

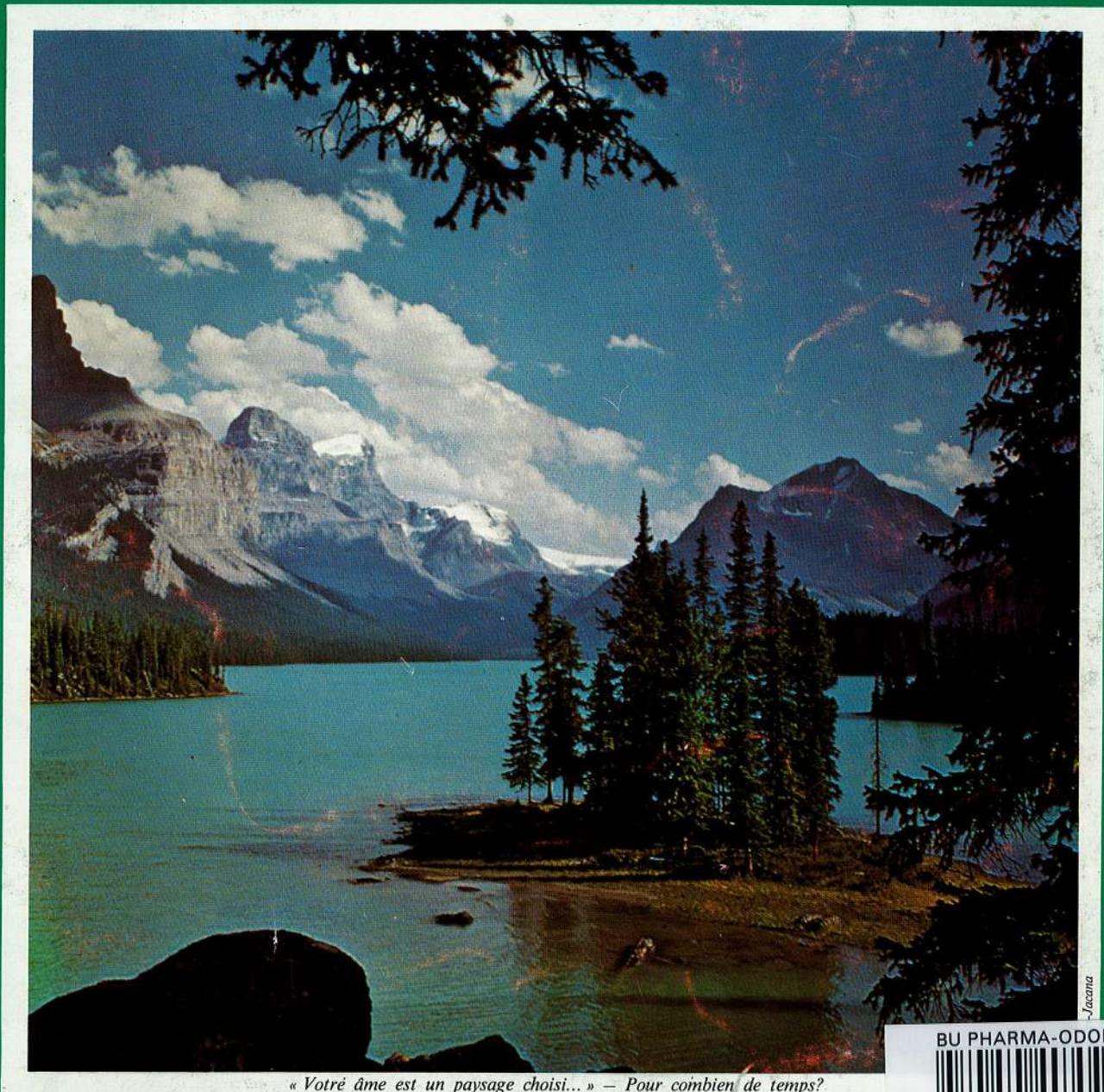
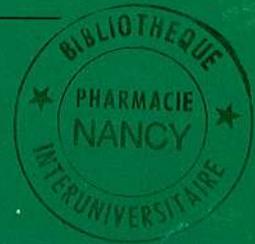
Ph+

les Actualités pharmaceutiques



Dossier scientifique

Numéro 69. Juin 1971. 6 francs.



Jacoma

« Votre âme est un paysage choisi... » — Pour combien de temps?

BU PHARMA-ODONTOL

D 104 077456 7

l'environnement et le pharmacien

Les *Actualités pharmaceutiques* - 175, rue du Faubourg-Poissonnière, Paris (9^e). Tél. : 744-27-90.

Directeur de la Publication : Jacques de Haynin.
Rédacteur en chef : France Giovon. Conseiller scientifique : Jean Brudon.

Comité de rédaction : Michel Agard, Jeanine Arbon, Colette Coll, Jacques Devillers, Jeanine Dufouil, Jean Florand, Jacques Hikoum, Danièle Sens-Olive. Henri Weill-Revnes.

Rédaction : Sté U.T.I.P., 175, rue du Faubourg-Poissonnière, Paris (9^e). Mise en pages : F. Gobil.

Dépôt légal : 2^e trimestre 1971. - Imprimé en France. Berger-Levrault, Nancy.



SOMMAIRE
les Actualités pharmaceutiques
- dossier scientifique - n° 69

Abonnements et Publicité : Sté U.T.I.P., Paris (9^e)
C.C.P. : Paris, 11 020-41. Le numéro : 5 F
L'abonnement : 50 F
Les *Actualités pharmaceutiques* paraissent chaque mois, sauf en août.

- | | | |
|----|---|---|
| 11 | Éditorial | |
| 12 | Nuisances et écologie | <i>J.-M. Jouany</i> |
| 23 | Rôle du pharmacien dans la lutte contre les nuisances | <i>Th. Girard</i> |
| 29 | Contribution des établissements d'enseignement pharmaceutique à la lutte contre les nuisances | <i>R. Béné</i> |
| 34 | La santé dans l'environnement urbain | <i>A. Roussel</i> |
| 42 | Contre les nuisances alimentaires, pour une alimentation équilibrée | <i>A.-F. Creff</i> |
| 50 | Les plastiques et la pollution de l'environnement | <i>M. Chaigneau</i>
<i>G. Le Moan</i> |
| 60 | Présence des pesticides dans les produits laitiers | <i>C. Collombel</i> |
| 80 | L'assistance technique en radioprotection du Commissariat à l'énergie atomique | <i>Ph.-P. Kissel</i> |
| 82 | Organisation des moyens d'intervention du CEA en cas d'accident nucléaire à l'extérieur de ses établissements | <i>Y. Marque</i> |
| 85 | Le pharmacien, homme de l'environnement | <i>A. Quevauviller</i>
<i>P. Ribeyre</i> |
| 33 | Agenda | |
| 41 | A livre ouvert | |

La précédente revue (n° 68, mai 1971) vous a présenté, outre les rubriques permanentes, un roman-photo sur la fiche de stock, quelques appareils médicaux et les antimitotiques extraits des végétaux supérieurs.

Le prochain numéro (n° 70, juillet 1971) : voir sommaire détaillé p. 49.

ÉCOLOGIE ET NUISANCES



Vitrel color

J.-M. JOUANY, maître de conférences agrégé de Toxicologie à l'U.E.R. des Sciences pharmaceutiques et biologiques de Nancy

L'homme a certainement pris très tôt conscience de l'importance du cadre dans lequel vivent des individus, végétaux ou animaux, c'est-à-dire la nature, et de l'influence de cette dernière sur leur survie ou leurs comportements. Les modifications incessantes des relations entre des individus ou des groupes d'individus et leur environnement sont apparues depuis longtemps déterminantes de l'évolution possible des espèces, de leur stabilité et des équilibres plus ou moins précaires en résultant. Par ailleurs, la discrimination fut bientôt faite entre des facteurs apparemment favorables, dits maintenant « biotiques », ou défavorables, « abiotiques » parmi lesquels on peut ranger ce que l'on appelle les « nuisances », ou facteurs nuisibles, introduites souvent par l'activité de l'homme lui-même.

Ces problèmes ont souvent été abordés de multiples façons, les prises de conscience d'un certain nombre de phénomènes se sont faites petit à petit et le cheminement a lentement conduit à ce que l'on appelle l'écologie, terme lancé en 1866 par Haeckel. Ce mot a pour racines oïkos, la maison et logos, le discours. C'est la « science de l'habitat » qui « étudie les relations de toute nature existant entre les êtres vivants et leur milieu naturel ». Comment en est-on arrivé là?

Généralités sur l'écologie

Historique

L'idée de relations et d'influences réciproques entre les individus et la nature environnante fut sentie par les Grecs qui remarquaient notamment que tout n'est pas harmonie dans l'être animé, que certains organes sont inutiles ou mieux irrationnels comme les mamelles chez les mâles, ou nuisibles comme les bois exagérément développés des cerfs. Les grands noms sont alors ceux d'Anaxagore de Klazomène (500-425), Aristote (384-322), Théophraste d'Éseros (370-285), puis Lucrèce (95-53) admirable physiologiste du « *De Natura rerum* ».

