

**LES VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE  
ET DE LA CONCENTRATION EN OXYGÈNE  
DISSOUS DES EAUX LACUSTRES  
ET DES EAUX COURANTES.  
LEUR RETENTISSEMENT SUR LA DISTRIBUTION  
DES POISSONS**

par M. SECONDAT

Docteur ès Sciences  
Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Toulouse.

---

Parmi les facteurs physico-chimiques qui conditionnent la vie dans le milieu aquatique, il n'en est pas de plus importants que la température et le taux de l'oxygène dissous.

Les variations de la teneur en oxygène des eaux douces ont fait l'objet d'un grand nombre de déterminations; toutefois les dosages portent plutôt sur les eaux des lacs que sur celles des rivières. Les difficultés qui apparaissent lorsqu'on veut comparer, au même moment, les quantités d'oxygène dissous en divers points d'un cours d'eau suffisent à motiver cette restriction.

I. — SOURCES DE L'OXYGÈNE DISSOUS DANS LES EAUX DOUCES.

L'oxygène contenu dans l'eau a des origines diverses, la plus directe est représentée par la dissolution de l'air atmosphérique.

Lorsqu'on cherche à déterminer la composition de l'air dissous dans l'eau, on constate qu'elle est un peu différente de celle de l'air atmosphérique et que l'oxygène y est proportionnellement plus abondant. Cette disparité s'explique par la constante de solubilité de l'oxygène qui est plus élevée que celle de l'azote.

Toutefois, la teneur de l'eau en un gaz donné dépend de la pression partielle de ce gaz dans l'atmosphère avec laquelle l'eau est en contact.

Enfin, pour une pression déterminée, la concentration de l'oxygène dissous croît quand la température de l'eau s'abaisse.

Au surplus, des facteurs d'ordre biologique interviennent pour modifier encore le degré d'oxygénation de l'eau; parmi eux se placent les plantes

vertes aquatiques dont l'activité photosynthétique libère des quantités considérables d'oxygène. Néanmoins, l'importance relative de cette source d'oxygène est limitée dans l'espace et discontinue dans le temps. En effet, l'assimilation chlorophyllienne n'étant possible qu'à la lumière, le dégagement d'oxygène ne se produit que dans la tranche d'eau où les rayons solaires peuvent pénétrer; de plus, il cesse pendant la nuit.

Dans une note publiée en 1900, ZUNTZ rapporte qu'en été, dans une mare riche en *Euglena viridis*, la concentration en oxygène s'éleva, pendant le jour, jusqu'à 22 centimètres cubes par litre; vers deux heures du matin, elle s'abaissait à 2 centimètres cubes.

Des mesures effectuées par WURTZ et WURTZ-ARLET en 1948, dans des pièces d'eau de la Station du Paralet, montrent que la plus forte sursaturation en oxygène est obtenue au moment du développement des algues filamenteuses comme les Spirogyres. La sursaturation provoquée par l'ensemble des Phanérogames submergées et des algues planctoniques (*Volvox*) est plus faible; enfin, celle que réalisent les Phanérogames seules est encore plus réduite.

## II. — CAUSES D'APPAUVRISSMENT DES EAUX DOUCES EN OXYGÈNE DISSOUS

En premier lieu, des phénomènes physiques sont capables de diminuer le taux de l'oxygène dissous; ce sont: d'une part, l'échauffement des eaux superficielles, d'autre part l'abaissement progressif de la pression atmosphérique qui se manifeste lorsqu'on s'élève en altitude.

Des mesures effectuées dans les Alpes en 1927, par HUBAULT, ont montré que des eaux de glaciers, prélevées à 2.487 mètres d'altitude, à la température de 0°7, titraient à peine 7 centimètres cubes d'oxygène par litre. Ce chiffre est très inférieur à celui qui correspond à la saturation (10 cm<sup>3</sup> à 0 degré et à 760 mm.).

Par ailleurs, des phénomènes biologiques agissent simultanément pour appauvrir l'eau en oxygène dissous. C'est d'abord la respiration des organismes aquatiques qui, en prélevant constamment de l'oxygène, s'oppose à l'enrichissement par les plantes vertes qui est intermittent. C'est ensuite la décomposition des matières organiques tombées sur le fond ou en suspension dans l'eau; les pertes d'oxygène qui en résultent sont surtout sensibles dans les cours d'eaux, à la traversée des agglomérations urbaines.

