

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 14 (1965-1968)
Heft: 6

Artikel: Conservation de la nature et recherche scientifique
Autor: Ribaut, Jean-Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-258674>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

*A Monsieur le Dr Charles Chessex,
promoteur de tant de vocations de naturalistes*

Conservation de la nature et recherche scientifique¹

PAR

JEAN-PIERRE RIBAUT

Privat-docent à la Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne
Musée zoologique cantonal, Lausanne

1. HISTORIQUE

Il y a plus d'un million d'années, un primate amorçait une évolution bien différente de celle de ses congénères. Grâce au développement progressif de son système nerveux, sa biologie s'avéra de plus en plus particulière : l'*Homo sapiens* commençait à s'affirmer. Erratique à l'origine, il devint petit à petit sédentaire, et c'est au Néolithique qu'il commença de pratiquer l'agriculture et la domestication des herbivores.

Dès ce moment, l'Homme se heurta à la Nature et se mit à l'asservir. Au lieu de se développer naturellement, c'est-à-dire en demeurant intégré dans son cadre naturel, il modifia, transforma toujours davantage les milieux, productifs, qui l'entourèrent : la forêt subit les assauts systématiques et répétés de la hache, voire du feu ; plus tard ce fut le tour des prairies d'être transformées, généralement dégradées, à cause du surpâturage.

Ces atteintes à la Nature vont suivre une courbe exponentielle et les événements rapidement se précipiter. Grâce à son génie créateur, l'Homme va se livrer à des destructions toujours plus nombreuses et spectaculaires. A l'époque des grandes découvertes, c'est-à-dire au moment où l'Homme blanc commence à « coloniser » toute la terre, il apporte l'évangile aux Noirs... et simultanément détruit ou s'approprie tout ce qui permet un enrichissement quelconque. Les massacres, les pillages, les destructions de toutes sortes vont se succéder à une cadence effrénée et avec une brutalité et une efficacité croissantes. L'apogée de cette ivresse d'anéantissement se situe vers la fin du siècle dernier,

¹ Leçon inaugurale prononcée le 3 novembre 1967 à l'Institut de Biologie animale et de Zoologie de l'Université de Lausanne. Certaines parties du texte original ont été modifiées.

avec le massacre du Bison d'Amérique. En quelques dizaines d'années, l'Homme réussit à réduire leur population de 60 millions à 85 individus. Belle performance ! Et même si de nos jours nous sommes toujours plus insensibles à l'extraordinaire, il y a, dans les archives de cette époque, des documents qui ne peuvent laisser personne indifférent : certains chasseurs (peut-on d'ailleurs les appeler ainsi ?) n'ont-ils pas abattu 2000 Bisons en quelques mois !

Bien avant ces événements lamentables, un grand nombre d'espèces avait été exterminées sur d'importants secteurs de leur aire de distribution, ou définitivement radiées de la liste des vivants. Ainsi trouvons-nous dans chaque siècle un nombre croissant d'espèces perdues irrémédiablement.

1627 : mort du dernier Aurochs.

1681 : disparition du Dronte de l'île Maurice.

1768 : dernière observation de la Rythine de STELLER.

1800 : derniers Hippotragues bleus abattus au Cap.

1840 : disparition de la Huppe de Bourbon.

1844 : capture du dernier Grand Pingouin.

1870-1880 : extermination du Zèbre quagga, puis du Zèbre de BURCHELL.

1914 : mort du dernier Pigeon migrateur en captivité ;

mort de la dernière Perruche de la Caroline.

Hélas, ces dix exemples particulièrement célèbres ne sont pas uniques. De nombreuses autres espèces ont été sacrifiées par les maladresses ou plus souvent par l'instinct destructeur de l'Homme. A l'heure actuelle, 162 espèces et sous-espèces d'Oiseaux ont été exterminées par l'Homme depuis 1600 (UICN 1968) et 381 sont aujourd'hui menacées du même sort (UICN 1967a). Quant aux Mammifères, 255 sont actuellement en voie de disparition (UICN 1966) et si l'on ne possède pas encore de documents complets concernant toutes les formes disparues, on peut cependant affirmer qu'elles dépassent la centaine.

Au vu de ces massacres, certains hommes ont réagi énergiquement, et c'est grâce aux pionniers de la deuxième moitié du XIX^e siècle que la notion de protection de la Nature s'est petit à petit imposée aux autorités et répandue dans le public. Certes, des mesures de sauvegarde avaient déjà été prises au Moyen Age, mais c'était toujours dans un but directement intéressé : conservation d'animaux-gibier pour la chasse, protection des forêts pour en augmenter le rendement.

La première réalisation officielle de la protection de la Nature a vu le jour en Amérique du Nord. Cela s'explique aisément par le fait que ce continent a non seulement été le théâtre de la destruction du Bison, mais encore celui de nombreuses autres exterminations, tant parmi les végétaux que les animaux. C'est en 1872 que fut créé le premier parc national du monde, le « Yellowstone National Park », cela dans le but de conserver pour l'éternité ce secteur sauvage et grandiose et de constituer pour le peuple une source d'enrichissement et d'inspiration. Cette idée de protéger la Nature *contre* l'activité humaine se

généralisa rapidement aux Etats-Unis et dans d'autres pays. On créa ainsi dans un nombre croissant d'Etats des réserves de divers types : parcs nationaux, réserves naturelles intégrales, réserves partielles (par exemple réserves de chasse), réserves spéciales. L'Union internationale pour la conservation de la Nature et de ses ressources, UICN, joue dans ce domaine un rôle de premier plan, notamment en conseillant de nombreux gouvernements. Le résultat obtenu à ce jour est encourageant, puisqu'on comptait, en 1967, 1205 parcs nationaux répartis dans 136 pays (UICN 1967b) et des dizaines de milliers de réserves soit plus petites, soit à statut particulier.

Malheureusement, plusieurs espoirs ont été déçus, et cela parce que la mise en réserve d'un territoire s'effectuait par des mesures prises arbitrairement, alors qu'elles auraient dû être fondées sur des connaissances scientifiques. Encore au début de ce siècle (voir p. 249 : le cas du Cerf-mulet, *Odocoileus hemionus*), et plus récemment encore, on pensait que pour sauver telle ou telle espèce d'animaux ou de plantes, il suffisait d'y interdire toute activité humaine et d'assurer une surveillance sévère. C'était oublier qu'au moment de leur mise en réserve, presque tous les biotopes ne sont déjà plus naturels, parce qu'ils ont été, à divers points de vue et divers degrés, modifiés par l'Homme. Même si la végétation semble primitive, si la faune paraît « normale », il y a, presque partout, au moins une des composantes de la biocénose qui a été affaiblie ou supprimée : la prédation. Tant mieux ! disait-on alors, les Ongulés et autres espèces-proies n'en profiteront que davantage. C'était oublier une constatation pourtant simple : s'il y a eu jusqu'à l'époque actuelle à la fois des herbivores et des prédateurs, c'est que les deux groupes ont un rôle à jouer dans l'équilibre naturel. De nombreux exemples illustrent ces propos, ainsi le Parc national suisse. Créée par arrêté fédéral du 3 avril 1914, cette grande réserve ne contenait alors aucun Cerf (*Cervus elaphus*). Puis, par immigration naturelle, leur nombre augmenta régulièrement et, en 1964, on en comptait 1390 (SCHLOETH, 1966). Si cette belle progression réjouit légitimement le protecteur de la Nature, elle commence par contre à inquiéter très sérieusement le biologiste soucieux de l'avenir de cette réserve intégrale et scientifique. En effet, comme les ennemis naturels du Cerf ont été exterminés au début de ce siècle (le dernier Ours, *Ursus arctos*, a été tué le 1^{er} septembre 1904 dans les Grisons (HAINARD, 1961) et le dernier Lynx, *Lynx lynx*, a été observé sur le versant valaisan du Simplon en 1909 (HAINARD, 1961), il n'y a actuellement aucun prédateur capable de maintenir cette population d'Ongulés à un niveau compatible avec la productivité végétale du milieu. Les conséquences sont simples : le couvert végétal se dégrade toujours davantage pour cause de surpâturage. Ce dernier phénomène, très important, et dont j'aurai l'occasion de reparler, est lui-même à l'origine de toute une série d'autres modifications du milieu, et en premier lieu, d'une érosion accélérée. La régénération de la couverture végétale s'effectuant à un rythme insuffisant, les eaux de pluie ruissellent davantage et entraînent toujours plus de terre et d'humus. A la limite, il ne reste que la roche ; mais on n'en est pas là au Parc

national ! Les responsables de la réserve ont pressenti ce danger il y a plus de dix ans et ont remplacé la composante « prédateur naturel » par celle de « prédateur artificiel ». En effet, au lieu de prévoir des réserves de chasse autour du Parc national, comme cela devrait être le cas si ce dernier constituait une biocénose en équilibre, ils ont permis la chasse des Cerfs hors du Parc. Ces animaux sont tirés en hiver, au moment où ils quittent la réserve pour leurs lieux d'hivernage. Par cette mesure, la population est annuellement diminuée de quelque 250 individus. En dépit de cette mortalité artificielle et d'une mortalité naturelle de 100 animaux par an, la population est en expansion. D'autres mesures doivent donc être envisagées dans un proche avenir.

Cet exemple montre clairement à quel point l'entretien d'une réserve est complexe. L'Homme, ayant détruit une fois pour toutes l'équilibre biologique dans la très grande majorité des réserves et parcs nationaux, il n'y a que deux moyens pour conserver ces biotopes dans leur état : soit maintenir la situation artificielle en permanence, soit essayer de reconstituer l'équilibre originel (par une introduction de prédateurs, par exemple). Toutes ces tentatives sont cependant délicates, car elles impliquent une connaissance approfondie du milieu.

