

ANNALES
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE
DE LYON

Année 1907

(NOUVELLE SÉRIE)

TOME CINQUANTE-QUATRIÈME

LYON
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR
36, PASSAGE DE L'HOTEL-DIEU
MÊME MAISON A GENÈVE ET A BALE

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, ÉDITEURS
19, RUE HAUTEFEUILLE

1908

LA COULEUR DES EAUX

PAR

H. DOUXAM

Maitre de conférences de Géologie et de Minéralogie
à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille.

« L'eau (du latin *aqua*) est un liquide transparent, sans couleur sous un petit volume, mais dont la couleur vue par réflexion varie du bleu foncé au vert d'herbe et à l'olivâtre quand il est en grande masse et qui, en réalité, est rouge par transparence. » Tels sont les renseignements que nous fournit un dictionnaire scientifique au sujet de la couleur de l'eau. Les erreurs que contient cette phrase nous ont décidé à étudier cette question de la coloration de l'eau dans la nature, question qui intéresse à différents points de vue le physicien, le chimiste et le naturaliste.

La couleur des eaux naturelles, c'est-à-dire de l'eau de la mer et des lacs, de l'eau des fleuves, des rivières et des torrents est, comme tout le monde l'a remarqué, extrêmement variée. La « couleur changeante » des eaux de tel ou tel lac est devenue une expression classique employée à chaque instant par les littérateurs. L'état du ciel, la couleur des objets environnants, la saison, l'altitude, la latitude paraissent au premier abord être les facteurs prédominants de ces variations. La transparence et la couleur de l'eau sont aussi profondément modifiées par les matières en suspension, l'Arve, l'Eau-Noire de la vallée de Chamounix, le Rhône valaisan, l'Aube et tous les cours d'eau en temps de crue nous en offrent des exemples. Des organismes microscopiques peuvent aussi, par leur accumulation, changer la couleur ordinaire de l'eau : *Pandorina morum*, une algue verte, colore en vert certaines portions du lac Léman pendant le mois d'août ; la *Beggiatoa roseo-persicina*, une autre algue, ajoute sa couleur rose à celle des eaux où elle se développe en grande abondance ; les *Noctiluques*, protozoaires qui rendent la mer phosphorescente la nuit, y déterminent le jour de grandes surfaces orangées ; les amas de

« fleurs d'eau », algues floconneuses, rendent l'eau plus ou moins jaunâtre. Nous laisserons de côté ces cas spéciaux, malgré leur intérêt, pour ne nous occuper que des eaux limpides et nous chercherons seulement à savoir pourquoi la Méditerranée (la Grande Bleue), l'Océan, le Léman, les lacs d'Annecy, d'Arolla (1), de Garde, de Kandersteg, d'Herel, l'Achensee, près d'Innsbrück, le Lunersee (Scesaplana), les Tines des environs de Thonon sont bleus ; tandis que les autres lacs de la Suisse (Constance, Lucerne, Zurich, Bachalpsee) et de la Bavière, le Rhin, le Rhône à Lyon sont verts plus ou moins foncés ou jaunâtres. Comment se fait-il que le lac de Brienz soit d'un vert jaunâtre, tandis que le lac de Thoune, dans lequel il se déverse, est d'un bleu d'azur ? A quoi est due la couleur bleu verdâtre de l'eau chaude des Geysers d'Islande, la couleur brunâtre du lac de Morat, des Lacs Noirs et de l'eau des tourbières, la couleur rougeâtre du lac de Bret ? Telles sont les questions que tout esprit curieux s'est certainement posées en admirant les bleus plus ou moins « céruléens », les verts plus ou moins « smagdaréens », ou les noirs plus ou moins foncés que signalent tous les guides de montagne.