Il faut ensuite attendre Carl Linné (1707-1778) pour voir apparaître des tableaux logiques des domaines botanique et animal. Moreau de Maupertuis (1698-1759), Buffon (1707-1788) avec Réaumur et l'inévitable Diderot (1754) jettent les bases de « l'évolutionnisme »,

en essayant d'exprimer dans un tableau fidèle l'ensemble des affinités réelles des êtres vivants.

Cette explication positive et rationnelle de la genèse du monde vivant prend corps avec le « transformisme » prôné par Lamarck en 1809. Par ses études de la flore botanique puis des coquillages, il étudie les transformations des organismes sous l'influence du milieu, des changements d'alimentation ou d'habitudes. Les variations seraient fixées par l'hérédité et l'origine animale, cela jusqu'à l'homme.

Cuvier (1769-1832) introduit alors l'idée de « succession ». Il démontre, sans admettre nommément l'évolutionnisme, la filiation génétique des fossiles puis d'espèces supérieures actuelles.

Darwin (1809-1882) fait alors figure de révolutionnaire en jetant les bases de l'idée de « sélection naturelle ». Il reprend les idées de Malthus (1766-1834) qui prennent comme base que la population augmente en proportion géométrique alors que la quantité de nourriture n'augmente qu'en proportion algébrique; de ce déséquilibre naît une

compétition entre les individus et les moins doués disparaissent. Il y a donc sélection et persistance des plus aptes; à cela s'ajoute la sélection sexuelle.

C'est alors qu'Haeckel introduit la notion d'**écologie**. Dans ce que l'on appelle le « Post-Darwinisme », Weismann (1834-1914) s'oriente vers la « continuité germinale », en considérant le soma et le germe indépendants l'un de l'autre, avec immortalité potentielle du germe.

Enfin, en 1900, c'est le « mutationnisme » d'Hugo de Vries.

En fait, on a des preuves nettes de l'évolution dans un cadre homogène :

- unité fondamentale de composition chimique de la matière vivante
- unité sur le plan cellulaire, par similitude des cellules animale et végétale
- unité de structure du spermatozoïde chez les animaux.

De multiples exemples nous montrent l'influence de l'environnement sur l'évolution :

- l'augmentation de la durée de vie est parallèle à l'augmentation de la taille et se rencontre fréquemment chez les animaux vivant à de basses températures
- les croissances rapides semblent incompatibles avec la longévité.

Les écosystèmes et leurs moyens d'étude

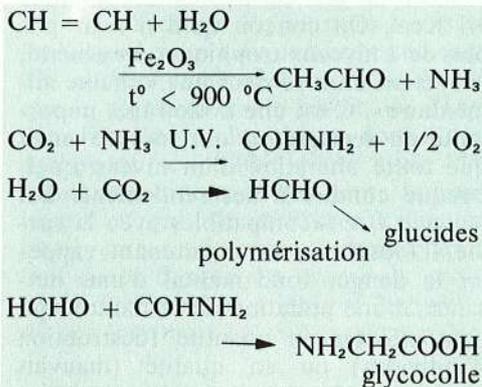
Avant de définir un « système écologique » ou **écosystème**, il faut rappeler brièvement ce qu'est le décor, notre planète, et essayer de montrer comment certains êtres vivants ont pu s'y développer.

La première apparition de la vie sur terre est difficile à apprécier. Notre planète est vieille de 4,5 milliards d'années; les plus vieux fossiles rencontrés datent de 750 millions d'années, ce qui correspond à peu près au quart de notre histoire. Des restes fossiles de bactéries et d'algues bleues (cyanophycées) datent du précambrien (plus de 600 millions d'années). On a pensé pendant longtemps qu'il n'y avait pas de génération spontanée, « *Omne vivum ex ovo* », mais il apparaît pourtant deux solutions à l'énigme :

– les êtres vivants sont venus de l'univers, ce qui est difficile à concevoir,

étant données les distances et les atmosphères à franchir. Est-ce impossible en fonction de ce que nous pouvons observer au début de notre ère spatiale? On ne fait toutefois que repousser le problème; comment la vie s'est-elle produite ailleurs?

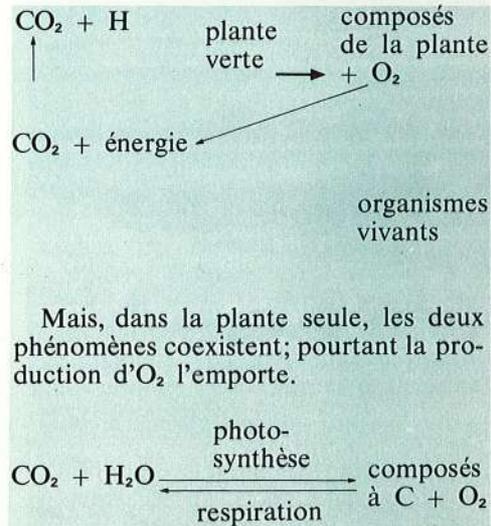
– il y a eu, à l'origine, une génération spontanée et cette genèse ne se produit plus, car les conditions sont entièrement différentes. La deuxième hypothèse paraît de nos jours la plus vraisemblable. Après bien des vicissitudes physico-chimiques, la chaleur provoqua des sorties de gaz et de vapeur d'eau à partir des roches fondues; une première atmosphère, mal retenue autour de la terre, devait être composée de H₂, CH₄, NH₃ et de traces de CO, CO₂ et H₂O. L'atmosphère actuelle s'est probablement formée à partir d'N₂ et de CO₂ tandis que l'eau synthétisée se condensait dans les cuvettes; c'était encore une atmosphère sans O₂. Certains processus chimiques sont alors rentrés en jeu et ont conduit à l'apparition de ce gaz et de molécules organiques comme des acides aminés indispensables au matériel vivant. On peut citer, entre autres, les réactions suivantes :



On est dans un véritable creuset chimique et ces molécules ne se sont peut-être pas créées par le plus grand des hasards du fait de leurs agrégats par absorption sur des argiles. On dit d'ailleurs volontiers, que, dans de telles conditions, l'apparition de la vie était inéluctable. Après de nombreuses étapes de complexification, les premières formes que l'on peut appeler vivantes prirent naissance dans l'eau, dans le milieu marin, réunissant des conditions ioniques satisfaisantes. Les êtres uni puis pluricellulaires végétaux fabriquèrent alors O₂ à partir de CO₂ et d'énergie lumineuse; la photosynthèse fut un phénomène capital pour la suite des événements. On pourrait presque parler d'**écopaléontologie** à ce stade.

Les espèces aquatiques ont ensuite gagné la terre, le monde végétal étant toujours le grand fournisseur d'O₂ (figure n° 1). On compte qu'il a fallu 2 000 ans pour le renouvellement complet de O₂ atmosphérique par les plantes et on estime à 300 ans le temps nécessaire pour obtenir CO₂, dans les conditions actuelles de température. Il apparaît donc cette grande notion : O₂, élément déterminant pour les combustions génératrices d'énergie, est fabriqué par le règne végétal, marin (pour 80 à 90 %) ou aérien, et consommé par les autres règnes. Il y a donc dépendance complète des uns envers les autres.

On peut dire, en effet, que fondamentalement, tout le monde vit sur le dos des plantes, « all flesh in grass », toute chair est en herbe comme disent les Anglo-Saxons. Chaque année, quelques 200 billions de tonnes de carbone sont prises à l'air sous forme de CO₂ et utilisées par la photosynthèse. Par ailleurs, presque autant de carbone est transformé en autres formes de vie et retourne, à la fin du cycle, en CO₂ dans l'air. Le cycle peut être symbolisé ainsi :



On calcule que les plantes vertes utilisent pour la photosynthèse et pour obtenir leur énergie chimique de 1 à 5 % de l'énergie lumineuse reçue. La respiration végétale détruit de 80 à 90 % des glucides formés. L'efficacité synthétique est donc environ de 0,1 à 0,5 %. On admet, avec Duvigneaud qu'elle est de 0,1 % pour l'ensemble de la biosphère. Par ailleurs, les végétaux sont consommés par des herbivores qui sont, à leur tour, la proie des carnivores. Si les herbivores utilisent 1 % de l'énergie des végétaux, les carnivores en tirent 10 %.