Au vu des expériences réalisées et des quelques déceptions enregistrées, les réserves perdraient-elles de leur actualité ? Certes non ; elles vont au contraire gagner en importance, vu le rétrécissement constant de la nature sauvage. N'oublions pas en outre que c'est grâce à l'existence de réserves que plusieurs espèces menacées d'extinction ont pu être définitivement sauvées : le Bouquetin, *Capra ibex*, grâce au Parc national du Grand Paradis, le Bison d'Europe, *Bison bonasus*, grâce au Parc national de Bialowieza.

Les réserves ayant pour but la conservation d'une espèce seront sans cesse plus nombreuses ; il ne faut cependant pas oublier la création de toute une série de réserves d'autres types (réserves scientifiques, « touristiques », etc.).

2. L'EXPLOSION DÉMOGRAPHIQUE

Nous assistons depuis quelques décennies à un phénomène absolument unique dans l'histoire de l'Homme : la pullulation de sa propre espèce. Ce problème, à première vue éloigné de la protection de la Nature, est en réalité indispensable à connaître si l'on veut sauver définitivement la Nature, et par la même occasion l'Homme.

Les exemples ne manquent pas pour illustrer ce qu'on appelle désormais l'explosion démographique. Je choisirai le suivant : l'Homme a mis quelque 600 000 ans pour atteindre une population de 3,3 milliards d'individus, il suffit aujourd'hui, si le taux d'accroissement actuel est maintenu, de 41 ans pour que cette population de 3,3 milliards soit doublée. (Population reference bureau, 1966.)

Les causes de cette prolifération extraordinaire, spécialement manifeste dans les pays en voie de développement, sont bien connues : progrès de la

médecine, développement de l'hygiène, lutte contre les maladies endémiques et la famine. Il convient d'analyser brièvement la situation actuelle en dissociant les populations occidentales de celles des pays « neufs ». Grâce à l'avance que l'Europe a prise dans les siècles derniers sur les autres régions du monde, les progrès de la science ont permis depuis longtemps un accroissement important des populations de race blanche. C'est ainsi que l'espérance de vie à la naissance a pratiquement doublé en 100 ans. Le gain diminue lorsqu'on s'élève dans les catégories d'âge, et devient même négatif à 80 ans ; autrement dit, pour un octogénaire, l'espérance de vie est plus faible en 1967 qu'en 1805 (BOURLIÈRE, 1965). Ces constatations s'expliquent par le fait que la médecine maintient en vie toujours davantage d'individus qui autrefois étaient éliminés par la sélection naturelle. L'Homme blanc atteint en nombre croissant l'âge de la retraite, mais en profite de moins en moins. La fragilité constitutionnelle n'explique pas, à elle seule, ce « plafonnement ». D'autres phénomènes, toujours plus nombreux, tendent à abaisser l'âge moyen dans les pays occidentaux. Le développement de la vie industrielle et technique provoque une concentration sans cesse croissante des populations urbaines, alors que les campagnes se dépeuplent progressivement. L'Homme blanc vit de plus en plus artificiellement, préoccupé par des questions de rendement, d'efficacité. Tourmenté psychiquement par des problèmes souvent insolubles, il s'empoisonne, par-dessus le marché, physiquement. L'air des cités devient irrespirable, l'eau imbuvable, et bientôt les pesticides décelés dans les aliments rendront ces derniers immangeables. Les conséquences de cette situation sont d'abord une augmentation de la morbidité psychique, qui atteint déjà 10 à 25 % dans les grandes cités industrielles (BOURLIÈRE, 1965), ensuite, le développement des nombreuses variétés de cancers, infarctus et autres troubles circulatoires, sans compter les accidents de la circulation. Les pays occidentaux comprennent une proportion croissante d'obèses, d'accidentés, de malades et aussi de débiles mentaux. A ce dernier sujet, le seul chiffre de 14 000 déficients mentaux dans le canton de Vaud est suffisamment éloquent. Il n'y a en outre pas de doute que certaines formes de théâtre moderne, la vogue de certains mouvements de jeunes et le succès de la drogue sont les conséquences directes du déséquilibre et du désarroi dont souffre la société moderne.

Une statistique mondiale très intéressante, publiée par le « Population reference bureau » de Washington, montre que dans plusieurs pays occidentaux, l'augmentation démographique a été ralentie. C'est ainsi que l'Autriche double sa population en 140 ans seulement, pour autant que son taux annuel d'accroissement demeure constant ; la Belgique en 117 ans, la Grande-Bretagne et l'Italie en 100 ans. D'autres pays ont un taux d'accroissement plus important : les Etats-Unis et la Russie soviétique doublent leur population en 44 ans, le Canada en 35 ans et la Suisse en 33 ans. Ces grandes variations sont essentiellement dues à des phénomènes d'immigration et d'émigration, car les taux annuels de natalité varient peu : 18,4 ‰ en Grande-Bretagne, 18,7 ‰ en Suisse, 19,2 ‰ en Italie. Ces différentes données doivent être

interprétées avec prudence, car certaines peuvent se modifier rapidement. C'est le cas de la Suisse : comme le taux d'accroissement des différents pays a été déterminé à partir des années 1958-1964, période de forte immigration dans notre pays, les résultats basés sur l'année 1966 auraient donné un taux d'accroissement plus faible.

L'évolution démographique est toute différente dans les pays du tiers monde. Les taux de natalité y subissent presque partout une augmentation très rapide, les taux de mortalité s'abaissent et ces Etats voient leurs populations s'accroître rapidement. A Ceylan, par exemple, le taux annuel d'accroissement a passé de 4,6 ‰ en 1880 à 26 ‰ en 1966 et ce pays va doubler sa population de 11,5 millions d'habitants en 27 ans. Si l'Inde continue son évolution actuelle, avec un taux de natalité de 42 ‰ et une mortalité de 22 ‰, sa population passera de 494 millions (en 1966) à 1 milliard en 1997.

Mais c'est en Amérique centrale, en Asie du Sud-Est et dans certains Etats africains qu'on observe actuellement la plus forte expansion démographique. De nombreuses régions vont doubler leurs effectifs en une vingtaine d'années : le Guatemala et le Honduras, les Philippines, la Libye, la Côte-d'Ivoire et le Nigeria. Les causes de cet accroissement ont déjà été exposées. Quant aux conséquences, elles se précisent de jour en jour. Sans vouloir donner raison à MALTHUS sur tous les points, il faut bien reconnaître que la productivité alimentaire de ces pays progresse beaucoup plus lentement que l'accroissement de la population. La famine et la sous-alimentation, loin de régresser, deviennent de plus en plus aiguës. Dans la majorité des territoires, il s'agit d'une insuffisance généralisée de calories, dans d'autres, il s'agit au contraire de carences spécifiques, comme celle des protéines en Afrique. L'avenir se présente donc sous un jour très sombre, pour ne pas dire dramatique.

3. VERS UNE CONCEPTION ÉCOLOGIQUE DE LA CONSERVATION DE LA NATURE

Que devient la protection de la Nature dans tout cela ? La réponse dépend évidemment du sens que nous donnons au mot Nature. La Nature, est-ce l'ensemble des bois, pâturages, rivières, animaux... par opposition à l'Homme ? La Nature est-elle au service de l'Homme, qui a le droit de l'exploiter, de l'asservir sans limites ? ou bien l'Homme doit-il être considéré comme faisant *partie intégrante* de la Nature, même s'il y joue aujourd'hui un rôle prépondérant ? Dans ce dernier cas, il a certes des droits, mais il a aussi des obligations. Ces questions n'ont pas uniquement un intérêt théorique, mais de leur réponse va découler notre attitude face aux problèmes évoqués jusqu'à présent.

A mon avis, il est grand temps de considérer la Nature comme un *tout*, dont l'Homme fait partie. La protection de la Nature ne doit donc plus seulement se préoccuper de sauver des espèces animales ou végétales menacées, créer des réserves ; elle doit faire éclater ce cadre étroit d'activités pour envisager la conservation de l'ensemble des milieux naturels et de leurs ressources.

Il n'y a plus qu'une solution à la survie de l'espèce humaine, qui a déjà détruit tant de richesses et faussé tant d'équilibres naturels à travers le monde : inventorier ce qui reste, puis l'aménager rationnellement et créer de nouveaux équilibres. Le temps presse, et il n'est plus permis de tâtonner, d'hésiter, la conservation et l'exploitation des ressources naturelles doit aujourd'hui s'appuyer sur des connaissances scientifiques.

Ainsi définie, la protection de la Nature perd son aspect statique, son côté sentimental (d'un certain point de vue : malheureusement !) pour devenir une entreprise dynamique, ayant pour objectif la sauvegarde de toute la Nature, donc aussi de l'Homme. Mais pour sauvegarder et aménager rationnellement, il faut connaître. Une science toute jeune va jouer dans ce domaine un rôle de plus en plus déterminant, c'est l'*écologie*. Ce terme, utilisé pour la première fois en 1866, signifie étymologiquement : étude de la maison, de l'habitat. L'écologie étudie les relations existant entre les êtres vivants et leur milieu. Les populations terrestres, par exemple, sont influencées par les caractéristiques du sol, qui déterminent les facteurs édaphiques, mais également par les facteurs climatiques : température, humidité de l'air, ensoleillement, précipitations... Les populations ne dépendent cependant pas uniquement de facteurs abiotiques, mais évoluent en fonction des végétaux et animaux environnants, espèces-proies et prédateurs. L'ensemble des êtres vivants forme une biocénose, les êtres vivants et le milieu ambiant un écosystème ; les interactions entre les différents composants sont évidemment très complexes. Les végétaux, producteurs primaires, se font brouter par les herbivores, consommateurs primaires ; ces derniers sont mangés par les prédateurs, consommateurs secondaires ; qui eux-mêmes peuvent servir de nourriture aux super-prédateurs. Un ensemble de ce type forme une chaîne alimentaire.

