

**/ LE BLEUISSEMENT DES DIATOMÉES
ET LE VERDISSEMENT DES HUITRES.
Revue critique /**

par M^{lle} E. BACHRACH,
chargée de cours à la Faculté des Sciences de Lyon

Depuis plus d'un siècle, les botanistes ont l'attention attirée sur une Algue microscopique, une Diatomée à protoplasme bleu qui provoque le verdissement des huitres.

C'est en 1669 que l'Anglais SPRAT semble pour la première fois constater une relation entre le verdissement du fond et celui des huitres. Mais c'est GAILLON en 1820 qui, examinant au microscope la matière verte tapissant le sol des parcs à huitres, recouvrant les cailloux et les coquilles, constate qu'elle est formée d'organismes allongés, mobiles, terminés en pointe aux extrémités et chargés de pigment vert. Il leur donne le nom de *Vibrio ostrearia*. Il fournit d'excellentes raisons pour faire admettre que ces *Vibrio* représentent la cause du verdissement de l'huitre. Quelques années plus tard, BORY DE SAINT-VINCENT les place dans le genre *Navicula*.

L'opinion de GAILLON, admise par BLAINVILLE, qui considère toutefois comme une manifestation pathologique l'invasion des Diatomées bleues dans le mollusque, n'a pas trouvé immédiatement crédit chez tous les auteurs. Certains attribuent la pigmentation à une maladie du foie (VALENCIENNES), à une combinaison de cuivre et d'ammoniaque (BIZIO), à la nature chimique du sol (COSTE). L'idée de GAILLON a pris une force décisive après les expériences de BORNET et PUYSEUR, dont les résultats ont été publiés en 1880 par le second de ces auteurs. Ils montrent que les huitres non pigmentées verdissent quand on les fait séjourner dans l'eau chargée de *Navicula ostrearia* Bory, et d'autant mieux que la proportion de ces dernières est plus considérable.

Cette conclusion est admise par RYDER, par RAY LANKESTER qui publie en 1886 un important mémoire sur la Diatomée bleue, dont il nomme le pigment *marennine*, par PELSENER, par DEAN, par HERDMAN. Elle est de nouveau mise en doute pendant une période par A. CHATIN, puis par CARAZZI qui veulent attribuer au fer le verdissement des branchies de certaines huitres. Les analyses chimiques de KOHN, les essais expérimentaux d'HERDMANN rendent inacceptable cette hypothèse. SAUVAGEAU (1907) répète d'ailleurs avec succès les expériences de BORNET et PUYSEUR et donne de très complètes descriptions de *Navicula ostrearia*. Après lui, CALVET (1910), MITCHELL et BARNEY (1915-1916), RANSON (1927) admettent aussi le rôle de la *Navicula* dans le processus du verdissement des huitres.

Morphologie. — *Navicula ostrearia*, bien décrite par LANKESTER, par SAUVAGEAU, par RANSON, est de forme allongée, effilée aux extrémités et de dimensions assez variables (longueur 62 à 131 microns, largeur 5.3 à 12,8 microns).

Comme chez les autres Diatomées les deux valves siliceuses sont recouvertes d'une gaine externe (formée de composés pectiques d'après L. MANGIN). A leur intérieur, deux plaques symétriques, longues et larges, jaune-brun, les endochromes; entre eux et au centre de la cellule, le noyau, avec une vacuole de part et d'autre.

D'après les observations de BORNET, LANKESTER, SAUVAGEAU, MERESCHKOWSKY, RANSON, la marenine, lorsqu'elle est visible, colore le protoplasme particulièrement aux extrémités, et non le suc cellulaire contenu dans les deux vacuoles.

Biologie de la Diatomée bleue. — *Navicula ostrearia* se trouve en de nombreux points des côtes françaises : près de Wimereux, dans le Morbihan, au Croisic, dans la région de Marennes, et de l'île d'Oléron; à Arcachon et à Saint-Jean-de-Luz, à Marxeille (GRUNOW), à Banyuls sur *Liebmannia Leveillei* Ag. (SAUVAGEAU). On la signale aussi relativement abondante aux environs de Naples où elle vit en épiphyte sur *Padina pavonia* Funk; à Trieste, elle est signalée sur la coquille de *Pinna nobilis* (MOLISCH). On la rencontre également dans les stations ostréicoles du Danemark (PETERSEN), de Virginie (MITCHELL et BARNEY).

On constate d'une façon très générale que *Navicula ostrearia* est chargée de pigment bleu précisément dans les régions ostréicoles. Mais elle en présente aussi parfois quand elle vit en épiphyte sur d'autres supports. D'autre part on rencontre également des *Navicula ostrearia*, sans pigment bleu.

D'après RANSON, cette Diatomée est normalement pélagique, mais devient benthonique dans certaines circonstances. Ce pourrait être en fonction de ces dernières conditions de vie et en fonction de la qualité du support sur lequel elle se fixe qu'elle prendrait la coloration bleue.