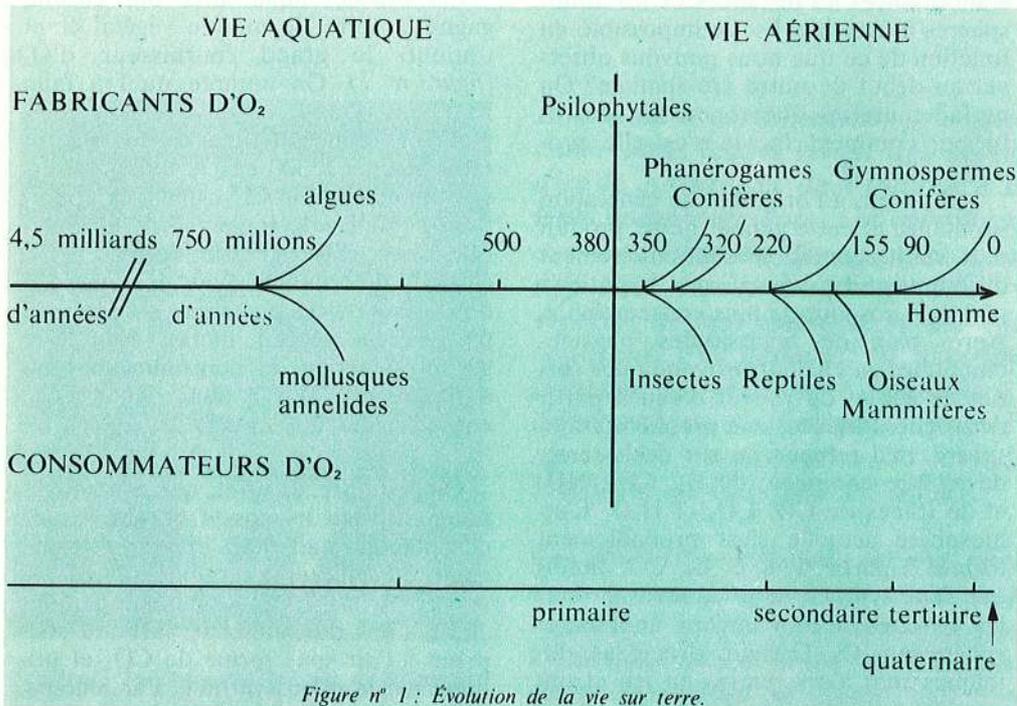


Figure n° 1 : Évolution de la vie sur terre.



Brosselin-Jacana

Vers des mers nouvelles...
(Nietzsche)
Rejets de papeterie.

Ainsi, soient 1 000 Kcal/j/m² fixées en h_y par les plantes; le tissu des herbivores retient 10 Kcal, les carnivores primaires 1 Kcal et les carnivores secondaires 0,1 Kcal. On conçoit qu'il n'y ait pas plus de 4 niveaux trophiques en général, le 5^e étant un luxe dans une « chaîne alimentaire ». C'est une notion très importante en **écologie**, et qui montre aussi que toute altération d'un niveau quelconque conduit à des rendements qui peuvent être incompatibles avec la survie. Il faut donc, dès maintenant, rappeler le danger fondamental d'une nuisance, d'une pollution de la nature, qui peut affecter en quantité (destruction d'individus) ou en qualité (mauvais rendement de plantes intoxiquées); les conséquences pourraient mettre en balance l'équilibre dans lequel nous vivons, malgré son apparente solidité.

Les espèces ont évidemment évolué à des vitesses très inégales selon les groupes de plantes ou d'animaux. Une évolution qui ne serait faite que de changements quelconques, sans liaison les uns envers les autres, peut se concevoir mais n'aurait que peu de rapports avec la réalité. En effet, dans la nature, tout paraît enchaîné et *régulé*. La régulation existe aussi bien entre les différents compartiments de l'être lui-même qu'entre les différents individus d'un groupe qu'entre différents groupes et espèces. On ne peut hélas se faire une

idée précise de la vitesse avec laquelle les organismes ont évolué que dans quelques cas et pour de brèves périodes car il faut connaître le nombre de générations qui se succèdent en un temps déterminé, ce qui est complexe. L'évolution d'un « phylum » se caractérise généralement par trois stades :

- **période juvénile** = espèces peu nombreuses, évoluant lentement et ne faisant que quelques types
- **période de maturité** = les types sont nombreux, la vitesse maximale est atteinte; les aires occupées sont de plus en plus étendues
- **période de stabilisation ou de déclin** = certains types vont disparaître.

Mais tout commence au niveau d'un groupement d'individus de même espèce.

ÉTUDE DE LA CROISSANCE D'UNE POPULATION

Dans sa plus grande simplicité, la croissance d'une population est le résultat brut de 2 phénomènes opposés, la natalité et la mortalité. On sait que, théoriquement, le développement d'une population à ressources et espaces illimités affecte la forme d'une courbe exponentielle, en admettant que le coefficient *r* d'accroissement soit constant :

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

N est l'effectif de la population, *t* le temps.

Si *N*₀ est l'effectif de la population à l'instant 0 et *N*_{*t*} à l'instant *t*, on peut écrire que :

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

r a pu être calculé au laboratoire pour quelques espèces. La courbe exponentielle obtenue est appelée « potentiel biotique ». Dans la nature, *r* n'est évidemment pas constant. Verhulst (1845) avait émis l'hypothèse que la croissance des populations humaines se représentait par une courbe en S, dite « courbe logistique » de croissance. Pearl (1925) montre qu'elle peut s'appliquer à la croissance de toutes les populations animales disposant de ressources alimentaires en quantité fixe mais renouvelable :

$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{K - N}{K}$$

$$\text{d'où } N = \frac{K}{1 + e^{a - rt}}$$

K est le nombre maximum d'individus pouvant vivre dans le milieu considéré, $a = r/K$ est une constante et $\frac{K-N}{K}$ est

la « résistance du milieu » à l'accroissement de la population. La figure n° 2 exprime ces courbes.

Par ailleurs, Liebig (1840) avait établi la « loi du minimum », montrant les limites de tolérance de la croissance en fonction de la concentration d'un substrat; il y a un optimum à la courbe de croissance, un facteur, biotique dans la partie ascendante de la courbe, devient ensuite abiotique. L'excès en tout est un défaut (figure n° 3).

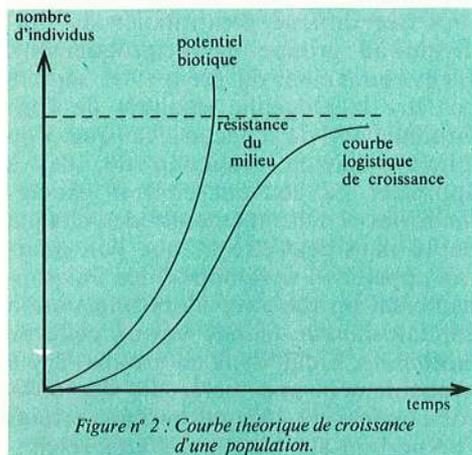


Figure n° 2 : Courbe théorique de croissance d'une population.

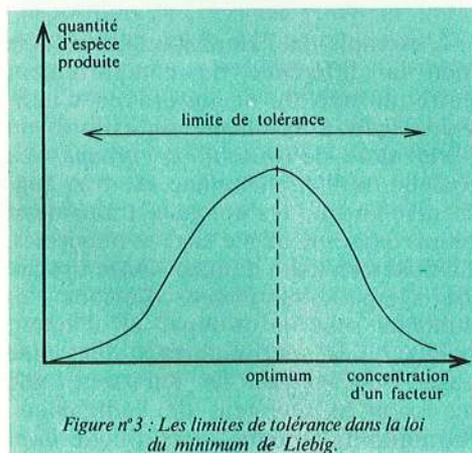


Figure n° 3 : Les limites de tolérance dans la loi du minimum de Liebig.

CAS DE PLUSIEURS POPULATIONS

Le cas d'une population étant seule à se développer dans un milieu donné, est évidemment rarissime dans la nature, qui n'est que coexistence et il ne se rencontre guère que dans des conditions expérimentales. Le développement de deux espèces plus ou moins voisines,

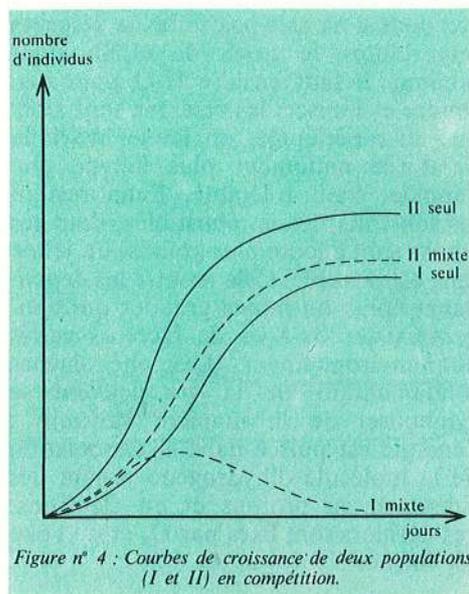


Figure n° 4 : Courbes de croissance de deux populations (I et II) en compétition.

dans une même « niche écologique » peut conduire à un équilibre, mais aussi à une compétition; il peut aussi y avoir prédation, une espèce servant de proie à l'autre et disparaissant ainsi. L'espèce qui l'emporte n'atteindra pas un développement normal (figure n° 4).