* * *

Tout d'abord quelle est la couleur de l'eau pure, c'est-à-dire de l'eau uniquement constituée par la combinaison de deux atomes d'hydrogène avec un atome d'oxygène ? C'est déjà une question délicate ; car, il est plus difficile qu'on ne le croit d'obtenir de l'eau chimiquement pure. L'eau distillée ordinaire est toujours vert clair sur une épaisseur de 5 à 6 mètres, et, si avec l'eau récemment distillée on a une teinte *bleu céleste* assez pure, on ne tarde pas à constater qu'elle vire rapidement en moins de trois jours au vert, à moins qu'on ne prenne la précaution d'aseptiser cette eau par le bichlorure au dix millième : l'eau distillée s'est chargée, pendant les transvasements, des poussières organiques contenues dans l'air, il en est de même de l'eau produite par la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène purs. Une faible quantité de matières organiques,

(1) En patois, la *Gouille perse*, c'est-à-dire la mare bleue.

invisible aux plus puissants microscopes, suffit donc pour colorer l'eau en vert. Aussi, pour beaucoup d'auteurs, Forel en particulier (1), les eaux vertes des lacs sont dues uniquement à la présence, dans leurs bassins d'alimentation, de tourbières fournissant des matières organiques humiques (de *humus*, terre végétale).

Pour obtenir de l'eau pure, au sens strict du mot, ou, comme l'on dit aujourd'hui, de l'eau « optiquement pure », dans laquelle la traversée d'un rayon lumineux s'effectue sans trace d'illumination par suite de la diffusion ou de la réflexion de la lumière sur les particules en suspension infiniment petites, il faut distiller de l'eau de source ou de pluie sur mélange de manganate et de permanganate de potassium et la recueillir dans un récipient en platine, ou bien précipiter les matières organiques de l'eau distillée ordinaire en ajoutant quelques gouttes de chlorure de zinc. Dans ces conditions, si on regarde cette eau par transparence dans un tube de 5 à 6 mètres de longueur, on observe, nous dit Spring (2) : « une couleur bleue dont on se représentera difficilement la pureté qu'égale à peine le plus beau bleu du ciel, tel qu'on peut le voir par une journée sereine, d'un point un peu élevé. » Cette couleur bleue n'a pas variée pendant trois semaines d'observation, et l'eau est constamment restée optiquement vide.

Aujourd'hui, tout le monde est d'accord pour admettre avec *Davy*, *Bunsen*, *Spring*, que l'eau pure n'est pas incolore et que la couleur propre à l'eau est le bleu d'azur, que par suite l'eau absorbe, même sous une faible épaisseur, les autres radiations colorées qui constituent la lumière blanche et que cette belle teinte bleue n'est pas due, comme on l'a cru longtemps, à la réflexion de la lumière. Cette teinte fondamentale n'est pas modifiée par la dissolution complète de substances incolores et sera d'autant plus foncée que l'épaisseur de la couche d'eau est plus grande.

* * *

Il semble, d'après ce qui précède, qu'il est dès lors facile de

(1) *Le Lemán*, t. II.

(2) *Bul. Acad. Roy. Belgique* (3), V. p. 55, 1883.

comprendre la couleur bleue de l'océan, de la Méditerranée : elle serait due tout simplement à la couleur fondamentale de l'eau, couleur qui ne serait pas modifiée par les substances minérales incolores, le sel par exemple dans la mer (1), que renferment les eaux à l'état de complète dissolution. En réalité, l'explication du bleu des eaux est un peu plus compliquée.

Qu'on veuille bien, en effet, se rappeler que si un corps nous paraît coloré quand on le regarde dans la lumière blanche c'est parce qu'il a la propriété d'absorber tous les rayons colorés autres que ceux qui correspondent à sa couleur propre et que, d'autre part, il n'existe pas de corps absolument transparent et l'on comprendra facilement que l'eau absorbe, elle aussi, les différentes couleurs simples qui constituent le spectre solaire. C'est d'abord le rouge, même sous une faible épaisseur, puis, au fur et à mesure que l'épaisseur d'eau traversée augmente, l'orangé, le jaune, le vert s'éteignent, et, vers 200 mètres de profondeur, le bleu lui-même est éteint et l'eau profonde est noire comme de l'encre. De sorte que, d'après la théorie et les expériences de laboratoires, quand on regarderait le fond du lac Léman ou de la Méditerranée, on devrait observer, à partir de 200 mètres, la nuit profonde et un objet transparent plongé dans le lac devrait nous paraître noir. Or, c'est le contraire que nous observons : ce sont justement les eaux les plus profondes qui sont du plus beau bleu, tandis que les autres sont colorées en vert plus ou moins foncé ou même en vert jaunâtre ou en brun.

