet, éviter de relever qu'en passant de l'une à l'autre, il y a certaines analyses, certains concepts qui survivent et d'autres non. En particulier, l'approche qu'ODUM appelle « holiste »⁽⁸⁾, tout en restant l'axe dominant du texte, montre des modifications assez profondes dans les deux dernières éditions.

Le but de notre travail est de définir « l'approche holiste » proposée par ODUM et de mettre en évidence les modifications apportées dans le développement de l'ouvrage. Au delà, nous chercherons à établir si la vision du monde holiste proposée par ODUM est en harmonie avec les outils méthodologiques utilisés par celui-ci, c'est-à-dire s'il existe, ou non, un décalage entre ses présupposés philosophiques et les pratiques de recherche qu'il préconise. Une brève présentation historique et philosophique est auparavant nécessaire pour mieux comprendre la position de l'auteur.

LE HOLISME ENTRE SCIENCE ET PHILOSOPHIE

Une partie non négligeable des idées directrices qui structurent aujourd'hui des approches répertoriées sous le nom de *holisme*, de *globalisme*, de *systémique* et d'*organi-*

cisme trouvent leur origine dans la pensée philosophique.

Des idées à caractère holiste sont présentes chez PLATON, ARISTOTE, NAGARJUNA, PLOTIN, NICOLAS DE CUSE, SPINOZA, LEIBNIZ, KANT, HEGEL, MARX, ENGELS. Parmi les contemporains, BERGSON, C.L. MORGAN, ALEXANDER, BRADLEY, TAYLOR, McTAGGART et surtout WHITEHEAD, J. DEWEY et WITTGENSTEIN ont développé de telles idées.

Dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, la pensée holiste, véhiculée surtout par l'hégélianisme, s'introduit et se propage dans l'anthropologie culturelle naissante (E.B. TYLOR), la psychologie (C. EHRENFELS) et la biologie avec la première vague organiciste (E. MONTGOMERY, E.S. RUSSELL, J.S. HALDANE).

Au XX^{ème} siècle, la « scientification » de la pensée holiste continue avec l'affirmation de la *Gestaltpsychologie* (W. KOEHLER, M. WERTHEIMER, K. KOFFKA), avec la deuxième vague organiciste en biologie (J. SMUTS, J. WOODGER, J. NEEDHAM, P. WEISS, K. GOLDSTEIN), avec enfin l'écologie (F.E. CLEMENTS et avec les mises au point nécessaires, W.C. ALLEE et E.P. ODUM).

Considérons maintenant des auteurs contemporains qui ont eu une influence directe sur le développement des idées holistes en biologie et en écologie.

C.L. MORGAN (l'auteur de *Emergent Evolution* (1922), livre qui a beaucoup contribué à la propagation du concept d'« émergence ») trouve dans G.H. LEWES *Problems of Life and Mind* (1875) celui qui, le premier, a introduit le terme « émergence » et le concept correspondant.

A la même époque déjà, un exposé très clair du mouvement général de l'émergence est proposé dans la *Dialectique de la nature* de F. ENGELS (1875-1876) :

« Si nous nous représentons un corps inanimé quelconque divisé en particules de plus en plus petites, il ne se produit tout d'abord aucun changement qualitatif. Mais il y a une limite : si, comme dans l'évaporation, nous parvenons à libérer les molécules isolées, nous pouvons certes, dans la plupart des cas, continuer encore à diviser celles-ci, mais seulement au prix d'un changement total de la qualité. La molécule se décompose en ses atomes, qui ont isolément des propriétés tout-à-fait différentes de celles de la molécule. Dans le cas des molécules qui se composent d'éléments chimiques différents, la molécule composée est remplacée par des molécules ou des atomes de ces corps simples eux-mêmes ; dans le cas des molécules des éléments apparaissent les atomes libres, qui ont des effets qualitatifs tout à fait différents : les atomes libres de l'oxygène à l'état naissant produisent en se jouant ce que les atomes de l'oxygène atmosphérique liés dans la molécule ne réalisent jamais. Mais la molécule elle-même est déjà qualitative-ment différente de la masse du corps physique dont elle fait partie. Elle peut accomplir des mouvements indépendamment de cette masse et tandis qu'en apparence celle-ci reste en repos, par exemple des vibrations caloriques ; elle peut, grâce

à un changement de position ou de liaison avec les molécules voisines, faire passer le corps à un état d'allotropie ou d'agrégation différent etc.

Nous voyons donc que l'opération purement quantitative de la division a une limite, où elle se convertit en une différence qualitative : la masse ne se compose que de molécules, mais elle est quelque chose d'essentiellement différent de la molécule, comme celle-ci l'est à son tour de l'atome. C'est sur cette différence que repose la séparation de la mécanique, science des masses célestes et terrestres, de la physique, mécanique des molécules, et de la chimie, physique des atomes »⁽⁷⁾.

Le matérialisme dialectique a souvent été perçu comme l'un des principaux courants de la pensée émergentiste - selon laquelle la combinaison d'entités d'ordre inférieur engendre des propriétés nouvelles non déductibles de l'étude des composants individuels.

MORGAN (1927), sans aucun doute influencé plus directement par la « philosophie organiciste » proposée par WHITEHEAD dans *The concept of Nature* (1919), que par le matérialisme dialectique, fait sien le concept d'« organisme », dont la caractéristique première, dans un sens très large, est d'être une entité « sociale » :

« (...) the organism - any organism in the unrestricted sense - is, I make bold to say, a community of members in fellowship each of which is in sympathy with, and of service to, the others, and each of which plays its part in relation to the parts played by other members in the organic whole which is the organism, whatsoever may be its modal status »⁽⁸⁾.

A partir de là, MORGAN distingue des systèmes interprétables mécaniquement comme « résultants », au sens où « with full knowledge of some given phase of the state of affairs (in the system) any subsequent phase could be confidently predicted », et des systèmes dont les qualités « are claimed to be emergent because they are not reducible to, or deducible from, the qualities of organisms of lower status in the hierarchy »⁽⁹⁾.

Un peu plus tard, J.H. WOODGER (1932) a contribué de façon extrêmement importante à l'approfondissement de la problématique holiste dans tout le domaine de la biologie en éclairant définitivement les relations entre le « tout » et les « parties ». Selon lui, en effet, il existerait :

« two possible types of parts, yielding the possibility of three types of system. Roughly speaking, parts of type 1 would be complexes which do not change when they enter as parts into complexes of higher order than themselves ; parts of type 2 would be complexes which, while remaining of the same order, do change when they enter into the composition of complexes of higher order than themselves. We could then have systems whose parts were all of type 1, systems whose parts were all of type 2, and systems with parts some of which were of one type and some of the other. Now some

of those who have written about « wholes » seem to have intended to apply the term only to systems whose parts are of type 2 ; and this is clearly a much narrower use of « whole ».⁽¹⁷⁾

J. NEEDHAM (1937), par la suite, explicitera la position de WOODGER, en retenant trois sortes de relation entre les parties, dites respectivement de type :

- 1) indépendant
- 2) fonctionnel
- 3) existentiel⁽¹⁸⁾.

Nous ne pensons pas déformer la pensée de ces auteurs en affirmant que, d'abord, une partie qui se caractérise par des relations du premier type poursuit ses activités normales, soit quand elle est en relation avec l'ensemble, soit quand elle est isolée⁽¹⁹⁾. Ensuite, une partie qui possède des relations du deuxième type une fois isolée de la totalité se désorganise sans que cela implique le même sort pour le reste de la totalité. Enfin, une partie qui possède des relations du troisième type, une fois isolée de la totalité, cesse d'exister en tant que telle, en déterminant en même temps la totale désorganisation du système.

