

Les « pyramides écologiques » dans l'étude systématique des processus de radiocontamination

par H. BOCQUET

« Pour le meilleur et pour le pire, l'humanité
« a uni sa destinée à celle de la Science ; à
« nous de tout faire pour éviter le pire et pour
« exalter le meilleur ».

Professeur Francis PERRIN.

Le problème de la protection contre les rayonnements ionisants préoccupe, depuis plus de cinquante ans déjà, les radiologistes, mais il est passé au premier plan de l'actualité biologique depuis la découverte de la radioactivité artificielle et de l'utilisation des éléments fissibles à des fins médicales, industrielles et militaires.

Les conséquences des applications sans cesse croissantes de l'énergie nucléaire se traduisent déjà par un accroissement de la radioactivité de la biosphère. Les taux observés, qui sont encore limités certes, mais cependant mesurables, se répercutent sur tous les êtres vivants, puisque ceux-ci sont sensibles aux rayonnements ionisants.

Les effets à échelle mondiale de la retombée radioactive issue des explosions nucléaires expérimentales, les risques de pollutions radioactives par effluents liquides, solides ou gazeux dans l'environnement des centres de production d'énergie nucléaire, et, aussi la multiplication des sources de radiations liées aux applications médicales ou industrielles, sont autant de facteurs qui motivent de contrôler les incidences du « fond naturel ou artificiel de la radioactivité » sur le biocycle.

Les diverses doses reçues par un organisme étant cumulatives, l'accroissement des dangers des radiations est directement proportionnel à l'importance des irradiations ou des contaminations auxquelles l'homme est exposé. Par voie de conséquence, la population dans son ensemble se trouve désormais soumise aux effets de la radioactivité artificielle agissant cumulativement avec ceux des radiations naturelles.

L'ensemble de ces rayonnements peut atteindre l'homme, soit directement par l'intermédiaire du sol et de l'atmosphère, soit indirectement par l'intermédiaire du cycle eau, sol, plante, animal ; la chaîne alimentaire constituant un danger d'autant plus grand que celui-ci risque de passer inaperçu.

Les incidences des radiocontaminations du milieu ambiant présentent en conséquence une importance capitale pour l'avenir de l'humanité. Aussi, les multiples problèmes sanitaires et sociaux qui en découlent conduisent-ils à l'élaboration de mesures nouvelles de police administrative tendant par le respect de normes de base au maintien de la salubrité et de la sécurité publiques.

Devant la complexité du problème, il apparaît évident que les critères nécessaires à l'évaluation des risques potentiels du milieu ambiant, reposent avant tout sur une synthèse des connaissances biologiques et médicales étroitement associées à celles d'autres sciences, comme la météorologie, la géologie, l'agronomie, l'hydrologie, l'océanographie, l'écologie, l'économie politique et l'électronique-physique.

En réalité, étant donné le nombre important de paramètres entrant en ligne de compte dans les différentes méthodes d'investigation, comme aussi l'interdépendance des sciences de base, on est nécessairement conduit à une étude statistique faisant intervenir, dans l'interprétation de données numériques moyennes, la notion de liaison dans le temps.

Le problème biologique crucial posé par l'ère nucléaire se situe en définitive dans un vaste complexe de « *Recherches opérationnelles et cybernétiques* » (1) impliquant la coopération des diverses disciplines scientifiques et techniques, suivant un ordre préétabli.

(1) On sait que le dernier conflit mondial a révélé chez les alliés une technique nouvelle, la « *recherche opérationnelle* », qui a apporté au Haut Commandement une aide considérable.

Les « *Groupes de Recherche Opérationnelle* » ou G. R. O., aboutissement normal

C'est de cette méthode nouvelle d'investigation que s'inspire la doctrine du *Service National de la Protection Civile* en matière de protection des populations contre les dangers radioactifs (1).

Dans ce but, l'infrastructure de contrôle poursuivie, sous la haute impulsion de M. le Préfet Hors Classe Maxime Roux, en liaison avec, d'une part, les services relevant du Premier Ministre (Haut-Commissariat à l'Énergie Atomique), de la Défense Nationale et de la Santé Publique (Service Central de Protection contre les radiations ionisantes), et, d'autre part, les milieux scientifiques (2), fait appel à des équipes de spécialistes relevant des divers départements ministériels intéressés aux problèmes de l'atmosphère, des eaux, des sols, de la flore et de la faune.