L'étude de ces dernières présente beaucoup d'intérêt. Les chaînes alimentaires, formées d'un certain nombre de niveaux trophiques (4 dans l'exemple du paragraphe précédent), sont à la base des problèmes de productivité. Or, les questions de productivité revêtent à l'heure actuelle une telle importance, qu'il me semble nécessaire de développer quelque peu ce sujet.

Une étude complète des chaînes alimentaires d'un biotope donné commence par un inventaire systématique, tant quantitatif que qualitatif, de toutes les espèces végétales et animales qui composent la biocénose. Ce gros travail nécessite évidemment la collaboration de nombreux spécialistes. Les résultats permettent de tracer la pyramide des nombres en fonction des niveaux trophiques (voir fig. 1) qui donne une première idée de l'importance relative des différents niveaux trophiques. Cette représentation schématique n'est cependant pas très satisfaisante, car l'importance pondérale des divers constituants est négligée. La pyramide des biomasses comble cette lacune et reflète déjà dans une certaine mesure la productivité des différents étages. Nous observons en effet sur la figure 2 que 809 g de producteurs primaires, principalement des sagittaires et des algues, servent de nourriture à 37 g d'herbivores : insectes, mollusques, poissons, tortues. Ces derniers sont à leur tour

mangés par 11 g de carnivores, insectes prédateurs et poissons carnivores. Il existe enfin l'étage des superprédateurs, comprenant la Perche-truite, et d'autres espèces de poissons carnivores.

Mais ces deux types de pyramides écologiques ont l'inconvénient de ne refléter qu'imparfaitement les phénomènes biologiques existant entre les différents étages. Elles peuvent en outre être renversées, c'est-à-dire se présenter la pointe en bas. Cela devient impossible avec la pyramide des énergies, qui montre clairement la variation de flux d'énergie d'un niveau trophique à un autre. Elle ne peut jamais être renversée, puisqu'il y a, à chaque niveau, perte d'énergie par la respiration pour les besoins de maintenance (c'est-à-dire d'entretien). Cette pyramide donne en outre une image correcte du rôle des décomposeurs, ce qui n'était pas le cas dans les deux types précédents (voir fig. 3).

La figure 4 montre clairement à quel point ces problèmes concernent très directement l'Homme, son alimentation, donc l'exploitation et la conservation des ressources naturelles. Il existe une multitude de pyramides semblables ayant au sommet l'Homme et au niveau des consommateurs primaires, soit des animaux domestiques (du Poulet au Bœuf), soit des animaux sauvages (Chevreuils, Antilopes, Baleines, Poissons...).

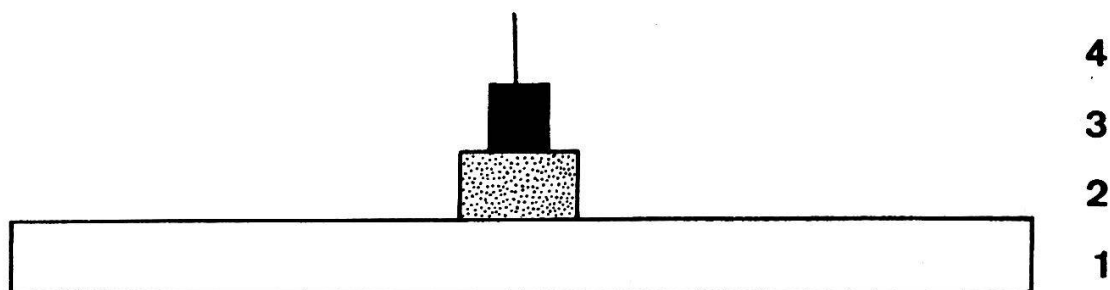


Fig. 1. — *Pyramide des nombres en fonction des niveaux trophiques* dans une prairie de graminées des Etats-Unis (EVANS et CAIN 1952, WOLCOTT 1937). 1 : végétaux verts macroscopiques (producteurs) ; 2 : invertébrés phytophages (herbivores) ; 3 : araignées et insectes prédateurs (carnivores) ; 4 : oiseaux, taupes, etc. (supercarnivores).

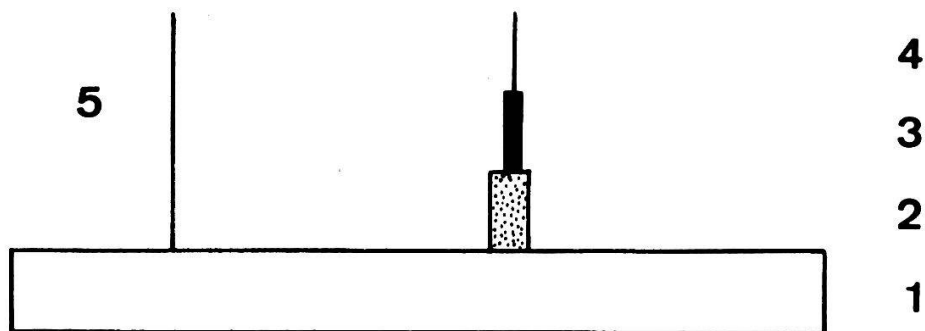


Fig. 2. — *Pyramide des biomasses*. Source chaude des Silver Springs, Floride (H. T. ODUM, 1957). 1 : algues ; 2 : insectes phytophages, mollusques, etc. ; 3 : insectes prédateurs, poissons carnivores ; 4 : poissons supercarnivores (Black-bass...) ; 5 : décomposeurs.

L'Homme, qui est fin de série dans toutes les chaînes alimentaires où il est impliqué, a donc tout intérêt à étudier complètement et rapidement ces problèmes de productivité et de rendements. Leur connaissance permettra dans une grande mesure d'améliorer son alimentation et de lutter contre la famine. Aussi doit-on féliciter l'« International Council of Scientific Unions » d'avoir mis sur pied un comité spécial chargé d'établir un « Programme biologique international » (PBI). Le PBI comprend un certain nombre de sections : PT : productivité terrestre, PP : procédés de production, CT : conservation des milieux terrestres, PM : productivité marine, PF : productivité des eaux douces, HA : adaptabilité de l'Homme, UM : utilisation et aménagement. Ce vaste programme est exécuté par des comités nationaux et le comité français vient de publier, sous la direction de M. LAMOTTE et F. BOURLIÈRE (1967), une série d'articles passionnants consacrés aux : « Problèmes de productivité biologique ». Illustrons la nature des problèmes étudiés par un cas concret et prenons le cas d'un porc de 45 kg (GERE, 1957). Sur 100 kg de nourriture mangée (énergie emmagasinée), 76 sont assimilés par l'animal, qui a donc un rendement d'assimilation de 76 %. De ces 76 kg, seulement 10 vont se transformer en tissus (production secondaire nette), le reste étant utilisé

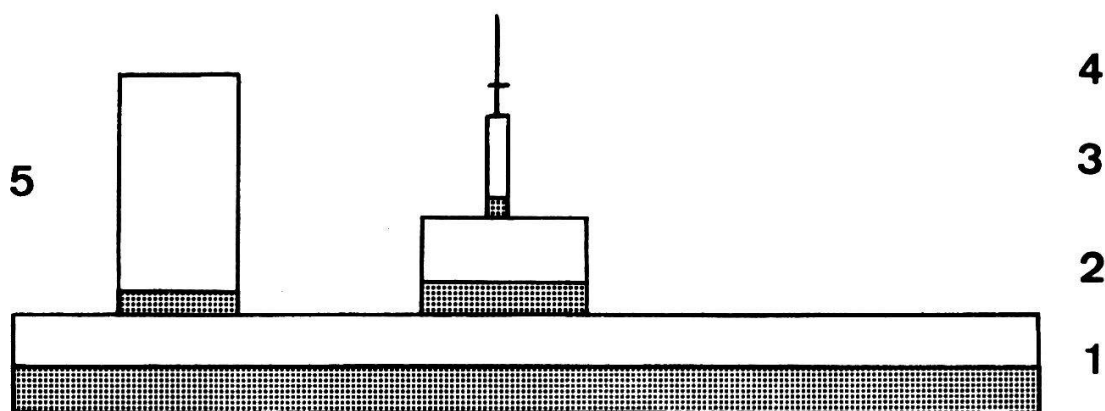


Fig. 3. — *Pyramide de l'énergie*. Source chaude des Silver Springs, Floride (H. T. ODUM, 1957). Voir légende figure 2 ; les zones pointillées indiquent la proportion de l'énergie disponible pour le niveau suivant.

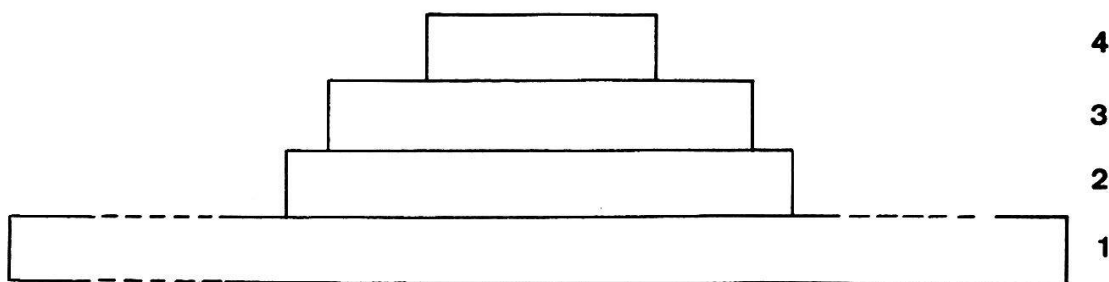


Fig. 4. — *Chaîne alimentaire aboutissant à l'Homme* (tiré de E. P. ODUM, 1959), représentée à l'échelle logarithmique. Il n'a pas été tenu compte des phénomènes respiratoires, seulement de la productivité de nouvelle biomasse. 1 : énergie solaire reçue ; 2 : biomasse de luzerne produite ; 3 : biomasse de bœuf produite ; 4 : tissu humain produit (voir le texte). (Cette chaîne alimentaire est purement théorique.)

pour les dépenses de maintenance (respiration). Le rendement de production est donc faible : $\frac{10}{76} = 13 \%$. Le rendement écologique de croissance, autrement dit le rapport de la production secondaire nette à la nourriture ingérée, est encore plus faible, de l'ordre de 9 %. C'est évidemment ce dernier rapport qui intéresse le plus l'éleveur.