Considérer les systèmes comme étant caractérisés seulement par des relations de type « existentiel » entre les composants d'une totalité, équivaut, selon NEEDHAM, à proposer une vision du monde dogmatique et obscurantiste⁽²⁰⁾, puisque toute analyse serait vouée à l'échec.

En outre, puisque les « limites » n'existent pas dans la nature car les systèmes fermés sont un pur idéal théorique, une fois axiomatisée l'idée que, dans la nature, il existe entre les composants seulement des relations existentielles, on serait obligé d'étendre le concept de « système » à l'univers entier, en rendant du même coup celui-ci inaccessible à la connaissance.

S.C. PEPPER (1926) nous aide à éviter toute une série de malentendus en mettant en évidence l'existence d'au moins deux dimensions sémantiques : d'un côté celle des propriétés de la réalité, la dimension ontologique, et de l'autre côté celle des lois, la dimension épistémologique :

« Accurately speaking, we must first observe, laws can not emerge. Emergence is supposed to be a cosmic affair and laws are descriptions. What emerge are not laws, but what the laws describe... Cosmic events don't deduce or predict one another ; they occur. It is only we who describe them by laws, who also make predictions concerning them by means of our laws. Cosmically speaking, nothing is deducible, and hypothetical emergent qualities or events would be no more peculiar in this respect than the qualities and events that occur on the bed rock level. It is only humanly speaking that anything is deducible. And what are strictly deducible are neither qualities nor events, but laws »⁽²¹⁾.

Ce texte suggère que si la propriété d'émergence peut être liée aux qualités de la réalité, il peut en être rendu

compte par le fait que les lois d'un certain niveau d'intégration, peuvent éventuellement être « déduites » par ou « réduites » à d'autres lois appartenant à des niveaux d'intégration inférieurs.

En ce qui concerne la prévisibilité éventuelle des lois concernant les phénomènes d'émergence, P. HENLE (1942)⁽²²⁾ et C.G. HEMPEL et P. OPPENHEIM (1948) refusant la dimension ontologique de l'émergence, réduisent celle-ci à un pur contretemps, à un pur « indice » du niveau de nos propres connaissances. Sur ce point HEMPEL et P. OPPENHEIM sont particulièrement explicites :

« (The) emergence of a characteristic is not an ontological trait inherent in some phenomena ; rather it is indicative of the scope of our knowledge at a given time ; thus it has no absolute, but a relative character ; and what is emergent with respect to the theories available today may lose its emergent status tomorrow »⁽²³⁾.

A.B. NOVIKOFF (1945)⁽²⁴⁾ et J.K. FEIBLEMAN (1954)⁽²⁵⁾ sont d'un tout autre avis. A dix ans d'intervalle ils ont écrit deux articles que nous estimons comme fondamentaux pour la compréhension de la problématique de l'émergence. Tous deux s'accordent à dire :

- que chaque niveau d'intégration se caractérise par la possession d'au moins une ou plusieurs propriétés émergentes propres à ce niveau (p. 209 et 59 respectivement) ;

- qu'il est impossible de réduire le niveau hiérarchiquement supérieur au niveau inférieur puisque une telle forme d'explication impliquerait la perte des qualités émergentes du niveau supérieur (p. 209 et 62). Ceci n'implique d'ailleurs pas de se dispenser de la connaissance du niveau inférieur, qui est nécessaire, mais pas suffisante (p. 209 et 61) ;

- que chaque niveau d'intégration nécessite des lois appropriées à ce niveau particulier (p. 209 et 64).

La théorie des niveaux d'intégrations, au moins chez ces deux auteurs, ne conduit pas à une excessive valorisation des propriétés du « tout » au détriment des propriétés des « parties » ; en effet selon NOVIKOFF, par exemple :

« The concept of integrative levels recognizes as equally essential for the purpose of scientific analysis both the isolation of parts of a whole and their integration into the structure of the whole. It neither reduces phenomena of higher level of those of a lower »⁽²⁶⁾.

Cette vision « équilibrée » se retrouve chez FEIBLEMAN, qui souligne la nécessaire multidimensionalité de toute approche scientifique systémique, laquelle veut aborder un niveau d'intégration spécifique : « For an organisation at any given level, its mechanism lies at the level below and its purpose at the level above. This law states that for the analysis of any organisation three levels are required : its own, the one below and the one above »⁽²⁷⁾. Ce faisant

NOVIKOFF et FEIBLEMAN non seulement contribuent à donner au holisme un contenu conceptuel clarifié, mais en outre ils proposent les fondements d'une méthodologie. Ils fournissent ainsi des clés pour apprécier ce que recouvre le « choix holiste » d'ODUM et le degré de cohérence entre ses concepts et ses méthodes.

FUNDAMENTALS OF ECOLOGY, DE 1953 À 1971 L'évolution de la pensée « holiste » d'ODUM

Le premier chapitre de *Fundamentals of Ecology*, dans les trois éditions, constitue ce que nous pourrions appeler le « manifeste épistémologique » de l'oeuvre, c'est-à-dire l'énoncé du noyau de concepts majeurs qui permet à la fois de découper la réalité phénoménologique d'un point de vue particulier, de choisir certaines méthodologies et d'élaborer des théories scientifiques spécifiques.

Dans la troisième édition, ODUM a modifié l'ordonnement des chapitres, ce qui n'est pas un hasard, mais révèle vraisemblablement une évolution de la pensée de l'auteur. Chaque édition débute, certes, avec l'analyse de l'écosystème, mais tandis que dans les première et deuxième éditions l'analyse de l'organisation au niveau de la « population » précède celle de la « communauté », la démarche inverse a été choisie dans la dernière édition. Il semblerait qu'après la parution des deux premières éditions, le poids accordé par ODUM au « principe of wholeness » était tel qu'il devenait logiquement nécessaire de traiter du « tout-communauté » avant de considérer la « partie-population ». La primauté de la totalité est telle que même dans la façon de présenter les arguments, l'auteur préfère un itinéraire systématiquement « descendant » à un itinéraire « ascendant ». On peut facilement constater que la base épistémologique de la première édition est beaucoup moins élaborée et approfondie. Au contraire la seconde et la troisième éditions apparaissent bien plus structurées. Il suffit de comparer certains passages clés des trois éditions pour s'en rendre pleinement compte. Dans la première édition, ODUM affirme ainsi que :

« Because ecology is concerned as much with the biology of groups of organisms (that is populations and communities) as with individual organisms, if not more, it would perhaps be better, and more in keeping with the modern emphasis, to define ecology as the study of the structure and temporal processes of populations, communities, and other ecological systems, and of the interrelations of individuals composing these units » (souligné par ODUM) (1° ed., p. 4).

Dans la deuxième et la troisième éditions les « individual organisms » disparaissent et sont remplacés par « functional process ». Nous citons le passage correspondant dans son intégrité pour bien faire ressortir la signification profonde de la transformation :

« Because ecology is concerned especially with the biology of groups of organisms and with functional processes on the lands, in the oceans and in fresh waters, it is more in keeping with the modern emphasis, to define ecology as the study of the structure and function of nature (it being understood that mankind is a part of nature) » (souligné par ODUM) (2° ed., p. 4 ; 3° ed., p. 3).