Dans le cadre ainsi défini, la présente communication a pour but de préciser le processus de radiocontamination dans la biosphère en utilisant une méthode systématique de contrôle et d'investigation, dans l'espace et dans le temps, basée sur des données statistiques étendues aux diverses chaînes biologiques, de manière à situer les possibilités d'accumulation de

de la nécessité de combattre scientifiquement, sont nés, en 1940, pendant la Bataille d'Angleterre en vue, d'une part, d'apprendre aux aviateurs à se servir du Radar et, d'autre part, d'étudier au profit de la Défense civile, au ministère de la « Home Security », les effets des bombardements massifs sur les villes et les centres industriels. Ils devaient prendre dans les années suivantes une grande extension dans toutes les armes.

Si, à l'origine, la Recherche Opérationnelle a eu pour but principal l'analyse scientifique des opérations militaires, l'éminent physicien anglais BLACKETT, Prix Nobel, la définit encore dans « Conséquences militaires et politiques de l'Énergie Atomique » comme « une application des méthodes des sciences exactes à des « problèmes humains, sociaux, appartenant à des sciences « non exactes » c'est-à-dire pour lesquelles nous ne possédons qu'un nombre limité de données numériques sur des problèmes d'une complexité extrême ».

(1) Parmi les méthodes statistiques modernes, la « *Théorie sur les séries chronologiques* », qui a été mise au point par un savant français le Professeur KIVELTCH, permet, en particulier, de discerner dans un phénomène complexe, si les données d'une suite d'observations sont *organisées* ou *fortuites*. Cette méthode est basée sur le type topologique de la courbe établie en étudiant la proportion et la succession de la variable statistique (maxima et minima), l'ordre d'apparition des phases, la loi des fréquences, etc.

La régularité d'une courbe étant caractérisée, le problème essentiel consiste ensuite à définir des tests permettant d'établir la possibilité de prévisions du comportement du phénomène, compte tenu du grand nombre de paramètres intervenant dans son étude.

Sur de telles bases, des études sont poursuivies actuellement par le Service National de la Protection Civile, en ce qui concerne l'interprétation d'un réseau « BABAR », destiné aux mesures de radioactivité atmosphérique.

(2) Nous tenons à rendre ici un hommage personnel à MM. les Professeurs BRESOU et Roger HEIM membres de l'Institut, à M. le Professeur FONTAINE du Muséum d'Histoire Naturelle, membre de l'Institut, à M. le Professeur MAROIS de la Faculté de Médecine de Paris, ainsi qu'à MM. les Professeurs VIGNAL et BOISOR du Laboratoire de Physique de l'École Polytechnique, et, à les remercier des précieux encouragements qu'ils ont bien voulu nous apporter dans notre mission.

la radioactivité dans la flore et dans la faune. De telles enquêtes écologiques, tout en permettant d'évaluer les incidences des radiocontaminations à plus ou moins long terme dans le milieu ambiant, doivent constituer également autant de *tests biologiques* d'une importance capitale pour situer les risques éventuels et assurer la protection de la population dans son ensemble.

* * *

Si les effets biologiques des rayonnements sont connus en ce qui concerne les organismes pris individuellement, il n'en est pas de même en ce qui concerne les communautés biologiques, aquatiques ou terrestres et les cycles biogéochimiques. Or, la connaissance de ces effets sur les systèmes écologiques est essentielle pour en situer les risques sur les diverses chaînes alimentaires.

L'interdépendance étroite de toutes les formes de la vie à la surface du globe permet, en effet, de redouter avec le Professeur FONTAINE, que « toute perturbation apportée aux équilibres biologiques ne se traduise par des répercussions inattendues sur la condition humaine ».