## III. — VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE ET DU TAUX DE L'OXYGÈNE DISSOUS DANS LES EAUX LACUSTRES.

Les masses d'eaux stagnantes, lacs et étangs, sont caractérisées par la faiblesse de leur débit par rapport à leur volume.

Avec FOREL, nous appellerons *lac* une eau stagnante occupant en général une cuvette de profondeur telle que la végétation se limite le plus souvent à la zone littorale.

A l'inverse, un *étang* est une cavité toujours peu profonde qui permet à la végétation de s'établir sur toute l'étendue du fond.

Il va sans dire que la température des eaux lacustres subit des variations saisonnières qui retentissent sur le taux de l'oxygène dissous. Or, l'étude thermologique des lacs est basée sur la notion du maximum de densité de l'eau qui, on le sait, correspond à 4°. Dans les lacs du type tempéré auquel appartiennent les lacs français, qui seuls retiendront notre attention, la température des eaux de surface varie au-dessus et au-dessous de 4°.

*Pendant l'été*, les eaux se répartissent en trois couches : l'une supérieure, chaude, dans laquelle la température s'abaisse graduellement avec la profondeur, c'est l'*épilimnion*, dont l'épaisseur est de l'ordre de 30 mètres ; l'autre inférieure, ou *hypolimnion*, dont la température est toujours basse et peu variable. Entre ces deux tranches s'intercale une zone intermédiaire, réduite à quelques mètres, où les changements de température sont brusques ; c'est la *couche du saut* ou *thermocline*.

*Au cours de l'automne*, les couches superficielles se refroidissent les premières ; il en résulte un courant descendant qui refroidit l'*épilimnion*, puis le thermocline jusqu'à égalisation de température de l'*épilimnion* et de l'*hypolimnion*. La stratification thermique a disparu, c'est la phase d'homogénéité calorique.

*Pendant l'hiver*, le refroidissement de l'air et de l'eau s'accroissant, la température des couches superficielles tombe en dessous de 4°, les eaux restent en surface et se glacent. Au-dessous de cette couche solide superficielle s'établit une stratification thermique inverse de celle de l'été.

*Au cours du printemps*, on observe la contre-partie de ce qui se passe en automne. La glace fond, la température des couches superficielles s'élève et se rapproche de 4°, les eaux s'alourdissent et s'enfoncent peu à peu. Le lac tout entier devient homotherme comme en automne.

En somme, un lac du type tempéré présente dans l'année deux périodes d'homothermie (printemps et automne) et deux périodes de stratification thermique de sens inverse (été et hiver). On conçoit aisément le retentissement de ces fluctuations thermiques sur la teneur des eaux en oxygène dissous.

*Au printemps*, période d'homothermie, la concentration de l'oxygène dissous est uniforme de la surface au fond du lac. De plus, sa valeur est très élevée et voisine de la saturation, en raison de la température encore basse des eaux.

*En été*, l'établissement de la stratification thermique entraîne une distribution tout à fait différente de l'oxygène dissous. Sous l'effet de l'échauffement des eaux, la concentration de l'oxygène dans l'*épilimnion* est plus faible qu'au printemps. Dans l'*hypolimnion*, l'eau est passée à l'état stagnant du fait de l'existence du thermocline, elle s'appauvrit en oxygène sous l'influence simultanée de la respiration des organismes et de la décomposition des matières organiques. Il s'établit donc, vers

la fin de l'été, un contraste frappant entre l'épilimnion, bien pourvu en oxygène dissous et l'hypolimnion, très appauvri en ce gaz.

L'automne, comme le printemps, amène un nouveau brassage des eaux du lac; le taux de l'oxygène dissous est uniforme et atteint un nouveau maximum.

En hiver, lorsque la surface du lac est prise par la glace et privée de tout contact avec l'atmosphère, la masse tout entière des eaux se trouve dans des conditions qui rappellent celles de l'hypolimnion pendant la stagnation estivale. On observe, en effet, une diminution progressive du taux de l'oxygène dissous qui s'accroît au fur et à mesure que l'hiver se prolonge. C'est ainsi que, dans des lacs peu profonds et au cours d'hivers anormalement longs, la masse des eaux peut s'appauvrir en oxygène au point de devenir impropre à la vie des organismes.