COMÈRE avait déjà signalé que la pigmentation d'un grand nombre de Diatomées d'eau douce, vivant en épiphytes sur d'autres végétaux, varie du brun foncé au vert émeraude, suivant que la plante-support est ou non en active végétation. On est donc amené à penser que la pigmentation bleue de *Navicula ostrearia* peut être réglée de façon analogue par les conditions ambiantes.

Suivant RANSON, la matière organique sécrétée par les Huitres, pourrait agir par chimio-tactisme sur les Navicules; elles seraient ainsi attirées sur le fond et les coquilles. Il fait, à ce sujet, des observations, montre que le verdissement dans une claire qui vient d'être nettoyée, débute au contact des Mollusques et s'étend de proche en proche. Il place dans un cristalliseur où vivent des Huitres, des Navicules non colorées en bleu, ainsi que d'autres Diatomées. Ces dernières dégèrent au bout de quelques jours, tandis que les Navicules commencent à se pigmenter en bleu.

Comment donc agirait le mucus des Huitres? La question mérite d'être examinée. Il agirait d'abord en attirant sur le fond les Navicules; ensuite, il leur fournirait un aliment organique provoquant le bleuissement. Ce mucus est un mélange de mucines, c'est-à-dire de glycoprotéines. Celles-ci pourraient être attaquées par les bactéries et le sucre de leur molécule, ainsi libéré, serait en définitive le facteur déterminant du bleuissement de la Diatomée.

Pour contrôler cette hypothèse, RANSON a cultivé des Navicules non pigmentées en bleu sur des milieux renfermant des sucres, de l'eau de mer, un peu d'argile grasse et quelques gouttes de glycérine. Il constate l'apparition du pigment bleu en quelques jours. Il conclut donc que ce sont les sucres ou les produits de décomposition bactérienne de ceux-ci qui sont la cause

du bleuissement. Nous verrons les réserves qui peuvent être légitimement faites à cette opinion.

S'il semble exister, d'après les observations rapportées, une certaine relation entre la présence des Huitres et l'apparition simultanée de Diatomées bleues, il ne nous paraît pas certain que les hypothèses précédentes soient à tous points de vue exactes. Bien que les Navicules soient des organismes très mobiles, on ne peut assurer qu'elles soient attirées sur le fond par chimiotactisme. On sait que lors de la circulation d'eau au niveau de la branchie des Huitres, des particules en suspension, les particules d'argile notamment, sont agglutinées et vont se déposer ensuite. Il n'est pas invraisemblable que les Diatomées pélagiques puissent subir une agglutination analogue. La question a son importance, car s'il en est ainsi les Navicules de fond ne sont plus des organismes bien portants, attirés par une alimentation de choix, mais des malades dans une certaine mesure. Et, de fait, comme nous l'indiquerons plus loin encore, les Diatomées très chargées de pigment bleu semblent touchées dans leur vitalité.

Quant à l'effet bleissant du milieu sucré, la signification en est restreinte, car nos recherches personnelles nous indiquent la possibilité de réaliser le bleuissement des Diatomées par d'autres voies et amènent à d'autres constatations intéressantes que nous allons rapporter maintenant.

Dans une publication faite à la Société linnéenne de Lyon en 1933, avec notre élève A. JOUVENT, nous avons attiré l'attention sur le fait que le bleuissement peut s'observer chez d'autres espèces de Diatomées marines (diverses espèces des genres *Grammatophora*, *Navicula* et *Nitzschia*). Parfois le facteur causal du bleuissement nous échappe, mais le plus souvent nous sommes maîtres de cette modification de la pigmentation.

Nos expériences ont été faites sur des Diatomées prélevées à la Station maritime de Biologie de Tamaris-sur-Mer et cultivées ensuite pour une longue période sur un milieu liquide constitué par de l'eau de mer additionnée de 0 gr. 5 d'urée p. 1.000; ces cultures ont été poursuivies au laboratoire de physiologie de la Faculté des Sciences de Lyon. Sur ce milieu de base, nous ajoutons l'une ou l'autre des substances suivantes selon les cas : chlorure de strontium, de calcium, de baryum, de cadmium, de magnésium, de fer, d'aluminium, de potassium ou de sodium. La substance ajoutée l'était à des doses suffisantes pour manifester une action toxique, c'est-à-dire un certain ralentissement dans la multiplication des Diatomées. Par exemple, ces doses allaient de 5 à 20 p. 1.000 pour NaCl, de 0,1 à 0,001 p. 1.000 pour le chlorure de fer. Au bout d'une période variable suivant les cas, les Diatomées, d'abord pigmentées normalement, au moment de l'ensemencement, ont donné naissance à des Diatomées pigmentées en bleu.

Sans addition de substance toxique, le bleuissement peut aussi parfois survenir, mais dans ce cas bien plus tardivement et moins intensément. Ainsi diverses espèces de *Navicula*, de *Nitzschia*, de *Grammatophora*, cultivées sur eau de mer additionnée d'urée à la dose indiquée, se sont maintenues normales pendant presque une année, puis brusquement au printemps (Mars à Lyon), leur pigmentation a subi la modification en question. On peut se demander si, à côté de bien d'autres facteurs, la lumière ne peut jouer un rôle dans le processus qui nous occupe.