L'*écologie*, qui est la science biologique des inter-relations de l'environnement, permet dans ce vaste domaine de mettre en évidence les nombreux facteurs qui conditionnent l'existence d'un être vivant envisagé sous la dépendance des phénomènes externes, c'est-à-dire du milieu ; elle permet compte tenu des forces en présence, de reconnaître l'équilibre autorisant la vie d'espèces différentes étroitement liées l'une à l'autre.

C'est ainsi, par exemple, que l'ensemble des processus biologiques observés dans un étang, permet de définir un système écologique ou un écosystème, sous l'angle d'une unité fonctionnelle de base. L'étang représente non seulement le lieu où les animaux et les plantes vivent et se multiplient, mais encore ces animaux et ces plantes constituent un ensemble qui fait de l'étang une unité complexe en équilibre, dont l'écosynthèse permet de distinguer les éléments suivants :

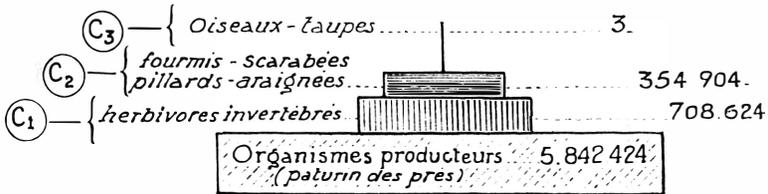
- 1° des substances non vivantes : H_2O , CO_2 , O_2 , Ca, P, aminoacides, etc...
- 2° des organes producteurs : Plantes à racines ou flottantes en eau peu profonde, phytoplancton
- 3° des organismes consommateurs : herbivores, carnivores

4^o des microorganismes intervenant dans la décomposition organique.

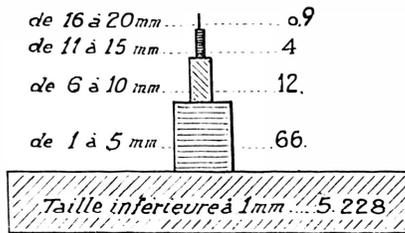
Comme l'idée essentielle de l'écologie est l'existence d'une sorte d'adaptation, de liaison entre les organismes et le milieu qui les contient, les méthodes permettant l'établissement de représentations comparables d'écosystèmes différents, devront d'abord porter sur une sorte de relève statistique, mobile et non statique, rassemblée en graphiques et faisant intervenir les notions de *nombre*, de *biomasse* et d'*énergie*.

Les groupes d'organismes vivant dans la nature, sol, océan, atmosphère, étant composés d'une multitude de petits organismes associés à de grands organismes en nombre beaucoup plus restreint, la distribution du nombre et de la taille des individus peut être figurée schématiquement par une pyramide : une large base représentant le nombre des petits organismes et les étages supérieurs, de plus en plus étroits, celui d'organismes progressivement évolués.

Cette *pyramide des nombres* résulte d'un facteur géométrique suivant lequel il faut un grand nombre de petites unités pour égaler la masse d'une seule grande (fig. n^o 1).



A - Nombre d'organismes par acre



B - En fonction de leur taille : Nombre d'invertébrés par acre de sol (40 acres)

Fig. 1. — 2 formes de pyramide des nombres.

En réalité, ce facteur de nombre ne préjuge pas des poids relatifs des organismes aux différents stades évolutifs : la forme et le poids des petits et des grands organismes étant par ailleurs, sous la dépendance de la chaîne alimentaire dont les processus métaboliques à chaque stade d'assimilation entraînent une perte d'énergie sous forme de chaleur.

Ainsi, en raison du facteur « chaîne alimentaire », le poids total d'organismes situés en haut de cette échelle alimentaire est moindre que celui des organismes situés plus bas dans l'échelle.

La mesure de la chaîne alimentaire complète d'une communauté biologique a ainsi pour une meilleure représentation aux fins de comparaison un type de graphique appelé « *pyramide de biomasse* ».

Pour son étude on détermine le poids total, par unité de surface, d'organismes vivants (*biomasse*) entrant dans des groupes écologiques de base, classifiés d'après leur rôle, sur le plan alimentaire, dans le complexe de la communauté.