En résumé, les périodes d'homothermie (printemps et automne) entraînent une concentration en oxygène élevée et uniforme dans toute la masse du lac. Au contraire, les phases de stagnation estivale et hivernale déterminent une diminution progressive du taux de l'oxygène dissous de la surface au fond du lac.

#### IV. — INFLUENCES DES CONDITIONS THERMIQUES ET DES CONDITIONS D'OXYGÉNATION SUR LE PEUPEMENT PISCICOLE DES LACS SUBALPINS.

Les facteurs extrinsèques dont nous avons étudié les fluctuations, conditionnent le peuplement des eaux lacustres, et influent sur le comportement des espèces.

Nos lacs subalpins (Lac Léman, Lac du Bourget, Lac d'Annecy) sont essentiellement habités par des Salmonides de fond : Omble-chevalier et Corégones.

L'Ombles-chevalier (*Salvelinus alpinus* L.) circule en été dans les eaux profondes (à plus de 100 mètres dans le Lac Léman). La ponte a lieu de Novembre ou Décembre à Février ou Mars sur des points caillouteux dont la profondeur est inférieure à 30 mètres. Ce poisson se comporte donc comme un sténotherme d'eau froide qui exécute des déplacements verticaux pour rechercher les zones les plus froides et les plus riches en oxygène dissous.

Comme l'Ombles-chevalier, les Corégones sont des espèces lacustres pélagiques. Ils sont représentés dans notre pays par trois formes caractéristiques : la Gravenche (*Coregonus hiemalis* Jur.), le Lavaret (*Coregonus lavaretus* L.) et la Fera (*Coregonus fera* Jur.).

La Gravenche, propre au Lac Léman, semble vivre la majeure partie de l'année dans les grandes profondeurs; elle ne quitte guère cette zone qu'aux mois de Décembre ou Janvier, durant lesquels elle vient frayer en surface sous une faible épaisseur d'eau.

Le Lavaret du lac du Bourget a un comportement tout à fait semblable à celui de la Gravenche. Néanmoins, sa ponte un peu plus précoce, s'effectue de la mi-Novembre à la mi-Décembre dans les eaux superficielles.

Enfin, la Féra, dont l'habitat essentiel est le Lac Léman, présente un cycle différent de celui des deux espèces précédentes. Après avoir chassé pendant la belle saison plus ou moins près de la surface, elle descend peu à peu à l'approche de l'hiver pour frayer à de grandes profondeurs (quelquefois à plus de 100 m.) de la mi-Février à la mi-Mars.

La Féra va donc pondre tardivement dans les grands fonds alors que la Gravenche et le Lavaret trouvent en Décembre, au ras du bord, les conditions qui conviennent à leur reproduction.

Après la période de fraie, les Corégones quittent plus ou moins rapidement les lieux de ponte. Selon les conditions du milieu, c'est, ou bien le réchauffement des couches superficielles qui chasse les uns vers les régions plus profondes et plus fraîches, ou bien le refroidissement momentanément trop grand des couches inférieures qui pousse les autres vers la surface.

#### V. — VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE ET DU TAUX DE L'OXYGÈNE DISSOUS DANS LES EAUX COURANTES.

C'est à partir des sources, des glaciers, des névés que commence le domaine des eaux courantes avec sa série évolutive : Ruisseau, Torrent, Rivière et Fleuve. Par opposition avec le milieu lacustre, il a pour caractéristique essentielle le mouvement des eaux.

D'une part la mobilité des eaux courantes facilite les échanges gazeux entre l'atmosphère et le milieu aquatique. D'autre part, en balayant le fond, les cours d'eaux réduisent l'importance des dépôts organiques, et corrélativement celle des oxydations dont elles sont le siège. Il s'en suit qu'en règle générale, et sauf pollution, la teneur des eaux courantes en oxygène dissous se rapproche plus ou moins de la saturation théorique.

Au reste, la concentration en oxygène dissous des eaux courantes varie :

- 1° dans l'espace, c'est-à-dire suivant la partie du cours d'eau envisagée ;
- 2° dans le temps, c'est-à-dire avec les saisons et même avec les heures de la journée.

##### *Variations dans l'espace.*

C'est dans les parties hautes des bassins fluviaux que l'on observe les teneurs les plus élevées en oxygène dissous. Ce fait s'explique, d'une part, par la basse température de l'eau, d'autre part, par le brassage mécanique avec l'air dont elle est l'objet dans les torrents.