Ce ne sont pas seulement des Diatomées marines qui sont susceptibles de présenter la pigmentation bleue. Nous avons aussi constaté (observations encore inédites avec notre élève LUCCIARDI) l'apparition du pigment bleu sur certaines de nos cultures de Diatomées d'eau

douce. Diverses *Navicula* cultivées sur milieu de Miquel additionné ou non de fortes doses de potassium ont bleui, mais surtout en présence d'un excès de potassium.

Dans ces divers cas, le processus évolue plus ou moins vite, mais toujours à peu près suivant les mêmes étapes.

D'abord, c'est le protoplasme des extrémités qui s'est légèrement coloré en bleu; puis le bleuissement a gagné les parties centrales du protoplasme, et finalement presque toute la Diatomée est colorée en bleu, les vacuoles exceptées.

En même temps que s'accroît le bleuissement, on constate une réduction des endochromes : ils diminuent de longueur et de largeur.

Le processus que nous observons est donc très parallèle à celui décrit par RANSON dans le bleuissement de *Navicula ostrearia*. Dans ce cas aussi, les Navicules bleues ont par rapport aux individus non pigmentés des endochromes réduits.

Origine et nature de la marennine.

Les observations microscopiques faites par RANSON sur *Navicula ostrearia* de ses cultures montrent aussi des faits intéressants et à retenir.

Sur la surface des endochromes apparaissent des granulations d'abord sous forme de petits bourgeons, ayant la coloration jaune-brun de l'endochrome; ensuite, leur partie distale se colore en vert, puis en bleu; le pédoncule reliant le bourgeon à l'endochrome s'amincit, puis se rompt, et la granulation bleue se détache dans le protoplasme. Ainsi, le pigment bleu semble bien apparaître comme une modification de l'un des pigments de l'endochrome.

Sur les Diatomées des diverses espèces, dépourvues de pigment bleu, on retrouve des granulations de même origine. Leur étude microchimique semble indiquer qu'elles sont constituées par des lipides, des phosphatides plus précisément, et on les nomme *gouttelettes huileuses*. Chez les Diatomées autres que les Diatomées bleues, elles sont soit incolores, soit contiennent un pigment qui ne diffère pas de ceux de l'endochrome. Suivant l'hypothèse de PFITZER, précisée par BEIJERINCK, on a pu admettre que les Diatomées qui ne semblent pas élaborer en quantité appréciable des sucres et de l'amidon, formeraient comme premier produit visible de l'assimilation chlorophyllienne, d'autres composés ternaires, tels que des lipides. Mais on peut objecter à cette hypothèse que si les Diatomées n'élaborent pas d'amidon, elles fabriquent du moins du glycogène. Cependant, pour l'appuyer, RANSON montre que l'enrichissement du milieu en acide carbonique favorise l'élaboration des gouttelettes huileuses. C'est cette substance huileuse qui sert, chez les Diatomées bleues, de support et de véhicule à la marennine, élaborée comme elle à partir de l'endochrome.

La substance huileuse, pigmentée est soluble dans l'eau douce ou salée, fait déjà constaté par PUYSEGUR, SAUVAGEAU. Elle y donne une solution verte. C'est elle qui finalement confère au liquide de culture sur lequel se développent les Diatomées bleues, la coloration bleu-vert uniforme que RANSON et nous constatons dans nos cultures. Elle est soluble également dans l'acide acétique.

Que sait-on de la nature chimique du pigment bleu?

En 1884, RYDER a émis l'hypothèse d'un rapprochement possible entre ce pigment et le pigment bleu des Cyanophycées, la *phycocyanine*.

En 1907, BOCAT extrait le pigment bleu des Navicules par macération dans l'eau douce contenant de l'éther sulfurique. Il obtient un liquide vert foncé, sans dichroïsme. Ce liquide vire au bleu avec une petite quantité d'acide (chlorhydrique, azotique. . .), puis au violet avec une quantité plus grande, mais jamais au rouge carmin comme le font les solutions de phycocyanine. Cette solution bleue ou violette vire au vert avec un alcali, puis précipite en vert avec un excès. Seule la solution violette peut cristalliser en donnant des prismes allongés probablement hexagonaux, munis de pointements surbaissés sur les bases, isolés ou groupés, violets non dichroïques, sans action sur la lumière polarisée, mesurant 4 à 6 microns de long sur 0,5 à 1 de large. D'après ces caractères, BOCAT conclut que la marennine n'est nullement identique à la phycocyanine; pour lui le seul caractère commun serait que toutes deux sont des substances albuminoïdes.

RANSON s'est efforcé de séparer la marennine de son substratum. Lui aussi a, dans certains cas, obtenu des cristaux verts. Il montre que le pigment se décolore par oxydation. Mais l'étude chimique et spectroscopique de ce pigment, qu'il range dans les pigments carotinoïdes, n'a pas été poursuivie fort loin jusqu'ici et appelle de nouvelles recherches.