Ces aspects nouveaux de l'écologie présentent donc une actualité incontestable. Ils sont complémentaires des recherches concernant la dynamique des populations, l'étude de leur structure, de leurs taux de mortalité et de reproduction.

Le champ d'investigation de l'écologie est donc très vaste et comprend également l'Homme. L'écologie humaine en est cependant encore à ses balbutiements. Les populations sont très diversifiées et présentent chacune des caractéristiques extrêmement nombreuses, variées et variables. Nous pouvons cependant faire les considérations suivantes.

L'espèce humaine étant en expansion, le premier point à connaître est le niveau théorique auquel la population doit obligatoirement se stabiliser. CLARK (1963) articule le chiffre de 45 milliards d'individus, mais la majorité des auteurs pensent que cette estimation est nettement exagérée. Il faut reconnaître, qu'il est aujourd'hui impossible d'articuler un chiffre « valable », parce que nous ne connaissons pas toutes les disponibilités alimentaires utilisables et que nous sommes incapables de prévoir le développement éventuel de nouvelles ressources (cultures de plancton, protéines extraites de micro-organismes cultivés sur des résidus pétroliers...).

Ce qui est par contre certain, c'est qu'à l'heure actuelle déjà, le déséquilibre s'accroît entre productivité et accroissement démographique, cela en dépit de la prise de conscience internationale du problème. Il faut donc réagir aujourd'hui déjà, et il n'y a raisonnablement que deux solutions à envisager simultanément : diminuer la natalité et augmenter les ressources alimentaires.

Je ne m'attarderai pas sur le premier point, la régulation des naissances. Je dirai simplement que ce problème important et complexe doit être résolu rapidement par des techniques efficaces, adaptées à la mentalité et au degré d'évolution des différentes populations.

L'augmentation des ressources alimentaires est fonction de toute une série d'études, dont celle des ressources naturelles. Ces dernières peuvent être divisées en ressources renouvelables et non renouvelables.

4. LES RESSOURCES NATURELLES NON RENOUVELABLES

Les ressources naturelles non renouvelables comprennent les minerais, les sources d'énergie de l'écorce terrestre, enfin l'eau et l'air.

Les réserves mondiales de minerais semblent suffisantes pour au moins un siècle, des études sérieuses l'ont prouvé en tous les cas pour le fer et le cuivre. Les stocks semblent moins importants dans le domaine des ressources énergé-

tiques telles que le pétrole et le gaz naturel, qui subissent une exploitation toujours plus intense. Le problème n'est cependant pas aigu, car, d'une part on découvre constamment de nouvelles réserves, et d'autre part, l'énergie nucléaire représente une proportion sans cesse croissante de la consommation.

L'eau, ce capital naturel si précieux, si vital, a été vilipendé, et continue de l'être, d'une manière incroyable. Il s'agit là du cas type qui prouve, si c'est encore nécessaire, que *tout* élément de la Nature mérite non seulement d'être protégé pour sa beauté, pour une « exploitation » intelligente, mais encore parce qu'il est indispensable à la « vie » de la Nature. Or, en Suisse, par exemple, beaucoup de lacs ont atteint un degré de pollution déjà important : Morat, Baldegg, Halwill, Zoug, et surtout le lac de Constance. La situation s'aggrave d'année en année au Léman ; quant au lac de Zurich, il est biologiquement mort. Les conséquences catastrophiques pour la pêche sont évidentes.

Parmi les cours d'eau européens, c'est le Rhin qui illustre le plus cruellement la dégradation possible. Dans les vallées grisonnes, on dénombre 30 à 100 germes par cm^3 , à l'entrée du lac de Constance 2000, en aval de Kembs 24 000 et en fin de parcours il y en a 100 000 à 200 000 par cm^3 . Les sels minéraux non éliminés par les méthodes courantes d'épuration des eaux s'accumulent dans des proportions considérables, puisque les Pays-Bas en reçoivent quotidiennement 30 000 à 35 000 tonnes. Il faut ajouter à ces chiffres 11 000 litres d'huile minérale déversés par les chalands, qui polluent à eux seuls 11 millions de m^3 d'eau ; et je ne parle pas du problème des détergents. Les Saumons, *Salmo salar*, qui remontaient par centaines de milliers le Rhin à la fin du siècle dernier, et dont on capturait une importante proportion, ne s'observent plus, et les quelques égarés qui sont pêchés, sont immangeables en raison de leur goût. Enfin, constatation importante : les Pays-Bas doivent utiliser l'eau de ce grand égout pour l'irrigation de leurs terres et... pour ne pas manquer d'eau potable (Conseil de l'Europe, 1966).

Il serait faux de croire que l'évolution observée dans le Rhin est unique. La situation empire dans tous les pays, alors que les besoins en eau augmentent partout, spécialement ceux d'eau potable et d'eau d'irrigation. En France, on emploie déjà 500 m^3 par habitant et par an, besoins de l'industrie compris, et aux Etats-Unis 1200.

La pollution des mers doit également être mentionnée ici, et la catastrophe du *Torrey-Canyon* est encore présente à toutes les mémoires.

Comme tous les autres milieux naturels, la mer est effectivement polluée à une cadence accélérée. Il y a toutes les pollutions chroniques, provenant des déchets, détritiques, égouts, eaux industrielles charriés par les fleuves. Il faut y ajouter le pétrole régulièrement déversé lors du nettoyage des réservoirs des pétroliers, et qui représente en général le 1 % du tonnage. Enfin, il y a toutes les pollutions accidentelles, qui contribuent certes plus rarement, mais combien efficacement, à l'intoxication du milieu marin.

Il serait faux de se rassurer en comparant la surface polluée à la totalité de la surface des mers, ce qui représente évidemment une faible proportion. Les

déchets s'accumulent le long des côtes, là où la vie marine est la plus dense, la plus variée et la plus productive. C'est également là qu'il y a toutes les colonies d'oiseaux de mer, qui paient annuellement un lourd tribut à la négligence humaine. N'oublions pas toutes les répercussions touristiques, provoquées notamment par le mazoutage et le goudronnage des plages.

Enfin, l'Homme doit être conscient que les mers constituent le principal régénérateur d'oxygène, puisque les végétaux marins (des Diatomées aux Sargasses) élaborent le 70 % de la totalité de l'oxygène produit par l'ensemble des plantes du globe. Or, il suffit d'une fine couche d'hydrocarbures pour que les échanges gazeux soient profondément modifiés entre l'eau et l'atmosphère. On imagine aisément les conséquences catastrophiques qui peuvent en résulter. Cette perspective est d'autant moins utopique que des quantités croissantes de CO₂ sont déversées dans l'air par notre civilisation moderne.

En effet, avec le développement croissant de l'industrialisation, la pollution de l'atmosphère, cet autre capital naturel, s'accélère. Alors que l'Homme se rend aujourd'hui compte qu'il a commis des erreurs irréparables dans l'utilisation désordonnée de l'eau douce, il ne voit pas qu'une évolution semblable s'amorce avec l'air, ou plutôt feint de l'ignorer. Une grande centrale thermique répand journallement 50 tonnes de poussières et 500 tonnes de matières soufrées dans l'air. Quel cycle vont accomplir ces déchets ? où vont-ils aboutir ? dans l'Homme ? comme c'est déjà le cas pour les gaz d'échappement des voitures ?

Certes, il y a heureusement encore des eaux pures, de l'air vivifiant. Comme ils se raréfient rapidement, il est *indispensable* que l'Homme mette immédiatement un frein puissant à toutes les formes de pollution, afin d'éviter une auto-intoxication généralisée. Créer des espaces verts dans les villes et à leur périphérie, c'est indiscutablement nécessaire, mais c'est loin d'être suffisant. Seul un aménagement rationnel du territoire peut apporter une solution durable.

5. LES RESSOURCES NATURELLES RENOUVELABLES

Elles comprennent les ressources végétales et animales. J'ai déjà montré avec quelle violence l'Homme a modifié les biocénoses primitives, provoquant la raréfaction et la disparition de nombreuses espèces animales et végétales. Mais ce qui est, au point de vue économique, plus grave, c'est que la rupture des équilibres naturels a secondairement provoqué la dégradation des sols sur d'importantes surfaces. Or, les sols sont, avec l'eau, à la base de toutes les chaînes alimentaires.

5.1 Le problème des sols

Parmi les multiples erreurs commises par l'Homme dans ce domaine, trois ont joué un rôle déterminant dans la destruction de terres autrefois riches. Premièrement, la déforestation. En supprimant les forêts, surtout dans les

régions vallonnées et montagneuses, le sol n'est plus protégé. Conséquence : l'érosion pluviale et éolienne s'intensifie, le ruissellement augmente, la terre s'en va, la végétation au sol régresse, le pouvoir de rétention diminue et, petit à petit, le riche biotope initial se transforme en terrain mort. Des surfaces considérables sont de nos jours stériles, parce qu'elles ont été stupidement déboisées par l'Homme : une grande partie du bassin méditerranéen, et en particulier l'Espagne, autrefois entièrement recouverte de forêts.