Cette pyramide donne ainsi, pour une communauté ou un groupe écologique, une image du taux de passage de la masse de nourriture à travers la chaîne alimentaire. Elle ne dépend pas de la taille des individus producteurs ou consommateurs et montre qu'une énorme somme de matériel botanique est nécessaire. PETERSON a pu montrer à ce sujet que 24.000 tonnes de produits de nutrition végétaux sont nécessaires à la production de 18 tonnes de poissons pêchés industriellement.

En étroite liaison avec la pyramide de biomasse, la « *pyramide d'énergie* », dont les valeurs sont exprimées en calories par unité de surface, permet, d'autre part, de suivre l'énergie de base dépensée aux niveaux successifs d'assimilation (fig. n° 2).

Ces différents types de pyramides donnent ainsi des aspects variés de chacun des problèmes posés et permettent surtout d'aborder divers systèmes écologiques aux fins de comparaison.

En fonction des données actuelles, qui ne donnent encore que des approximations grossières pour de rares systèmes écologiques, de telles enquêtes ne constituent en réalité que la partie préliminaire de l'écologie. Elles fournissent une liste exacte des êtres vivants d'un milieu, de leurs rapports numériques de leur lutte, du triomphe de certains, de la disparition

d'autres, elle montre les rapports étroits existants entre la chaîne alimentaire et les liaisons entre organismes, mais elle ne permet pas généralement d'aborder les raisons profondes des changements de rapports qu'elle met ainsi en lumière. Pour atteindre ce but, il conviendrait de connaître tous les phénomènes extrêmement complexes et multiples, ainsi que leurs relations fonctionnelles, que l'on synthétise d'un mot sous le nom de milieu.

C_3 — *Consommateurs Tertiaires...*
 C_2 — *Consommateurs Secondaires...*
 C_1 — *Consommateurs Primaires...*
 P. — *Producteurs...*

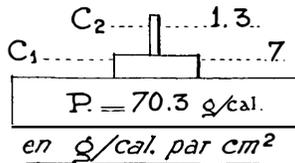
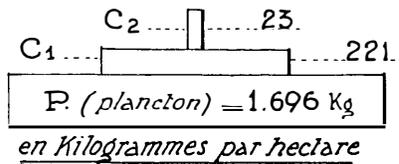
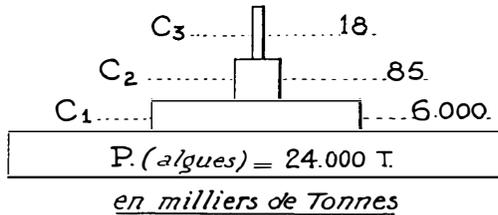


FIG. 2. — Pyramides de biomasse et d'énergie en milieu aquatique.

Les degrés supérieurs de l'organisation biologique (populations, communautés, systèmes écologiques ou écosystèmes) présentent des caractéristiques particulières qui viennent s'ajouter à celles

des organismes individuels ou des unités dont se compose une entité fonctionnelle. Par exemple, le taux de la natalité et celui de la mortalité sont des attributs de la population, tandis que la chaîne alimentaire ou *structure trophique* et le taux de fixations organiques ou *productivité* sont deux caractéristiques dont le sens est limité à la communauté. D'autre part, il est possible de traiter quantitativement plusieurs de ces caractéristiques. Ainsi, de même que l'on peut mesurer la structure et le métabolisme de l'organisme individuel, il devrait souvent être possible, par des moyens *indirects* de mesurer la *structure de la communauté* et le *métabolisme de la communauté*.

Pour s'attaquer à ces problèmes, l'écologie moderne dispose actuellement de trois méthodes :

1° *La mesure de la productivité*

La productivité primaire d'un système écologique est définie comme étant le degré de transformation de l'énergie (photosynthèse, synthèses biochimiques) par les organismes producteurs, et singulièrement les végétaux, en substances organiques utilisables comme matériaux nutritifs.

Ce facteur « productivité » peut se mesurer en déterminant la quantité de matière utilisée et la quantité de sous-produits obtenus en évaluant la croissance produite en un temps donné avant la récolte. Pour des niveaux successifs d'assimilation les mesures des divers degrés d'énergie utilisés représentent elles-mêmes des productivités secondaire et tertiaire, qui demeurent placées sous la dépendance respective des productivités primaire ou secondaire.