Que se passe-t-il donc dans les eaux bleues naturelles ? La réponse à cette question résulte des observations de Tyndall (2). Ce physicien a montré, en effet, que toutes les eaux naturelles, quelle que soit d'ailleurs leur limpidité, renfermaient des particules solides — invisibles d'ailleurs au microscope — qui se révélaient pourtant de la façon la plus nette en s'illuminant sur

(1) Le bleu de la Méditerranée ou de l'Océan, malgré la présence de 3, à 4 % de substances minérales dissoutes, est encore plus pur que celui du Léman. En certains points, il est aussi bleu que le sulfate de cuivre ammoniacal qui sert de réclame à tant de pharmaciens.

(2) *Arch. de Phys. et Nat.*, Genève, XXXIV, p. 168, 1869, Fragments scientifiques, Paris, 1877.

le trajet d'un rayon lumineux intense. Ce qui se passe et ce que tout le monde a observé le long du trajet d'un rayon de soleil, dans l'air le plus pur, se passe aussi dans les eaux pures naturelles qui ne sont jamais optiquement pures. L'eau de la Méditerranée, du Léman après un repos prolongé, l'eau de fusion de deux morceaux de glace bien pures s'illuminent par le passage d'un rayon lumineux suffisamment intense.

Si donc certains lacs et certaines mers sont bleus, c'est parce que la lumière blanche du soleil ne pénètre pas jusqu'à la profondeur à laquelle elle serait complètement éteinte : grâce aux myriades de corpuscules infiniment petits que l'eau renferme, elle est réfléchiée et renvoyée dans tous les sens, de sorte que l'œil de l'observateur reçoit en réalité de la lumière qui lui est renvoyée de l'intérieur de l'eau et tout se passe pour lui comme s'il examinait l'eau par transparence. L'on comprend alors facilement les variations de teintes que présentent les différentes eaux bleues. Plus une eau sera claire et limpide, moins elle renfermera de particules étrangères, donc la lumière y pénétrera plus profondément et notre œil, recevant une lumière qui aura traversé une plus grande épaisseur d'eau, la verra bleue d'autant plus foncé qu'elle sera plus transparente. La couleur bleue des lacs se fonce au fur et à mesure qu'on s'élève au-dessus d'eux (le lac Léman vu des Rochers de Naye, le lac d'Annecy vu du haut des montagnes qui l'encadrent) parce que l'œil reçoit une lumière qui a traversé une plus grande épaisseur d'eau et aussi parce que la lumière blanche réfléchiée à la surface du lac est beaucoup moins vive. A l'ombre d'un nuage, le ton de l'eau bleue sera plus sombre que dans la partie éclairée par le soleil : l'œil ébloui par le grand soleil verra le bleu lavé de blanc. Sur le bord des lacs ou dans les endroits peu profonds, la couleur sera plus ou moins différente du bleu, d'une part à cause de l'épaisseur moindre de l'eau traversée par la lumière, et aussi à cause des réflexions de la lumière qui se produiront sur le fond plus ou moins coloré : généralement le bleu du lac vire au vert.

Si le lac est agité, l'observateur pourra recevoir, d'une part, une grande quantité de lumière blanche réfléchiée sur le miroir des vagues et le bleu du lac sera, dans ce cas, plus ou moins

lavé de blanc ; d'autre part, l'observateur recevra aussi des rayons lumineux qui auront traversé les rides ou les vagues transparentes, de sorte que les tons verts dus à la faible épaisseur d'eau traversée viendront se combiner avec les teintes bleues venues du fond.

Il n'y a pas de diffusion sensible de la lumière dans les eaux bleues, et si l'eau des torrents glaciaires qui prennent leurs sources dans la région des neiges persistantes est bleue, malgré la faible épaisseur de l'eau, c'est que la lumière qui arrive à l'œil de l'observateur a subi, sur les particules invisibles en solution dans l'eau, assez de réflexions multiples pour avoir parcouru dans l'eau un long chemin. Et les ombres des rames des bateaux sont bleues parce qu'elles sont surtout éclairées latéralement par de la lumière qui a traversé longitudinalement une grande épaisseur d'eau.

Le problème de l'eau bleue est donc résolu, croyons-nous, dans ses moindres détails par ce fait que la couleur fondamentale de l'eau pure est bleue et que les eaux renferment en suspension une multitude de particules invisibles au microscope sur lesquels la lumière qui pénètre dans l'eau est renvoyée vers le ciel.

