

L'EAU: MILIEU VIVANT

par

R. BAURANT

*Chaire de Zoologie appliquée
Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux*

1. Introduction

De toutes les ressources naturelles, l'eau est devenue la plus précieuse et il est permis d'affirmer que le problème de l'eau est l'un des plus importants qui se posent actuellement dans le monde.

Les ressources en eaux douces consistent principalement en eaux de surface (rivières, lacs, ...), en eaux de source et en eaux souterraines.

Sans négliger l'incidence extrêmement désastreuse que pourraient avoir d'éventuels agents polluants sur les nappes d'eau souterraines, nous limiterons cependant notre sujet à l'étude des eaux de surface et des êtres qui y vivent.

Les eaux stagnantes (lacs et étangs) sont généralement opposées aux eaux courantes (fleuves, rivières et torrents). Il y a cependant tous les termes de passage entre ces deux catégories idéales; un lac et un étang voient en général leurs eaux se renouveler par l'apport des affluents et le déversement des émissaires; réciproquement, une rivière coupée par un barrage devient tout à fait comparable à un lac, au moins à proximité de l'obstacle. Les eaux lacustres sont en général suffisamment définies par leur débit insignifiant, eu égard à leur volume.

2. Les milieux aquatiques

a) LES EAUX STAGNANTES

Suivant la définition donnée par F.A. FOREL, nous appelons lac, une

eau stagnante occupant une cavité en général profonde et étang, un lac sans profondeur, qui peut être colonisé sur toute son étendue par la flore littorale d'un lac. Cette distinction, pas toujours très précise, est néanmoins suffisante.

En général, les lacs se trouvent en montagne et sont peuplés de Salmonidés. Les étangs s'étendent surtout en plaine ou au bord de la mer et ils offrent aux Cyprinidés un lieu d'élection; la plupart d'entre eux sont artificiels.

Cependant, les lacs comportent certains points communs avec les étangs, lorsque des zones marécageuses peu profondes les bordent, ou avec les cours d'eau de montagne, par leurs rives rocheuses ou caillouteuses battues par les vagues.

La masse de l'eau qui leur est propre, les rives qui présentent quelques analogies avec d'autres milieux d'eau douce, en font déjà des ensembles biologiques d'allure très particulière. Mais encore plus que les eaux courantes pouvant traverser successivement des régions de nature géologique et de climats différents, les étangs et les lacs sont sensibles aux conditions locales de toutes sortes. Après la topographie, les conditions physico-chimiques de ses eaux influent considérablement sur la vie à l'intérieur du lac. Les végétaux, premiers utilisateurs de la lumière solaire et des éléments de l'eau, sont d'abord influencés; ils conditionnent le développement d'une foule d'animaux herbivores. Ceux-ci, à leur tour, sont la proie de toute une série de carnassiers dont les oiseaux aquatiques, mais surtout les poissons, forment le terme extrême sur lequel l'attention de l'homme est attirée et à la prospérité desquels il est particulièrement intéressé.

A cause de son besoin de lumière, la végétation est limitée aux couches superficielles des lacs ou des étangs. Elle est formée soit de plantes fixées sur la *beïne* des rives en une série de zones concentriques liées à la profondeur, soit d'éléments fins, algues microscopiques variées, collées et végétant sur les rochers ou cailloux, soit d'espèces analogues flottant en pleine eau, le phytoplancton. Une foule d'animaux variés, rotifères, vers, mollusques, insectes, etc., vivent aux dépens de ces végétaux et sont ensuite la proie des poissons.

Les plantes qui peuplent la *beïne* entre le niveau des hautes eaux et la bordure du *mont* forment, selon leurs exigences, des zones grossièrement parallèles au rivage, caractérisées chacune par des espèces particulières.

Une première bande, dont les éléments les plus courants sont les carex ou laiches et les joncs ainsi que certaines graminées, couvre la zone

alternativement découverte puis inondée au moment des plus hautes eaux. Dans cette *caricaie*, les brochets peuvent s'infiltrer pour frayer au printemps, parce que la faible épaisseur de l'eau a déjà permis un réchauffement sensible.

A cette bande font suite les peuplements denses de la *phragmitaie*, fourrés presque impénétrables de grands roseaux. Au fur et à mesure que l'on s'écarte du bord de l'eau, nous rencontrons successivement la zone des joncs ou *scirpaie* et la zone des nénuphars ou *nupharaie*, deux endroits de prédilection pour les cyprinidés où, dès que la température de l'eau est supérieure à 18-20° C, commence la ponte des carpes, brèmes, etc.

Quelques jours après la ponte de véritables nuages de jeunes alevins vont se répandre dans tout ce domaine, attirant les jeunes carnassiers, brochets ou percheaux qui trouveront là une table abondamment garnie.