Ainsi, les taux de fixation organiques d'éléments entrant dans la constitution d'organismes « producteurs » en fournissant des indications pour l'établissement des schémas de « métabolisme basal d'une communauté » permettent de suivre les modifications susceptibles d'être apportées par divers paramètres représentés par des facteurs chimiques (pollutions), physiques (météores) ou biologiques (parasites, prédateurs).

D'autre part, les taux de décomposition organique de même que les rapports existants entre une productivité primaire et une récolte sur pied moyenne (biomasse), constituent deux autres aspects mesurables de la « fonction globale ».

Une expérimentation de cette nature a été pratiquée durant l'été 1954 par Eug. P. ODUM sur un récif de corail placé sous le vent d'un atoll du Pacifique.

La productivité du récif fut estimée par le méthode du flux, en mesurant la teneur en O_2 de l'eau simultanément en amont et en aval. Suivant cette méthode, l'augmentation de la teneur en O_2 entre ces points durant la journée donne la production photosynthétique nette de la communauté, tandis que la diminution de la teneur en O_2 entre les points d'observation durant la nuit, donne la respiration totale de la communauté.

En tenant compte d'une cause importante d'erreurs provenant d'une perte dans l'atmosphère d'oxygène, ne se dissolvant pas dans l'eau, les mesures ont été répétées dans des conditions identiques de nébulosité et de vitesse de courant à la même profondeur.

La biomasse des algues vivantes à n'importe quel moment a été estimée à 703 gr/m^2 et la productivité du récif à 24 gr/m^2 jour. Ce facteur élevé, au regard de celui de l'eau de l'océan qui n'est que de $0,2 \text{ gr/m}^2/\text{jour}$, provient de la symbiose étroite existant entre les algues et les polypes de corail.

Le renouvellement annuel de la communauté c'est-à-dire le rapport existant entre la productivité ($24 \text{ gr/m}^2/\text{jour}$ soit $8.760 \text{ gr/m}^2/\text{an}$) et la biomasse qui est de 12,5, représente ici un indice important de la « fonction globale ».

2° *Mesure des niveaux d'assimilation*

La mesure de la chaîne alimentaire complète (structure trophique d'ODUM) qui a pour représentation une pyramide de biomasse, permet, sous la forme la plus simple, de distinguer les organismes donnant la nourriture (producteurs), les organismes herbivores (consommateurs primaires) et les organismes carnivores (consommateurs secondaires). Lorsque la population d'une espèce est omnivore sa biomasse se divise entre les niveaux herbivores et carnivores proportionnellement à la quantité d'activité à chaque niveau.

Des études comparatives ont été également poursuivies, dans ce domaine par E. P. ODUM, entre une pyramide de biomasse établie pour le récif de corail, mentionné ci-dessus, et la structure trophique d'un ancien champ cultivé, en jachère depuis

un an, situé autour de l'usine atomique de Savannah River. (fig. n° 3).

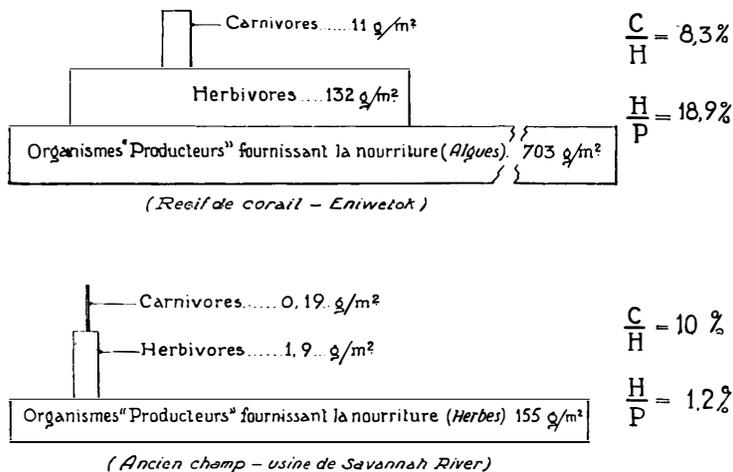


FIG. 3. — Comparaison des pyramides de biomasse à Eniwetok et à Savannah River.