La finalité qu'ODUM poursuit ainsi est une approche qui, au moins dans les intentions, ne se limite pas à une analyse par découpage en niveaux d'intégration successifs, mais au contraire fasse ressortir les liens des parties avec le tout, en considérant que les organismes « are intimately linked functionally in ecological systems, according to well defined laws » (pref. 2° ed., p. 9). Dans le prolongement de la vision trophico-dynamique de LINDEMAN, ODUM est à la recherche de la « clarification of the basic energy relationships of the ecosystem as a whole... » (1° ed., p. 89 ; 2° ed., pp. 147-148), en mettant prioritairement en relief les lois qui dirigent les flux énergétiques parmi les différents compartiments d'un écosystème.

Dans la première édition le « manifeste épistémologique » insiste sur les relations qui existent entre l'écologie et les autres disciplines scientifiques, biologiques ou non. La complémentarité de l'écologie et de la génétique est soulignée : puisque « the organism ... result of interaction of heredity and environment » la recherche devra s'attacher à définir les influences différentes des « heredity mechanisms » et des « ecological factors » (p. 5) dans les phénomènes étudiés. ODUM souligne aussi les importantes affinités entre l'écologie et la physiologie car « both deal with functions », tant en précisant qu'il existe des différences méthodologiques fondamentales entre ces deux disciplines :

« As an illustration of the difference in approach, let us consider the heart. The physiologist is primarily concerned with the mechanism of its contractions and with the nervous, endocrine, and other factors controlling its beat and rate. The ecologist, on the other hand, would be primarily interested in the heart as a possible « physiology-of-the-whole » indicator. That is, the ecologist might wish to use the heart rate as an index of the way in which the organism as a whole responds to some environmental factor, for example, temperature » (p. 6).

Et enfin, il affirme une propension forte et déclarée pour la physique et la chimie :

« In common with all of biology, ecology leans heavily on the physical sciences. Developments in chemistry and physics continually provide new techniques and influence ecological theory » (Ibidem).

Dans les deux dernières éditions, l'analyse des relations entre l'écologie et les autres branches scientifiques et l'affirmation de la tendance physicaliste disparaissent totalement. Cette analyse est remplacée, d'une manière expli-

cite, par la théorie des niveaux d'organisation accompagnée par un graphique absent dans la première édition (2^e ed., pp. 6-7 ; 3^e ed., pp.4-5). La théorie des niveaux d'organisation, naturellement, est présente dans la première édition, mais la conscience de son importance et son explicitation ont émergé graduellement. Toutefois, l'idée de l'arbitraire et de l'instrumentalité de cette théorie est présente depuis la première édition :

« There are no sharp boundaries between any of these subdivisions which represent ways of looking at ecological problems rather than cut and dried scientific fields. It is merely convenient and profitable to approach the study of ecology from different level of complexity » (p. 7).

L'auteur s'exprime de façon semblable dans la deuxième et la troisième éditions en ce qui concerne le caractère selon lui arbitraire de la théorie des niveaux d'organisations :

« It is important to note that no sharp lines or breaks were indicated in the above « spectrum », not even between the organism and the population. Since introductory biology courses usually stop abruptly with the organism, and since in dealing with man and higher animals we are accustomed to think of the individual as the ultimate unit, the idea of a continuous spectrum may seem strange at first. However, from the standpoint of interdependence, interrelations and survival, there can be no sharp break anywhere along the line. The individual organism, for example, can not survive for long without its population any more than the organ would be able to survive for long without its organism. Similarly, the community can not exist without the cycling of materials and the flow of energy in the ecosystem » (2^e ed., pp. 6-7 ; 3^e ed., p. 5).

Ainsi la tentative d'ODUM de fonder une approche holiste (qualificatif qui apparaît seulement dans la troisième édition), se concrétise avant tout par l'affirmation de l'emboîtement fonctionnel des niveaux d'intégration correspondant aux concepts d'écosystème, de communauté et de population. Mais la définition même du concept d'écosystème évolue entre la première et la troisième édition. Initialement l'écosystème est ainsi défini par ODUM :

« Living organisms and their nonliving (abiotic) environment are inseparably interrelated and interact upon each other. Any entity or natural unit that includes living and non living parts interacting to produce a stable system in which the exchange of materials between the nonliving parts follow circular paths is an ecological system or ecosystem. The ecosystem is the largest functional unit in ecology, since it includes both organisms (biotic communities) and abiotic environment, each influencing the properties of the other and both necessary for maintenance of life as we have it on the earth. A lake is an example of an ecosystem » (1^e ed., p.9 ; 2^e ed., p.10).

Tandis que la deuxième édition propose presque la même définition, si on excepte le fait que l'écosystème n'est plus défini comme « stable system » (modification non négligeable), la troisième édition introduit explicitement les concepts de flux d'énergie et de structure trophique ; se trouve ainsi avancée l'idée que le tout existe en tant qu'entité structurée :

« Living organisms and their nonliving (abiotic) environment are inseparably interrelated and interact upon each other. Any unit that includes all of the organisms (i.e., the « community » in a given area interacting with physical environment so that a flow of energy leads to clearly defined trophic structure, biotic diversity, and material cycles (i.e., exchange of materials between living and nonliving parts) within the system is an ecological system or ecosystem ... The ecosystem is the basic functional unit in ecology, since it includes both organisms (biotic communities) and abiotic environment, each influencing the properties of the other and both necessary for maintenance of life as we have it on the earth » (p. 8).

ODUM propose ainsi une définition de l'écosystème bien plus élaborée que celle de TANSLEY. Sans doute y a-t-il une profonde convergence sur le fait que les deux auteurs prétendent définir les unités-entités fondamentales de la nature, mais ODUM se place dans une perspective, qui, au moins dans les intentions, est clairement « émergentiste », tandis que le concept d'écosystème de TANSLEY s'insère dans une perspective explicitement anti-émergentiste.

En effet, lorsque ODUM dans le chapitre « Introduction to population and community ecology », analyse les concepts de « population » et de « communauté » en utilisant la métaphore typiquement holiste de la forêt, il ratte cette analyse à la théorie de l'émergence :

« (The) important point to stress is that the population and community are real entities, even though one cannot usually pick them up and put them in the collecting kit as one would collect an organism. They are real thing, because these group units have characteristics additional to the characteristics of the individuals composing them. The forest is more than a collection of trees. The whole is not simply a sum of the parts ... » (souligné par ODUM) (1^e ed., p.88 ; 2^e ed., p.146 ; 3^e ed., en partie intégrée dans le premier chapitre) ⁽²³⁾.

Mais ce faisant, l'auteur se prépare à tomber dans une grave contradiction logique, qui le conduira à confondre le concept de « propriétés collectives » avec celui de « propriétés émergentes », comme le montrent ses définitions des concepts de population et de communauté.

ODUM définit la population de la façon suivante :

« The population, which has been defined as a collective group of organisms of the same or closely associated species occupying a particular space, has various characteristics which, although best

expressed as statistical functions, are the unique possession of the group and are not characteristic of the individuals in the group. Some of these properties are : density, natality (birth rate), mortality (death rate) age distribution, biotic potential, dispersion, and growth form » (1° ed., p. 91 ; 2° ed., p.149 ; 3° ed., p.172).

La définition de la communauté suit la même structure logique :

« A biotic community is any assemblage of populations living in a prescribed area or physical habitat ; it is a loosely organized unit to the extent that it has characteristics additional to the individual and population components » (1° ed., p. 181 ; 2° ed., p. 245 ; 3° ed., p. 140)⁽⁶⁴⁾.