Cependant on a déjà de bonnes raisons de penser que c'est aux dépens des pigments de l'endochrome que s'élabore la marennine.

On sait, notamment par les travaux de TSWETT, de WILSCHKE, de BACHRACH et DHÉRE que les Diatomées contiennent, outre le pigment brun, les pigments chlorophylliens α et γ (ou *chlorofucine*), sans trace de chlorophylle β .

A mesure qu'il se réduit au cours du bleuissement, l'endochrome paraît contenir de moins en moins de pigments chlorophylliens.

A un certain stade on observe simultanément l'existence des pigments bruns et verts dans l'endochrome, et du pigment bleu dans le cytoplasme. A ce moment, la Diatomée est encore bien vivante et se multiplie activement. Elle peut se repiquer sur un milieu neuf, s'y multiplier, y rester pour un temps sans pigment bleu, puis présenter de nouveau le processus du bleuissement.

Pour *Navicula ostrearia*, RANSON a montré aussi qu'un certain degré de bleuissement est compatible avec une prolifération très intense.

Mais si le processus s'accroît, le pigment vert disparaît peu à peu des endochromes, qui se réduisent à des bandelettes filiformes, brunâtres, puis se contractent en deux ou plusieurs masses irrégulières et souvent disparaissent complètement. La Diatomée à protoplasme entièrement bleu, alors, est vouée à la mort comme le montrent nos expériences.

Dans la suite le pigment bleu forme des globules plus ou moins volumineux, irrégulièrement disposés et au bout d'un certain délai se répand dans le milieu de culture qui devient uniformément bleu.

Signification du processus de bleuissement.

En somme, il ressort de nos expériences que tant qu'une certaine proportion, bien définie, de pigment chlorophyllien est encore présente, la Diatomée est viable, apte à se diviser, et remise sur milieu frais, peut reprendre son aspect normal. Tout se passe comme s'il y avait une quantité limite de pigment vert au-dessous de laquelle la vie de l'algue n'est plus possible.

Tout se passe aussi comme si le pigment bleu se développait au fur et à mesure que se détruisent les pigments chlorophylliens.

Il reste à savoir s'il se forme effectivement par transformation de l'un d'eux.

A ce sujet, nous n'avons actuellement qu'un fait. Il n'a que la valeur d'une indication pour de nouvelles expériences de laboratoire.

La majeure partie de notre expérimentation sur les Diatomées a porté sur la façon dont ces algues fixent la silice pour l'élaboration de leur carapace. Nous avons été conduits à ce résultat imprévu qu'il est possible d'obtenir, par certaines conditions de culture, des Diatomées complètement exemptes de carapace siliceuse. Ces Diatomées « nues » offrent, entre autres caractéristiques, celle de bleuir aussi dans certaines circonstances. Or la perte de la capacité d'élaborer une carapace siliceuse marche de pair avec une diminution très marquée ou une perte complète de la chlorophylle γ . Il faudrait donc en conclure que c'est aux dépens de la chlorophylle α que la marenine prendrait naissance.

Mais ce que nous voulons retenir ici sans rien préjuger du résultat d'expériences futures, ce sont les points suivants :

1° *La pigmentation bleue n'est pas chez les Diatomées l'apanage d'une espèce unique, Navicula ostrearia, mais c'est un phénomène relativement général chez les Diatomées, puisqu'il se présente chez diverses espèces marines et d'eau douce. Il n'est nullement la caractéristique exclusive de Navicula ostrearia.*

Il semble d'ailleurs qu'au moins un des auteurs qui se sont occupés du verdissement des Huîtres ait admis la participation possible d'autres espèces que *Navicula ostrearia*. HINARD figure en effet à côté de cette dernière, parmi les Diatomées, de la « verueur » d'autres espèces : *Storoneis crucigerum* et *Amphiprora paludosa*.

2° *La pigmentation bleue n'est pas un caractère permanent, mais un caractère acquis sous l'influence de conditions de milieu très variées.*

RANSON la voit apparaître en ajoutant des sucres aux milieux sur lesquels il cultive *Navicula ostrearia*; dans nos expériences, elle se développe chez diverses Diatomées sur des milieux qui doivent être considérés comme non parfaitement adéquats pour une vie normale de ces algues, notamment après addition de doses toxiques de sels très variés. Ainsi on ne peut pas invoquer une spécificité du facteur causal, mais le déséquilibre ionique paraît être un facteur de grande importance.

3° *Le pigment bleu se développe à mesure que se réduisent les endochromes (RANSON, BACHRACH) et que les pigments chlorophylliens disparaissent.*

Il nous paraît à peu près certain que dès que ces derniers tombent en dessous d'une certaine limite, la vie normale de l'algue devient impossible. Aussi voyons-nous dans la pigmentation bleue un processus pathologique correspondant à un métabolisme perturbé. Son début est néanmoins encore compatible avec une multiplication active des cellules touchées.