La dégradation des terres défrichées a souvent été accélérée par le surpâturage. J'ai déjà évoqué ce phénomène en parlant du Parc national suisse, où les conséquences ne sont pas encore dramatiques. Mais les exemples cuisants ne manquent pas. Le plus célèbre est à chercher en Amérique du Nord, où après avoir anéanti le Bison, les colons ont introduit *leur* bétail domestique. Mais au lieu de prévoir 10 ha par animal sédentaire, ils laissent paître des troupeaux entiers, qui, par le broutage et le piétinement, vont détruire la végétation au sol. Plus de nourriture, plus de bétail ! Conservant l'impression que n'importe quel terrain peut servir à n'importe quoi, l'Homme prend de nouvelles décisions. A grands renforts de moyens mécaniques, il transforme ces immenses étendues complètement dépourvues d'arbres ou de haies en champs de céréales. C'est le triomphe de la monoculture. Les premières années, le résultat est magnifique ; mais petit à petit, avec quelques années de sécheresse, les vents arrachent au sol toujours davantage de terre. Une fois l'érosion amorcée, la progression est foudroyante. Le 12 mai 1934 consacre la ruine de dizaines de millions d'hectares. Des vents d'une violence inouïe emportent jusqu'à 25 cm de terre arable et entraînent des poussières à des milliers de kilomètres. Le ciel de Washington et celui de New York sont obscurcis. Dans le Kansas, ce sont 40 ouragans de poussière qui sévissent en une année, certains transportant 200 millions de tonnes de sol ! Les mauvaises pratiques agricoles, voilà le troisième facteur responsable de la destruction des terres.

Depuis ces catastrophes, les sols sont l'objet d'études scientifiques approfondies, tout spécialement en URSS et aux Etats-Unis. On peut les classer en huit catégories (US Soil Conservation Service), selon leurs caractéristiques propres : structure, caractères hydrographiques, exposition... La première comprend les sols les plus riches et les plus stables, ce sont les terrains à vocation agricole. Suivent les terrains à vocation pastorale, ou mixte. Entre ces terres et les zones impropres à toute exploitation, existent ce qu'on appelle les zones marginales, comprenant des sols plutôt fragiles et où la végétation ne doit par conséquent pas être modifiée. Ces zones marginales représentent de grandes surfaces et n'ont actuellement encore qu'un faible rendement.

Une connaissance des sols et de l'écologie ne permet cependant pas d'intervenir dans les équilibres naturels. Toute modification dans un écosystème doit être précédée d'études approfondies confiées aux écologistes, qui s'entourent eux-mêmes de spécialistes : botanistes, zoologistes, pédologues, géologues, entomologistes, météorologistes, etc. Cela est non seulement indispensable

dans les régions tempérées, mais également dans les zones tropicales, où les sols sont plus fragiles que dans les précédentes, contrairement aux apparences. La Grande-Bretagne et le Tanganyika en ont eu la preuve en 1951. Ces deux pays ont élaboré en 1947 un vaste plan de développement de la culture d'arachide, prévu dans trois zones différentes du Tanganyika : 1,3 million d'hectares devaient produire au bout de cinq à six ans 600 000 tonnes d'arachides par an, moyennant un investissement initial de 25 millions de livres. Le résultat fut un échec, parce que les terrains avaient été choisis « trop à la légère », sans étude écologique sérieuse préalable. Après avoir investi 37 millions de livres, on changea en 1951 l'objectif et on expérimenta la culture du tournesol, du maïs, du sorgho, du soya et du tabac (PHILIPS, 1959).

Les échecs de cette envergure se font cependant plus rares, car l'exploitation du sol repose presque partout sur des bases de plus en plus scientifiques. Aux Etats-Unis, par exemple, grâce à des investissements considérables tant au point de vue financier qu'au point de vue humain, un gigantesque travail de reconversion des terres a été entrepris ; d'importantes zones agricoles ont même été reconstituées dans des secteurs récemment condamnés.

5.2 Les ressources végétales

En étudiant les pyramides écologiques (voir fig. 1 à 4), j'ai montré que les végétaux sont à la base de toutes les chaînes alimentaires, étant les seuls êtres vivants capables de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique. Le rendement de cette transformation est de l'ordre de 0,2 %, ce qui se traduit par une augmentation de leur biomasse, en général de 0,5 à 10 g de matière sèche par mètre carré et par jour. Les herbivores n'utilisent souvent que le 10 % (9 % dans le cas du Porc, voir plus haut) de l'énergie consommée sous forme de végétaux pour augmenter leur biomasse. Ce rendement écologique de croissance est du même ordre de grandeur pour un carnivore se nourrissant d'herbivores, environ 10 %. On peut donc conclure schématiquement que les plantes produisent, par unité de surface, dix fois plus de matières organiques, donc d'énergie, que les herbivores et cent fois plus que les carnivores.

L'Homme a donc intérêt à se nourrir essentiellement de plantes, puisque dans n'importe quel biotope, c'est ce niveau trophique qui fournit le plus d'énergie. Parmi les possibilités actuelles d'augmenter la productivité végétale, citons l'augmentation des surfaces agricoles et l'amélioration du rendement par unité de surface.

En 1961, les surfaces émergeant du globe se répartissaient ainsi : 29,4 % de domaines agricoles, prairies... 30,1 % de forêts et 40,5 % de villes, banlieues, surfaces non utilisables (BIGWOOD, 1965). Il est certain que des secteurs importants peuvent encore être destinés à l'agriculture, mais comme je l'ai déjà montré, le choix de ces terres à vocation agricole est délicat. Il doit non seulement être précédé d'études écologiques, mais intégré dans un aménagement complet du territoire. La pression sur les surfaces non encore utilisées se fait

en effet de plus en plus forte : toutes les cités s'étendent, les voies de communication se développent partout et les forêts constituent un capital de plus en plus précieux, notamment à cause de la demande sans cesse croissante en pâte à papier.

De nombreuses terres à vocation agricole sont mal, peu ou pas exploitées : l'agriculteur du Minnesota produit assez pour bien nourrir cinquante personnes, l'agriculteur du Bengale produit juste assez pour mal subvenir aux besoins de trois personnes. Pour se nourrir, le paysan médiéval devait disposer de 0,7 ha, le paysan japonais peut se contenter de 0,06 ha, soit onze fois moins. Une augmentation de productivité peut également être obtenue en choisissant les semences en fonction des conditions écologiques régionales ou locales, puis en tentant de les améliorer. En remplaçant le maïs non amélioré par le maïs hybride, la production a augmenté de 50 % aux Etats-Unis (HOMES, 1963). L'utilisation d'engrais, de pesticides adéquats et judicieusement dosés contribue au même but. Ce dernier point mérite quelques développements, mais auparavant j'aimerais mentionner les travaux et opinions du biologiste anglais PIRIE (1963), qui recommande de moins négliger les feuilles en tant qu'aliment. Il préconise aussi la culture intensive des légumineuses, plantes particulièrement riches en protéines ; leurs graines contiennent en outre soit des éléments azotés, soit de l'huile comestible.

5.3 Les pesticides

Le problème des pesticides est à l'heure actuelle tellement discuté, les affirmations des partisans et détracteurs tellement contradictoires, que le non-spécialiste ne sait que penser. Parmi les innombrables exemples illustrant l'échec rencontré dans l'emploi des pesticides, je choisirai les deux cas suivants.

Pour protéger les Ormes aux Etats-Unis, d'importantes quantités de DDT ont été répandues sur ces arbres. Une certaine fraction a cependant abouti sur le sol, puis dans les Lombrics, *Lumbricus sp.* Comme ces vers n'éliminent pas le poison, il se concentre dans leurs tissus. Les Merles migrateurs, *Turdus migratorius*, qui se nourrissent de ces vers de terre absorbent donc du DDT en quelque sorte concentré et meurent de paralysies dans de très grandes proportions (jusqu'à 80 %, BARKER, 1958).

Dans la péninsule ibérique, des insecticides ont été employés pour détruire une sorte de Bombyx, *Lymantria dispar*, insecte ravageur des chênes. Le succès fut d'abord complet. Mais en détruisant ce parasite, on a simultanément tué de nombreuses autres espèces, et en particulier les parasites d'un autre insecte phytophage : la Tordeuse verte, *Tortrix viridana*. Cette dernière, n'ayant plus d'ennemis naturels s'est multipliée dans des proportions considérables, provoquant de grands dégâts dans les Chênes, qui sont ainsi à nouveau ravagés. Le problème reste donc entier (GRISON et LHOSTE, 1961).

Ces exemples montrent avec évidence que l'emploi des pesticides est dangereux. Ils modifient les équilibres naturels et peuvent tuer des Vertébrés. Ils

peuvent accomplir de longs cycles complexes et se concentrer pendant ce temps. Les fins de série sont particulièrement menacés, surtout les Rapaces. Plusieurs espèces sont menacées d'extinction, les adultes devenant stériles. Des observations alarmantes ont été faites sur l'Aigle à tête blanche, *Haliaeetus leucocephalus*, l'Aigle royal, *Aquila chrysaetos*, en Ecosse, le Faucon pèlerin, *Falco peregrinus*, l'Epervier, *Accipiter nisus*. L'Homme n'est pas à l'abri du danger que représente l'absorption de pesticides. En Amérique, où l'emploi du DDT est beaucoup plus généralisé qu'en Europe, l'Homme contient en moyenne 12 mg de ce produit par kilo de poids, contre seulement 2 mg en Europe. Les conséquences commencent déjà à se faire sentir : les intoxications, accidentelles ou non, se multiplient. Cela provient *partiellement* d'un mauvais usage de ces produits et de la non-observation du mode d'emploi. Mais ne faut-il justement pas tenir compte de ces constatations ?