Plus profondément, entre 3 et 6 mètres, s'étend la *potamaie*, zone des plantes submergées, n'amenant que leurs fleurs à la surface, potamots de diverses espèces et les élégants cératophylles et myriophylles. C'est le refuge estival de la grande masse des cyprinidés : carpes, tanches, brèmes, gardons qui trouvent là, sur les plantes ou dans le sol, une faune abondante de vers ou de larves vivant aux dépens de la substance des végétaux ou des déchets qui en tombent.

C'est aussi sur la bordure de cette zone que se postent, à l'affût, les grands carnassiers, et c'est là que leurs proies trouvent un refuge provisoire.

Au-delà, jusque vers 10 ou 12 mètres, en partie quelquefois sur le mont, nous ne trouvons plus qu'une sorte de prairie rase de deux à trois décimètres d'épaisseur seulement, la *charie* formée par un peuplement dense de végétaux (*chara*) à tiges et ramifications raides, imprégnés de calcaire et dépourvus de feuilles. Une faune spéciale habite ce sol bien éclairé; les moules d'eau douce (*Unio* et *Anodonte*) aux mœurs si curieuses y ont élu domicile.

Si cette zone superficielle du lac, au lieu d'être bordée par une rive plate peu profonde, vaseuse et chaude comme celle que nous venons de décrire, est limitée par une rive caillouteuse ou par une rive rocheuse, la végétation telle que celle que nous venons de décrire ne s'installe pas. Quelques algues filamenteuses s'agrippent aux surfaces, un léger revêtement de diatomées et d'autres algues microscopiques forme un enduit gluant, au milieu duquel évolue toute une faune très proche de celle des cours d'eau à truites : larves d'éphémères, larves de phryganes, planaires, petits mollusques, s'installent sur les faces ou dans les fissures ombragées

des couches avoisinant la surface de l'eau, que le vent vient projeter sans arrêt sur ces obstacles. Cette eau brassée à l'égal de celle des torrents constitue un milieu adapté à la vie de ces êtres exigeants.

A cette zone littorale fait suite ce que l'on appelle *le mont* qui est le début de la zone à pente rapide, le talus d'éboulis des alluvions variés arrachés au cours des temps aux terrains bordant le lac. La prairie de chara en couvre souvent la marge supérieure en même temps que le bord de la beine. Mais, en-dessous, cette zone est surtout caractérisée par l'abondance des débris de coquilles des mollusques vivant à des niveaux supérieurs.

Le *fond* du lac est caractérisé par une pente de plus en plus faible jusque vers le centre du lac et est constitué par un dépôt de vase impalpable. Au contact de cette vase, parfois très riche en matière organique, des fermentations plus ou moins importantes prennent naissance.

Vers le large, en pleine eau, ou dans la profondeur, les plus gros individus se risquent dans ce que l'on appelle la *zone pélagique*.

Là, dès que l'on s'est éloigné du rivage, il n'est plus d'autre protection que la fuite. Et c'est bien en une chasse perpétuelle que se règlent les relations entre gros carnassiers et individus des autres espèces, cyprinidés en particulier, mais aussi salmonidés tels les ombles, les lavarets ou corégones et espèces voisines qui vivent en permanence dans cette zone, en dehors de leur période de reproduction ou de prime jeunesse.

En pleine eau prospèrent, en dehors du poisson, une flore et une faune microscopiques, où dominent surtout certains groupes de diatomées parmi les végétaux, et, parmi les animaux, de petits crustacés copépodes ou cladocères, dont le plus connu est la daphnie. Parmi les cladocères, figurent quelques espèces particulières à certains lacs à eau pure.

Ombles et corégones demandent, pour prospérer, des eaux riches en oxygène et fraîches. Aussi ces espèces sont-elles cantonnées en profondeur dans les lacs.

Des modifications dans la nature de l'eau profonde influent évidemment sur la composition de sa flore et de sa faune, ainsi que sur celle de la vase à son contact. L'eau de fond des grands lacs, riche en oxygène est encore peuplée d'espèces à exigences respiratoires assez fortes, mollusques, vers, larves d'insectes, crustacés et, parmi ces derniers, des types aveugles analogues à ceux des nappes d'eau souterraines.

Là où les eaux sont pauvres en oxygène, à cause de l'abondance des matières organiques, elles renferment un certain nombre de types spéciaux bien connus et, en particulier, certains éléments de faune d'étang parmi lesquels les larves transparentes, flottant en pleine eau, de diptères voisins des moustiques.

Le lac, tel que nous l'avons décrit est un milieu naturellement en équilibre, où la matière suit un cycle régulier qui, à partir de l'énergie solaire et des substances dissoutes la transforme d'abord en vie végétale et animale ensuite, pour retourner après la mort, avec l'aide des organismes de la fermentation et de la putréfaction, à l'état de substances dissoutes réutilisables. Chacun des composants en état d'équilibre avec les voisins n'est cependant pas exempt, pour des raisons diverses, de variations anormales momentanées, parmi lesquelles l'intervention de l'homme a la plus grande part, mais où les phénomènes climatiques, les épidémies, etc., doivent aussi être comptés.