Dans ces deux définitions, sont évoquées des propriétés qui concernent le groupe (système, totalité, niveau d'intégration supérieur) et ne concernent pas les individus (composants, parties, niveau d'intégration inférieur) qui le composent. ODUM ne précise pas s'il considère ces propriétés comme « collectives » ou comme « émergentes ». Or il s'agit d'une différence fondamentale, non perçue par ODUM : par définition les propriétés émergentes d'un niveau d'intégration donné ne peuvent pas être déduites à partir de l'étude de ses composants, tandis que les propriétés collectives, même non caractéristiques des individus en tant que fonctions statistiques, sont déductibles par la somme des caractéristiques de tous les individus d'une population ou d'une communauté.

Une analyse de SALT (1979) nous aide à éclaircir ce point fondamental :

« (The) age-class structure of a population is a result of the combined ages of all the individuals which make up the population. Similar remarks could be made about such other properties as the birth rate and death rate of a population. For communities, the species diversity index represents a summation of the proportional contribution of each of the individual species populations. In all these cases, the property is determined through an examination of the characteristics of the components of the ecological unit. Such properties are therefore not emergent, but collective »⁽⁶⁵⁾.

Les définitions des propriétés collectives et des propriétés émergentes formellement analogues cessent de l'être lorsqu'on aborde le plan méthodologique. L'explication d'une propriété fera appel à des méthodes différentes selon qu'elle est collective ou émergente. Les propriétés collectives peuvent déjà être comprises avec la stratégie classique de recherche, à savoir la méthode analytique additionnelle (c'est-à-dire, décomposer un objet complexe en ses composants et extrapoler, à partir d'eux, par la somme, les caractéristiques de l'objet dans sa totalité) tandis que l'étude des propriétés émergentes nécessite des méthodes sans doute profondément différentes.

A ce stade de l'analyse, nous nous trouvons devant la nécessité d'introduire la thèse fondamentale de la discrimination entre les domaines sémantiques de l'ontologie (la vision du monde, cette sorte de « pari » sur la structure de la réalité qui fonde toute forme de recherche de la connaissance), de la méthodologie (la stratégie de recherche) et de l'épistémologie (les relations existant entre les théories et les lois des différents niveaux d'intégrations). Cette thèse a été proposée pour la première fois par F.J. AYALA dans son texte *The studies of Philosophy of Biology* (1974)⁽⁶⁶⁾ et, plus récemment, à travers des concepts substantiellement semblables, par E. MAYR (1982 ; 1988)⁽⁶⁷⁾ et par S. AMSTERDAMSKI (1986)⁽⁶⁸⁾. La discrimination entre les différents domaines sémantiques est appliquée par AYALA au domaine du réductionnisme. Elle représente une première et fondamentale avancée pour ce qui concerne l'éclaircissement du débat « holisme-réductionnisme », car elle limite les risques d'incompréhension et les malentendus. Pourtant c'est notre conviction qu'une telle discrimination sémantique démontre toute sa valeur heuristique lorsqu'elle vient s'appliquer aussi au domaine du holisme.

ODUM, dans les deux dernières éditions, accentue son élaboration épistémologique en prenant en considération les rapports qui existent entre les théories relatives à différents niveaux d'intégration : « no one level is any more or less important, or any more or less deserving of scientific study than any other level » (2° ed., p. 7 ; 3° ed., p. 5). Cette position représente la base de la représentation généralement admise comme « holisme épistémologique » ; cette position s'oppose au « réductionnisme épistémologique » selon lequel les théories et les lois concernant les niveaux d'intégration particuliers peuvent être « réduits », « expliqués » dans les termes de théories, de lois qui appartiennent à des secteurs plus « fondamentaux » de la science⁽⁶⁹⁾. Le refus du réductionnisme épistémologique par ODUM se concrétise dans l'affirmation suivante : « the findings at any one level aid in the study of another level, but never completely explain the phenomena occurring at that level » (souligné par ODUM) (2° ed., p. 7 ; 3° ed., p. 5).

Dans la troisième édition poursuivant son analyse, ODUM approfondit plus encore sa conception concernant les relations entre lois et théories relatives à différents niveaux d'intégrations, et il explicite encore mieux son holisme épistémologique :

« In other words, not all attributes of a higher level are predictable if we know only the properties of the lower level. Just as the properties of water are not predictable if we know only the properties of hydrogen and oxygen, so the characteristics of ecosystems cannot be predicted from knowledge of isolated populations ; one must study the forest (i.e., the whole) as well as the trees (i.e., the parts). FEIBLEMAN (1954) has called this important generalization in the « theory of integrative levels »⁽⁷⁰⁾.

Ces affirmations impliquent une conception généralement connue comme la « théorie de l'émergence », qui, comme nous l'avons vu, représente le noyau logique et ontologique de la « théorie des niveaux d'intégration ». Nous tenions à souligner qu'un écologue comme ODUM a ressenti la nécessité de se référer à un philosophe de la science comme J.K. FEIBLEMAN (1954. - Theory of integrative levels, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 5 : 59-66). ODUM, pour structurer sa propre approche, reprend des concepts typiquement philosophiques dans une discipline scientifique comme l'écologie et les officialise avec plusieurs décennies de retard par rapport aux derniers débats philosophiques sur le sujet.

En passant maintenant à l'analyse de l'approche méthodologique préconisée par ODUM, et dont on peut penser qu'elle doit permettre une mise en œuvre de la recherche conforme aux énoncés ontologiques de caractère holiste, il faut relever que l'auteur, dans le chapitre « Systems ecology : the systems approach and mathematical model in ecology » de la troisième édition, met en avant une forme d'analyse des systèmes présentée comme suit :

« As the formalized approach to holism, systems ecology is becoming a major science in its own right for two reasons : (1) extremely powerful new formal tools are now available in terms of mathematical theory, cybernetics, electronic data processing, and so forth, and (2) formal simplification of complex ecosystems provides the best hope for solutions to man's environmental problems that can no longer be trusted to trial-and-error, or one-problem-one-solution, procedures that have been chiefly relied on in its past » (p. 276).

ODUM fait donc de la cybernétique son cheval de bataille. Son intention est de proposer un modèle holiste - c'est-à-dire un modèle qui prend en considération « the ecosystem as a whole » (1^o ed. p. 89 ; 2^o ed. p. 148). Mais en utilisant le modèle cybernétique, il se met paradoxalement, dans une position contradictoire vis-à-vis de ses propres thèses épistémologiques de base. Le passage suivant, et la figure qui lui est associée, sont de ce point de vue d'une importance capitale :

« Ability to describe and predict behavior of ecological systems by the use of models depends largely on a principle of all systems : that of hierarchical organization (or principle of integrative levels). This principle, discussed in chapter 1, states simply that it is not necessary to understand precisely how a component of a system is structured from simpler subcomponents in order to predict how it will behave. Thus, it is not necessary to have full comprehension of biochemistry in order to describe the physiology of cells, nor is it necessary to understand physiology completely in order to describe the dynamics of animal populations. The concept of hierarchical organization is illustrated in figure 1 in terms of "black boxes" ».