Devrait-on renoncer à l'emploi complet de ces produits ? C'est actuellement impensable. Ils contrôlent les populations d'un tel nombre de ravageurs, de parasites de toutes sortes, d'agents de transmission de maladies, que les supprimer provoquerait des catastrophes sans précédent dans les cultures, les vergers, et la réapparition de maladies aujourd'hui disparues. Il s'agit là de constatations que les détracteurs passionnés des pesticides oublient, mais dont une étude objective du problème doit largement tenir compte. La fièvre jaune, la malaria, la peste, la maladie du sommeil ont été souvent enrayerées dans leur extension par la suppression, au moins momentanée, de l'hôte intermédiaire par des insecticides. Par ailleurs, les pesticides contribuent souvent dans une importante mesure à augmenter la productivité des cultures, qu'elles soient de pomme de terre, de tabac ou de céréales. En dépit de l'emploi massif de multiples produits variés, les pertes en produits agricoles s'élèvent aux Etats-Unis jusqu'au moment de la récolte à 20 % et pendant le magasinage à 10 % (BLANC, 1966-1967). Ces proportions sont beaucoup plus importantes dans les pays neufs. Aussi les partisans des insecticides, herbicides, fongicides... peuvent-ils justifier leur point de vue par autant d'exemples percutants que les adversaires de l'emploi de ces produits.

Alors, quelle attitude adopter ? Il convient de remarquer que la très grande majorité des biochimistes concernés par la fabrication et l'expérimentation de ces toxiques sont incapables de concevoir les conséquences écologiques. Pour eux, c'est la lutte à l'instant présent qui prime, le « devenir » du poison répandu dans la Nature ne présentant qu'une importance très secondaire. Or, ce dernier problème est certainement au moins aussi important que la destruction du ravageur, comme je l'ai montré précédemment.

La solution consiste à utiliser les pesticides avec grande prudence et discernement. La tendance de l'industrie chimique est de mettre au point des produits de plus en plus sélectifs et fugaces, qui se décomposent après un laps de temps relativement court. On cherche en outre à substituer à la « lutte chimique » la « lutte biologique », qui consiste à introduire dans la biocénose menacée un ennemi naturel du ravageur. Cette technique n'est malheureuse-

ment pas souvent applicable, et on recourt de plus en plus à la « lutte intégrée », qui consiste à combiner une lutte chimique judicieusement dosée à d'autres méthodes (culturales, par exemple).

L'emploi de ces produits est donc extrêmement délicat, spécialement dans les milieux encore naturels, où leur utilisation risque de provoquer des ruptures d'équilibres aux conséquences imprévisibles et désastreuses. De leur utilisation dépend une intoxication généralisée du sol, des végétaux, des animaux et de l'Homme, ou au contraire une augmentation de la productivité végétale sans catastrophe.

5.4 Les ressources animales

Les ressources animales sont indispensables à l'Homme, car elles contiennent des acides aminés nécessaires à l'organisme, tels la lysine, la méthionine. Dans de nombreuses régions du globe, ce sont les ruminants domestiques qui constituent actuellement la principale source de protéines. La productivité de cette dernière peut être augmentée de diverses manières : amélioration de la nourriture et des races d'élevage, meilleure lutte contre les maladies.

Il existe une autre possibilité de subvenir aux besoins en protéines de l'Homme, c'est l'aménagement des innombrables zones marginales, ces terres trop fragiles pour être modifiées et livrées à l'agriculture, par exemple. Il s'agit de leur faire produire des protéines animales, que l'Homme pourra ensuite exploiter rationnellement.

Deux cas sont particulièrement célèbres en zone tempérée : celui du Cerf-mulet en Amérique et celui de l'Antilope saiga en Eurasie.

Le Cerf-mulet, *Odocoileus hemionus*, est un petit Cervidé vivant à l'ouest des Montagnes-Rocheuses. Son poids est de l'ordre de 60 kg, et l'animal se nourrit essentiellement de tiges herbacées qu'il broute en quantité lorsqu'elles sont jeunes et juteuses. Comme cet Ongulé vit généralement à couvert, on le rencontre surtout dans les forêts et les régions fortement buissonnantes.

En 1906, le gouvernement fédéral érigea le plateau de Kaibab en réserve de chasse. Afin de favoriser au maximum l'expansion du Cerf-mulet, on extermina tous les prédateurs : Puma, Lynx, Loup, Coyote. Le résultat ne se fit pas attendre, et en l'espace de vingt ans, la population passa de 4000 à 100 000 têtes. Mais cette forte densité était incompatible avec les possibilités nutritives du milieu. Il en résulta un surpâturage généralisé, provoquant lui-même un affaiblissement des individus, plus sensibles aux maladies et aux parasites. En deux hivers, la population perdit le 40 % de ses effectifs. Elle se stabilisa vers 1940, comprenant alors 10 000 individus, alors que le biotope originel aurait pu en nourrir 30 000. Cette dernière densité correspond à la « capacité-limite », c'est-à-dire à la densité maximale compatible avec les ressources végétales.

Des études écologiques poussées ont été entreprises depuis lors et grâce à des initiatives judicieuses, les diverses populations de Cerfs-mulets ont non

seulement augmenté leurs effectifs, mais elles sont d'un rendement économique important, grâce à la chasse (TABER, 1961). Cette dernière est sévèrement réglementée et l'évolution des populations de Cerfs-mulets continue d'être suivie de très près. En Colombie britannique et en Alaska, les chasseurs peuvent maintenant tirer les femelles comme les mâles, car la pression des facteurs limitants est faible. Depuis cette entorse à certaines coutumes cynégétiques, on a constaté que le taux de reproduction dans ces deux Etats a augmenté, la mortalité des faons ayant diminué.

A l'heure actuelle, l'équilibre artificiel obtenu par la chasse n'est pas encore idéal, car ces animaux sont difficiles à observer. Un grand nombre d'entre eux meurent pour différentes causes naturelles, et sont donc « perdus » pour l'Homme. Dans l'Etat de Californie, par exemple, la chasse ne prélève annuellement que le 6 % de la population, estimée à 600 000 individus, alors que le taux idéal est de 24 %. Les chasseurs devraient donc tuer dans cet Etat quatre fois plus de Cerfs-mulets. L'opinion publique freine malheureusement cette intensification, car beaucoup de gens ont encore de la peine à admettre cette conception nouvelle de la *conservation de la faune par son exploitation rationnelle*.

Un autre exemple d'aménagement de la grande faune est celui de l'Antilope saiga, *Saiga tatarica*. Il s'agit d'une Antilope pesant de 30 à 40 kg. Son aire de distribution était autrefois immense, puisqu'elle s'étendait de la Pologne à la frontière chinoise dans la zone des steppes et semi-déserts. C'est principalement sous la forte pression de la chasse, ou plutôt de massacres que la Saiga se raréfia. L'une des techniques de capture consistait à rabattre les animaux dans d'immenses entonnoirs, où on en tuait jusqu'à 12 000 par jour. Les effectifs ont ainsi passé de plusieurs millions à quelques centaines en 1930. Grâce à d'énergiques mesures de protection, les populations se sont lentement reconstituées, et on estimait en 1961 le cheptel total à 2 millions de Saigas, dont 500 000 sur la rive droite de la Volga (BANNIKOV, 1961). La Saiga est non seulement sauvée, mais son importance économique ne cesse de croître. En effet, on en prélève, par la chasse, annuellement 200 000 sur les 500 000 de la partie européenne, et en dépit de cette importante prédation « artificielle », le troupeau est en lente augmentation. Cela s'explique par les particularités de la biologie de cette antilope. Les femelles sont pubères très jeunes, à l'âge de 7 à 8 mois, et mettent bas déjà la première année. En outre, le 65 % des femelles donnent naissance à deux jeunes par an. Le taux de reproduction est donc très élevé. Les mâles sont polygames, et leur harem peut comprendre jusqu'à 40 ou 50 femelles. Leur forte mortalité pendant l'hiver, résultant de combats pour la possession de femelles, n'influence donc pas l'évolution de la population.

L'Antilope saiga n'est pas seulement intéressante à cause de sa forte capacité d'expansion, mais encore parce qu'il s'agit d'une espèce très résistante et peu exigeante. Elle se nourrit essentiellement de plantes fourragères qui croissent dans les régions steppiques, et grâce à la grande mobilité des trou-

peaux, il n'y a pas de surpâturage. La concurrence avec d'autres Ongulés, entre autres le bétail domestique, est très faible.

Cette politique d'aménagement, basée sur des études écologiques, est donc très payante chez la Saiga, comme d'ailleurs chez le Cerf-mulet. D'autres espèces commencent d'être exploitées de cette manière, les Pronghorns, les Wapitis et l'Elan d'Amérique du Nord.

L'aménagement de la grande faune africaine présente un intérêt particulier, parce qu'il permet de résoudre des problèmes latents depuis longtemps.

Je rappelle que ce continent souffre d'un manque cruel de protéines. Jusqu'à présent, l'Homme blanc et l'indigène ont tenté de combler cette lacune par l'exploitation de bétail domestique. Cette solution est cependant loin d'être satisfaisante, car ces animaux broutent de manière *sélective* et n'utilisent qu'une fraction de la production végétale. Le rendement des terres vouées au pâturage de ce bétail est donc relativement faible. Si on veut l'augmenter par une densité plus forte d'animaux, il y a très rapidement surpâturage. Dans des biotopes semblables, peuplés d'animaux sauvages, on s'aperçoit par contre que la capacité-limite est beaucoup plus grande, comme d'ailleurs le rendement. En Afrique orientale, un troupeau de bétail domestique pâture dans les savanes produit généralement 2 à 5 tonnes de viande par kilomètre carré, alors que des Ongulés sauvages peuvent produire jusqu'à 11 ou 15 tonnes (TALBOT, 1963). Les diverses espèces d'herbivores africains ont en effet des exigences alimentaires différentes et *complémentaires*, ainsi toutes les possibilités alimentaires du milieu sont exploitées, et les concentrations de ces animaux peuvent souvent atteindre des densités très élevées sans qu'il y ait surpâturage.