Ces facteurs agissant sur la nourriture vivante des poissons ont une action indirecte, mais ils peuvent amener directement des troubles sérieux dans son développement. Parmi les phénomènes climatiques, c'est probablement l'influence de la température qui est la plus marquée. Nous ne nous attarderons pas à différencier les divers types de lacs (tempérés, chauds, eutrophes, oligotrophes...) dont l'étude ressort du cadre de cette communication.

Les phénomènes biologiques qui interviennent dans une rivière, une tourbière, une mare, un étang, un lac, ne sont pas identiques, et ceci en raison des différences dans l'origine, la masse et la mobilité des eaux. Nous allons passer rapidement en revue les caractères qui différencient les divers biotopes les uns des autres sans parler des lacs qui viennent d'être décrits.

Les *tourbières* sont des collections d'eau généralement peu étendues et peu profondes, très riches en végétation (surtout phanérogames et muscinées).

On peut rencontrer 2 grandes catégories de tourbières : les tourbières à sphaignes ou tourbières bombées et les tourbières à hypnacées ou tourbières plates.

Les premières sont d'une richesse exceptionnelle en *sphagnum*, masse qui devient d'un blanc grisâtre lorsqu'elle se dessèche. On y rencontre aussi très souvent des *Drosera*, ces phanérogames très curieuses, capables de digérer les insectes qui ont eu l'imprudence de s'y poser. La qualité de l'eau de ces tourbières bombées toujours très peu minéralisée et fortement acide limite considérablement la vie animale. Les tourbières plates dont l'eau très minéralisée est riche en calcium sont colonisées par des *Hypnum* (mousses), des graminées, des cypéracées et surtout les *Carex* (*Carex stricta*).

Les animaux inférieurs et les poissons s'y multiplient bien.

Les *étangs* sont des collections d'eau de surfaces très variables (de

quelques ares à plusieurs dizaines ou centaines d'Ha) mais dont la profondeur ne dépasse pas quelques mètres.

L'eau des étangs peut être tout à fait stagnante, ou au contraire renouvelée lorsqu'ils sont alimentés par une source ou par une rivière. C'est souvent dans les étangs d'eau tout à fait stagnante que l'on trouve la plus forte capacité biogénique, ce qui provoque l'apparition d'une flore macroscopique et microscopique très importante. Cette exubérance de la végétation marginale d'un étang varie suivant la forme de ses berges : lorsque celles-ci sont en pente douce, les zones successives sont nettes et typiques; si au contraire les berges sont abruptes, la végétation débute d'emblée par les espèces d'eau profonde. Les étangs sont soumis à des variations thermiques brusques et considérables, soit au cours des saisons, soit au cours de la journée. Ces variations multiplient les phénomènes chimiques et biologiques et les accélèrent. C'est ce qui rend l'étude des étangs très délicate. La quantité de matières organiques présentes dans les étangs est toujours considérable et la minéralisation souvent élevée.

La faune des étangs est abondante et variée. Elle se compose de rhizopodes, d'infusoires, de vers, de larves d'insectes aériens, d'insectes aquatiques, de mollusques, de crustacés, etc. Tous ces animaux servent de nourriture aux poissons. La dépendance des animaux vis-à-vis de la composition chimique du milieu — oxygène excepté — est infiniment moins grande que celle des algues, et ceci en raison même de leur mode différent de nutrition : les animaux se nourrissent d'éléments figurés, solides, tandis que les algues utilisent par osmose les éléments dissous.

La population piscicole des étangs se compose habituellement de garçons, rotengles, brèmes, tanches, carpes, perches, brochets, anguilles, espèces auxquelles il faut parfois ajouter certaines races de goujon adaptées aux eaux stagnantes, le carassin, la loche d'étang, la bouvière et les acquisitions plus ou moins récentes et peut-être heureuses : le poisson-chat, la perche soleil et le black bass. Il est possible d'améliorer considérablement le rendement en poissons des étangs par une culture rationnelle. L'élevage intensif des cyprinides et des salmonides, tels que la truite par exemple, peut être considéré actuellement comme une industrie de production de protéines animales sur de mauvaises terres généralement de faible étendue proportionnellement au volume du produit.

Dans les régions où le sol ne permet pas l'implantation d'une agriculture rentable, l'aménagement d'étangs peut être le moyen élégant de faire rendre à la terre une production satisfaisante. Des calculs récents ont en effet montré qu'un hectare d'eau aménagé était le plus souvent plus productif qu'un hectare de sol cultivé.

L'importance économique de la pisciculture professionnelle n'est plus à démontrer, elle est considérée comme une partie intégrante du contexte des activités agricoles. Son rôle est cependant beaucoup plus ingrat car si cette activité industrielle se contente des plus mauvais terrains, marécageux ou autres, délaissés par l'agriculture traditionnelle, il est indispensable qu'elle dispose d'une eau propre, non salie par des rejets quelconques.

b) LES EAUX COURANTES.

Aux eaux stagnantes sur lesquelles nous nous sommes attachés jusqu'ici s'oppose en quelque sorte le domaine des eaux courantes.