4° Finalement, le pigment bleu, associé à une substance huileuse, est capable de passer en solution dans le milieu extérieur, d'après les observations convergentes des divers auteurs, et ce doit être principalement sous cette forme qu'il est absorbé par les Mollusques.

Absorption du pigment par l'Huitre.

Sur ce sujet, nous n'avons à apporter aucune contribution personnelle, mais les faits soigneusement étudiés par RANSON nous paraissent trancher la question de façon satisfaisante.

Les premières hypothèses faites supposaient l'ingestion et la digestion par l'Huitre des Diatomées bleues. Leur pigment, absorbé au niveau de l'intestin, véhiculé par le milieu intérieur, serait fixé ensuite au niveau de certains tissus et notamment au niveau des branchies qu'il colorait.

Pour PELSENER (1892), ce sont les amibocytes qui ingéreraient les granulations pigmentaires charriées par le sang et les transporteraient au niveau de l'épithélium branchial. Il y aurait donc eu absorption intestinale suivie d'excrétion leucocytaire.

Il n'est pas douteux que l'ingestion de Diatomées bleues intactes n'est nullement indispensable au verdissement des Huitres.

Si l'on filtre une eau riche en *Navicula ostrearia* bleues et qu'on y place des Huitres incolores la pigmentation verte apparaît. RANSON a donné des indications sur la vitesse de cette pigmentation. Il a déterminé aussi le temps nécessaire à la dépigmentation lorsque les Mollusques sont ramenés dans une eau privée de pigment bleu. Le verdissement est relativement rapide, quelques jours dans une eau bien verte; la dépigmentation d'une huitre bien verte demande quelques mois.

Mais le pigment est-il absorbé seulement par la voie digestive? Et notamment celui qui colore les branchies a-t-il une origine intestinale?

JOURDAIN le premier a admis comme une possibilité que les granulations pigmentaires dispersées dans le milieu extérieur, pourraient être absorbées par les cellules du revêtement externe, notamment des pales buccaux et des branchies. Ceci n'exclut nullement une absorption intestinale du pigment, car le même Auteur montre également que les voies digestives sont parmi les parties qui se colorent.

Ce sont les expériences de RANSON qui montrent que le pigment vert est certainement absorbé par la surface extérieure du corps de l'Huitre, de la même façon que par l'épithélium intestinal. Cet auteur constate en effet qu'après exclusion de l'estomac et d'une partie de l'intestin, une Huitre placée dans de l'eau chargée de pigment vert se colore rapidement. De même une Huitre intacte étant disposée de façon à ce qu'une partie de ses branchies seule plonge dans l'eau pigmentée, on constate le verdissement rapide de cette portion du corps. Enfin, quand une Huitre blanche plonge tout entière dans une eau verte, les branchies commencent à verdir avant les surfaces digestives.

Tout ceci montre donc la très grande importance de l'absorption branchiale pour le verdissement du Mollusque.

Ce n'est là d'ailleurs qu'un cas particulier d'un processus très répandu chez les organismes aquatiques dont la surface extérieure et notamment la surface branchiale est capable d'absorber facilement un grand nombre de substances dissoutes dans l'eau.

Parmi les auteurs qui se sont occupés de cette question, PUTTER particulièrement est même d'avis que l'absorption cutanée des produits dissous dans l'eau de mer peut suffire à couvrir les besoins alimentaires de l'organisme. Ce ne sont d'ailleurs pas seulement des aliments que

l'être aquatique puise ainsi dans le milieu, mais des sels minéraux sans doute indifférents à son métabolisme, comme le fer dont CARAZZI a montré l'absorption par la branchie des Huîtres, puis des colorants comme le Rouge neutre expérimenté par RANSON, et des toxiques, le cas échéant. C'est sans doute aussi par l'absorption de certaines matières accidentellement contenues dans l'eau, que se déclanche la *leucocytose verte* de l'Huître, maladie étudiée par divers auteurs.

On doit s'attendre, étant donnée la généralité du processus, à ce que la marennine ne soit pas absorbée seulement par l'huître mais par une série d'autres animaux. De fait RANSON constate le verdissement dans l'eau des coquilles de toute une série de Mollusques (*Tapes*, *Mytilus*, *Cardium*, *Pecten*, *Scrobicularia*, *Venus*, *Patella*, *Littorina*) d'Actinies et d'Annélides. Les branchies des Crabes verdissent aussi et parfois la carapace elle-même ce qui indique que la marennine peut pénétrer dans le pigment chitineux des Arthropodes.

Nous n'insisterons pas ici sur les observations histologiques auxquelles a donné lieu le passage du pigment à travers l'épithélium de l'Huître. Ces observations sont dues principalement à RAY LANKESTER, à CARAZZI, à RANSON. Il est démontré que le pigment absorbé soit par la branchie, soit par la voie intestinale se retrouve dans l'hémolymphe où on voit des amibocytes bourrés de granulations vertes. Ceux-ci lui font subir des transformations qui donnent ensuite à ces particules une teinte jaunâtre, puis brune. Finalement les granulations se retrouvent dans l'hépatopancréas et la glande des oreillettes, organes qui représentent donc leur lieu d'excrétion.