Lorsque plusieurs espèces sont réunies dans une même écologie, nous avons vu les dépendances à de nombreux niveaux des espèces entre elles; nous avons vu que le règne animal a besoin de l'oxygène fabriqué par les plantes dont il doit également se nourrir pour avoir des substrats à brûler, ce qui limite la fourriture en gaz; le carnivore mangeant l'herbivore est à son tour facteur limitant de ce danger. La vitesse de croissance du végétal peut assurer l'entretien du système mais on voit apparaître ces

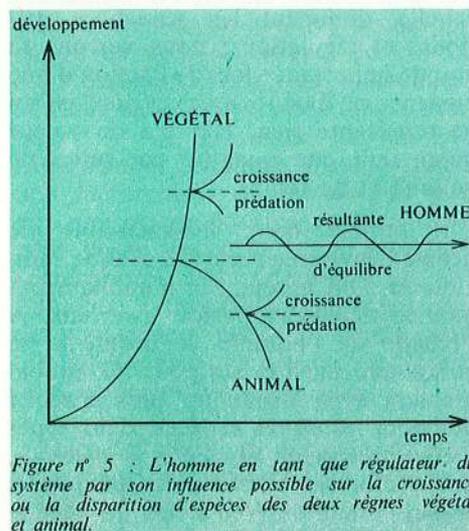


Figure n° 5 : L'homme en tant que régulateur du système par son influence possible sur la croissance ou la disparition d'espèces des deux règnes végétal et animal.

multiples régulations enchevêtrées permettant à l'ensemble de rester stable ou de périr.

L'homme a toutefois une place particulière dans le système. Prédateur des plantes comme des animaux, il est le seul à avoir la possibilité d'augmenter volontairement leur reproduction et donc de compenser les destructions. Il peut aussi orienter la nutrition ou les conditions de vie des différentes espèces et ces problèmes sont une de ses préoccupations majeures actuelles (figure n° 5).

Place de l'homme dans le système écologique

L'homme, juge et partie, exerce une action de plus en plus déterminante sur la biosphère, mais voyons comment il s'y intègre.

L'homme

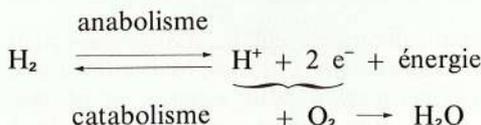
Nous existons, pour un certain temps seulement, en harmonie avec le milieu, notre équilibre est « métastable ». Bien qu'occupant une place particulière, l'homme appartient au monde animal. Son individualisation est « a priori » le résultat de l'action de deux forces contraires. Il en est ainsi de tout équilibre et cela fait penser à une boutade d'un pharmacien célèbre, Louis Jovet, qui définissait le couple idéal, harmonieux comme « deux forces égales, mais de sens contraires ».

L'homme est d'abord soumis au 2^e principe de la thermodynamique de Carnot, impliquant que les énergies de tous les systèmes ont tendance à s'égaliser, le système le plus élevé en énergie (potentielle ou fonctionnelle) ayant tendance constante à en fournir à celui dont le niveau est plus bas. Il y a une tendance constante au nivellement thermodynamique. Quand une forme d'énergie se transforme en une autre, le rendement est toujours inférieur à 1, la chaleur produite étant une forme dégradée, une perte. Cela conduit à la fameuse notion d'entropie, qui est la désorganisation, la dégradation. L'entropie d'un cadavre est à peu près égale à celle de

l'environnement, les niveaux énergétiques sont comparables. Celle de l'être vivant est inférieure à celle de son milieu.

Une force contraire lutte continuellement contre ce phénomène, pour gagner de la « négentropie », c'est le métabolisme. Notre métabolisme de base, qui peut être estimé à 500 cal/j neutralise la tendance au nivellement, représente la différence des niveaux énergétiques et nous permet de conserver notre structure, de maintenir la température nécessaire aux réactions enzymatiques et d'assurer le mécanisme de fonctionnement minimal assurant notre individualisation. Le complément apporté par le métabolisme « énergétique » nous permet d'augmenter notre liberté d'action dans le milieu, le travail, les déplacements (catabolisme) ou de mettre en réserve de l'énergie potentielle, de la structure et de constituer des stocks (anabolisme).

gaz dont il ne sait pas faire de réserves importantes, le stock de O₂Hb étant minime. Il faut ensuite H₂O pour dissoudre et ioniser; les réserves sont alors un peu supérieures, un jeûne hydrique de durée nettement plus longue que l'anoxie, étant tolérable. Enfin restent les substrats, les combustibles, dont les stocks sont encore plus grands; un jeûne long est possible. Cela montre les dépendances plus ou moins grandes qui peuvent exister vis-à-vis de facteurs variés de l'environnement. Les phénomènes fondamentaux de la vie peuvent se symboliser de la manière suivante : l'énergie est puisée dans la dissociation de la molécule d'hydrogène venant des substrats, en protons et en électrons; ces derniers sont fixés par O₂ et de l'eau est formée.



L'homme respecte également les lois de croissance que l'on rencontre dans les autres espèces. La courbe de croissance de sa population affecte en effet la forme d'une exponentielle (figure n° 6). Il est encore difficile de dire si le point d'inflexion est obtenu.

L'environnement

Si l'individu est relativement facile à délimiter « dans le temps et dans l'espace », il apparaît beaucoup plus difficile de définir l'environnement qui lui correspond dans ces mêmes coordonnées. Il faut insister particulièrement sur la notion de *temps*, facteur capital à notre échelle, dominant les séquences, périodes et régulations; nous verrons sa grande importance lors de l'action d'une nuisance ou d'un toxique; la dose en soi ne représente rien, elle n'a de valeur qu'en tant que quantité par unité de volume et de temps.

Il semble donc indispensable de définir l'environnement de chaque individu ou d'un groupe, en n'oubliant pas qu'il se déplacera parfois avec eux. A l'échelle de l'homme, le problème se complique car il existe pour lui, probablement avec beaucoup plus d'acuité que pour les autres espèces, deux types d'environnement, *psychique et physique*, quelquefois semblables mais quelquefois apparemment différents. On doit également différencier l'environnement de

l'homme sain et celui de l'homme malade; dans ce dernier cas, on peut parler d'*environnement thérapeutique*, dans lequel le **pharmacien** occupe une place importante sinon irremplaçable.

L'environnement d'un groupe d'individus n'est pas l'environnement de chacun. L'exemple simple est celui des soldats composant un carré de la Garde Impériale en retraite à Waterloo; le carré est dans un environnement précis, tous les éléments du carré sont « dans le même bain », mais chaque soldat a toutefois son environnement propre, plus ou moins favorable selon qu'il est au centre ou au bord du carré, chacun dépendant en plus de son voisin. Il sera très difficile d'extrapoler de l'individu au groupe et réciproquement. L'environnement du groupe ne semble pas être la moyenne résultant de l'environnement de chacun, ce que l'on aurait d'ailleurs beaucoup de mal à apprécier ne pouvant chiffrer exactement les environnements de chaque entité, mais peut-être ce que l'on pourrait appeler « l'enveloppe » des environnements; on retrouve alors une notion capitale dans le monde vivant, celle de *membrane*. Enfin, dans un groupe, il y a probablement une hiérarchie des environnements de chaque entité, certains l'emportant sur d'autres. Cette recherche doit être énormément développée.

L'exemple de l'amphétamine montre bien la différence de comportement entre un individu ou un groupe d'individus face à la même agression; on parle alors de *toxicité de groupe*. La toxicité de l'amphétamine est très augmentée lorsque les animaux traités sont réunis dans une même cage et non isolés. La raison en a été donnée. Cette drogue est sympathomimétique. Lorsque les animaux sont en groupe, et d'autant mieux qu'ils sont enfermés dans une cage trop petite, ils subissent une agression et secrètent de l'adrénaline, hormone du système sympathique dont l'action s'ajoute à celle de l'amphétamine administrée. La DL₅₀ de cette dernière diminue nettement.

Les facteurs de l'environnement sont de natures multiples. Il faut rappeler qu'ils peuvent être souvent considérés comme des « signaux » et les grands progrès faits sur les théories de l'information pourraient être d'une grande aide dans ce domaine. Mais cela pourrait faire l'objet d'une autre conférence.

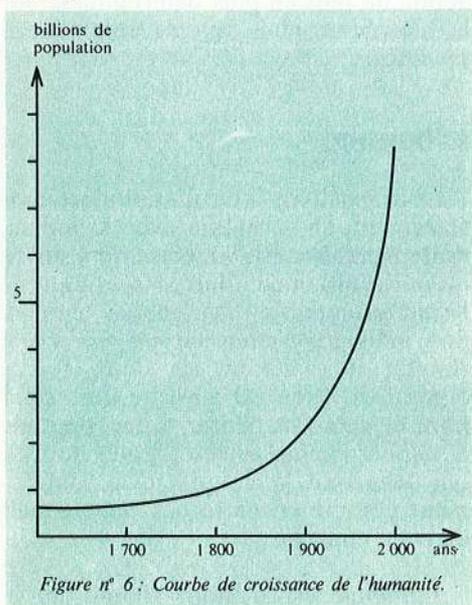


Figure n° 6: Courbe de croissance de l'humanité.