Les lacs bleus (et, comme nous le verrons plus loin, les lacs verts ou bruns encore plus) sont donc des sources de lumière renvoyant vers le ciel une partie de la lumière qui a pénétré dans leurs eaux, de sorte que : « S'il était possible d'éloigner de notre œil la lumière du jour pendant que celle-ci inonde la nature de ses rayons, les lacs et les mers nous apparaîtraient comme de véritables foyers de lumière et l'on peut dire qu'ils contribuent à illuminer la nature mieux que les glaces ne rehaussent les fastes des salons d'un palais (1). »

*
*
*

Pour les eaux de la nature qui ne sont pas du bleu de l'eau pure, en particulier pour les eaux vertes, jaunes ou brunes, si tout le monde est d'accord pour les attribuer à la présence

(1) W. Spring, *Acad. Roy. Belgique*, VIII, 1886, p. 857.

de corps étrangers, l'accord cesse quand il s'agit de déterminer quelles sont ces substances étrangères.

Il est bien évident que si les substances dissoutes dans l'eau sont colorées, elles joueront un rôle de premier ordre. Parmi ces substances colorées, qui se rencontrent dans les eaux naturelles, les plus fréquentes sont les composés ferriques (surtout l'hydrate ferrique colloïdal provenant le plus souvent de la dissociation de sels ferriques empruntés au sol) et les composés humiques empruntés aux matières végétales décomposées à l'abri de l'oxydation de l'air. Le pouvoir colorant de ces substances est infiniment plus considérable qu'on ne se le figure au premier abord.

Prenons de l'eau pure renfermant 1 millionième d'hydrate ferrique : elle est brune sur une épaisseur de 6 mètres ; pour 1 dix-millionième, elle est encore verte, et le bleu ne redevient net que quand elle en renferme moins de un vingt-millionième (1).

Pour les matières humiques qui donnent leur couleur noire, brune plus ou moins foncée aux eaux stagnantes des marais des tourbières ou aux eaux foncées de certains grands fleuves tropicaux, le pouvoir colorant est encore plus considérable et la couleur bleue de l'eau n'est perceptible que si l'eau renferme moins d'un quarante millionième de matières humiques. Aussi comprend-on facilement pourquoi l'eau distillée des laboratoires devient facilement verte en absorbant quelques-unes des poussières organiques de l'air et pourquoi certains auteurs expliquent les eaux vertes uniquement par la présence de matières organiques en quantité suffisamment petite pour que la chimie soit impuissante à révéler leur présence.

Or, si l'on fait l'analyse des eaux naturelles, aussi bien celle des eaux bleues que celle des eaux vertes ou jaunes, on trouve une proportion de fer telle (sauf peut-être pour le Rhin) qu'elle indiquerait une couleur verte ou jaune toute différente de celle que présentent naturellement ces eaux : l'eau bleue du Léman, par exemple, renferme à peu près un trois millionième de fer et devrait être jaune et non pas bleue *si ce fer était à l'état de*

(1) W. Spring, *Bul. Acad. Roy.*, Belgique, XXXIV, p. 578-600, 1897

composé ferrique. La conclusion est facile à trouver : c'est que le fer n'est pas à l'état de composés ferriques, mais à l'état de composés ferreux, dont le pouvoir colorant est en effet tout à fait négligeable. Et, en effet, si, comme tous les chimistes le savent, les composés ferreux, sous l'action de l'oxygène de l'air ou de l'oxygène dissous dans l'eau, se transforment facilement en composés ferriques très colorants, ces derniers sont constamment éliminés des eaux naturelles ou ramenés à l'état de sels ferreux.