Lorsque les parties supérieures des cours d'eaux se trouvent à haute altitude, il importe de ne pas perdre de vue l'influence de la diminution de la pression atmosphérique. Son action est telle, qu'en dépit des basses températures, les eaux ne contiennent qu'une quantité relativement faible d'oxygène.

Dans la partie inférieure des bassins fluviaux, la température élevée et la lenteur du courant déterminent un échauffement sensible des eaux et une concentration en oxygène nettement plus faible qu'au voisinage des sources.

*Variations dans le temps.*

Dans les parties élevées des cours d'eaux, les écarts thermiques étant relativement peu marqués entre l'hiver et l'été, les variations saisonnières du taux de l'oxygène dissous sont de faible amplitude. Au contraire, dans les basses vallées ces variations sont beaucoup plus marquées que dans les zones supérieures; les concentrations maxima s'observent en hiver et les minima en été.

Les variations diurnes de la teneur en oxygène dissous s'accusent d'une façon très différente suivant qu'on les examine dans les parties hautes ou dans les parties basses des bassins fluviaux.

Dans les régions élevées, la végétation macrophytique et le phyto-plancton étant presque inexistantes, les effets de l'assimilation chlorophyllienne sont négligeables. Par contre, la masse des eaux étant encore relativement faible, les variations thermiques de l'air ambiant retentissent d'une façon rapide et appréciable sur la température des torrents. C'est donc la température qui, dans les eaux de montagne, règle, presque seule, le taux de l'oxygène dissous. Il s'ensuit que la concentration est maxima au lever du soleil, le minimum se situant un peu après le milieu du jour.

Voici les résultats de dosages effectués par HUBAULT dans les eaux de la Meurthe, à 6 kilomètres en aval des sources (Col de la Schlucht), le 18 Septembre 1924.

Heure	Pression atmosphérique	Température de l'air	Température de l'eau	Oxygène en cm <sup>3</sup>	Pourcentage de saturation
6 h. 30	702,6 mm.	5°75	7°8	7,52	89,1 %
13 h. 15	702,6 mm.	22°5	13°2	6,37	85 %
18 h.	702,5 mm.	15°6	11°8	6,80	88,2 %

Dans les eaux courantes de plaine, les variations diurnes sont inverses de celles que l'on observe près des sources. En effet, à basse altitude, la masse des eaux devenue plus importante suit plus lentement les changements de la température de l'air. Au demeurant, les facteurs biologiques exercent ici une action très considérable. D'une part, la végétation macrophytique et le phytoplancton sont plus abondants; d'autre part, la faune aquatique augmente de densité; enfin, la décomposition bactérienne des matières organiques devient très appréciable.

*Pendant le jour*, la photosynthèse entre en jeu et les recettes en oxygène dépassent les dépenses causées par la respiration des animaux aquatiques

et par la décomposition des matières organiques; il en résulte une augmentation de la teneur des eaux en oxygène dissous.

*Pendant la nuit*, la photosynthèse s'arrête, mais les dépenses d'oxygène, déjà signalées, continuent à se manifester; il s'ensuit que le bilan de l'oxygène est négatif, et la concentration de ce gaz diminue sensiblement dans les eaux.

#### VI. — RETENTISSEMENT DES VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE ET DU TAUX DE L'OXYGÈNE DISSOUS SUR LA DISTRIBUTION DES POISSONS DANS LES EAUX COURANTES.

Le long des cours d'eaux, les diverses espèces de poissons se répartissent, suivant leurs exigences, dans des régions distinctes dont les conditions de température et d'oxygénation sont différentes. Les hydrobiologistes de l'Europe centrale reconnaissent dans les cours d'eaux quatre zones biologiques, caractérisées chacune par l'espèce de poisson dominante.

*La zone à Truite*, qui correspond au domaine torrentiel, est caractérisée par des eaux vives et froides à haute teneur en oxygène dissous. L'espèce caractéristique est la Truite commune (*Salmo fario* L.) qui est le seul poisson présent dans les parties les plus hautes. Un peu plus bas, elle est accompagnée du Chabot (*Cottus gobio* L.), du Vairon (*Phoxinus phoxinus* L.), de la Loche franche (*Cobitis barbatula* L.) et quelquefois de l'Anguille (*Anguilla anguilla* L.).