(d'après Eug. P. ODUM).

La biomasse végétale a été mesurée pour le récif de corail, par extraction de la chlorophylle. Le poids sec des algues a été déterminé en établissant au spectrophotomètre le rapport entre la teneur en chlorophylle des coraux et autres substrata, ainsi que le poids sec d'une espèce de référence : une algue verte, le *Codium edule*.

La biomasse animale a été déterminée sur des échantillons, tirés de blocs de taille appropriée, pour les groupes sessiles et doués de mobilité.

Pour le champ, la biomasse a été déterminée en séparant protoplasmes producteurs et protoplasmes consommateurs.

La comparaison des deux pyramides révèle ce qui paraît être fondamental dans le rapport entre les plantes produisant de la nourriture (P) et les animaux herbivores (H). Le rapport $\frac{H}{P}$ donne pour le récif environ 20% et pour l'ancien champ 1,2% seulement.

Ainsi la détermination de la structure trophique d'ensemble peut donner d'importantes indications sur l'état d'une communauté.

On voit, par exemple, que la récolte de producteurs est supérieure dans le récif, comparée à l'écosystème de l'ancien champ. Le récif constitue en réalité une communauté stable ou production et consommation (croissance et dépérissement) s'équilibrent, tandis que l'ancien champ représente une communauté instable. Ce dernier subira dans le temps, c'est-à-dire dans la succession écologique, des changements sensibles qui seront liés au fait que la matière organique s'accumulera plus vite qu'elle ne sera consommée ou décomposée.

On peut concevoir, d'autre part, que par suite de changements importants de milieu, la structure trophique d'une communauté stable puisse tendre à devenir celle d'une communauté instable.

De toute façon, si les rapports existants entre la structure trophique et la productivité — qui n'ont encore été observés qu'en petit nombre de cas — paraissent mieux définis actuellement pour des communautés stables, il ne s'ensuit pas nécessairement que les communautés instables n'aient que de faibles coefficients de productivité ; en fait ces communautés peuvent avoir une forte productivité, même avec un rapport $\frac{H}{P}$ faible.

3° *Mesure de la structure par espèces*

Toute modification apportée à la structure concurrentielle d'un milieu est susceptible d'entraîner des perturbations graves à l'équilibre biologique.

Ce phénomène, bien connu en ce qui concerne l'évacuation des eaux résiduaires dans les milieux naturels, a été étudié, en particulier, en prenant pour base la balance d'oxygène du milieu récepteur (1).

Des expériences de R. E. RICHARDSON et Patrick RUTH pratiquées dans le fleuve Illinois permettent de montrer qu'en présence d'une diminution de la teneur en oxygène à la suite d'une pollution de cours d'eau, le nombre d'espèces douées de tolérance peut s'accroître par suite de l'absence de concurrence

(1) Cf. Instruction du Ministère du Commerce et de l'Industrie du 6 juin 1953 relative au rejet des eaux résiduaires par les établissements classés et circulaire du Ministère de la Santé Publique du 12 mai 1950 relative à l'assainissement des agglomérations.

d'espèces éliminées, tandis que le nombre d'espèces sans tolérance peut, au contraire, aller en diminuant (fig. n° 4).