Si on mélange, par exemple, des eaux ferriques et des eaux humiques, le liquide au lieu de se foncer s'éclaircit peu à peu sous l'action de la lumière. A l'obscurité, il y a seulement coagulation de la partie colloïdale, gélatineuse des matières humiques et le liquide n'est que faiblement éclairci ; tandis qu'à la lumière ces substances humiques sont oxydées par les sels ferriques qui sont ramenés à l'état de sels ferreux, il se produira des flocons bruns ou noirs qui se déposeront au fond de l'eau et qui sont dus soit aux matières humiques elles-mêmes sur-oxydées, soit aux humates de fer insolubles. Le sel ferreux, au contact de l'oxygène, redeviendra du sel ferrique et pourra, de nouveau, précipiter une nouvelle quantité de matières humiques. M. Spring a constaté que l'oxyde de fer — grâce à ce rôle de véhicule de l'oxygène comparable à celui que remplit, dans notre organisme, l'hémoglobine, composé ferrugineux essentiel des globules rouges de notre sang, — peut précipiter à peu près dix fois son poids de matières humiques et que son action est surtout rapide lorsque la teneur en fer de l'eau est justement de l'ordre du titre en fer des eaux naturelles. S'il y a trop de matières humiques, tout le fer finira par être précipité et l'eau restera brune : c'est ce qui arrive pour les eaux noires équatoriales, pour les eaux brunes de la Bavière qui sont « très douces » et très bonnes pour le blanchissage à cause de leur pauvreté en matières minérales. A leur arrivée dans un lac ou dans la mer, la dilution de l'eau favorisera l'action des sels de fer et l'eau se clarifiera en peu de temps : c'est ce que l'on constate, par exemple, pour le Mississipi, qui se clarifie en douze à dix-huit heures après son arrivée dans le golfe du Mexique. Dans les eaux ordinaires de la plupart de nos

fleuves, la proportion de fer et de matières organiques est telle généralement que les eaux limpides sont le plus souvent d'un vert sombre, mais si le fleuve a un cours ensoleillé très long, les sels ferriques, même en petite quantité, finiront, grâce à l'oxygène de l'air et à la lumière, par oxyder toutes les matières organiques et les eaux deviendront de plus en plus bleues : on le constate facilement pour le Nil en basses eaux, au nord des Cataractes (1).

Le fer peut aussi être éliminé à l'état de composés ferreux, puis de composés insolubles par une foule d'autres substances : le carbonate acide de calcium, le carbonate neutre de calcium, le sulfate de calcium, sels qui sont si fréquents dans les eaux naturelles, il l'est presque totalement par le sel marin de l'eau de mer. Il y a donc, suivant l'heureuse expression de M. Spring, incompatibilité dans la présence des composés ferriques et des composés calciques : une telle eau se purifiera rapidement et, de brune ou jaunâtre qu'elle était tout d'abord, elle finira par devenir verte ou bleue selon le degré d'élimination des composés colorés et l'état d'équilibre stationnaire qui se produira entre l'action purifiante des composés calciques et l'afflux perpétuel des composés humiques et ferriques (2). Les composés calcaires et magnésiens sont les grands protecteurs du bleu de l'eau.

* * *

Quel est maintenant le rôle des matières minérales incolores dissoutes dans les eaux naturelles ? La question est difficile à résoudre, car les avis des savants sont très partagés à ce sujet.

C'est ainsi que pour le baron d'Aufsess (3), les nuances vertes, jaunes ou brunes des eaux seraient dues uniquement à la

(1) *Bul. Acad.*, Belgique, 1905, n° 7, p. 307.

(2) Les sels calciques éliminent aussi en partie les matières organiques. On peut, à coup sûr, prédire une assez forte teneur en calcaire et en sels magnésiens quand on rencontre, en dehors du voisinage immédiat des glaciers, des eaux bleues : nous avons vérifié le fait dans les chaînes subalpines à maintes reprises.

(3) *Die Farbe der Seen*, Inaugural Dissertation, München, 1903, et *Archives Sc. phys. et nat.*, t. XVII, p. 186, 1904.

proportion des corps dissous et la diffraction de la lumière n'aurait aucune importance : on peut, en effet, dit-il, préparer de l'eau verte en dissolvant des composés calciques dans de l'eau pure : les eaux naturelles vertes contiendraient une assez forte proportion de calcaire et les eaux brunes (bien entendu sans sels ferriques ou matières humiques colorées) une proportion beaucoup plus grande. M. Spring a montré que, les eaux vertes préparées d'après la méthode du baron d'Aufsess, étaient bien vertes plus ou moins foncées, mais qu'elles n'étaient pas optiquement vides, elles étaient troublées par des traces de matières organiques empruntées à l'air pendant les différentes manipulations et par des traces de silice ou de silicates provenant sans doute des vases de verre qui avaient servi aux manipulations.