Comme les eaux y demeurent froides et que la vitesse du courant élimine les fonds vaseux, c'est la région des frayères à Truites. Dans la Garonne, cette partie torrentielle se termine au voisinage de Cierp, au confluent de la Pique; la zone à Truite se prolonge ensuite jusqu'au confluent du Salat à Boussens.

A la zone à Truite fait suite, dans certains cours d'eaux, la *zone à Ombre*. Ici le courant est moins fort, et le fond devient pierreux ou sableux. Les espèces d'accompagnement de la Truite subsistent à l'exception du Chabot. A l'Ombre commune (*Thymallus vexillifer* Agass.) se joignent: le Barbeau (*Barbus fluviatilis* L.), le Brochet (*Esox lucius* L.) et le Chevaine (*Leuciscus cephalus* L.). La zone à Ombre est bien marquée dans le Rhône, de Lyon à Bellegarde. Dans le bassin de la Garonne, l'Ombre commune étant rigoureusement absente, il ne peut être question d'établir cette subdivision.

La troisième section est la *zone à Barbeau*; elle est caractérisée par l'amplitude des variations thermiques annuelles. Toutefois, la concentration des eaux en oxygène dissous est encore généralement assez élevée. Le Barbeau y est accompagné par le Chevaine, le Brochet, le Goujon (*Gobio gobio* L.), la Perche (*Perca fluviatilis* L.), la Vandoise (*Leuciscus leuciscus* L.).

C'est l'élévation estivale de la température qui empêche la Truite de s'y installer à demeure; cependant, elle y pénètre quelquefois pour y séjourner temporairement.

Enfin la dernière région est la zone à Brème; elle correspond dans le Sud-Ouest de la France aux plaines aquitaniennes. Les eaux sont lentes et leur température élevée en été diminue sensiblement le taux de l'oxygène dissous. Le fond limoneux se couvre sur ses bords de nombreuses plantes aquatiques. Dans cette zone, les espèces à exigences respiratoires élevées ont disparu. La Brème (*Abramis brama* L.) y est accompagnée par la Carpe (*Cyprinus carpio* L.), la Tanche (*Tinca tinca* L.), le Gardon (*Gardonus rutilus* L.), le Rotengle (*Scardinius erythrophthalmus* L.), l'Ablette (*Alburnus alburnus* L.). A ces cyprinides à pontes adhérentes aux végétaux, se joignent : le Poisson-chat (*Ameiurus nebulosus* Lesueur), la Perche-soleil (*Eupomotis gibbosus* L.) et quelquefois des espèces de la zone à Barbeau : Brochet, Chevaine, Perche et Vandoise.

Dans ces différentes zones, il faut signaler, en outre, la présence d'éléments temporaires, ce sont les poissons migrateurs de provenance maritime. Ces espèces s'engagent dans les bassins fluviaux pour frayer plus ou moins haut. Dans les régions basses, le Flet (*Flesus flesus* L.) dépose ses œufs dans les eaux saumâtres des estuaires. L'Alose (*Alosa alosa* L.) et la grande Lamproie (*Petromyzon marinus* L.) atteignent les régions moyennes. Le Saumon (*Salmo salar* L.) lorsqu'il n'est pas arrêté par des obstacles naturels ou artificiels, fraie dans les eaux fraîches et très oxygénées de la zone à Truite.

Enfin, il faut signaler le cas de l'Anguille qui, née en mer, gagne les eaux douces où elle vit à « tous les étages » depuis la zone saumâtre jusque dans les eaux torrentielles fréquentées par les Salmonides.

#### BIBLIOGRAPHIE

- HUBAULT (E.). — *Contribution à l'étude des invertébrés torrenticoles*. Paris, 1926.  
FOREL (F. A.). — *Le Léman*. 4 volumes. Lausanne, 1892-1904.  
VIVIER (P.). — *La vie dans les eaux douces*. Paris, 1946.  
WELCH (P. S.). — *Limnology*. 5<sup>e</sup> édition. Londres et New-York, 1935.  
WURTZ (A.) et WURTZ-ARLET (J.). — Variations de quelques facteurs physico-chimiques des pièces d'eau de la Station d'Hydrobiologie appliquée du Paraclet. (*Annales de la Station centrale d'Hydrobiologie appliquée*. Tome II, 1948.)
-