*
* *

Nous avons ainsi passé rapidement en revue les principaux faits connus sur le verdissement des Huîtres et ses rapports avec les Diatomées.

Dans cette question, il reste de nombreuses inconnues encore. Des investigations complémentaires s'imposent quant à la nature du pigment bleu, ses rapports de constitution avec les autres pigments de la Diatomée, ses précurseurs et quant à la place exacte qu'il occupe dans le métabolisme (normal et pathologique de l'Algue). Ce sont des recherches de laboratoire, au cours desquelles les méthodes chimiques et physiques compléteront heureusement les études biologiques, qui donneront sans nul doute la clé de ces problèmes.

La culture in vitro des Diatomées doit être à la base de telles études. Et nous savons déjà la pratiquer dans des conditions relativement satisfaisantes sur un certain nombre d'espèces marines ou d'eau douce. L'étude en question est donc parfaitement à notre portée. Mais les résultats qu'elle peut fournir n'ont évidemment pas tous une égale importance pratique.

A côté des données déjà acquises, il est des points qui doivent tout particulièrement retenir notre attention.

1° *La pigmentation bleue n'est pas chez la Diatomée un caractère spécifique constant, mais un caractère acquis sous l'influence de certaines conditions de milieu.*

A ce point de vue, il est très probable qu'un grand nombre de facteurs physiques (lumière, température) ou chimiques sont susceptibles d'agir. Parmi ces derniers quelques-uns seule-

ment (sucres d'après RANSON, composition ionique d'après BACHRACH) ont été pris en considération.

Une vaste étude au laboratoire doit préciser les connaissances à ce sujet. Elle indiquera les conditions optima à réaliser, in vitro d'abord, dans les claires ensuite, pour le bleuissement des Diatomées.

2° Il ne paraît pas douteux que le pigment est à une certaine phase du bleuissement excrété dans le *milieu extérieur*, et qu'il est alors sous cette forme absorbé, non seulement par voie digestive, mais surtout par la muqueuse branchiale de l'Huître. Ceci est conforme à un processus très général de nutrition des animaux aquatiques, étudié dans son ensemble par PUTTER et dans le cas particulier de l'Huître par RANSON.

Dans les Diatomées de culture, la sortie du pigment précède de peu, semble-t-il, la diminution de la vitalité. Il paraît s'agir, à notre avis, d'un processus pathologique et il serait donc de premier intérêt, pour le sujet qui nous occupe, de préciser *les conditions qui favorisent une excrétion relativement abondante du pigment, tout en maintenant encore un pouvoir de multiplication élevé des Algues.*

3° *Le rôle de la seule Navicula ostrearia, tout important qu'il soit a été exagéré. Le phénomène du bleuissement est plus général et se rencontre chez bon nombre d'autres espèces appartenant notamment aux genres Navicula, Nitzschia, Amphiprora, Grammatophora (BACHRACH).*

Si ces autres espèces ne jouent peut-être dans les claires qu'un rôle secondaire, la connaissance du fait en question est du moins important pour les études préliminaires de laboratoire sur le processus du bleuissement.

Nous voyons donc ce que l'ostréiculture a reçu et a à attendre encore des recherches de laboratoire. Dès maintenant d'ailleurs, les faits bien acquis qui montrent une indéniable relation entre les conditions du milieu et le processus du bleuissement des Diatomées, donc du verdissement des Huîtres, donnent une première base rationnelle pour des essais à tenter dans les claires.

BIBLIOGRAPHIE.

- BACHRACH (E.). — Variations expérimentales chez les Diatomées. Perte de la carapace. *C. R. Assoc. des Physiologistes, 3^e réunion*, Roscoff, 1929, p. 20.
- BACHRACH (E.). — La biologie des Diatomées et les problèmes qu'elle pose. *Vol. Jubil. H. Roger*, Masson, Paris, 1932, p. 15-20.
- BACHRACH (E.). — Le problème de la fixation de la silice par les Diatomées. Position de la question. *Congrès intern. Physiol.*, Rome, 1932, p. 15-20.
- BACHRACH (E.). — Les Diatomées nues ou la perte du pouvoir de silicification chez les Diatomées (en russe). *Vol. Jubil. L. Stern*, Moscou, 1934.
- BACHRACH (E.) et DHÉRE (Ch.). — Sur la fluorescence d'une Diatomée marine et sur le spectre de fluorescence de ses pigments chlorophylliens. *Soc. de Biologie*, CVIII, 1931, 385.
- BACHRACH (E.) et JOUVET (A.). — Sur la pigmentation bleue de certaines Diatomées. *Bull. Soc. Linnéenne*, Lyon, 1933, p. 36.
- BACHRACH (E.) et LEFÈVRE (M.). — Contribution à l'étude du rôle de la silice chez les êtres vivants. Observations sur la biologie des Diatomées. *J. Physiol. et Path. gén.*, 1929, XXVII, 241-249.
- BACHRACH (E.) et LEFÈVRE (M.). — Quelques observations sur les Diatomées nues. *Travaux cryptogamiques dédiés à L. Mangin*, Muséum d'Histoire naturelle, Paris, 1931, 281-287.
- BACHRACH (E.), LEFÈVRE (M.) et ROCHE (J.). — Sur la chlorophylle des Diatomées normales et nues. *Soc. de Biologie*, 1932, CIX, 889.
- BACHRACH (E.) et PILLET (D.). — Étude des cendres des Diatomées sans carapace. *Bull. d'Histologie*, 1931, VIII, 33-37.
- BEIJERINCK (M. W.). — Das assimilationsprodukt der Kohlensäure in den Chromatophoren der Diatomeen. *Rec. Trav. botan. néerl.*, 1904, n^{os} 1-4.
- BIZIO. — Ricerche sopra il coloramento in verde delle branchie delle ostriche (*ostrea edulis* L.) derivante del rame ch'esse contengono. *Mem. Istit. Veneto di Sc. Lett. Arts*, II, 1845.
- BLAINVILLE (de). — Huitre, in *Levrault, Dict. Sc. nat.*, 1821, Paris, XXII.
- BOCAT (L.). — Sur la marennine de la Diatomée bleue. Comparaison avec la phycocyanine. *Soc. de Biologie*, 1907, LXIII.
- BORNET (E.). — Le verdissement des huitres. *Bull. Soc. nation. Agr. de France*, 1895, LV.
- BORY DE SAINT-VINGENT. — Matière verte, in *Levrault Dict. Sc. nat.*, 1823, Paris et *Dict. class. Hist. nat.*, 1826, X, Paris.
- CALVET (L.). — Contribution à l'étude du verdissement des huitres. *Bulletin de l'Enseignement technique et professionnel des Pêches maritimes*, 1909.
- CALVET (L.). — Sur la vitalité de la Diatomée bleue et la possibilité de l'ensemencement de cette navicule à l'aide d'huitres vertes. *Soc. de Biologie*, 1910, LXVIII.
- CALVET (L.) et PAUL (P.). — La Diatomée bleue et le verdissement des huitres dans les bassins de l'ostréiculture méridionale à Balaruc-les-Bains (Hérault). *Soc. de Biologie*, 1910, LXVI.
- CARAZZI (D.). — Contributo all'istologia e alla fisiologia dei Lamellibranchi. Ricerche sulle ostriche verdi. *Mitt. Zool. Station zu Neapel*, 1897, XII.
- CARAZZI (D.). — Contributio all'istologia e alla fisiologia dei Lamellibranchi. Ricerche sull'assorbimento del ferro nel *Ostrea edulis*. *J. intern. Anat. et Physiol.*, 1897, XIV.
- CHATIN (A.). — Le développement et le verdissement des huitres. *Bull. Soc. nation. Agr. de France*, 1892, LII.
- CHATIN (A.). — Nature et cause du verdissement des huitres. *Bull. Soc. nation. Agr. de France*, 1893, LIII et *C. R. Ac. Sc.*, 1894, CXVIII.

- COMERE (J.). — De la coloration anormale des Diatomées épiphytes. *Nuova notarisia*, 1909, XX.
- COSTE. — Voyage d'exploration sur le littoral de la France et de l'Italie, 2^e édit., 1861, Paris.
- DEAN (B.). — The present methods of Oyster-culture in France. *Bull. of the U. S. Fish. Com.* 1892.
- DEAN (B.). — Report on the european methods of Oyster-culture. *Bull. of the U. S. Fish. Com.*, 1893.
- GAILLON (B.). — Des huitres vertes et des causes de cette coloration. *J. de Physique*, XCI, 1820.
- GAILLON (B.). — Essai sur les causes de la couleur verte que prennent les huitres à certaines époques de l'année. *Acte Acad. Sc. Rouen*, 1820 et *Ann. Sc. physiques*, 1821.
- GAILLON (B.). — Observations sur la cause de la coloration des huitres et sur les animalcules qui servent à leur nutrition. *Mém. Soc. linéenne*, Calvados, 1824.
- HERDMAN (W.-A.). — Report upon the methods of Oyster and Mussel-Culture in use on the west coast of France. *Proc. and Trans. of the Liverpool biol. Soc.*, 1894, VIII.
- HINARD (G.). — Les fonds ostréicoles de la Seudre et du Belon. *Office scient. et techn. des Pêches marit. Notes et mémoires* 1923, n° 31.
- HINARD (G.) et LAMBERT (L.). — Tableau de l'ostréiculture française. *Revue des Travaux de l'Office des Pêches*, 1928, n° 3 et 4.
- JOURDAIN (S.). — Sur les causes de la viridité des huitres. *C. R. Acad. Sc.*, 1893, CXVI.
- KOHN (G.). — Note on the occurrence of iron and copper in Oysters. *Assoc. for Adv. of Sc.*, 1898.
- LANKESTER (E.-Ray). — On green Oysters. *Quart. J. of micr. Sc.*, 1886, XXVI.
- LANKESTER (E.-Ray). — Phagocytes of green Oysters. *Nature*, 1893, XLVIII.
- LANKESTER (E.-Ray). — Green Oysters. *Nature*, 1895, LII.
- MERESCHKOWSKY (G.). — Études sur l'endochrome des Diatomées. *Mém. Acad. imp. Sc.*, Saint-Petersbourg, 1901.
- MERESCHKOWSKY (G.). — Zur Morphologie der Diatomeen, 1903, Kasan.
- MITCHELL (P.-H.) et BARNEY (R.-L.). — The occurrence in Virginia of greengilled Oysters similar to those of Marennes. *Bull. U. S. F.*, 1915-1916, XXXV.
- MOLISCH (H.). — Notiz über eine blaue Diatomce. *Ber der deutsch. Bot. Gesell.*, 1903, XXI.
- PELSENER (P.). — La phagocytose défensive chez les huitres vertes. *Bull. Soc. malacol.*, Belgique, 1892, XXVIII.
- PETERSEN (C.-G.-J.). — «Grüne Austern» in Dänemark in 1911-1912. *Inter. Rev. Hydrobiol. u. Hydrog.*, 1914, VII.
- PFITZER (E.). — Die Bacillariaceen (Diatomaceen). *Handbuch der Bot.*, 1882, II, Breslau.
- PÜTTER (A.). — Die Ernährung der Wassertiere. *Z. f. allg. Physiol.*, 1907, VII.
- PÜTTER (A.). — Der Stoffhaushalt des Meeres. *Z. f. allg. Physiol.*, 1907, VII.
- PÜTTER (A.). — Die Ernährung der Fische. *Z. f. allg. Physiol.*, 1909, IX.
- PÜTTER (A.). — Der Stoffwechsel der Actinien. *Z. f. allg. Physiol.*, 1911, XII.
- PÜTTER (A.). — The nutrition of the marine animals by dissolved organic material. *Rep. Brit. Assoc. for the Adv. of Sc.*, Dundee, 1912.
- PÜTTER (A.). — Die Fragen der parenteralen Ernährung der Wassertiere. *Biol. Centralbl.*, 1912, XLII.
- PÜTTER (A.). — Die Ernährung der Copepoden. *Arch. f. Hydrobiol.*, 1924, XV.
- PUYSEGUR (M.). — Notice sur la cause du verdissement des huitres. *Revue marit. et colon.*, 1880, LXIV.
- RANSON (G.). — Note préliminaire sur le verdissement des huitres. *Bull. Soc. zool. de France*, 1924, XLIX.
- RANSON (G.). — Le verdissement des huitres. *C. R. Ac. Sc.*, 1925, CLXXX et *Soc. de Biologie*, 1925, XCIII.
- RANSON (G.). — La filtration de l'eau par les lamellibranches et ses conséquences. *Bull. Inst. océanogr.*, Monaco, 1926, n° 469.
- RANSON (G.). — Observations sur le *Navicula ostrearia* Bory, origine du verdissement des huitres. *Revue algologique*, 1926, III.

- RANSON (G.). — L'absorption des matières organiques dissoutes par la surface extérieure du corps chez les animaux aquatiques. *Ann. Institut océanogr.*, 1927, IV, 49-175.
- RANSON (G.). — Les algues excrètent dans les océans de la matière organique pigmentée soluble. Conséquence. *C. R. Ac. Sc.*, 1933, CXVI, p. 1927.
- RYDER (J.-A.). — On the cause of the greening of Oysters by *M. Puryseur* with a supplementary note on the coloration of the blood corpuscles of the Oyster. *U. S. Com. Of. Fish and Fisheries*, Washington, 1884.
- SAUVAGEAU (G.). — A propos de la présence de la Diatomée bleue dans la Méditerranée. *Bull. Stat. biol.* Arcachon, 1906.
- SAUVAGEAU (G.). — Sur le verdissement expérimental des huîtres. *Soc. de Biologie*, 1907, LXII.
- SAUVAGEAU (G.). — Le verdissement des huîtres par la Diatomée bleue. *Bull. Stat. biol.*, Arcachon, 1907.
- SAUVAGEAU (G.). — Utilisation des algues marines, Paris, Doin, 1920.
- SPRAT (T.). — The history of the generation and ordering of green Oysters, commonly called Colchester Oysters. *Hist of the Roy. Soc.*, London, 1669.
- TSWETT (M.-S.). — *Botan. Zeitung*, 1905, II, 278.
- TSWETT (M.-S.). — Les chromophylles dans les mondes végétal et animal (en russe). Varsovie, 1910, p. 317.
- VALENCIENNES (A.). — Sur les causes de la coloration en vert de certaines huîtres. *C. R. Ac. Sc.*, 1841, XII.
- WILSCHKE (A.). — