

LA POLLUTION DES RIVIÈRES

Par le Professeur Louis ROULE.

du Muséum National d'Histoire Naturelle.

I. — Le sujet de cet article s'adresse au degré le plus caractéristique, souvent le plus outré, du dépeuplement des eaux douces. Il pose actuellement, et dans l'avenir, par rapport à l'économie aquicole, l'un des problèmes les plus ardues et les plus pressants. Défaut de notre époque, et désastre réel dans certains cas, il offense à la fois l'hygiène publique et la production de pêche. S'il ne sévit souvent que dans des régions manufacturières utilisant l'eau pour leurs fabrications, il est capable d'y parvenir à un tel point, que son action se répercute sur les régions voisines. La pollution devient, dans nombre d'eaux courantes, l'une des causes les plus efficaces de leur amoindrissement vital, et de leur dépopulation.

La visite de l'un quelconque des pays de grandes industries, pratiquant le jet à la rivière, dénote ces altérations dès le premier coup d'œil. Rien en eux ne ressemble à ce qui existe chez ceux qui n'ont pas été touchés. On y voit les ruisseaux traîner, au long des berges, une eau salie, colorée. Leurs lits dés herbés sont couverts d'une vase grisâtre, souillée, souvent malodorante. Les animaux aquatiques, les poissons notamment, manquent presque partout. Parfois, cette altération est passagère, selon les variations du fonctionnement des usines. Dans les intervalles de répit, les symptômes s'atténuent, s'amendent quelque peu, tout en maintenant leur empreinte. Ailleurs, elle est permanente, et la rivière se trouve irrémédiablement frappée.

La cause en est due aux déversements, temporaires ou continus, des eaux résiduaires dont les usines cherchent à se débarrasser. Ayant employé, pour leur production industrielle, de l'eau pure puisée dans la rivière toute proche, elles rejettent ensuite, comme inutiles, les sous-produits, les eaux altérées, et les renvoient à même le courant. Ayant reçu de l'eau normale, elles rendent de l'eau souillée, polluée. Aussi le courant, en aval du lieu de déversement, est-il, par cet apport, transformé de façon nuisible. Ses capacités d'entretien vis-à-vis de sa population vivante s'amoindris-

(1) Cet article reproduit l'une des Etudes contenues dans mon volume récent : *La Culture des eaux et l'Economie aquicole* (Les Poissons et le monde vivant des eaux. T. IX, Delagrave, Paris, 1936), qui reproduit à son tour les leçons de mon enseignement.

sent, ou même s'annihilent. La pollution est devenue cause effective d'un dépeuplement local. Et, si les usines se succèdent au long du cours d'eau, comme il en est assez fréquemment, leurs actions se superposent, chacune ayant la sienne, qui peut jouer avant que la précédente ne soit épuisée. Le résultat consiste en un dépeuplement général, frappant à la fois les espèces sédentaires et les migratrices, les maltraitant plus ou moins selon leurs facultés de résistance, mais n'en laissant aucune en dehors de lui. Par surcroît, les animaux autres que les poissons, étant atteints eux-mêmes à pareil degré, la sîtèse entière s'appauvrit dans sa totalité.

Ces conséquences sont de notre époque. Elles proviennent du développement actuel, et récent, des industries mécaniques. Elles n'existaient pas autrefois, ou se rendaient plus faibles. Jadis, les cours d'eau portaient des usines auprès d'eux, mais distantes, peu nombreuses, de modique rendement. La petite fabrique d'antan empruntait à la rivière l'eau et la force motrice, puis lui renvoyait ses résidus, et ceux-ci, peu abondants, ne produisaient qu'une pollution modérée. Souvent, le peuplement pisciaire n'en était même pas touché. Aujourd'hui, avec les progrès du machinisme, les usines se sont amplifiées. Au lieu de quelques ouvriers, elles en emploient plusieurs dizaines, plusieurs centaines. Leur production s'est décuplée. Par suite, les résidus, devenus considérables, alors que la rivière a conservé son état et son volume primitifs, infligent à cette dernière des altérations intenses, dont les temps passés n'avaient nulle idée. La pollution dépeuplante s'est donc instituée.