La vie dans les eaux courantes est surtout conditionnée par la vitesse du courant. Ce facteur agit en effet directement sur la nature du fond, la température, la teneur en oxygène dissous et l'aptitude des êtres vivants à résister à l'entraînement. La vitesse des eaux est maximum dans les torrents; le fond en est irrégulier, rocheux et parfaitement exempt de vase. Les eaux sont propres, très oxygénées en raison de leur basse température et de leur brassage par passage à travers les obstacles. Seules peuvent s'y maintenir les espèces végétales et animales possédant des qualités spéciales de résistance à l'entraînement. Ce sont surtout des muscinées capables de s'accrocher aux pierres par des crampons, des diatomées, des cyanophycées, qui collent aux roches par des formations mucilagineuses, des algues rouges incrustantes (*Hildenbrandtia rivularis*) ou également mucilagineuses (*Batrachospermum*).

La faune se compose d'animaux capables de se fixer (larves de Simuliés) et de vivre sous les pierres à l'abri du courant (Planaires), ou dont la forme offre peu de prise à ce même courant (larves de certaines éphémères comme les Epéores). Dans les torrents, la truite est à peu près le seul poisson possédant ces capacités. Les éphémères et leurs larves forment le fond de sa nourriture. Le plancton soit végétal, soit animal est absolument absent de ces collections d'eau.

Dans les eaux à courant moins rapide (rivières, ruisseaux), on trouve un nombre beaucoup plus considérable d'organismes. En plus des espèces appartenant aux groupes végétaux représentés dans les torrents, apparaissent des algues filamenteuses (*Ulothrix*, *Cladophora*, *Oedogonium*, *Stigeoclonium*), des diatomées libres et des phanérogames (*Glyceria*, *Ranunculus*, etc...). Les animaux sont représentés par des crustacés (*Gammarus pulex*, *Asellus aquaticus*), des éphémères, des trichoptères (phryganes ou porte-bois), des mollusques (*Physa fontinalis*, *Ancylus*

fluviatilis). Certaines éponges et des Bryozoaires peuvent apparaître dans ces eaux à courant modéré. Le plancton y est cependant encore extrêmement pauvre, formé surtout d'éléments habituellement fixés et arrachés à leur support.

Le peuplement des rivières et fleuves à courant lent se rapproche beaucoup de celui des collections d'eau stagnantes, d'autant plus que certaines portions de leur cours (bras morts) sont de véritables étangs.

On note une absence totale de plantes et d'animaux exigeants au point de vue respiratoire, tandis qu'apparaissent les êtres peuplant les sédiments (en particulier la vase) : rhizopodes, vers, larves de Chironomes (vers de vase) et les gros mollusques : limnées, planorbes... En raison de la lenteur du courant, un certain plancton peut s'installer : phytoplancton à Diatomées, à Volvocales, parfois à Protococcales et à Euglénien. Le zooplancton est parfois assez abondant, formé de Rotifères, de Copépodes et de quelques Cladocères. La végétation phanérogamique est très importante et comprend une grande partie des espèces pouvant vivre en eau stagnante : *Helodea*, *Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Nuphar*, etc.

Il apparaît donc que les conditions de vie, pour les poissons, sont très différentes dans les diverses catégories d'eaux courantes. Or si nous considérons un long fleuve prenant sa source en haute montagne, nous constatons que, souvent sur son parcours, les diverses catégories d'eaux courantes sont représentées : eaux torrentielles à la source, puis eaux vives, puis eaux moyennement courantes et enfin eaux calmes. Cela a permis au point de vue piscicole de diviser les fleuves en zones plus ou moins nettement séparées, caractérisées par les espèces dominantes de poissons qu'on y rencontre. Ce sont les zones à truite, à ombre, à barbeau et à brème :

La zone à truite, dans la partie torrentielle du fleuve, et où cette espèce seule peut se maintenir avec certains poissons d'accompagnement tels le chabot, la loche de rivière et le vairon,

La zone à ombre, dans le parcours d'eaux vives, où l'on rencontre encore la truite, l'ombre dominant, et, en quantité très limitée, quelques cyprins et voraces d'accompagnement : barbeau, chevaine, hotu, brochet, perche,

La zone à barbeaux, dans la partie moyennement courante, où la truite et l'ombre sont assez rares et où dominant barbeau, chevaine, accompagnés de gardons, rotengles et voraces en quantité limitée,

Enfin la zone à brème, dans la partie calme, où les salmonidés font totalement défaut, où l'on trouve encore quelques cyprins d'eau courante

et où dominant la brème, la carpe, la tanche, le gardon, accompagnés de voraces : brochets, perches, anguilles.