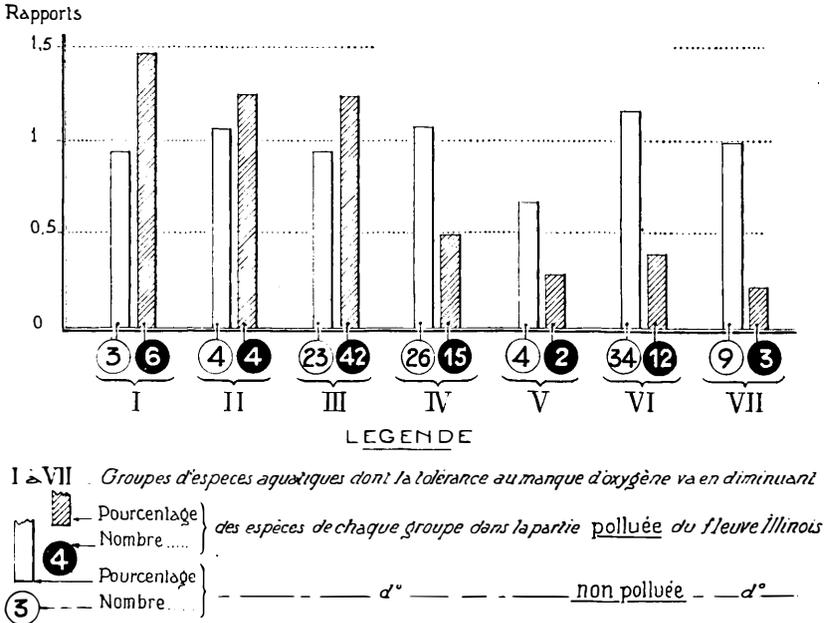


FIG. 4. — Mesure de la structure par espèces.
(d'après PATRICK RUTH (U. S. A.).

L'expérience prouve qu'il est préférable de considérer le complexe entier des espèces, plutôt que certaines « espèces témoins », à condition toutefois pour que la méthode soit efficace de bien connaître la taxonomie des principaux organismes en cause. Une telle méthode de vérification est spécialement indiquée dans les cas où l'évacuation des matières polluantes est périodique ou encore lorsque l'effet de la pollution ne se produit que sur une courte période. C'est qu'en effet, la modification de la structure de la communauté peut persister longtemps après que la présence de matières polluantes ne se laisse plus détecter chimiquement.

De profondes modifications d'un milieu biologique sont aussi dans certains cas la résultante de vastes programmes de planification agricole. C'est ainsi que des cultures mécanisées de riz pratiquées, en région tropicales subdésertiques, sur des milliers d'hectares ont favorisé dans la vallée du Sénégal (Richard TOLL) et au Soudan (Office du Niger) des concentrations extra-

ordinaires de faune aviaire (et vraisemblablement influé sur le rythme de grégarisation et de migration de l'espèce en cause) dont les conséquences ont risqué d'être catastrophiques. Grâce à des conditions géographiques et de milieu, l'extension de surfaces irriguées de casiers rizicoles a amené avec une production massive de graines, dans un périmètre relativement restreint, une multiplication parallèle d'oiseaux essentiellement granivores où les cultures jouaient le rôle d'appâts. (1)

Si l'observation de ce phénomène a été rapportée dans cette étude, c'est essentiellement pour rappeler les incidences souvent inattendues de certaines formes d'industrialisation sur les systèmes écologiques.

Il convient d'ailleurs de souligner que si, dans ce cas précis, une parade rapide a pu être trouvée, c'est essentiellement en raison du caractère spectaculaire de ce déséquilibre et aussi

(1) Le responsable de ce véritable fléau est un passereau, de la famille des ploécides, dont l'aire géographique s'étend sur toute la zone sahélienne et sahélo-soudanaise. Cette espèce, la plus prolifique et la plus grégaire qui soit en Afrique, se nourrit essentiellement de graminées sauvages, de mil et de riz. L'estimation de l'espèce pour la seule vallée du Sénégal portait en 1953, sur plusieurs centaines de millions d'oiseaux : les chiffres de 1 à 2 milliards ont même été avancés. La destruction annuelle de 100.000 à 200.000 tonnes de céréales cultivées dans la région du delta du fleuve atteignait, à cette époque, 2 à 4 milliards de francs C. F. A.

Les études écologiques et cartographiques entreprises ont permis rapidement de se faire une idée de l'emplacement des divers foyers et de leurs rapports avec certains types d'association végétale. C'est ainsi qu'en dehors de l'identification de dortoirs nocturnes, celle des zones de nidification devait révéler l'existence de bandes de plusieurs dizaines de millions d'individus groupés dans des aires de peuplements massifs d'arbres ou arbustes (épineux du genre gommier, acacias, capriers, jujubiers, etc...) s'étendant parfois sur des dizaines d'hectares, à raison de 100 à 350 arbres à l'hectare, et de 200 à 2.000 nids par arbre.