C'est ainsi que sur 600 km², BOURLIÈRE et VERSCHUREN (1960) ont recensé dans les savanes du Parc Albert, dans le Congo-Kinshasa, 7402 Buffles, *Syncerus caffer* ; 4976 Cobes de Buffon, *Adenota kob* ; 4800 Hippopotames, *Hippopotamus amphibius* ; 1026 Eléphants, *Loxodonta africana*, et six autres espèces d'Ongulés. Ces diverses populations représentent une biomasse de 24 406 kg au kilomètre carré, ce qui est énorme pour une terre marginale. On n'arrive jamais à des biomasses aussi élevées avec le bétail domestique. Ce dernier est en outre moins résistant aux maladies et à la sécheresse.

Les Eléphants et les Hippopotames posent un problème particulier. Grâce aux mesures de protection, ces deux espèces ont proliféré de manière exagérée dans plusieurs régions. En Ouganda, d'importants secteurs du Parc national Queen Elizabeth ont été détériorés par une surpopulation d'Hippopotames dans les lacs Edouard et George. Les recensements ont révélé la présence de quelque 15 000 individus, ce qui dépasse largement la capacité-limite du milieu (BLOWER et BROOKS, 1963). Un programme de réduction de la population fut mis au point en 1958. On tira ainsi 2000 Hippopotames, dont la distribution économique fut soigneusement étudiée. En dépit de cette diminution, les effectifs actuels supportent vraisemblablement une réduction annuelle de 1000 individus, ce qui représente évidemment une source de protéines

importante. Le problème est semblable pour les Eléphants, dont on évalue la population en Ouganda à 20 000 ou 25 000 individus ; chaque année 1500 individus sont tués.

Des possibilités nouvelles s'offrent donc à l'Afrique, possibilités qui lui permettent de conserver et de développer sa grande faune tout en résolvant, régionalement pour commencer, le problème de la carence en protéines animales. Des méthodes d'exploitation nouvelles sont expérimentées ou appliquées avec succès dans plusieurs Etats, entre autres en Afrique du Sud et en Rhodésie, et toutes ces méthodes s'appuient sur le travail de nombreux écologistes.

6. CONCLUSIONS

Cet exposé est obligatoirement incomplet. J'ai tenté de mettre l'accent sur les aspects qui me paraissent fondamentaux dans la conservation de la Nature, et j'ai laissé de côté certains problèmes qui deviendront peut-être actuels très prochainement : l'exploitation systématique des ressources marines, la mise en valeur de certaines régions désertiques ou semi-désertiques, la consommation de protéines « extraites » du pétrole, etc. Laissons aux spécialistes le soin de poursuivre leurs recherches.

Ce qui est par contre une réalité, pour certains une révolution, c'est que le concept « protection de la Nature » s'est métamorphosé. L'imgo voit enfin le jour.

Tout au long de ces pages, j'ai essayé de montrer à quel point conservation de la Nature et survie de l'espèce humaine étaient étroitement liées. Comme l'Homme fait partie intégrante de la Nature, toutes ses activités ont des répercussions sur les autres constituants de la grande biocénose mondiale, qui à leur tour réagissent à nouveau sur l'Homme.

Le problème de la survie de l'espèce humaine ne peut donc être résolu que scientifiquement, en l'intégrant dans le problème beaucoup plus vaste de la conservation de la Nature. Pour atteindre ce but, il convient de développer en premier lieu la *recherche fondamentale*, par exemple selon les directives du Programme biologique international (voir p. 241). Il convient ensuite de poursuivre simultanément dans deux directions : *a)* résoudre sur une échelle régionale ou même très locale les problèmes que l'on peut résoudre grâce à l'aide des spécialistes disponibles ; *b)* concevoir un aménagement total du territoire, et cela à l'échelle de régions, d'Etats, de fédération d'Etats ou même de continents. Mais attention ! Cette expression d'aménagement du territoire, très à la mode, revêt des significations diverses. Pour certains urbanistes, cela concerne essentiellement le développement ou la création de nouvelles villes, la répartition de zones industrielles et de villas, le développement des moyens de communication, ensuite, le maintien ou le déplacement de zones agricoles, forestières, puis, si c'est possible, la conservation de quelques biotopes natu-

rels. Pour le protecteur passionné, en Suisse par exemple, aménager le territoire sera avant tout conserver toutes les roselières, tous les marais qui subsistent, toutes les haies, vieux arbres, montagnes, et cela même s'il faut paralyser la vie d'un port ou déplacer des autoroutes.

Or, il n'existe sur un secteur donné, qu'une conception authentique de l'aménagement du territoire conçu pour la survie de l'Homme et de la Nature. Pour la découvrir, il s'agit de constituer un noyau d'écologistes, d'y associer des ingénieurs forestiers, agronomes, chimistes (pour l'air et l'eau), des pédologues, des géologues, des urbanistes, des architectes, des géographes, des sociologues, des économistes, des juristes. C'est cette équipe, et seulement elle, qui pourra aboutir à des conclusions valables. Il faut en outre que les solutions trouvées soient réalisables, autrement dit qu'elle soient acceptées par les communautés humaines, même si elles lèsent des intérêts particuliers, ce qui est inévitable. Il faut donc qu'à tous les échelons de la société, l'Homme devienne conscient de sauvegarder la Nature non seulement parce qu'elle contient de beaux paysages et des lacs reposants, mais parce qu'elle constitue son milieu vital.

Une fois de plus, les problèmes sont différents dans les pays occidentaux dits « modernes » et les pays « neufs ». Dans les premiers, la densité des populations humaines est telle que les problèmes d'aménagement du territoire deviennent extrêmement complexes. Cela n'est pas encore le cas dans les pays en voie de développement, aussi faut-il planifier et aménager avant qu'il ne soit trop tard. Il convient aussi de réaliser que les moyens de communication et d'information ne cessent de se développer, et que, par conséquent, on ira demain de Lausanne à Nairobi comme aujourd'hui de Lausanne à Paris. Certains pays de l'est africain, dont justement le Kenya, l'ont déjà fort bien compris et centrent leur aménagement national sur le tourisme. En 1959 déjà, les visiteurs des parcs nationaux du Kenya apportèrent 5 197 500 livres dans les caisses de l'Etat (GRZIMEK, 1963) et le tourisme figurait alors au deuxième rang des recettes nationales, et on estime que les revenus du tourisme atteindront 25 millions de livres en 1970 (K. CURRY-LINDAHL, 1967). Tous les pays africains n'ont évidemment pas ce genre de richesses ; certains mettront l'accent sur l'exploitation rationnelle du bois, d'autres sur la production de protéines.

Les pays riches doivent seconder efficacement les pays neufs. Cette aide ne doit cependant pas consister en l'envoi de médecins, infirmières, dans le but de diminuer la mortalité dans des régions où, hélas, l'écart croît sans cesse entre population et ressources alimentaires. Il s'agit là d'une politique à courte vue, qui correspond à de bons sentiments, mais qui est illogique. A quoi sert-il, par exemple, de diminuer la mortalité à la naissance, alors que par voie de conséquence il va y avoir accroissement de la mortalité dans les autres classes d'âge de la population, spécialement chez les enfants ? Ce dont ces pays ont besoin, ce sont des écologistes, des ingénieurs forestiers, des ingénieurs agronomes qui vont former des élèves *sur place*. C'est cette élite indigène qui devra, à son tour, former de nouveaux élèves, ouvrir des écoles,

des instituts. Son travail sera grandement facilité par la connaissance de la mentalité de la population ou des tribus.

* * *

Oui, la sauvegarde de la Nature va s'identifier toujours davantage avec la survie de l'Homme. Or l'Homme ne le réalise que très timidement. Lui, qui se lance si hardiment dans le Cosmos, ne veut pas comprendre qu'il est en train de détruire sa « niche écologique ». Il croit, sans doute, que grâce à la technique il est désormais à l'abri de toutes surprises. Est-ce la technique qui va reconstituer les immenses populations de baleines, de poissons, d'ongulés disparus, source de tant de richesses ? Est-ce elle qui va rendre nos lacs purs, reconstituer les sols dégradés, recréer les forêts ? Non, même si théoriquement bien des dommages pouvaient être réparés, pratiquement, c'est irréalisable. Soyons réalistes, et regardons se multiplier les écriteaux « Baignade interdite, eaux polluées », le long de nos eaux dormantes. Ne confondons pas une culture de peupliers carolins et une chênaie à charme.

Aussi l'homme inquiet se tourne-t-il vers ceux qui sont responsables de défendre les intérêts de la collectivité : les gouvernements et les organisations internationales. Ces dernières, l'ONU, la FAO, l'UNESCO, vont jouer un rôle sans cesse grandissant. Mais il faut encore mentionner ici :

- l'UICN, Union internationale pour la conservation de la Nature et de ses ressources, qui doit développer considérablement son audience ;
- le WWF (World Wildlife Fund), Fonds mondial pour la Nature, qui doit être beaucoup mieux soutenu ;
- les différentes ligues pour la protection de la Nature, qui doivent devenir aussi puissantes que les Touring-clubs ;
- l'importance de la publication d'ouvrages tels que le chef-d'œuvre de J. DORST : *Avant que Nature meure*, qui devrait figurer dans chaque bibliothèque ;
- les conséquences très positives de colloques organisés sur le plan de ceux de l'Institut de sociologie de l'Université libre de Bruxelles.

Bref, à l'époque de la solidarité humaine, *chaque* personne, et tout spécialement les éducateurs (de l'instituteur au professeur d'université), doit se sentir directement responsable et touché par ces problèmes, car, s'il appartient à l'écologie de proposer les solutions, c'est aux hommes de bonne volonté à les faire appliquer.

7. RÉSUMÉ

1. Historique : Les innombrables destructions et massacres de l'Homme. La création du premier Parc national en 1872, et la multiplication des réserves naturelles évoquées, avec les espoirs et les illusions qui en sont résultés (exemple du Parc national suisse). Rôle et utilité des différents types de réserves à l'heure actuelle.