Une eau polluée, par définition, est celle qui renferme des substances anormales, dont l'eau courante est ordinairement privée. De ces matières surajoutées, les unes se tiennent en suspension, les autres en dissolution. Parmi les premières se placent les produits terreux, dont la présence donne à l'eau un trouble plus ou moins épais. Certaines usines, qui lavent leurs matériaux avant de les traiter, rejettent donc des eaux résiduaires chargées de particules de terre, qui, peu à peu, tombent sur le fond, l'ensavent, et recouvrent les plantes aquatiques immergées. Le résultat en est un amoindrissement de la flore, qui retentit sur la faune, et cause un préjudice. Mais cette conséquence reste d'assez modique portée, car ces matières terreuses en suspension sont rarement nuisibles de façon directe. Ingurgitées par les poissons, elles ne s'accrochent point à leurs branchies, et sont aisément expulsées grâce aux mouvements de la respiration.

Il n'en est plus de même pour d'autres corps en suspension, tels que les fragments ténus de fibres de bois provenant de papeteries ou de scieries. Ceux-ci s'accrochent vraiment, et se maintiennent au moyen de leurs bords denticulés. Les poissons qui, pour leur respiration, avalent avec continuité de l'eau ainsi chargée, en recouvrent donc leurs branchies, sans pouvoir empêcher ce dépôt. Si l'épaisseur en devient trop grande, l'asphyxie s'ensuit, et la mortalité se manifeste, faisant parfois des progrès rapides et excessifs.

Les substances dissoutes se montrent plus nombreuses, et d'une nocivité

souvent plus forte. Selon les usines et leurs déversements, les unes sont acides, d'autres basiques, chacune capable d'agir comme élément anormal et toxique. Les huiles, les essences minérales, peuvent aussi figurer parmi elles. Bien que non dissoutes, leur fluidité les entraîne avec l'eau. Elles la recouvrent d'une pellicule imperméable à l'air, interdisant les échanges gazeux avec l'atmosphère, et pouvant aboutir à de l'asphyxie chez les poissons, par la diminution, non récupérée, de l'oxygène dissous employé à la respiration.

Les plus dangereuses de ces substances sont celles que plusieurs catégories d'industries, sucreries, malteries, cidreries, laiteries, beurreries, papeteries, extraient des matériaux d'origine organique qu'elles traitent. Leurs eaux résiduaires contiennent ces composés azotés à l'état colloïdal, ou à celui de dissolution cristalloïdienne. Capables d'en renfermer de fortes proportions, jusqu'à plusieurs grammes par litre, elles constituent, de ce fait, des véritables bouillons de culture, qui sont déversés dans l'eau de la rivière.

Malgré leur dilution avec cette dernière, une telle intrusion a pour résultat d'inverser l'état de la végétation aquatique, car ces composés s'oxydent aux dépens de l'oxygène dissous dans l'eau environnante, et diminuent d'autant sa teneur. Ils favorisent la pullulation des végétaux inférieurs saprophytes, Champignons filamenteux et Bactéries, qui, privés de chlorophylle, peuvent continuer à subsister, et se nourrissent de ces produits, tout en absorbant aussi, pour leur respiration personnelle, l'oxygène dissous dans l'eau. Ainsi rendus plus pullulants, leur action, minime à l'habitude dans un milieu sain et non contaminé, devient là plus puissante. Leur fréquence plus grande contribue à restreindre le statut vivificateur de la rivière. Elle en restreint, par l'effet de cette diminution d'oxygène dissous, la capacité d'entretien vis-à-vis de la respiration de la faune aquatique, y compris celle des poissons. Le cours d'eau, à l'égard de ces derniers, devient milieu asphyxique, et son peuplement en éprouve de fâcheux effets.