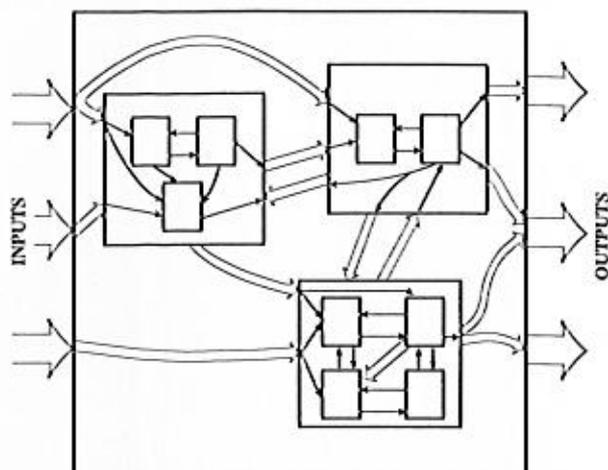


FIG. 1. Processes and structures in ecological systems can be thought of as « black boxes » consisting of simpler black boxes, in a hierarchy of complexity. This diagram shows three levels of organization. By observing the input-output relationship for any box, one may be able to predict its behavior without understanding how it is put together from simpler components (p. 277)²⁰.

ODUM pense que les modèles cybernétiques seraient en mesure de respecter la complexité de l'organisation hiérarchique, tout en permettant une certaine « économie » dans l'effort d'analyse. Mais ODUM fait une erreur d'appréciation, car sa référence à FEIBLEMAN n'a de sens que si les modèles proposés sont en mesure de prendre en considération et d'expliquer les propriétés émergentes.

Certes les modèles de type cybernétique considèrent les boucles de rétroaction (feed-back loops) existantes entre sous-systèmes d'un même niveau et l'interdépendance hiérarchique des feed-backs qui connectent les différents niveaux d'organisation, mais ces modèles ne nous éclairent pas sur quel ou quels niveaux d'intégration doivent être pris en considération dans le but d'expliquer une propriété émergente observée à un niveau donné. Ce faisant, ODUM gomme toute problématique véritablement holiste.

Ensuite, il faut souligner qu'avec les modèles cybernétiques les entrées à prendre en considération, à chaque niveau d'organisation, sont les résultats d'un choix *a priori* qui risque d'être arbitraire. ODUM, en effet, affirme que :

« Contrary to the feeling of many skeptics when it comes to modelling complex nature, information about only a relatively small number of variables is often a sufficient basis for effective models because « key factors » ... often dominate or control a large percentage of the action » (3^o ed., p.7).

Etre un « élément clé » n'est pas une caractéristique ontologique, fixe, déterminée une fois pour toute, mais

c'est plutôt une caractéristique contextuelle. Seulement, en arrêtant la variable temps⁽³⁷⁾ et en interrompant le réseau interactionnel on peut abstraire un élément du système et le définir *a priori* comme un élément clé ou non-clé. Il y a ici un glissement de la pensée d'ODUM, subtil mais tout-à-fait fondamental. En effet, en laissant entendre qu'une totalité complexe peut être correctement comprise par la seule prise en compte de composantes essentielles, du fait de leur dominance dans le réseau trophique ou de leur fonction de contrôle, ODUM semble affirmer qu'une approche est holistique simplement parce qu'elle n'a pas besoin d'analyser toutes les composantes d'un système pour le comprendre dans sa totalité. Il est donc légitime de penser qu'ODUM assimile réductionnisme et exhaustivité. Mais en réalité, ce qu'il propose c'est une simplification. S'il est indéniable qu'un modèle est nécessairement simplificateur, sa valeur peut être ensuite réductionniste ou holiste.

Enfin, les modèles cybernétiques, potentiellement globalistes en ce qui concerne la prise en compte des variables des systèmes écologiques, sont utilisés dans un but épistémologiquement réductionniste. De tels modèles sont utilisés pour décrire les réseaux trophiques de l'écosystème du point de vue énergétique, et du point de vue des cycles de matière. Le prototype de cette forme d'analyse revient à HUTCHINSON. LINDEMAN formalise et approfondit cette analyse, tandis que B.C. PATTEN (1972) et H.T. ODUM (1982) parviennent au maximum de sophistication.

Ce type d'analyse, légitime lorsqu'on veut considérer la dimension énergétique et celle des flux de matière à l'intérieur des écosystèmes, devient tout à fait illégitime, réducteur, obscurantiste lorsqu'il est perçu comme l'unique véritable forme d'analyse des écosystèmes. Cette tendance exclusive en pratique va jusqu'à considérer comme un épiphénomène le fait qu'elle détruit la spécificité structurelle et fonctionnelle des niveaux considérés.

On pourrait penser que tout cela est un débat dépassé, hors du temps, parce qu'aujourd'hui la démarche systémique en biologie et en écologie a trouvé ses outils. A notre avis cela n'est pas exact. L'état de la discipline écologique, en ce qui concerne l'approche méthodologique holiste, a récemment été très bien décrit par C. LOEHLE (1988) :

« Unfortunately, holism means at least the following four things in ecology :

1) The view that ecosystems are integrated, interconnected systems with their own laws and organizational principles. It is not necessarily denied that reductive explanations are possible, but merely that they are so impractical that the higher level system should be studied phenomenologically.

2) The practice of embedding a problem in larger context. Thus when designing a waste-treatment pond, holism might mean keeping in mind that migratory ducks might use the pond and be killed. It is this type of holism that ecologists complain is lacking in civil engineers and urban planners.

3) A black box approach which includes questions such as : What is the nutrient loss response of a whole watershed to acid rain? The watershed is treated as an input-output system without detailed concern for mechanisms or particular species. This is an empirical approach that does not necessarily seek laws or principles (in contrast to 1).

4) Detailed systems analysis such as ecosystem models that are mechanism oriented. This approach is holistic because it includes all components and processes »⁽³⁷⁾.

A strictement parler, seule la première définition coïncide à certains égards avec la théorie de l'émergence, telle qu'elle est proposée par FEIBLEMAN et NOVIKOFF. La deuxième définition peut être acceptée comme holiste, mais seulement en un sens très large. Malheureusement, ni la première ni la deuxième définition ne peuvent se concrétiser dans une réelle méthodologie systémique. En effet, la première se résout en un avertissement quant aux limites du réductionnisme épistémologique, alors que la deuxième est méthodologiquement parlant tout-à-fait triviale. La troisième définition coïncide avec les modèles cybernétiques proposés par ODUM et la quatrième confond le holisme avec une approche qui recherche l'exhaustivité (idéal théorique irréalisable).

CONCLUSIONS

Dans l'ouvrage d'ODUM coexistent, au moins jusqu'à un certain point, les deux « âmes » présentes dans l'histoire de l'écologie : la composante systémique, globaliste, holiste, dominante chez CLEMENTS, PHILLIPS, ALLEE et les autres auteurs du groupe de Chicago, et la composante réductionniste de l'écologie représentée par TANSLEY, HUTCHINSON, LINDEMAN et MARGALEF. La médiation entre ces deux visions du monde, leurs méthodologies et leurs épistémologies est très difficile à réaliser, peut-être même impossible. L'interprétation erronée, faite par ODUM, des propriétés collectives de la communauté et de la population entendues comme propriétés émergentes est la démonstration plus éclatante de cette aporie.

L'écosystème est interprété essentiellement selon une optique énergétique, telle que l'a conçue LINDEMAN, accompagnée par une ontologie holiste qui trouve dans le concept de propriétés émergentes son noyau fondamental. Alors, c'est cette conception « émergentiste » que l'approche réductionniste désavoue, soit sur le plan ontologique, soit sur le plan méthodologique, soit sur le plan épistémologique.