Nous admettrons donc que les substances minérales incolores ne troublent pas la couleur bleue fondamentale de l'eau quand elles sont à l'état de dissolution parfaite et que, par suite, les colorations accessoires de ces eaux sont dues à la présence d'un trouble d'origine variée et aux phénomènes de diffraction de la lumière qui en sont la conséquence : ce trouble, d'ailleurs, est le plus souvent dû à des particules tellement ténues que les eaux passent absolument claires au filtre le plus fin. Ces substances se trouvent peut-être dans un état voisin de l'état de solution, dans un état que M. Spring a appelé l'état *pseudo-colloïdal*, plus ou moins voisin d'un précipité naissant. L'expérience a prouvé que le calcaire, l'argile, qui sont si fréquents dans les eaux naturelles, prennent très facilement cet état pseudo-colloïdal (1).

Eh bien, de l'eau, en apparence limpide, mais ainsi troublée, opposera au passage de la lumière une résistance très grande,

(1) C'est, en somme, l'état qui correspond en quelque sorte à la limite de saturation de l'eau par la substance considérée : de petites quantités de carbonate de calcium ou de magnésie, de sulfate de calcium produisent le même effet que de grandes quantités de sels très solubles comme les chlorures de calcium, de magnésium ou de sodium pourvu que les différentes liqueurs soient voisines de leur point de saturation par rapport à la substance dissoute. Cela tient au degré d'ionisation des différents sels, c'est-à-dire à leur *dissociation électrolytique*.

que les particules en suspension soient solides ou liquides, transparentes ou opaques ; la couleur transmise, par conséquent la couleur que verra l'œil de l'observateur, dépendra de la proportion du trouble.

Ainsi l'eau limpide de la Meuse, comme d'un grand nombre de fleuves, sur une épaisseur de 5 mètres, est opaque et noire, puis, si on la dilue par de l'eau aussi pure que possible, elle devient perméable à la lumière, elle présente des teintes rouge, orangé, jaune, pour passer, lorsque la dilution est suffisante, aux tons verts et enfin au bleu pur quand la dilution de l'eau naturelle est suffisamment grande.

Le résultat sera le même avec un liquide trouble artificiel où le trouble sera dû à de la craie, de l'argile, de la silice ou à des gouttelettes infiniment petites et transparentes d'alcool amylique non miscible à l'eau et l'on pourra obtenir, par transmission toutes les couleurs que présentent les eaux vertes et jaunes verdâtres de la nature : celles-ci sont donc tout simplement des milieux plus troubles que les eaux bleues. Une eau bleue devra renfermer son calcaire dissous beaucoup plus complètement qu'une eau verte et, comme le calcaire se dissout grâce au gaz carbonique, l'analyse devra révéler une plus grande proportion de gaz carbonique dans l'eau bleue que dans l'eau verte. C'est justement ce qui arrive : le Rhône à Genève renferme, toutes proportions égales, presque deux fois plus de gaz carbonique que le Rhin à Constance ; aussi le Rhône est bleu, tandis que le Rhin est vert.

De même le lac d'Achen (Tyrol) est bleu au milieu dans les endroits profonds, vert-chrôme sur les bords parce que, dans les eaux peu profondes voisines des rives calcaires, il entraîne des particules invisibles de calcaire qui forcent les eaux à changer de couleur. Cette explication s'applique aussi à la couleur plus foncée que l'on observe au-dessus des hauts fonds de la mer et qui annoncent aux marins des précautions à prendre.

Si l'on a affaire à une eau sans calcaire, le trouble pourra être dû soit à du carbonate de magnésie, soit surtout à de l'argile à l'état de fines particules, tellement fines que de l'eau du Rhône, par exemple, pourra rester des années dans un flacon sans cesser d'être trouble. L'eau ne redeviendra bleue que lors-

que le fleuve arrive à la mer, ou lorsqu'on ajoute du sel marin dans le flacon, parce que le sel a la propriété de précipiter l'argile. A l'embouchure des fleuves, l'eau marine sera verte et moins salée à cause de l'apport d'eau douce, mais au large l'eau purifiée sera de nouveau bleue, plus salée, donc plus dense.

* * *

Si les théories que nous venons d'exposer sont vraies, et il me semble bien, en effet, que l'on puisse, grâce à elles, expliquer les différentes colorations des eaux dans la nature, il reste cependant un cas où elles paraissent en défaut. Beaucoup de nos ruisseaux ou de nos rivières, dont les eaux limpides et transparentes ne prennent pas leur source dans la région des neiges perpétuelles, sont incolores ou d'un aspect plus ou moins sombre dans leurs parties profondes, de même certains lacs de la Suède (lac de Wetteren, lacs de Delarna) et de la Finlande sont clairs comme du cristal et laissent voir les objets placés à une grande profondeur avec leurs couleurs propres, ce qui prouve que la lumière qu'ils envoient à notre œil est de la lumière blanche.