Les espèces diffèrent sur cela, selon la hauteur de leurs exigences respiratoires. Les Truites s'y montrent plus sensibles que les Cyprins. Les rivières à Salmonidés, sous de telles influences, se dépeuplent plus vite, et plus complètement, que les rivières à Poissons blancs. Mais toutes, à des degrés divers, sont touchées par de semblables déversements, d'autant plus nuisibles qu'ils se montrent plus insidieux, et qu'ils restent souvent méconnus.

II. — Les méfaits des pollutions se manifestent, en somme, de façons fort variées. Certains sont subits, et presque dramatiques. Brusquement, en aval d'une usine qui, jusque-là, semblait indifférente, les poissons meurent en masse, et leurs cadavres, entraînés par le courant, descendent la rivière au fil de l'eau. Petits mélangés aux grands, tous vont s'arrêter çà et là, entre les roseaux de la berge. L'usine venait de vider d'un seul coup des réservoirs où des résidus s'accumulaient depuis longtemps. Ailleurs

le dégât, moins impressionnant, se rattrape sur la durée. L'usine, déversant avec continuité ses eaux résiduaires, pollue sans arrêt. Les spectacles inopinés de poissons moribonds, ou morts en masse, n'ont plus aussi bien l'occasion de s'offrir, mais l'intoxication se manifeste quand même, sur un mode ralenti et progressif, jusqu'à ce que le cours d'eau soit devenu désertique.

Ce sont là deux extrêmes. Entre eux et l'état normal s'intercalent toutes sortes de transitions et de degrés, selon les industries, les rivières, les époques de l'année, les espèces de poissons. Certaines eaux résiduaires sont presque inoffensives, alors que d'autres sont nettement nuisibles. Les cours d'eau, à leur tour, se montrent plus ou moins sensibles selon l'importance de leur débit, et, par suite, de la dilution qu'ils font subir aux déversements. A égalité de ceux-ci, un petit ruisseau sera durement touché, alors qu'un grand fleuve restera presque indemne. Aux basses eaux, la dilution étant moindre, la pollution sera forte, alors que les mêmes résidus, en périodes de crues, seront amplement délayés, et minimisés. La température, à son tour, exerce une influence des plus nettes. Toutes autres choses étant semblables, les empoisonnements sont plus meurtriers pendant l'été que dans la saison froide. Sans doute, comme la tiédeur estivale favorise dans l'organisme des Poissons les échanges de l'assimilation, l'absorption rapide des produits toxiques devient-elle alors plus facile, d'où résulte une aggravation de la mortalité.

On songe de suite, en présence de pareils dommages, à reconnaître quelles sont leurs causes, dans le but de prévenir leur retour. On recueille les poissons atteints, afin de les examiner. On prélève des échantillons d'eaux polluées, pour les analyser. L'examen des poissons, surtout celui de leurs branchies, peut donner des renseignements utiles, à la condition qu'il soit effectué précocement, avant que la décomposition cadavérique commençante n'ait altéré les tissus. La plupart des déversements acides colorent ces organes en jaune ; les basiques, contenant des composés sodiques et potassiques, font apparaître par places des points hémorragiques ; les produits chlorés les déteignent ; l'asphyxie par pénurie d'oxygène dissous les cyanose. L'état des téguments, celui des viscères, la constitution des contenus stomacaux, fournissent aussi d'utiles indications. Il importe, en un tel sujet, de préciser nettement tous les symptômes, afin d'éviter de les confondre avec ceux des maladies d'origine parasitaire. L'investigation microbienne complètera donc cette recherche des effets de la pollution.

L'analyse chimique des eaux contaminées procure de notables renseignements, en s'adressant à la cause même, et à la composition du produit toxique. Il est nécessaire, autant que possible, de l'effectuer sur des échantillons récemment prélevés, et, pourrait-on dire, encore frais. Il arrive souvent, en effet, que les diverses substances contenues dans une eau incriminée réagissent les unes sur les autres, et subissent des modifications nouvelles, capables d'altérer leur constitution du début. Les résultats fournis par ces analyses tardives ne sauraient donc concorder toujours avec la réalité.

Si l'on veut apprécier, dans sa plénitude, l'ampleur d'une pollution, l'examen des sujets atteints et l'analyse des eaux ne peuvent entièrement suffire. Le problème posé est d'une telle complexité, que toutes les disciplines de l'hydrobiologie doivent être appelées, afin de pouvoir le résoudre. Aucun de ses termes ne doit être oublié. De plus, son étude, pour donner des solutions précises, ne saurait se borner à lui seul. Il lui faut être comparative. L'eau polluée en aval de l'usine, sur laquelle cet examen porte, étant faite de l'eau d'amont augmentée des résidus industriels, les opérations, que ce problème nécessite, doivent être effectuées en deux parts avec synchronisme, et s'adresser à l'eau pure de l'amont comme à l'eau souillée de l'aval. C'est par la comparaison de leurs résultats que la solution exacte sera susceptible de se dégager.

III. — La première de ces opérations consiste à procéder à l'examen hydrobiologique du cours d'eau. Les indications fournies par lui sont déjà convaincantes. L'eau elle-même, et le fond, méritent une égale considération. L'eau, tout d'abord, selon son aspect, son débit, sa teinte, le fait pour elle de charrier, ou non, des matières en suspension, fournit un premier sujet de constatation. Il lui arrive, dans certains cas, d'entraîner des flocons blanchâtres de Champignons filamenteux (genre *Leptomitus*), accusant la présence en elle d'une forte proportion de matières organiques dissoutes. Ces flocons, quand ils sont abondants, s'arrêtent contre les berges, se suspendent aux barreaux des grillages, s'y résolvent en empâtements mucilagineux, dont l'abondance peut gêner.

Le fond, et la végétation immergée qu'il porte, donnent aussi leur témoignage. Si les touffes des plantes immergées sont vertes et de bonne apparence, si elles abritent des animaux bien vivants, Mollusques, larves d'Insectes, Gammarets ou Chevrettes, la certitude s'impose que l'eau n'a subi aucune altération trop nuisible, et que le peuplement en poissons ne saurait être atteint. Il suffit, pour s'en assurer, d'arracher avec un grappin une brassée de ces herbages, puis de l'étaler en dissociant les brindilles qui la composent ; ses habitants, quand il en existe, se montrent à découvert. On peut aussi, dans les torrents montagneux et rapides, où cette végétation ne se développe qu'avec parcimonie quand elle le fait, examiner les objets immergés et soulever les cailloux pour les considérer par dessous ; la présence de larves d'Insectes, de petits Mollusques, procure à son tour une attestation du même ordre. Par contre, dans le cas contraire, celui des rivières polluées et rendues difficilement habitables, les fonds sont déserts, envasés, et dénotent, du fait de leur privation de petite faune, que les ressources de la pêche se trouvent réellement amoindries.

Cet examen accompli, et mené de même manière comparative en opposant l'amont à l'aval, l'enquête sur la pollution doit en venir aux investigations habituelles, celles des symptômes offerts par les poissons mourants ou morts récemment, et de l'analyse chimique immédiate des eaux résiduaires. Il importe à cette dernière de s'adresser à des échantillons prélevés en plusieurs points successifs depuis le lieu du déversement, d'en mesu-

rer le degré d'acidité, et d'en évaluer le taux d'oxygène dissous, afin d'en reconnaître la diversité possible. La recherche du taux d'oxygène sera effectuée sur place, en chacun des points considérés, afin d'obtenir le dosage de l'oxygène intégral *in situ*, tel qu'il s'offre directement aux poissons pour leur respiration. Des constatations de même sorte, et semblablement sérieées, seront effectuées aussi sur la température de l'eau.