Selon le réductionnisme dans le domaine ontologique, la dernière réalité d'un quelconque niveau d'intégration pris en considération est constituée par les unités discrètes du niveau inférieur à celui considéré. Sur le plan méthodologique, les propriétés d'un niveau d'intégration donné peuvent être prévues et/ou expliquées à partir de ses com-

posants : c'est le cas des bilans énergétiques des écosystèmes, issus de la démarche de LINDEMANN qui utilise une approche méthodologique tout à fait analytique-additionnelle. Au niveau épistémologique, les lois des niveaux d'intégration relatives à la biologie doivent être remplacées par des lois appartenant à des niveaux plus fondamentaux, c'est-à-dire, en fin de compte, appartenant à la biophysique ou même à la chimie et à la physique. En revanche, selon le holisme ontologique chaque niveau d'organisation a une valeur en soi, car il se caractérise par l'acquisition de nouvelles (une ou plusieurs) propriétés émergentes qui en augmentent la complexité. Sur le plan méthodologique le holisme ne peut pas se limiter à une forme d'étude analytique-additionnelle du niveau d'intégration inférieur, mais doit prendre en compte au moins trois niveaux d'intégrations. Enfin au niveau épistémologique, selon le holisme, il n'y a pas des secteurs de la science auxquels les autres secteurs doivent être réduits.

La position d'ODUM peut être définie comme cryptoréductionniste, car tout en s'appuyant sur une vision holiste aux niveaux ontologique et épistémologique, l'auteur se révèle purement réductionniste au plan méthodologique. Il est vraiment paradoxal qu'un auteur comme ODUM aussi fortement engagé sur le front du holisme épistémologique, se limite à lire l'écosystème essentiellement en termes énergétiques. Cela signifie que si la tendance physicaliste, à partir de la deuxième édition, cesse d'être explicitement affirmée, elle reste quand même un « dépôt permanent » dans les trois éditions. Dans cette démarche, la cybernétique est l'instrument utilisé pour hyper-simplifier l'écosystème, en le réduisant à la prise en compte de composantes assurant le plus gros des transferts d'énergie et à quelques supposés facteurs-clés.

La « théorie des niveaux d'intégration » définie par FEIBLEMAN est beaucoup plus complexe que celle qu'a proposée ODUM. FEIBLEMAN affirme, en effet, que les niveaux à prendre en considération dans l'analyse d'un niveau d'intégration donné sont au moins au nombre de trois : évidemment le niveau qui a été choisi comme objet prioritaire d'étude, et les deux niveaux immédiatement supérieur et inférieur. Cela peut paraître aller de soi, mais combien de travaux d'écologie ont explicitement suivi cette démarche ? Comprendre, par exemple, la « structure » des populations nécessite la connaissance de la croissance, du développement, de la physiologie, du comportement, etc., des individus qui les composent. En même temps on doit connaître également la composition des communautés dans lesquelles s'insèrent les populations, de telle façon qu'il soit possible de connaître leur « fonctionnement ». Ne serait-ce que parce que la plupart des populations dépendent d'autres populations pour se nourrir ou pour servir de proies. Cette démarche ne nie pas l'importance de l'étude des niveaux d'intégration inférieurs, mais elle affirme en même temps la légitimité et la nécessité d'une

analyse phénoménologique du niveau choisi comme objet prioritaire d'étude, et elle affirme tout autant le caractère indispensable d'une prise en compte du niveau d'intégration supérieur. Seule cette approche méthodologiquement intégrative mérite, à notre avis, le qualificatif de holiste.

NOTES

1) A partir de cette considération CLEMENTS (1916.- *Plant Succession*, Carnegie Institution, Washington, Publ. 242) a formulé le concept de « climax » entendu comme formation végétale parvenue à maturité. J. PHILLIPS (1931 ; 1934 ; 1935) a été l'un des défenseurs les plus actifs de l'organicisme de CLEMENTS. Les excès de PHILLIPS ont provoqué une vive réaction de TANSLEY (1935) et l'invention par celui-ci du concept d'écosystème.

2) TANSLEY, A., 1935.- The use and abuse of vegetational concepts and terms, *Ecology*, 16, 3, 284-307. Trad. fr. dans DROUT, J.-M., *La Naissance du concept d'écosystème*, Université Paris-I, Thèse de Doctorat, 1984. Voir aussi WORSTER, D., 1977 ; ACOY, P., 1988 ; DELEAGE, J.-P., 1991 ; DROUT, J.-M., 1991.

3) ALLEE, W.C., EMERSON, A.E., PARK, O., PARK, T., & SCHMIDT, K.P., 1949.- *Principles of Animal Ecology*, W.B. SAUNDERS Company, Philadelphia and London. Cet ouvrage, désigné aussi par l'acronyme (A.E.P.P.S.) du nom des auteurs, a malheureusement vu son succès limité par celui du livre d'ODUM.

4) Le terme « cybernétique » a été créé par N. WIENER (1948) à partir du mot grec *kubernates* qui signifie « pilote », en se référant à l'« action de gouverner, de diriger ». Ce terme est paru pour la première fois dans *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, M.I.T. Press, Cambridge, (Mass.).

5) MARGALEF, R., 1957.- La teoría de la información en ecología, *Mem. Roy. Acad. Barcelona*, 32, 13 : 373-449 ; 1968.- *Perspectives in Ecological Theory*, University of Chicago Press. Il faut souligner que l'objet d'analyse de MARGALEF n'était pas tant les systèmes écologiques, en eux-mêmes que les individus qui les composent (p. 4). Voir aussi BOUCHE, M., 1990.

6) ENGELBERG, J. & BOYARSKY, L.L. (1979.- The Noncybernetic Nature of Ecosystems, *The American Naturalist*, 114 : 317-324) définissent un système cybernétique comme un système dans lequel « the action of one element of the system ultimately exerts an influence upon every other element of system. We may say, therefore, that there exists links between all the elements of the system » (p. 317). Ils refusent l'idée que la nature de l'écosystème (et de la biosphère) soit cybernétique, puisque « that a system contains one or more feedback loops does not in itself mean that it is a cybernetic system ... It is only when such loops systematically an integratively invest all parts of a system via an information network that a system becomes « cybernetic » » (p. 320). Ils rejettent l'analogie entre organismes et écosystèmes à cause de l'absence chez ces derniers d'un réseau d'information permanent (pp. 321, 322).

KNIGHT, R.L. & SWANEY, D.P. (1981.- In Defense of Ecosystems, *The American Naturalist*, 117 : 991-992) s'opposent à cette analyse car ils voient dans les réseaux trophiques et dans les cycles de la matière un réseau typique d'information à l'intérieur de l'écosystème.

JORDAN, C.F. (1981.- Do Ecosystems Exist ?, *The American Naturalist*, 118 : 284-287) considère que les relations mutualistes dans une forêt tropicale représentent un réseau d'informations qui permet sa survie et en font donc un système réel.

PAITEN, B.C. and ODUM, E.P. (1981.- The Cybernetic Nature of Ecosystems, *The American Naturalist*, 118, 886-895) comme ENGELBERG & BOYARSKI, refusent l'association des concepts d'organicisme et d'écosystème, mais réaffirment la nature cybernétique des écosystèmes en considérant le réseau d'information constitué par tous les facteurs, processus et interactions (gravité, conservation, dissipation, facteurs limitants, phéromones...) qui régulent la transformation des flux de matière et d'énergie.

7) ODUM, E.P., 1971.- *Fundamentals of Ecology*, W.B. Saunders Company, Philadelphia, p.VII.