L'énergie utilisée par l'individu étant puisée dans la matière du milieu extérieur, les deux systèmes sont interdépendants. Mais si l'individu emprunte quelque chose au milieu, il faut qu'il lui restitue autre chose pour respecter l'échange nécessaire à la régulation afin que le phénomène s'entretienne. C'est le cas exemplaire du CO₂ que la plante recycle, mais avec l'aide de photons solaires, apport énergétique constant du système global.

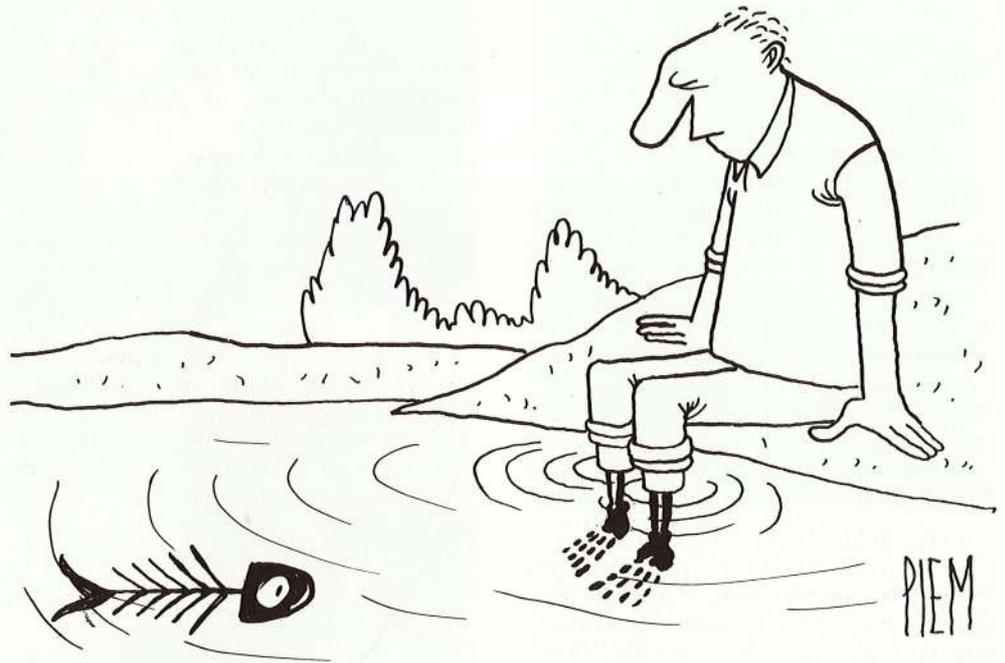
Il faut donc, par ordre d'importance, O₂ pour tirer de l'énergie des combustions; l'animal est très dépendant de ce

Rapports entre l'homme et l'environnement

Plusieurs mécanismes généraux peuvent être mis à jour. D'abord, la *régulation*, base même de l'équilibre. Elle a toutefois ses limites de tolérance et nous en avons de multiples exemples dans les mondes aussi bien vivant qu'inanimé.

Dans le monde vivant, lorsque l'environnement est défavorable et que la régulation devient difficile ou impossible, il y a des ressources. Ce sont les réactions de *fuite* ou de *lutte* décrites par le physiologiste anglais Cannon chez l'animal. Lorsqu'un chat est en face d'un chien, environnement du premier réputé défavorable, le chat a deux possibilités : fuir pour trouver un environnement meilleur, lutter pour rendre l'environnement précédent tolérable. Ce qui nous montre que nous sommes structurés et végétativement organisés pour faire face à ce genre de situation et que la réponse biologique à l'agression est systématique, et identique dans les deux solutions choisies. L'organisme sécrète de l'adrénaline qui, par vasoconstriction du territoire splanchnique, court-circuite la circulation sanguine au niveau du foie, des intestins et des reins, organes non nécessaires dans l'action, afin de mobiliser le sang à la disposition des organes « nobles » indispensables pour le but poursuivi. Il faut effectivement un cerveau très conscient, un cœur efficace, des poumons oxygénant des muscles en parfait état de fonctionnement pour agir. Lorsque l'hypoxie, voire l'anoxie imposée aux organes court-circuités est passagère, les conséquences ne sont pas graves car ils sont probablement adaptés à ce genre d'événement, connaissant leurs relatives possibilités de métabolisme anaérobie. Mais si l'hypoxie dure, c'est le « choc » bien connu et souvent mortel.

Il est alors curieux de noter que, quelle que soit la nature de l'agression, fuite, lutte, traumatisme, agression microbienne, agression chirurgicale, brûlures, nuisances, la réaction de l'organisme est univoque; il répond par vasoconstriction splanchnique et le choc peut être obtenu. Les perturbations écologiques graves auront les mêmes conséquences, en aigu comme en chronique car nous avons affaire à la réponse fondamentale de l'organisme à un environnement défavorable.



Ces réactions de fuite ou de lutte se rencontrent déjà dans le monde dit inanimé. La loi des déplacements de l'équilibre de Le Chatelier est une réaction de lutte : « lorsque, dans une réaction d'équilibre, on augmente un des facteurs, le système tend à le faire disparaître et l'équilibre s'oriente en ce sens ».

On est alors conduit à repenser les rapports entité-milieu et dans notre goût de l'unité, nous avons tendance à nous demander si ces relations ne respectent pas les mêmes principes généraux tout au long des échelons de complexité croissante. Pour ne parler que des phénomènes de croissance, la multiplication de cellules isolées, de cellules d'un organe (tissus), les phénomènes de cicatrisation affectent la même allure (figure n° 7). L'homme est un être extrêmement complexe, d'une organisation hiérarchisée, subtile et l'on peut dire que sa composition multicellulaire peut poser des problèmes de nature « écologique » à de nombreux niveaux. Le milieu extra-cellulaire, le sang, sont des environnements de la cellule isolée (globules rouges ou blancs) ou de cellules associées (organes).

Dans des cas moins dramatiques, l'organisme vivant évolué a une autre possibilité, il peut rechercher une autre régulation, c'est l'*adaptabilité*. Elle est

la grande raison de la survie des espèces car tous les problèmes ne peuvent être résolus par la fuite ou la lutte et représente une solution intermédiaire. Il est rentable de composer, mais encore faut-il le pouvoir. Cette adaptabilité peut se faire sur deux plans, soit lorsqu'un facteur de l'environnement varie en quantité (augmentation des limites de tolérance de la régulation) soit en qualité (possibilité de créer une régu-

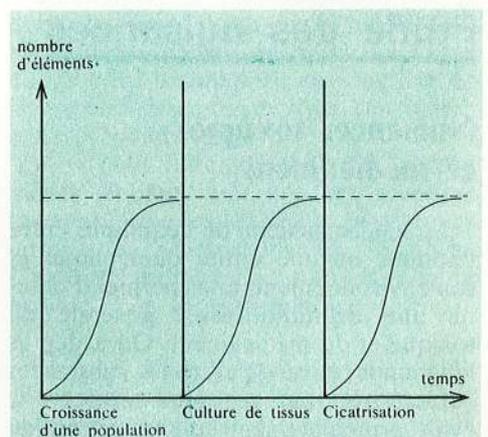


Figure n° 7 : Similitude de certaines courbes exprimant des phénomènes biologiques de reproduction.

lation en fonction d'un facteur nouveau). Une des conséquences en sera gênante, montrant que l'on n'a rien sans rien; les insectes ou les rongeurs s'adaptent aux pesticides, les hommes s'accoutument aux médicaments.

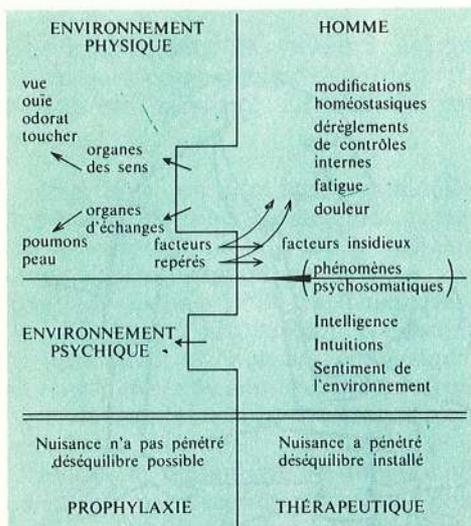


Figure n° 8 : Relations entre l'homme et son environnement.

Cette adaptabilité nous montre que, s'il est très difficile et peut-être pas souhaitable de retrouver l'écologie primitive, il est très possible de trouver une *écologie nouvelle*, correcte. D'ailleurs, on est fortement tenté de pencher en ce sens, en reprenant l'interprétation du principe de Carnot par Clausius qui dit que « la possibilité pour qu'un système repasse par un de ses états antérieurs est d'autant plus faible que ce système est plus complexe ».