On sait depuis longtemps que la plupart des poissons d'eau douce d'Europe se partagent en deux grandes familles, tant au point de vue de leur anatomie qu'à celui de leur physiologie. Il y a d'une part les cyprinidés, de l'autre les salmonidés. Les premiers sont appelés vulgairement et avec un peu de dédain «poissons blancs». Leurs besoins respiratoires sont restreints. Les seconds, au contraire, ont des besoins respiratoires élevés. Ce sont des «poissons nobles». Tandis qu'une carpe se contente de 3 à 5 centimètres cube (minimum) d'oxygène dissous par litre d'eau, la truite en exige de 6 à 8 (minimum). Les ombles, les ombres et les corégones ont les mêmes besoins.

En ce qui concerne l'âge, les besoins respiratoires sont d'autant plus forts que les individus sont plus jeunes. Les œufs sont plus exigeants que les alevins et ceux-ci que les adultes. A l'époque de la reproduction, les exigences respiratoires deviennent plus fortes, afin de permettre la genèse et la maturation des produits sexuels.

Par rapport aux animaux terrestres, les animaux aquatiques sont désavantagés quant à leur respiration. Les premiers trouvent toujours en abondance dans l'air qui les entoure la quantité d'oxygène qui leur est nécessaire. Les seconds, par contre, n'en rencontrent dans l'eau, à l'état dissous, qu'une proportion de beaucoup plus restreinte. D'après une comparaison approximative, mais suffisamment juste, on pourrait dire que l'air respiratoire est un mélange d'oxygène au cinquième, tandis que l'eau est, dans ses conditions les plus favorables, une solution au centième. Il en résulte que le milieu aquatique contient tout juste l'oxygène nécessaire à la respiration des êtres qu'il renferme et que peu suffit souvent à le rendre déficitaire en ce sens, et insuffisant.

On sait, d'autre part, que la teneur en oxygène dissous dans l'eau varie fortement avec la température de celle-ci. Plus l'eau est chaude plus la teneur en oxygène dissous diminue. Autrement dit, les eaux calmes peu profondes se réchauffant rapidement et dont la teneur en oxygène est faible seront peuplées par les Cyprinidés qui ont d'ailleurs besoin d'une certaine température pour se reproduire. N'oublions pas que les poissons sont des animaux à sang froid (hétérothermes) qui sont tributaires de la température du milieu dans lequel ils vivent. Les eaux froides seront peuplées par les Salmonidés qui ne peuvent d'ailleurs se reproduire que dans ces milieux à fond graveleux et riches en oxygène.

Le tableau suivant montre par exemple la décroissance de la solubilité de l'oxygène dans l'eau en liaison avec l'élévation de la température.

Température °C.	0	5	10	15	20	25	30
Oxygène dissous mg/lit.	14,62	12,80	11,33	10,14	9,17	8,38	7,63
Oxygène dissous cm ³ /lit.	10,23	8,96	7,93	7,10	6,42	5,86	5,34

Cela explique pourquoi les poissons meurent, par asphyxie, beaucoup plus vite l'été que l'hiver dans une même quantité d'eau.

3. Le cycle biologique des eaux douces

Il nous est matériellement impossible de passer en revue tous les groupes végétaux et animaux peuplant les eaux douces.

Nous rappellerons cependant très rapidement le cycle biologique des eaux douces où le poisson est anthropocentriquement le terme final d'un cycle biologique complexe.

Ce cycle trouve son origine dans les matières nutritives inorganiques en solution dans l'eau. Grâce à l'action combinée des radiations calorifiques et lumineuses du soleil, les plantes vertes sont à même de transformer ces matières inorganiques et l'acide carbonique en solution dans l'eau en matières organiques formant la substance des tissus végétaux des plantes inférieures et des plantes supérieures. On peut distinguer deux catégories d'êtres aquatiques : ceux qui vivent libres dans la masse même de l'eau et constituent ce qu'on appelle le plancton, qui est formé par tous les organismes microscopiques végétaux (phytoplancton) et animaux (zooplancton) qui nagent ou demeurent en suspension dans la masse aquatique sans pouvoir vaincre les courants, et ceux qui vivent fixés sur le fond ou dans la zone marginale et qui forment le benthos. Les plantes sont consommées à l'état vivant ou à l'état mort par les organismes animaux de la faune inférieure. Ceux-ci à leur tour peuvent servir d'aliment à des animaux plus gros de la faune aquatique. Finalement ces derniers, en même temps que les plus petits et que certains végétaux sont consommés par le poisson.

Le cycle alimentaire de la production piscicole comprend donc les maillons suivants : matières nutritives minérales, production végétale, consommation et production animales intermédiaires, consommation et production du poisson. Un dernier phénomène se manifeste ensuite, il s'agit de la réduction qui s'opère grâce à l'action des bactéries qui per-

met, par le mécanisme de la minéralisation, la dissolution de tous les composés organiques morts et leur réintroduction dans le cycle biologique.

4. L'effet des pollutions sur les êtres aquatiques

Il apparaît clairement des différentes considérations qui viennent d'être émises que chaque milieu aquatique correspond à une biocénose nettement définie. Les relations qui unissent plantes et animaux inférieurs, plantes et animaux supérieurs, substrat, vitesse des courants ou stagnation des eaux, profondeur, température, teneur en oxygène dissous, etc., sont évidentes et toute modification du milieu volontaire ou non, entraîne inévitablement des ruptures d'équilibre.