8) Le mot « holisme » dérive du terme grec *olos* qui signifie « totalité ». Généralement la paternité de l'invention du terme « holisme » est attribuée à J. SMUTS (1926.- *Holism and Evolution*, New-York, McMillan). Unique voix discordante, celle de E. CASSIRER qui indique J.B.S. HALDANE comme l'inventeur du mot, lequel aurait été

forgé pendant une allocution présidentielle à la section physiologique de l'Association Britannique, à Dublin, en 1908.

9) ENGELS, F., 1875.- *Dialectique de la Nature*, Ed. Sociales, Paris, p. 7 (tr. fr. 1968). En réalité la première édition a été imprimée en 1925, en russe, mais les esquisses préliminaires datent de 1875-1876. Jusqu'à présent on n'a pas suffisamment remarqué qu'il y a deux acceptions de l'émergence dans le matérialisme dialectique : l'acception classique qui concerne des propriétés résultant des relations entre des composants de nature différente (par exemple en chimie $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$), et une seconde acception qui concerne des propriétés résultant de l'addition d'un plus ou moins grand nombre de composants du même genre (par exemple en chimie $O_2 + 1/2 O_2 \rightarrow O_3$)

10) MORGAN, C.L., 1927.- A Concept of the Organism, Emergent and Resultant, *Proceedings of the Aristotelian Society*, XXVII (Feb.), 141-176, p. 146. Il est intéressant de remarquer que MORGAN, de toute façon, refuserait ce que nous pourrions appeler « holisme ontologique radical » : « ... so far as I can judge the empirical evidence up to date does not justify the extension of the notion of fellowship, in the same sense, to the whole of nature. If that be what Holism means, I, for one, cannot subscribe to this cardinal article in its creed » (p. 175). Pour informations ultérieures sur les différents domaines du débat holisme-réductionnisme voir : BERGANDI, D., 1991.- L'olismo tra filosofia e metodologia scientifica, *Methodologia*, Edizioni Espansione, Roma, 9 : 57-83.

11) *Ibidem* p.145.

12) WOODGER, J.H., 1932.- Some Apparently Unavoidable Characteristics of Natural Scientific Theory, *Proceedings of the Aristotelian Society*, XXXII (Feb.), 95-120 : p.118.

13) NEEDHAM, J., 1937.- *Integrative Levels : a Revaluation of the Idea of Progress*, Clarendon Press, Oxford, p. 16.

14) En étant plus rigoureux dans ce cas on ne peut parler ni de système, ni de totalité organique.

15) NEEDHAM, J., 1937.- *Integrative Levels : a Revaluation of the Idea of Progress*, ouv. cit., p. 16.

16) PEPPER, S.C., 1926.- Emergence, *The Journal of Philosophy*, XXIII, 9, (Apr.), 241-245 : pp. 242-243.

17) HENTLE, P., 1942.- The Status of Emergence, *The Journal of Philosophy*, 39 : 486-493, pp. 491-492.

18) HEMPEL, C.G. & OPPENHEIM, P., 1948.- Studies in the Logic of Explanation, *Philosophy of Science*, 15 : 1, (Apr.), 135-157, pp. 150-151.

19) NOVIKOFF, A.B., 1945.- The Concept of Integrative Levels and Biology, *Science*, 101 : 2618, (Mar.), pp. 209-215.

20) FEIBLEMAN, J.K., 1954.- Theory of Integrative Levels, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 5 : pp. 59-66.

21) NOVIKOFF, A.B., 1945.- The Concept of Integrative Levels and Biology, ouv. cit., p. 209.

22) FEIBLEMAN, J.K., 1954.- Theory of Integrative Levels, ouv. cit., p. 61.

23) Selon l'auteur, les niveaux d'intégrations sont une sorte d'abstraction méthodologique tout à fait fructueuse, au point que l'on peut les considérer, au niveau épistémologique, comme des entités réelles.

24) Dans la troisième édition la référence à la théorie de l'émergence est explicite : ODUM après avoir défini la communauté ajoute « ... (see principle of integrative levels p.6) ».

25) SALT, G.W., 1979.- A comment on the use of the term *emergent properties*, *The American Naturalist*, 113 : 145-149, p.145. La confusion entre propriétés collectives et propriétés émergentes vient de loin. ODUM, en suivant W.C. ALLEE et al., (1949, p. 264), s'approprié de la définition donnée par PEARL, R. (1937, On Biological Principles affecting Populations : Human and Other, *The American Naturalist*, 71 : pp. 50-68).

26) AYALA, F. & DOBZHANSKY, Th. (eds.), 1974.- *Studies in the Philosophy of Biology : Reduction and related Problems*, University of California Press, Berkeley. Introduction, pp. VIII-IX.

27) MAYR, E., 1982.- *The Growth of Biological Thought. Diversity, Evolution and Inheritance*, The Bellknapp Press of Harvard University Press, Cambridge, pp. 59-63 ; (1988) *Toward a new Philosophy of Biology*, The Bellknapp Press of Harvard University Press, Cambridge, pp. 10-11.

28) AMSTERDAMSKY, S., 1986.- *Tra la storia e il metodo*, Ed. Theoria, Napoli, pp. 36, 38 et 39.

29) AYALA, F. and DOBZHANSKY, Th. (eds.), 1974.- *Studies in the Philosophy of Biology : Reduction and related Problems*, ouv. cit., Introduction, p. IX.

30) ODUM, E.P., 1971.- *Fundamentals of Ecology*, ouv. cit., pp. 5-6. A noter que ce passage n'apparaît pas ni dans la première ni dans la seconde édition.

31) Ce chapitre plus spécialisé n'a pas été écrit par ODUM mais par C.J. WALTERS. De toute façon, l'introduction au chapitre écrite par ODUM - dont nous avons donné un extrait -, le renvoi, fait par WALTERS au manifeste épistémologique de l'ouvrage contenant la théorie des niveaux d'intégration et la présence des modèles cybernétiques dans toute le texte, démontrent la continuité de ce chapitre avec le reste de l'ouvrage.

32) Pour ce qui concerne l'absence de la variable temps dans le modèle écosystémique d'ODUM, BLANDIN, P. et LAMOTTE, M. (1989.- L'organisation hiérarchique des systèmes écologiques, *Atti del 3° Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia*, Siena, 34-48, p. 37) affirment que : « la non spatialité du concept d'écosystème s'accompagne d'une non localisation dans le temps : l'écosystème d'ODUM est sans lieu et sans histoire ». De même TAYLOR, P.J. et BLUM, A.S. (1991.- Ecosystem as Circuits : Diagrams and the Limits of Physical Analogies, *Biology and Philosophy*, 6 : 275-294, p.284) en traitant les diagrammes des flux d'énergie de H.T. ODUM (auteur de la plupart des modèles énergétiques du texte de E.P. ODUM) soutient que : « In ODUM's ecosystem diagrams, however, space and time remain virtually unrepresented. The separation of trophic compartments is not intended to connote the spatial location of the plants, herbivores, and so on. The flow occur in time, but are constant. Like all equilibrium formulations they show no history or prospect for change. The only spatial reference, beside the sunlight entering at an angle from above, is to inside and outside. The whole system is inside the frame, and each trophic compartment is contained within a box ».

33) LOHLE, C., 1988.- Philosophical Tools : Potential Contribution to Ecology, *Oikos*, 51, 1, 97-104, pp. 100-101.

BIBLIOGRAPHIE

ACOT, P., 1988.- *Histoire de l'écologie*, PUF, Paris.