La figure n° 8 essaie de montrer certains rapports importants entre l'homme et l'environnement.

Étude des nuisances

Nuisance, toxique et médicament

Le schéma général de l'équilibre entre l'homme ou une entité quelconque et son environnement, nous permet d'obtenir une définition assez générale du toxique et du médicament. On a depuis longtemps réalisé qu'entre les substances caractérisées par ces deux termes il y avait principalement une question de dose. En effet, la même substance, selon sa concentration, peut être bénéfique ou maléfique. Mais on peut également dire que, selon ses conditions d'emploi, les mêmes résultats contradictoires peuvent être obtenus. Il faut donc introduire, en plus de la notion de dose, ou mieux de concentration en fonction du temps, la notion de *situation*. A des doses



Il fait clair de lune sur l'enfer (P. de la Tour du Pin)

comparables, selon les circonstances d'application, tout peut changer. On est alors amené à dire que :

« Est toxique tout facteur capable d'altérer ou de détruire, selon les circonstances, l'équilibre entre une entité et son environnement, est médicamenteusement tout facteur capable de ramener à l'équilibre toute relation perturbée ».

Les facteurs peuvent être de toute nature, pas forcément d'origine chimique comme on l'entendait par exemple en parlant de poison et l'on rejoint dans ce cas la notion de **nuisance**.

Action de l'homme sur la biosphère

On peut considérer l'intervention de l'homme dans deux grands compartiments.

a) Destruction des ressources naturelles

On peut citer les phénomènes suivants :

- érosion : l'homme provoque l'érosion par destruction de la couverture végétale protectrice, remplacée par des pratiques culturales ou des surpâturages (mouton) ou détruite par des incendies volontaires;
- dessèchement : c'est la conséquence de la destruction de la végétation, des dessèchements des marais;
- dilapidation des ressources naturelles : arbres abattus;
- réduction des surfaces cultivées : depuis un siècle, 20 millions de km² ont été soustraits à la culture;
- consommation d'O₂ : augmentation énorme des combustions énergétiques;
- destruction des espèces : plus de 100 espèces de vertébrés ont disparu.

b) Pollution de la biosphère

C'est un point particulièrement mis en lumière de nos jours. On peut simplement rappeler l'exemple des pesticides que l'on retrouve dans presque tous les écosystèmes qu'ils appauvrissent par destruction des espèces utiles et apparition de races résistantes; ils s'accumulent grâce à leur longue rémanence et se concentrent le long des chaînes alimentaires. Il en est de même des déchets industriels et des polluants radio-actifs (^{90}SR , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{32}P).

Conserver la nature, c'est aussi conserver l'homme; il paraît raisonnable de lutter contre la destruction des sols, d'augmenter les récoltes, de conserver les écosystèmes; il faut apprendre à exploiter rationnellement la planète car c'est sur terre que se décidera l'avenir de l'humanité comme le dit J.-G. Baer, président du Comité spécial du PBI (Programme Biologique International). La figure n° 9 résume les faits.

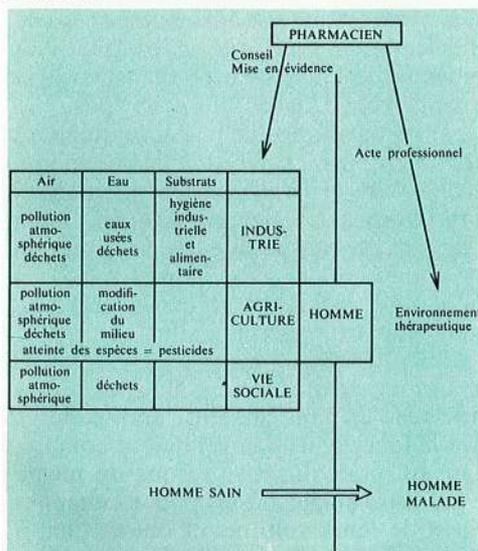


Figure n° 9 : Influence de l'homme sur l'environnement.

Il faut toujours conserver à l'esprit que la productivité primaire est assurée par les autotrophes chlorophylliens, la productivité secondaire par les autres niveaux trophiques (consommateurs et décomposeurs); à l'échelle mondiale, rappelons que la productivité (quantité de matière vivante produite par unité de temps) est de :

- haute mer et déserts = 0,1 g/m²/j
- herbes semi-arides, agriculture temporaire = 0,5 à 3
- forêts humides, agriculture permanente = 3 à 10
- estuaires et coraux, cultures intensives = jusqu'à 20

Étude des nuisances

L'écologie est souvent subdivisée en plusieurs branches :

- autoécologie (Schoter, 1896) : rapport d'une espèce avec son milieu
- synécologie (Schoter, 1902) : rapports entre les individus qui appartiennent aux diverses espèces d'un groupement avec leur milieu;
- dynamique des populations (Schwertfeger, 1963) : variations d'abondance des diverses espèces.

L'étude de l'influence des nuisances sur les relations individu-environnement pourrait être simplement qualifiée d'**écotoxicologie**.

Selon Plantefol, «l'écologiste doit considérer l'être vivant non pas dans un milieu théorique, constant, toujours semblable à lui-même à un facteur près, mais bien dans le monde où se jouent des forces sans cesse variables». Cela date de 1930. C'est évidemment le fond du problème, observons la nature sans toucher à rien car tous les facteurs mis en jeu sont présents et l'équilibre des choses telles qu'elles sont installées est conservé. La nature des interactions est ainsi difficile à connaître, les mécanismes sont péniblement mis à jour et «la nature est souvent trompeuse». On peut dire, par ailleurs, que le chercheur doit être le plus fieffé coquin qui coince la nature afin de l'obliger à avouer tout en restant le juge le plus impartial et le plus clairvoyant devant les résultats obtenus. La nature avoue quoi, pas forcément la vérité? Alors il faut sans doute adopter la position suivante : extrapoler de l'animal à l'homme est complexe et dangereux mais c'est une voie d'approche qui a fait ses preuves et s'est avérée rentable; il faut essayer d'extrapoler de l'expérimentation, d'un milieu théorique à la nature. Le but est de mettre à jour certaines relations entre des êtres et leur environnement choisi et de voir si elles s'appliquent d'une manière plus générale. On est donc tenté d'abord de ramener ces problèmes à un stade expérimental. On peut chercher à simplifier les deux choses :

simplifier l'individu : cela est pratiqué depuis longtemps puisqu'on a étudié les comportements d'êtres moins complexes que l'homme, pluri ou unicellulaires; on y est autorisé partiellement par la relative homogénéité de la cellule à travers

tous les règnes; cela rejoint l'optique selon laquelle les problèmes écologiques peuvent se concevoir à tous les niveaux, cellule, organe, organisme et leurs environnements respectifs; cette voie d'approche est largement exploitée actuellement.

simplifier l'environnement : reste encore la question de le définir; c'est exactement ce que l'on fait dans des cultures de bactéries ou de tissus. Le bouillon de culture est un système clos, un environnement déterminé dont on contrôle la plupart, sinon la totalité, des facteurs, avec le loisir de n'en faire varier qu'un. De toute façon, s'il y a survie normale, une écologie correcte a été créée. N'oublions pas que cela est et sera de plus en plus réalisé par l'homme, dans une capsule spatiale ou sur la lune.

Dans toutes ces études, rappelons certains points capitaux, bien connus des toxicologues :

- pour étudier un environnement précis, il faut savoir faire des prélèvements représentatifs, ce qui n'est pas simple. C'est ainsi que Truhaut et ses collaborateurs, pour étudier des nuisances respirées par des ouvriers, ont été amenés à faire des prélèvements en continu, aussi près que possible des voies aériennes des individus (système de prélèvement portatif à l'aide de micropompes) afin de recueillir des échantillons d'air très voisins sinon identiques à celui qui est respiré;

- l'analyse, la caractérisation de la nuisance, est encore capitale. Il faut bien savoir de quoi on parle. Le choix difficile des techniques, en fonction de leur spécificité, puis de leur sensibilité, reste prépondérant;

- on peut faire appel à des phénomènes globaux, tels que les réponses fournies par des espèces biologiques inférieures, réactifs vivants sensibles. L'extrapolation reste toutefois encore pénible et la sécurité relative.