Le caractère polluant des effluents variera en fonction de nombreux éléments tels les conditions météorologiques, la composition des eaux réceptrices, de même que du débit, de la vitesse et de la profondeur de celles-ci.

Ces modifications du milieu peuvent être dues à l'intervention de l'homme et l'on parlera alors de pollution causée par notre société de consommation, mais également à des facteurs externes ou internes au milieu aquatique lui-même et indépendamment de l'homme et l'on parlera alors de pollutions naturelles.

Le terme pollution d'une eau peut donc être défini comme étant l'addition d'une certaine substance, sous quelque forme que ce soit, modifiant les qualités naturelles de cette eau. Les qualités naturelles d'une eau sont plus difficilement définissables : les eaux naturelles peuvent en effet avoir été altérées considérablement au cours des siècles par des pollutions naturelles.

Les pollutions naturelles sont celles qui sont produites par l'environnement lui-même. Le milieu naturel terrestre peut en effet polluer le milieu aquatique par apport de sédiments lors de l'érosion par l'eau ou par le vent des terrains avoisinant, ou par apport de matières organiques lors de la chute des feuilles des arbres ou par des coups d'eau lors de violents orages amenant des substances toxiques organiques (eaux de tourbières, plantes toxiques telles le Derris...) ou inorganiques (gisements de sels toxiques) dans le cours d'eau principal, l'étang ou le lac..., par la colonisation pour une raison inconnue par des plantes envahissantes, normalement étrangères au milieu.

Les pollutions imputables à l'homme peuvent être de natures diverses et l'on pourrait les classer en deux grandes catégories : les pollutions di-

rectes, tels les rejets de substances quelconques dans les eaux, et les pollutions indirectes tels par exemple :

1. le défrichement ou le reboisement pouvant entraîner des modifications du niveau de la nappe phréatique occasionnant des changements dans le débit des sources, rivières et ruisseaux;
2. le creusement de canaux et l'établissement de barrages entraînant des perturbations dans le mécanisme des migrations de poissons et modifiant le milieu initial (création d'un lac sur une rivière);
3. l'enrésinement exagéré le long des cours d'eau, perturbant la flore marginale et aquatique et modifiant dès lors la faune primitive;
4. l'introduction volontaire ou non de nouvelles espèces de plantes ou de poissons...

Mais à côté de ces pollutions indirectes et relativement mineures, se situent les pollutions directes dues à l'activité humaine. Sans entrer dans le détail, nous en citerons cependant quelques types tout en montrant leur incidence sur la faune et la flore aquatiques.

Les substances qui sont déversées dans nos cours d'eau sont aussi variées que les activités humaines qui les produisent. On peut considérer 6 groupes de substances capables de polluer à des degrés divers les eaux d'une rivière :

1. Les poisons en solution rejetés par les eaux usées de beaucoup d'industries. Certaines de ces substances sont rapidement précipitées dans l'eau, mais d'autres sont plus persistantes. Ils ont une action directe sur la physiologie animale ainsi que sur les végétaux aquatiques.
2. Les suspensions solides inertes résultant du lavage de minerais, roches... qui décroissent en quantité si l'on s'achemine vers l'aval par suite de leur dépôt. Les effets des solides inertes sont doubles : s'ils sont finement divisés, ils ne se déposent pas rapidement et rendent le cours d'eau opaque, empêchant la lumière d'y pénétrer et entravant ainsi la croissance des plantes submergées et des algues. D'autre part, ces particules en suspension peuvent affecter sérieusement la respiration du poisson et peuvent également posséder un effet d'abrasion sur celui-ci.

Un autre effet des très fines suspensions est que, même si elles n'éliminent pas toute vie de la rivière, elles rendent la recherche de nourriture pour les poissons très difficile. Beaucoup de poissons chassent en effet à la vue et ils sont considérablement gênés par ce brouillard de matières en suspension.

Le second effet des particules solides inertes apparaît quand celles-ci sont d'un diamètre plus gros et qu'elles se déposent rapidement sur le fond surtout si la turbulence de l'eau est faible. Les dépôts étouffent les algues, tuent les plantes et les mousses et altèrent fortement le substrat. Par exemple des communautés végétales vivant sur des sols non vaseux peuvent être remplacées par des communautés vivant sur la vase. Ainsi le *Potamogeton pectinatus* pouvant remplacer *Ranunculus* et *Myriophyllum*. L'effet primaire du dépôt des matières solides est de détruire ou d'altérer la végétation, mais cela produit un effet secondaire qui est le changement de la faune.