2. L'explosion démographique : Description du phénomène. Conséquence de l'augmentation de la durée moyenne de vie et du développement de la vie concentrationnaire ; ses répercussions sur l'individu. Etude du taux d'accroissement des populations dans les différents pays du monde.

3. Vers une conception écologique de la conservation de la Nature : « La Nature est un tout, dont l'Homme fait partie ; conserver la Nature, c'est donc assurer la survie de l'Homme. » Rôle de l'écologie, étude des pyramides écologiques et des phénomènes de productivité. Le Programme biologique international. L'écologie humaine ; obligation de réduire les taux de natalité et d'augmenter les ressources alimentaires.

4. Les ressources naturelles non renouvelables : Etude des réserves de minerais, puis de l'eau. La pollution des lacs et des rivières ; le cas du Rhin. La pollution des mers et ses conséquences. L'air et sa pollution. Nécessité d'un aménagement du territoire.

5. Les ressources naturelles renouvelables :

5.1 *Le problème des sols :* Conséquences de la déforestation et du surpâturage sur les sols, cas des plaines d'Amérique du Nord ; les mauvaises pratiques agricoles. Etude des sols et de leur vocation.

5.2 *Les ressources végétales :* Nécessité pour l'Homme d'un régime centré sur les végétaux. Problèmes de l'augmentation des surfaces agricoles et de l'amélioration des rendements. Intérêt présenté par les légumineuses.

5.3 *Les pesticides :* Exemples montrant le danger que présentent les pesticides. L'impossibilité de renoncer actuellement à l'emploi de ces toxiques. L'attitude à adopter et nécessité d'étudier le « devenir » de ces produits dans la Nature.

5.4 *Les ressources animales :* Importance des protéines animales ; aménagement des zones marginales en vue de la production de viande ; les cas du Cerf-mulet (*Odocoileus hemionus*) et de l'Antilope saiga (*Saiga tatarica*). Le cas de l'Afrique : importance de l'exploitation des Ongulés sauvages plutôt que du bétail domestique.

6. Conclusions : Nécessité d'encourager et de développer la recherche fondamentale ; urgence de concevoir un aménagement total du territoire, cela par une équipe d'écologistes entourés d'ingénieurs, sociologues... Nécessité d'une aide efficace des pays « modernes » aux pays « neufs » dans ce domaine. Le « mythe » de la technique. Rôle des organisations internationales. Nécessité d'une prise de conscience individuelle.

8. SUMMARY

1. History : The widespread depredations and slaughter caused by man in the course of history. Creation of the first National Park in 1872, followed by a rapid increase in the formation of nature reserves ; the resulting hopes and illusions of conservationists are recounted (example of the Swiss National Park). Purpose and usefulness of the various types of reserves at the present time.

2. The demographic explosion : Description of the phenomenon. Consequence of the increase in average life span and the development of the concentration of populations ; its effect on the individual. Study of the rate of population increase in various countries.

3. Towards an ecological concept of Nature conservation : Nature is a Whole, of which man is a constituent. Preservation of Nature insures Man's survival. Role of ecology, study of the ecological pyramids and of productivity phenomena. The International Biological Programme. Human ecology : need to control birth rates and to increase sources of food.

4. Non renewable natural resources : Study of the reserve of mineral deposits, as well as of water. The pollution of lakes and rivers ; the case of the Rhine. The pollution of the seas and its consequences. Need for land management.

5. Renewable natural resources :

5.1 The problem of the soils : Consequences of deforestation and overgrazing, case of the plains of North America. Bad agricultural practices. Study of the soils and their potential uses.

5.2 The resources of natural vegetation : Man's dependence on diet based ultimately on vegetation. Problems resulting from the extension of agricultural land and the increase in production.

5.3 The pesticides : Examples of the problems created by the use of certain pesticides. The difficulties of abandoning the use of these toxic chemicals at the present time. The need to study the long term effects of pesticides on Nature.

5.4 Animal resources : Importance of animal protein ; management of marginal zones for meat production. Examples of the Mule deer and the Saiga antelope. The case of Africa. Advantages of exploiting wild Ungulates, in preference to domestic cattle.

6. Conclusions : The need to develop fundamental research. Urgent need for comprehensive land management plans, to be undertaken by teams of ecologists, supported by engineers, sociologists, etc. The provision of effective aid by the developed countries to the underdeveloped. The "myth" of the technique. Role of international organisations. The individual responsibilities.

9. BIBLIOGRAPHIE

Parmi les nombreux ouvrages généraux traitant de conservation de la Nature, les trois sources suivantes m'ont été particulièrement utiles :

1. DORST, J. 1965. — *Avant que Nature meure*. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.
2. XXX^e Semaine sociale universitaire, 1965. — *Nature, ressources naturelles et société*. Université libre de Bruxelles, Institut de Sociologie.
3. UICN (Union internationale pour la conservation de la Nature et de ses ressources), Morges, Suisse.
 - a) 1961. — *Ecologie et exploitation rationnelle des herbivores sauvages dans les pays tempérés*, 8^e Réunion technique.
 - b) 1963. — *Conservation of Nature and Natural Resources in modern African States*. Symposium d'Arusha, Tanganyika.

Auteurs cités

- BANNIKOV, A.-G. 1961. — L'écologie de *Saiga tatarica* L. en Eurasie, sa distribution et son exploitation rationnelle. *Terre et Vie*, 77-85.
- BARKER, R. J. 1958. — Notes on some ecological effects of DDT sprayed on elms. *J. Wildlife Mgt.*, 22, 269-274.
- BIGWOOD, E. J. 1965. — De l'avenir de notre alimentation, pression démographique et déséquilibre entre approvisionnement et besoins. *XXXes Sem. Soc. Univers.*, 177-209.
- BLANC, P. Y. 1966-1967. — La recherche et l'application des pesticides. *Annales Guébhard*, 116-131.
- BLOWER, J. H. et BROOKS, A. L. 1963. — Development and Utilization of Wildlife Resources in Uganda. UICN, Symposium d'Arusha, 96-101.
- BOURLIÈRE, F. 1965. — Allocution d'ouverture des *XXXes Sem. Soc. Univers.*, 23-28.
- BOURLIÈRE, F. et VERSCHUREN, J. 1960. — Introduction à l'étude des Ongulés au Parc national Albert. Bruxelles, Institut des Parcs nationaux.
- CLARK, C. 1963. — Agricultural Productivity in relation to population. In : *Man and his future*, 23-35. Londres (Churchill).
- Conseil de l'Europe. 1966. — La lutte contre la pollution des eaux douces. Strasbourg.
- CURRY-LINDAHL, K. 1967. — Symposium sur l'aménagement de la faune et l'utilisation des terres, Nairobi, juillet 1967. *Bull. UICN, nouv. série*, vol. 2, N° 5, 34.
- EVANS, F. C. et CAIN, S. A. 1952. — Preliminary studies on the vegetation of an old field community in southeastern Michigan. *Contr. Lab. Vert. Biol. Univ. Mich.*, 51, 1-17.
- GERE, G. 1957. — Productive biologic grouping of organisms and their role in ecological communities. *Ann. Univer. Sci. Budapest. Roland Eotvös nom., Sect. Biol.*, 1, 61-69.
- GRISON, P. et LHOSTE, J. 1961. — Aspects écologiques de la lutte dirigée soit contre les insectes indigènes soit contre des insectes importés. 8^e Réunion technique de l'UICN. Leiden, Brill.
- GRZIMEK, B. 1963. — Value of the tourist industry. UICN, Symposium d'Arusha, 189-192.
- HAINARD, R. 1961. — Les Mammifères sauvages d'Europe. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.
- HOMES, Marcel, V. 1963. — Déclin ou renouveau de la physiologie végétale. *Acad. Roy. de Belgique. Bull. de la classe des Sci.*, XLIX, 7, 672-683.
- Information service. 1966. — Population reference bureau, Washington, U.S.A.
- LAMOTTE, M. et BOURLIÈRE, F. 1967. — Problèmes de productivité biologique. Sous les auspices du Comité français du PBI. Masson, Paris.
- ODUM, E. P. 1959. — Fundamentals of ecology. Philadelphia and London, Saunders Co.

- ODUM, H. T. 1957. — Trophic structure and productivity of Silver Springs, Florida. *Ecol. Monogr.*, 27, 55-112.
- PHILLIPS, J. 1959. — Agriculture and ecology in Africa. Londres, Faber et Faber.
- PIRIE, N. W. 1963. — Future sources of food supply : scientific problems, in : Food supplies and population growth, 34-52. Oliver and Boyd, Edinburgh and London.
- SCHLOETH, R. 1966. — A travers le Parc national suisse, 75-85. Commission d'études scientifiques au Parc national suisse, Zernez, Grisons.
- TABER, R. D. 1961. — The black-tailed Deer : a review of ecology and management. *Terre et Vie*, 221-245.
- UICN. 1966. — Liste principale des Mammifères rares et menacés du monde entier. Morges.
- UICN. 1967a. — Liste d'oiseaux considérés comme rares et menacés. Morges.
- UICN. 1967b. — Liste des Nations Unies des parcs nationaux et réserves analogues. Nouvelle série, N° 11. Morges.
- UICN 1968. — List of Extinct Birds appearing in the Red Data Book, vol. 2. Morges.
- WOLCOTT, G. N. 1937. — An animal census of two pastures and a meadow in northern New York. *Ecol. Monogr.*, 7, 1-90.

Manuscrit déposé le 30 août 1968.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
1. Historique	233
2. L'explosion démographique	236
3. Vers une conception écologique de la conservation de la Nature . .	338
4. Les ressources naturelles non renouvelables	242
5. Les ressources naturelles renouvelables	244
5.1 Le problème des sols	244
5.2 Les ressources végétales	246
5.3 Les pesticides	247
5.4 Les ressources animales	249
6. Conclusions	252
7. Résumé	255
8. Summary	255
9. Bibliographie	256