Se pose donc le grand problème du choix des critères d'observation. Que peut nous apporter l'écologie actuelle dans ce domaine? Il est difficile d'étudier les courbes de croissance de diverses populations humaines pour apprécier la «résistance du milieu». Et si, à la rigueur, on peut définir les courbes logistiques de croissance, on est mal armé pour fixer le potentiel biotique. Sur le plan expérimental, on pourrait adopter la technique suivante : les courbes de

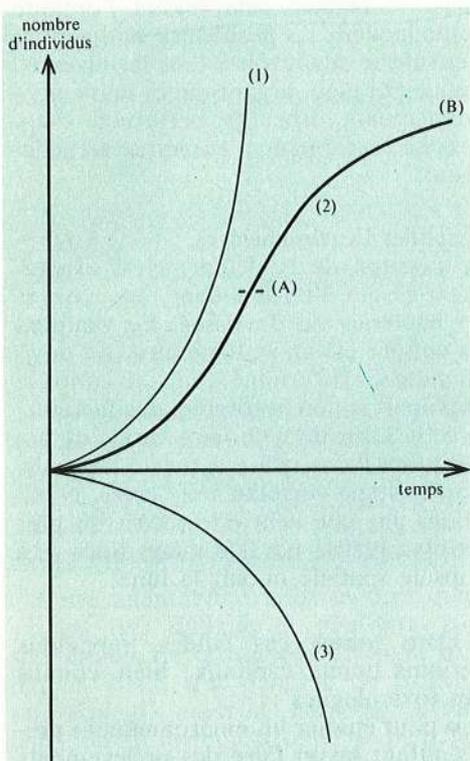


Figure n° 10 : Décomposition de la courbe logistique de croissance.

croissance de bactéries, levures ou paramecies peuvent être étudiées dans leurs milieux témoins ou dans des milieux préparés à partir d'échantillons d'eau, suspects ou contenant des prélèvements d'atmosphères, ou en présence d'atmosphères suspectes. L'étude des courbes peut se faire comme le montre la figure 10. On peut définir le potentiel biotique (1); on peut mesurer la courbe logistique de croissance (2) dans les milieux témoin et essai. Elle possède un point singulier (A) d'inflexion. Cette courbe en S est forcément la somme d'au moins 2 exponentielles dont nous connaissons la première (1) et elle peut arriver à un équilibre en (B). Une autre (3), au moins, est nécessaire. Elle peut représenter la mortalité. La première constatation qui s'impose est que la mort n'est pas un phénomène linéaire mais forcément exponentiel lui aussi, d'autant plus important que le milieu est limitant. Hélas, les courbes (1) et (3) n'ont pas de point singulier. Normalement, pouvant assez facilement déterminer expérimentalement (2) et (3), connaissant (1), on a toutes les données et les recoupements sont possibles. Si une nuisance interfère, la courbe de mortalité (3) est modifiée et l'influence se répercute sur (2); cela se remarque précisément aux points (A) et (B) ou aux 2. Les significations de ces deux

déplacements peuvent être étudiées en présence de toxiques connus et montrer des caractéristiques particulières. De même, la modification en (3) peut être aussi une somme d'exponentielles que l'on peut analyser. Nous pensons pouvoir rapidement approfondir cette voie d'approche.

Des déterminations du même ordre pourraient être faites dans l'organisme de l'homme ou de l'animal, en étudiant la vie des globules rouges ou les vitesses de renouvellement de molécules biologiques, elles aussi résultant de leur croissance, de leur natalité et de leur mort.

Tous ces résultats doivent évidemment être recoupés sur un plan plus général. Les grandes enquêtes épidémiologiques essaient de dégager, à partir d'observations de masse, des facteurs déterminants de grandes pathologies ou d'intoxications. Ces enquêtes, en médecine du travail, se font chez des ouvriers travaillant dans des conditions précises, à des postes précis, dans des environnements relativement bien déterminés, presque expérimentaux, ce qui permet évidemment des corrélations plus exactes.

Examinons maintenant des problèmes posés par les nuisances dans deux grands compartiments de l'environnement de l'homme, l'air et l'eau.

a) l'air

L'air est l'élément que l'homme utilise en plus grande quantité. On estime de 12 à 14 m³ la quantité d'air brassée par ses poumons dans une journée; le balayage est beaucoup plus important lorsque l'homme travaille, fournit un effort et par là même hyperventile. La matière vivante est un excellent piège à toxique et ce dernier s'y concentre pour atteindre des taux dépassant nettement la concentration tolérable à partir d'atmosphères extrêmement diluées. Le temps apparaît encore comme un facteur prépondérant, comme Haber l'avait établi (pour des valeurs moyennes seulement), dans la relation :

$$c \times t = \text{constante}$$

c est la concentration d'un toxique, t le temps d'exposition. La toxicité est la même pour une forte concentration et un temps court que pour une concentration faible et un temps long.

Rappelons brièvement ce qu'est une pollution atmosphérique. Elle correspond soit à la variation quantitative d'un élément normal (O₃, CO₂), soit à une variation qualitative de l'atmosphère par apparition d'un élément anormal (SO₂).

Deux grands écosystèmes peuvent être définis :

– **l'homme au travail** : c'est la préoccupation de l'hygiène industrielle; la pollution ne touche, en général, qu'une population très particulière, essentiellement composée d'adultes. L'environnement peut être relativement simple:

– **l'homme dans sa vie sociale** : il est concerné par la pollution atmosphérique; la population entière est touchée, hommes, femmes, enfants, vieillards. L'environnement peut atteindre la plus grande complexité.

Remarquons, dès à présent, que le travailleur va donc passer rapidement d'un écosystème à l'autre. Il en est de même de l'enfant des villes que l'on amène à la campagne et qui accuse le changement. La question se pose de savoir si le changement d'écosystème se fera bien ou mal. On doit alors, sur un plan plus général, parler d'**écologies interdites, tolérables ou croisées**. Cela nous permettra d'ailleurs de jeter un pont entre diverses écologies que l'on peut dire naturelles et celles que l'on peut appeler expérimentales.

Comme le dit Chovin, dans les temps anciens, les gens jetaient leurs ordures par la fenêtre; ils s'en rendaient compte. De nos jours, ils font presque de même avec leurs poêles ou les pots d'échappement de leurs voitures et ont du mal à en prendre conscience. On reconnaît généralement trois stades dans la pollution :

– **une phase d'émission** : elle est évidente;

– **une phase de dispersion** : elle ne consiste pas en un simple phénomène mécanique. Il peut se passer dans l'atmosphère des réactions chimiques importantes, au cours desquelles un toxique redoutable prend naissance à partir d'éléments moins dangereux. Citons l'accident célèbre de Los Angeles; réunissons dans une même atmosphère des vapeurs nitreuses, des hydrocarbures et du soleil (h ν), il se forme de l'ozone qui s'accumule, des radicaux libres hautement réactifs chi-

miquement et des composés extrêmement toxiques comme le nitrite de peroxyacétyle prennent naissance. On est d'autre part bien revenu de l'innocuité de l'ozone, que l'on a pu appeler un jour hélas le gaz hygiénique et qui est, en fait, doué d'une grande toxicité comme de nombreux résultats ont pu le montrer.

A partir du SO_2 , grand polluant actuel des atmosphères des villes, en présence de gouttes d'eau des nuages ou des brouillards, avec un zeste de catalyseurs comme Fe ou Mn et un peu de H_2 , il se forme de l'acide sulfurique, redoutable décapant de notre arbre respiratoire. Peuvent se greffer alors des nuisances complémentaires. L'acide sulfurique provoque des bronchites mais altère la barrière de l'alvéole pulmonaire et favorise le passage d'autres toxiques. On a, en effet, remarqué des accidents

parfois très graves pour des concentrations de SO_2 dans l'atmosphère nettement inférieures à celles qui sont admises comme limites tolérables.

Nous bénéficions de peu de stocks en O_2 et c'est le grand danger du CO. On connaît l'affinité de ce dernier pour le pigment respiratoire, une partie de CO équivaut à 220 parties d' O_2 , soit 1 000 parties d'air. On peut voir que, pour une concentration de 1 p 1 000, il y a 50 % de COHb et 50 % d' O_2Hb , ce qui est rapidement mortel. Si l'on se rappelle que les fumeurs ont dans leur sang une forte teneur en CO venant de leur pratique, on réalise alors le risque que de faibles quantités de ce gaz peut leur faire encourir :

— **une phase de retombée** : elle a lieu lors de pluies, de brouillards; il peut y avoir un véritable lessivage de l'atmo-

sphère et les conséquences sont évidentes dans certains endroits.