D'autre part, un certain effet primaire peut cependant se manifester sur la faune en comblant les interstices entre les pierres, détruisant l'habitat de certains animaux qui y vivent et permettant à d'autres de s'y installer, telles les larves de Chironomides par exemple qui peuvent vivre dans la vase à cause de leurs particulières adaptations à ce type de milieu. Les particules solides en suspension peuvent également agir directement sur la reproduction du poisson, notamment chez les truites et les saumons qui ont l'habitude d'établir leurs frayères dans des cours d'eau peu profonds riches en oxygène dissous, à fond graveleux. Si les œufs sont recouverts de matières solides en suspension, ils sont rapidement asphyxiés. De petites quantités de matières en suspension sont susceptibles de causer de réelles pertes.

3. La désoxygénation qui est habituellement causée par l'altération des matières organiques par les bactéries. La pollution par des matières organiques est très complexe, en ce sens que non seulement elle désoxyde l'eau, mais également par l'apport de solides en suspension, de matières organiques évidemment et de poisons tels l'ammoniaque et les sulfures et parfois même des cyanures. Il est dès lors impossible de discuter des effets biologiques de chaque aspect pris séparément comme on peut le faire pour les poisons, des détoxynérateurs simples et des solides inertes en suspension. Les pollutions par matières organiques sont généralement causées par les industries agricoles ou assimilées.

La désoxygénation est une des plus importantes propriétés de la matière organique et l'on comprend aisément que toute vie animale peut momentanément disparaître d'un milieu aquatique si la teneur de celui-ci en oxygène dissous diminue fortement. L'intensité d'oxydation est influencée par la température et par la présence

des bactéries indispensables tandis que le degré de réoxygénation dépend de facteurs variables tels l'intensité du courant, la turbulence, la profondeur de l'eau... Les matières organiques cependant, si elles ne sont pas en excès, ont une influence plutôt favorable sur le développement et la multiplication des plantes et des animaux aquatiques par la quantité considérable de nourriture qu'elles apportent.

4. Les huiles et les détergents sont des agents actifs de la désoxygénation. Un fin film d'huile à la surface de l'eau réduit le taux de réoxygénation tandis qu'un film épais l'inhibe complètement. Les détergents également affectent le prélèvement de l'oxygène de l'air à la surface de l'eau. Ils peuvent abaisser la tension superficielle du liquide, modifiant ainsi le rythme de la respiration chez les poissons. D'autre part, ils peuvent conférer à l'eau un caractère trop alcalin.
5. Les sels non toxiques ont à peu près les mêmes effets que les poisons persistants en ce sens qu'ils sont réduits régulièrement en concentration par dilution. Cela s'applique à certains sels tels les chlorures par exemple et il est évident que le chlorure de calcium déversé sur les routes en période de neige et de verglas peut être classé parmi les agents polluants.
6. L'eau chaude rejetée par certaines usines ayant des problèmes de refroidissement et dont l'intensité de pollution dépend de la température extérieure ainsi que de la turbulence de l'eau et du vent. L'effet de la chaleur peut cependant se faire sentir sur plusieurs kilomètres vers l'aval et provoquer une accélération de l'activité biologique et autres réactions chimiques.

5. L'analyse biologique des eaux douces

On peut constater de l'examen de ces différents agents polluants que s'ils ne sont pas déversés avec vigueur et si la rivière est suffisamment large et reçoit de nombreux affluents, elle peut procéder elle-même à son «autoépuration».

L'analyse chimique indique la constitution pondérale du flot résiduaire ou du cours d'eau: sels, oxygène dissous, matières organiques, etc... Mais cette analyse chimique, qui dissèque ainsi un flot résiduaire de nature complexe, ne donne pas toujours exactement la constitution réelle de ce flot; de plus, pendant le transport au laboratoire, des altérations ont pu se produire dans les échantillons; enfin, pour les eaux orga-

niques très complexes, elle ne fournit guère de renseignements intéressants, sauf en ce qui concerne l'oxygène dissous et le B.O.D. ou demande biologique en oxygène. Aussi l'analyse chimique a-t-elle besoin d'être complétée par le test biologique qui consiste dans l'observation de l'attitude des organismes vivants végétaux et animaux y compris les poissons devant le flot nocif, sans considération de sa composition.

L'analyse biologique d'une eau consiste dans l'appréciation de sa composition et de sa pureté chimique en se basant sur sa faune et sa flore. Elle ne s'oppose pas à l'analyse chimique; elle en est le complément nécessaire et même indispensable. En principe, la seule analyse du milieu contaminé ne suffit pas; il est indispensable de procéder à l'examen des parties non polluées du système aquatique considéré; la comparaison des résultats permet d'établir le degré de pollution de l'eau examinée.

L'analyse biologique des eaux polluées par matières organiques repose sur l'observation des phénomènes qui se déroulent lors de l'autoépuration des eaux, c'est-à-dire des phénomènes par lesquels une eau polluée arrive, à la suite d'une série de transformations physiques, chimiques et biologiques à se débarrasser spontanément des éléments nocifs qu'elle renferme. Il est évident que le degré de contamination d'un milieu aquatique dépendra du rapport qui existe entre la puissance d'autoépuration de ce milieu, elle-même fonction de sa teneur en oxygène, et de la quantité de matières organiques qu'il recevra.