Ces opérations faites, on en viendra, pour terminer, à l'étude caractéristique de la pollution, à celle qui consiste à évaluer directement le pouvoir toxique, sur les poissons, des eaux incriminées. Cette « épreuve de toxicométrie », conduite, comme les précédentes, de manière comparative sur l'eau d'amont et l'eau d'aval, a pour objet la connaissance précise des effets de l'intoxication. Sa technique consiste à plonger des lots déterminés de poissons, pris comme sujets d'expérience, dans des milieux de composition connue se rapportant aux circonstances de la pollution, afin d'observer ce qui en advient. Plusieurs précautions préliminaires se rendent indispensables, afin d'éviter toute erreur. Les sujets choisis appartiendront aux espèces usuelles de la région, à l'exclusion des poissons de pisciculture dont la sensibilité est souvent inégale. On les utilisera ainsi, et tout exprès, comme seuls capables de fournir des indications exactes sur un fait qui les touche directement. On les répartira pareillement, comme nombre et comme poids, dans deux cuves semblables, emplies d'un identique volume d'eau, que l'on placera côte à côte, afin qu'elles supportent ensemble, de la même manière, toutes influences possibles venant du dehors comme du dedans. L'une d'elles contiendra de l'eau d'amont non touchée par la pollution, l'autre renfermera successivement la gamme des eaux polluées sur lesquelles on effectue les expériences. La comparaison synchrone des deux montre d'emblée, dans cette dernière, l'influence variée des intoxications, alors que rien de tel ne se passe dans la première servant de témoin, et simplement occupée, avec ses poissons, par de l'eau non contaminée.

L'expérimentation consiste donc à placer successivement les sujets du second lot dans des eaux dosées, et préparées d'avance, à divers degrés de la pollution. On pourrait même, au cas où l'on disposerait d'un matériel suffisant, employer à la fois plusieurs cuves semblables, dont chacune renfermerait une eau de dosage différent, leur comparaison entre elles et avec le bassin témoin donnant d'emblée l'entière solution. Quelle que soit la méthode suivie, les dosages seront tels, que l'on plongera d'abord les sujets d'essai dans de l'eau résiduaire intégrale et à l'état brut, telle qu'elle sort de l'usine, puis dans des mélanges, à divers degrés de dilution, de cette eau résiduaire avec de l'eau normale. On commencera par un mélange à la moitié, pour continuer par d'autres, au tiers, au quart, au cinquième, au dixième, au vingtième, et ainsi de suite jusqu'à l'absence complète de toute réaction spéciale des individus expérimentés. On peut ainsi se rendre compte, d'abord de l'intensité des intoxications, puis de son atténuation progressive selon les taux de la dilution.

Cette épreuve toxicométrique comparative est de la plus haute impor-

tance, car elle fournit seule des renseignements indiscutables sur les effets de la pollution. Elle permet, en se basant sur ses résultats, reportés dans la nature, d'apprécier exactement les circonstances de la contamination, parfois mal définies. Elle clôture enfin l'investigation hydrobiologique, en posant des termes précis.

IV. — L'étude du problème économique de la pollution des rivières, et des dépeuplements occasionnés par elle, ne se termine point sur cette constatation causale. Elle doit envisager, en outre, les moyens de pallier ses effets. L'utilisation mécanique et manufacturière des eaux s'y met en concurrence directe avec l'utilisation piscicole. L'usine et la pêche deviennent antagonistes, à moins de ménagements et de restrictions permettant d'aboutir, sinon à un accord complet, du moins à des ententes locales. Si l'on ne peut rendre à la productivité pêchable son état disparu, peut-être est-on capable, parfois, de lui restituer une part de son ancienne valeur.

Et d'abord, la rivière s'épure d'elle-même, automatiquement, par ses seuls moyens. L'eau courante, grâce à sa dilution croissante, à son brassage continu, à son frottement incessant contre les éléments du fond et des berges, à son contact renouvelé avec l'air atmosphérique, modifie de façon progressive les substances résiduelles qui lui ont été ajoutées. Elle parvient souvent à les neutraliser. La zone dangereuse ne s'étend que sur une certaine distance en aval du point de pollution. Plus bas, sauf le cas de contaminations nouvelles, l'eau redevient normale, et le peuplement reprend. Les dommages se trouvent donc limités. Ce bornage varie selon la composition et la proportion des substances contaminantes, mais il se réalise pourtant.

L'un des exemples les plus nets en est offert par les pollutions dues à la présence de matières organiques, soit déversées par des usines, soit provenant du tout à l'égout des grandes villes. Ces composés nuisent aux poissons en absorbant peu à peu, au fil du courant, l'oxygène dissous dans l'eau. Aussi leur action est-elle à peu près nulle sur le lieu même du déversement, car cette absorption n'a pas encore eu le temps de se manifester. Elle ne commence qu'un peu plus bas en aval, quand l'absorption débute, s'accroît davantage plus bas encore, se maintient sur un assez long trajet, parfois plusieurs kilomètres, puis se restreint, et finalement disparaît lorsque l'oxydation s'achève. Alors, au contact de l'air atmosphérique, la rivière récupère un oxygène nouveau, et redevient propre à entretenir la vie.

L'épuration automatique ne s'accomplissant, toutefois, qu'à longue portée, et n'empêchant point la formation d'une zone dangereuse, l'industrie tente souvent de l'obtenir immédiatement, sur place, grâce à la neutralisation directe des résidus. Elle cherche à restituer à la rivière une eau privée de ses principes nocifs. Ses moyens sont nombreux et variés. Il en est de chimiques, de mécaniques, de biologiques. Leurs résultats, pourtant, sont rarement suffisants, quoique efficaces, car le volume considéra-

ble des eaux traitées ne donne à ces opérations qu'une valeur incomplète. La pollution est moindre, mais elle existe toujours. Il faudrait, pour l'annihiler, des moyens plus vastes et très onéreux.

Il serait pourtant possible, dans bien des cas, d'atténuer la difficulté en la divisant. Il suffirait de ne rejeter à la rivière que les eaux neutres, indifférentes, et de mettre à l'écart, pour les traiter d'autre sorte, les eaux vraiment chargées de produits toxiques après avoir servi à la trituration des matériaux travaillés. La plupart des usines, en effet, affectent à divers usages l'eau qu'elles emploient. Une part, souvent la plus forte, est destinée au lavage de leurs matériaux bruts, par exemple à celui des betteraves dans les sucreries. Celle-là, simplement encombrée de particules terreuses, peut être renvoyée sans grands dommages. Il en est de même pour la part destinée au nettoyage des bâtiments et de l'outillage. Mais il n'en est plus ainsi pour celle qui, entrant réellement dans la fabrication, sert d'abord à la préparation des matières, puis les accompagne au cours de leurs transformations, jusqu'à ce qu'elles aient acquis leur état définitif. Cette dernière, chargée de tous les sous-produits, contient les résidus nuisibles, et c'est sur elle que doivent, de préférence, porter les manœuvres de l'épuration.

Les usines devraient donc posséder deux systèmes d'évacuation de leurs eaux de rebut, l'un pour les eaux vraiment résiduaires à possibilités toxiques, l'autre pour les eaux anxieuses et peu susceptibles de causer des dommages. Celles-ci seront seules rejetées librement. Quant aux premières, les difficultés de les éliminer, ou de les utiliser autrement, souvent excessives, seraient moindres, en raison de leur masse volumétrique plus minime, que celles auxquelles on se heurte quand on veut agir à la fois sur la totalité. Les errements de jadis, lorsque les usines étaient de faible capacité, qui permettaient alors de tout réunir pour tout rejeter ensemble, ne sont plus de mise aujourd'hui. L'obstacle principal, sur un tel sujet, étant celui de la masse considérable des eaux à épurer, sa division en deux parts, dont l'une, seule nocive, serait soumise seule à un traitement épurateur, ou modificateur, permettrait d'aboutir plus aisément à la solution.

Le problème de la pollution des rivières laisse ainsi une forte marge aux investigations des techniciens, si l'on veut concilier les intérêts contradictoires mutuellement affrontés. La biologie se borne à poser les bases de ces études, chaque cas ayant sa qualité propre, et demandant presque une solution pour lui seul.

On pourrait aussi, en intervenant d'autre sorte, établir si possible, et dans toutes circonstances utiles, un classement des cours d'eau, soit dans leur totalité, soit dans des sections déterminées, de manière à affecter certains d'entre eux à l'industrie, et à réserver les autres à la pêche pour les garder dans leur intégrité.