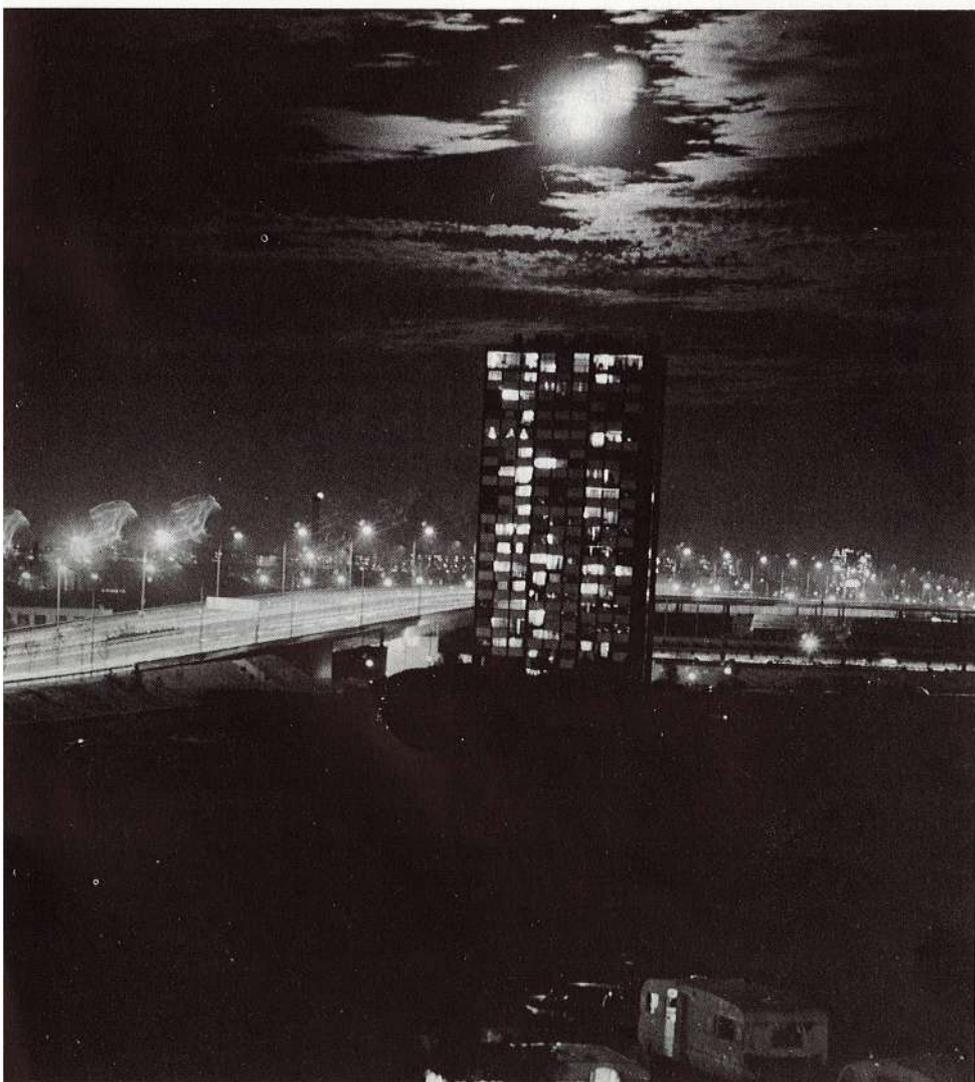
Les exemples de pollution sont extrêmement nombreux et variés; c'est l'amiante des ferodo de freins de voitures, génératrices de pneumoconioses. Des métaux sont des polluants majeurs, comme le mercure qui émet facilement des vapeurs. Le cas du plomb est remarquable. Il est devenu un grand polluant atmosphérique depuis l'emploi généralisé du plomb tétraéthyle comme antidétonant dans l'essence super. On en rencontre des proportions étonnantes dans les végétaux bordant les autoroutes.

La végétation est souvent un témoin fidèle de la présence des toxiques dans l'air; les taches de chlorose sont évidentes sous l'attaque de SO_2 , les glaieuls meurent en présence de traces de HF. Le danger est à tous les niveaux tropicaux, risque pour l'homme, pour la nature animale ou végétale qui l'entoure; l'équilibre écologique pourrait bien être un jour compromis.

b) l'eau

Elle représente un milieu moins hasardeux que l'air car moins mobile, elle permet des réactions plus probables, des concentrations, des fixations. Elle ravine le sol, le draine, le lixivie et peut se charger de quantités d'éléments non souhaitables. Elle est souvent le siège des débuts des chaînes alimentaires. L'exemple en est donné pour le DDT. Du DDT, à la concentration de 0,014 ppm, fut mis dans un lac afin de détruire des larves de moustiques; il fut retrouvé à la concentration de 2 500 ppm chez les grèbes, oiseaux mangeurs de poissons dont on put constater la mort massive. La chaîne alimentaire suivante était constituée : plancton \rightarrow poissons végétariens \rightarrow poissons carnivores \rightarrow grèbes. La diminution de reproduction du pétrel a été superposable à l'augmentation du DDT contenu dans les œufs; le pesticide interfère avec le métabolisme du calcium et il y a un rapport étroit entre la formation de la coquille et le métabolisme hormonal.

Sous l'effet de la pollution radioactive, le ^{32}P s'accumule aussi dans des chaînes alimentaires.



« Avec l'électricité, l'insomnie du monde a commencé. » (G. Ferrero)

Comme dans le cas de l'air, on remarque que les pollutions peuvent venir d'activités de l'homme, professionnelles ou non. Il y a aussi une phase d'émission (eaux usées, eaux vannes) puis de dispersion. L'eau est beaucoup plus en contact avec les espèces dont nous nous nourissons que l'air, et sa pollution représente sur ce plan un bien plus grand danger. La surveillance des eaux est très étroite, les analyses auxquelles elles sont soumises sont très complètes mais il serait bon de pouvoir faire face à toute apparition inattendue d'une nuisance et les techniques actuelles de détermination doivent encore être améliorées. Les nuisances se retrouvent aussi dans l'eau de mer où elles se concentrent chez les poissons dont c'est le milieu naturel; on retrouve du DDT, du mercure. Ce métal pose d'ailleurs actuellement un très gros problème. Il a été très largement utilisé sous forme de dérivés organo-mercuriels en agriculture, et répandu sur d'immenses surfaces. Des microorganismes du sol sont capables de synthétiser du diazométhane qui méthyle le métal et fabrique du méthylmercure. Ce composé est 200 fois plus antimitotique que la colchicine et a été retrouvé dans de nombreuses espèces de poissons comestibles, au Canada, en Suède, au Japon. Il est inutile d'insister sur le risque.

Et puis certains rejets ménagers posent des problèmes; les enzymes gluconiques qui ne choisissent pas les protéines à lyser, les polyphosphates ou complexants variés du calcium, les détergents finalement assez peu biodégradables. Car il y a une autoépuration naturelle des eaux, mais, dans certains cas, la nature ne peut même plus surmonter les problèmes que l'homme lui pose.

Conclusions

Il a dû certainement apparaître à travers ce texte que l'écologie n'a pas beaucoup de techniques particulières, mais consiste surtout en une nouvelle manière d'observer, de penser et d'interpréter des faits. On a de tout temps fait de l'écologie sans plus ou moins s'en rendre compte.

En fait, la définition de Haeckel, lorsque ce dernier emploie le mot de « naturel », correspond moins bien à notre réalité. On pouvait encore, à son époque, trouver des territoires où « la main de l'homme n'avait pas mis de nuisances ». La nature a, de nos jours, beaucoup changé du fait de l'homme. Si, en écologie humaine, on se préoccupe de l'environnement de ce dernier, en écologie animale ou végétale, l'homme ou ses activités, même lointaines, font partie obligatoire de l'environnement de l'animal ou du végétal considéré. Il suffit de penser à la présence de quantités notables de DDT chez les pingouins du pôle; une pollution planétaire presque intégrale est réalisée. L'homme est donc rencontré, d'un bord ou de l'autre.

Il paraît intéressant de généraliser le sens du terme écologie et de chercher à étudier les relations de toute nature existant entre une entité (*a priori* vivante) et son environnement. Le problème est de savoir si l'on peut dégager un certain nombre de lois générales, de principes communs, indépendants de la complexité des systèmes envisagés. Cela apporterait beaucoup, tant sur le plan expérimental que sur la facilité d'extrapolation d'un système à un autre.

On peut également essayer de considérer des groupements variés d'individus, de nations, de régions, de pro-

fessions comme des populations écologiques et de voir si leurs relations avec leurs environnements respectifs suivent les mêmes mécanismes de base, à savoir importance relative des facteurs en vue d'une stabilité, d'un équilibre, d'une survie ou d'une condamnation possible (phénomènes de compétition, de prédation, d'apport énergétique...).

Le problème reste de toute façon le choix des critères et les quantifications possibles.

Nous avons vu également que l'on était toujours poussé à chercher de nouvelles écologies, car on ne peut retrouver les anciennes et il faut alors en face de nuisances que l'on ne peut retirer du jeu, apprécier la *bénéfice et le risque* des tolérances admises, problème terrible posé chaque fois au toxicologue. Il y a un certain temps déjà que l'on définit des concentrations limites tolérables pour certains facteurs aussi bien dans l'environnement de l'homme (MAC, TLV, EEL) que dans celui de ses cellules (MAC biologique).

Que devient le pharmacien dans tout cela? Sa place se révèle en fait bonne; il peut être au courant de l'apparition d'un facteur écologique par son contact avec le public, il peut également l'en informer; il peut aider à le mettre en évidence (analyse), à lutter contre lui (prévention, première urgence, facteurs biotiques que sont les médicaments). Il fait également partie de l'environnement thérapeutique du malade, tant pour le dépistage que pour les soins. On peut souvent se le représenter dans la situation d'intermédiaire, de membrane semi-perméable entre plusieurs systèmes, membrane nécessaire à tous les systèmes biologiques. ■



Ce composé a été retrouvé dans de nombreuses espèces de poissons comestibles.