A l'approche des moissons des nuages constitués de millions d'oiseaux s'abattaient à la manière d'un rouleau compresseur, sur les rizières pour saccager littéralement la récolte, avant que les bandes ne se fussent dispersées pour gagner ensuite une remise peu éloignée où elles passaient la nuit.

Par arrêté du 24 juillet 1953 du Gouverneur Général de l'A. O. F., les oiseaux dénommés « mange-mil » (*quelea quelea quelea latham*) ont même été déclarés « calamité publique » sur l'ensemble du territoire de l'A. O. F. Ce texte précisait, d'autre part, que les « pouvoirs publics mettront en œuvre toutes les ressources et moyens dont ils disposent pour combattre ces oiseaux et protéger les récoltes (évaluation provisoire, moyens de lutte chimico-biologique) ».

Nous avons assisté personnellement, en qualité de conseiller technique du Gouverneur Général de l'A. O. F. à la mise en œuvre d'un véritable « *Plan ORSEC Biologique* » qui, tenant compte du grégarisme extrême de l'espèce, faisait appel au cours de campagnes de lutte anti-aviaire, organisées de 1953 à 1955, à des moyens :

— physiques : explosifs en zones de dortoirs nocturnes, lance-flammes en zones de nidification. (Par ce dernier procédé, un foyer portant sur environ 100.000 gommiers a été traité en 1954 ; il a permis une destruction évaluée à 100 millions d'oiseaux, susceptibles de détruire 60.000 tonnes de riz).

— chimico-biologiques : par émissions sur de fortes concentrations d'oiseaux de toxiques (chloropicrine, SO_2), poses d'appâts de tourteaux de ricin en mélange homogénéisé, essais limités de poudrages ou de pulvérisations à grand débit d'insecticides de contact des groupes « systémique » et « télétoxique » (parathion, aldrine, toxaphène).

de sa manifestation sous la forme la plus simple, puisqu'elle porte essentiellement sur des modifications de la pyramide de nombre, d'une espèce donnée.

Des problèmes infiniment plus complexes et d'une toute autre ampleur sont désormais liés aux pollutions radioactives. Ce que l'on sait de l'action radiobiologique sur les organismes individuels permet de redouter que les effets particulièrement insidieux ne se traduisent par des « réactions en chaîne » agissant à plus ou moins long terme sur le « métabolisme basal » de communautés — et tout spécialement sur des organismes aquatiques prédisposés aux phénomènes d'accumulation radioactive — ou encore par des atteintes du potentiel héréditaire d'êtres vivants, par le phénomène de mutations.

En tenant compte, par exemple, de la très grande radiorésistance des êtres microscopiques, quelles pourraient en être — suivant l'hypothèse émise par notre confrère G. MICHON — les conséquences, si des bactéries intervenant dans les cycles essentiels de l'azote et du soufre perdaient l'enzyme responsable de leur activité ?

En conclusion, l'écologie permet non seulement d'établir les fonctionnements et les structures des ensembles biologiques, mais aussi d'introduire la notion d'« effet global », provoqué par un facteur quelconque sur les individus constituant une communauté.

Cette science d'avenir n'a reçu d'applications, jusqu'à ce jour, que dans l'étude de quelques paramètres importants observés dans la nature. Elle permet cependant de prendre conscience des conséquences possibles d'entreprises humaines sur l'équilibre des forces biologiques en présence et aussi, comme corollaire, de la nécessité d'une recherche des facteurs de correction.

On conçoit, dès lors, toute l'importance apportée par l'ère nucléaire à ces domaines nouveaux que constituent, d'une part, l'application des méthodes écologiques à l'étude des incidences sur le biocycle de la « retombée radioactive » et, d'autre part, l'« *écologie des rayonnements* » autour des sites de l'industrie atomique.

Ce sont ces deux aspects d'un problème d'actualité — dont la conférence scientifique tenue récemment au Musée Océanographique de Monaco a souligné la complexité, en ce qui concerne l'élimination des déchets radioactifs — que nous nous proposons d'aborder dans une seconde note qui sera présentée à l'Académie vétérinaire.