A quoi est due cette absence de couleur de l'eau ? Qu'est devenue la couleur fondamentale bleue de l'eau pure ? L'explication la plus vraisemblable nous est encore fournie par les expériences et les observations de M. Spring.

Les eaux naturelles renferment presque toutes du fer et nous avons vu que ce fer ou bien existait à l'état de sels ferreux incolores ou bien s'éliminait à l'état de composés ferriques s'incorporant aux sédiments. Occupons-nous de ces derniers ; ils constituent, par exemple, le minerai de fer des marais et la limonite exploitée comme minerai de fer, mais l'hydrate ferrique qui a échappé à l'action des matières humiques et qui a été incorporé aux sédiments se déshydrate peu à peu, passe du jaune d'ocre au rouge vineux, devient de l'hématite à laquelle est due la coloration rouge que l'on observe si fréquemment dans les roches et les terrains et d'où on peut l'extraire à l'état de particules infiniment petites.

Or, si on ajoute à de l'eau bleue une quantité suffisante d'eau tenant en suspension ces particules d'hématite rouge que l'on

a retirées d'une roche sédimentaire rouge ou qu'on a préparées artificiellement, il arrive un moment où la lumière blanche, se réfléchissant sur les particules rouges d'hématite et s'étant ainsi peu à peu teintée de rouge atteint précisément la couleur rouge complémentaire (1) de la couleur bleue de l'eau, donc, ajoutée à celle-ci, elle redonnera du blanc et l'observateur verra une eau limpide mais complètement incolore. Si le trouble d'hématite est trop faible, le bleu de l'eau n'étant pas exactement compensé l'emportera ; si, au contraire, le trouble est trop fort, l'eau s'assombrit et peut devenir opaque, mais jamais rouge : le rouge dû à l'hématite n'apparaîtra que si on regarde l'eau ainsi troublée par réflexion.

Or, dans la nature, les grains microscopiques d'hématite rouge se trouvent répandus dans presque tous les sols, donc presque toutes les eaux terrestres en renfermeront et ne pourront donc que rarement (même privées d'autres causes de coloration calcaire, argile, etc.) être bleues. Elles seront incolores ou plus ou moins foncées, suivant la proportion de particules d'hématite qu'elles auront en suspension, comme nous l'avions observé plus haut.

Les eaux de neige et de glacier, au contraire, qui sont dépourvues d'hématite puisqu'elles n'ont pas traversé le sol, seront dans les meilleures conditions pour étaler leur couleur naturelle avec le moins d'altération possible. Elles devront donc être bleues : c'est ce que tout le monde a observé.

* * *

Dans cet exposé, déjà trop long, où nous avons passé seulement en revue quelques-uns des problèmes que suggère l'étude des eaux naturelles, nous avons dû nécessairement laisser de côté une foule de questions intéressantes : telles sont, par exemple, la polarisation de la lumière émise par les lacs, l'analyse spectrophotométrique de l'eau, l'action de la couleur d'un lac sur la température des eaux, la transparence ; l'influence exer-

(1) On appelle couleurs complémentaires celles qui, mélangées, redonnent de la lumière blanche : un disque moitié rouge, moitié vert qui tourne devant l'œil paraît blanc, par exemple ; il y a, naturellement une infinité de teintes complémentaires deux à deux.

cée par la constitution géologique du bassin d'alimentation, le rôle de l'eau dans la coloration bleue encore si mystérieuse du ciel et dont l'étude nous entraînerait trop loin.

Le but que nous nous proposons sera atteint si nous avons su intéresser nos lecteurs en les forçant à réfléchir à l'origine des sensations qu'ils ont éprouvées devant un beau lac ou un beau fleuve et sur le rôle que jouent, dans la nature, les corps non seulement microscopiques, mais encore des particules organiques ou minérales que les plus puissants microscopes ne peuvent révéler et pour lesquelles deux jeunes savants, MM. Cotton et Mouton, viennent de créer le terme de *ultra-microscopiques*.

Décembre 1907.

H. DOUXAMI.