AMSTERDAMSKI, S., 1986.- *Tra la storia e il metodo*, Ed. Theoria, Napoli.

AYALA, F. & DOBZHANSKY, Th. (eds.), 1974.- *Studies in the Philosophy of Biology : Reduction and related Problems*, University of California Press, Berkeley.

BERGANDI, D., 1991.- L'olismo tra filosofia e metodologia scientifica, *Methodologia*, Edizioni Espansione, Roma, 9 : 57-83.

BLANDIN, P. & LAMOTTE, M., 1989.- L'organisation hiérarchique des systèmes écologiques, *Atti del 3° Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia*, Siena : 34-48.

BOUCHE, M., 1990.- *Ecologie opérationnelle assistée par ordinateur*, Masson, Paris.

CASSIRER, E., 1946.- *Structuralism in Modern Linguistic*, Word. Journal of the Linguistic Circle of New-York, New-York.

CLEMENTS, F.E., 1916.- *Plant succession*, Carnegie Institution, Washington, Publ. 242.

DELEAGE, J.-P., 1991.- *Histoire de l'écologie, une science de l'homme et de la nature*, La Découverte, Paris.

DROUIN, J.-M., 1984.- *La Naissance du concept d'écosystème*, Université Paris-1, Thèse de Doctorat.

DROUIN, J.-M., 1991.- *Réinventer la nature*, Desclée de Brouwer, Paris.

EDSON, M.M. et al., 1981.- *Emergent Properties and Ecological Research*, *The American Naturalist*, 118 : 593-596.

ENGELBERG, J. & BOYARSKY, L.L., 1979.- The Noncybernetic Nature of Ecosystems, *The American Naturalist*, 114 : 317-324.

ENGELS, F., 1875.- *Dialectique de la Nature*, Ed. Sociales, Paris.(Trad. fr. 1968).

FEIBLEMAN, J.K., 1954.- Theory of Integrative Levels, *The British*

- Journal for the Philosophy of Science*, 5 : 59-66.
- GLEASON, A.E., 1926.- The individualistic concept of the plant association, *Torrey Bot. Club. Bull.*, 53 : 7-26.
- HEMPEL, C.G. & OPPENHEIM, P., 1948.- Studies in the Logic of Explanation, *Philosophy of Science*, 15 : 135-157.
- HENLE, P., 1942.- The Status of Emergence, *The Journal of Philosophy*, 39 : 486-493.
- HUTCHINSON, G.E., 1941.- Limnological studies in Connecticut : 4, Mechanism of intermediary metabolism in stratified lakes, *Ecol. Monogr.*, 2 : 21-60.
- JORDAN, C.F., 1981.- Do Ecosystems Exist ?, *The American Naturalist*, 118 : 284-287.
- KNIGHT, R.L. & SWANEY, D.P., 1981.- In Defense of Ecosystems, *The American Naturalist*, 117 : 991-992.
- LEWES, G.H., 1875.- *Problems of Life and Mind*, London.
- LINDEMAN, R.L., 1942.- The trophic-dynamic aspect of ecology, *Ecology*, 23 : 399-418. (Trad. fr. : dans DROUIN, J.M., *La Naissance du concept d'écosystème*, Université Paris-1, These de Doctorat, 1984).
- LOEHLE, C., 1988.- Philosophical Tools : Potential Contribution to Ecology, *Oikos*, 51 : 97-104.
- MARGALEF, R., 1957.- La teoria de la informacion en ecologia, *Mem. Roy. Acad. Barcelona*, 32 : 373-449.
- MARGALEF, R., 1968.- *Perspectives in Ecological Theory*, University of Chicago Press.
- MAYR, E., 1982.- *The Growth of Biological Thought. Diversity, Evolution and Inheritance*, The Bellknapp Press of Harvard University Press, Cambridge.
- MAYR, E., 1988.- *Toward a new Philosophy of Biology*, The Bellknapp Press of Harvard University Press, Cambridge.
- MORGAN, C.L., 1922.- *Emergent Evolution*, Henry Holt & Company, New-York.
- MORGAN, C.L., 1927.- A Concept of the Organism, Emergent and Resultant, *Proceedings of the Aristotelian Society*, XXVII (Feb.), 141-176.
- NEEDHAM, J., 1937.- *Integrative Levels : a Revaluation of the Idea of Progress*, Clarendon Press, Oxford.
- NOVIKOFF, A.B., 1945.- The Concept of Integrative Levels and Biology, *Science*, 101, 2618, (Mar.) : 209-215.
- ODUM, E.P., 1953.- *Fundamentals of Ecology*, W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- ODUM, E.P., 1959.- *Fundamentals of Ecology*, W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- ODUM, E.P., 1971.- *Fundamentals of Ecology*, W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- ODUM, H.T., 1982.- *Systems Ecology : An Introduction*, John Wiley, New York.
- PATTEN, B.C. (ed.), 1972.- *Systems Analysis and Simulation in Ecology*, vol. 2, Academic Press, New York.
- PATTEN, B.C. and ODUM, E. P., 1981.- The Cybernetic Nature of Ecosystems, *The American Naturalist*, 118 : 886-895.
- PEARL, R., 1937.- On Biological Principles affecting Populations : Human and Other, *The American Naturalist*, 71 : 50-68.
- PEPPER, S.C., 1926.- Emergence, *The Journal of Philosophy*, XXIII, 9 : 241-247.
- PHILLIPS, J., 1931.- The biotic community, *Journal of Ecology*, 19 : 1-24.
- PHILLIPS, J., 1934.- Succession, development, the climax and the complex organism : an analysis of concept, 1, *Journal of Ecology*, 22 : 554-571.
- PHILLIPS, J., 1935.- Succession, development, the climax and the complex organism : an analysis of concept, 2-3 *Journal of Ecology*, 23 : 210-246, 488-508.
- SALT, G.W., 1979.- A comment on the use of the term *emergent properties*, *The American Naturalist*, 113 : 145-149.
- SMUTS, J., 1926.- *Holism and Evolution*, McMillan, New-York.
- TANSLEY, A., 1935.- The use and abuse of vegetational concepts and terms, *Ecology*, 16 : 284-307. (Trad. fr. : dans DROUIN, J.M., *La Naissance du concept d'écosystème*, Université Paris-1, These de Doctorat, 1984).
- TAYLOR, P.J. & BLUM, A.S., 1991.- Ecosystem as Circuits : Diagrams and the Limits of Physical Analogies, *Biology and Philosophy*, 6 : 275-294.
- WHITEHEAD, A.N., 1919.- *The Concept of the Nature*, The Tanner Lectures delivered in Trinity College, University Press, Cambridge.
- WIENER, N., 1948.- *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, M.I.T. Press, Cambridge, (Mass.).
- WOODGER, J.H., 1932.- Some Apparently Unavoidable Characteristics of Natural Scientific Theory, *Proceedings of the Aristotelian Society*, XXXII (Feb.) : 95-120.
- WORSTER, D., 1977.- *Nature's Economy*, Cambridge University Press ; (Trad. fr. : *Les pionniers de l'écologie*, Sang de la terre, Paris, 1992).

REMERCIEMENTS

J'exprime mes remerciements à tous ceux qui ont facilité mon travail et ma réflexion. En particulier je tiens à souligner l'apport essentiel qui m'a été donné par les membres du Laboratoire d'Écologie générale de Brunoy : P. BLANDIN, G. VANNIER, R. DAJOZ, J.-F. DAVID, L. PALKA. Je remercie aussi pour l'aide matériel et les conseils P. ACOT.