Si un cours d'eau reçoit un apport important et continu de matières organiques, le cycle d'autoépuration, entretenu par la continuité de la contamination, va s'étendre sur une certaine distance. On voit se succéder, en partant du lieu de pollution et en se dirigeant vers l'aval, les étapes progressives de la minéralisation et l'on peut distinguer une série de zones caractérisées par des conditions de milieu et par conséquent par des biocénoses différentes. On voit ainsi se succéder des zones de contamination forte, moyenne, faible et enfin le retour des conditions primitives telles qu'elles se présentaient avant leur pollution.

A. KOLKWITZ et M. MARSSON, étudiant, au point de vue biologique, cette minéralisation des substances organiques, ont distingué, dans un cours d'eau, plusieurs étapes et l'on peut considérer que ces auteurs ont établi un système désormais classique et que l'on dénomme *système des Saprobies*. Ce système comprend quatre zones dont la première appelée *zone des polysaprobies* caractérise une eau fortement polluée et où l'on ne rencontre qu'une flore et une faune composées d'organismes peu exigeants en oxygène dissous. La seconde zone, *celle des mésosaprobies* α dénote une intensité de pollution moyenne et est composée d'une

flore et d'une faune plus riches demandant une plus grande quantité d'oxygène dissous. La troisième zone, appelée *zone des mésosaprobies* β , où les organismes de la flore et de la faune supérieures et inférieures sont variés, est caractéristique d'une eau faiblement polluée où la teneur en oxygène dissous est augmentée considérablement.

Enfin, la dernière zone, celle des *oligosaprobies* caractérise une eau très riche en oxygène dissous, une pollution nulle et où l'on ne rencontre que des organismes animaux et végétaux exigeants.

Suivant les différentes espèces animales et végétales rencontrées, on peut aisément caractériser l'une ou l'autre de ces zones.

Les limites fixées entre les différentes zones saprobies n'ont cependant rien de rigide ni d'absolu. En pratique, il est préférable d'étudier les biocénoses que de rechercher telle ou telle forme caractéristique. En effet, aucun organisme animal ou végétal n'est capable par sa simple présence d'indiquer un degré déterminé de pollution.

6. Conclusions

De tout ce qui précède, il ressort que la science limnologique, qui définit les propriétés physiques, chimiques et biologiques des eaux douces, est non seulement une science fondamentale, mais également et surtout une science appliquée qui relève directement des études agronomiques dont le but immédiat est à la fois la protection des biocénoses naturelles et la prospérité du poisson, cette dernière étant à considérer sous toutes ses formes.

La faune et la flore d'une eau courante ou stagnante forment des associations parfaitement constituées avec leurs antagonismes et leurs interdépendances propres. Ces biocénoses caractéristiques des différents milieux aquatiques peuvent être profondément modifiées dans leur structure par toute espèce d'altération physique, chimique ou biologique. Ces altérations, volontairement ou involontairement provoquées par l'homme, peuvent parfois conduire à de véritables catastrophes et nous pourrions conclure en nous remémorant une phrase écrite par Tony BURNAND :

« Il fut un temps où les saumons étaient à ce point tellement nombreux » dans les rivières aboutissant aux côtes atlantiques de la France, que les » contrats d'engagement des ouvriers de ferme, en Normandie et en » Bretagne, stipulaient que le maître ne leur en ferait pas manger plus de » deux fois par semaine... Tous seraient aujourd'hui bien heureux d'en » manger une fois par an ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- H.B.N. HYNES. *The Biology of Polluted Waters*. 1966. Liverpool University Press.
- J.R. ERICHSEN JONES. *Fish and River Pollution*. 1964. London Butterworths.
- Robert E. COKER. *Streams, Lakes, Ponds*. 1968. Harper and Row, publishers, New York.
- M. HUET. *Appréciation de la valeur piscicole des eaux douces* (Ministère de l'Agriculture. Travaux de la Station de Recherches de Groenendaal. Série D, n° 10, 1949, Bruxelles).
- M. HUET. *La Pollution des eaux. L'analyse biologique des eaux polluées* (Ministère de l'Agriculture. Travaux de la Station de Recherches de Groenendaal. Série D. n° 9. Extrait du *Bulletin du Centre Belge d'Etude et de Documentation des Eaux*, n° 5 et 6, 1949).
- E. DOTTRENS. *Le Grand livre de la pêche et des poissons*. T. 1 et 2. 1952. Union Européenne d'Editions, Monaco.
- P. VIVIER. *La vie dans les eaux douces*, 1961. Coll. Que sais-je?
- R. COLAS. *La pollution des eaux*. 1968. Coll. Que sais-je?
- L. ROULE. *La structure et la biologie des poissons*. 1930. Ed. Riedder, Paris.
- M. HUET. *Traité de Pisciculture*. 4e Edition. 1970. Ed. Ch. de Wyngaert. 1200 Bruxelles.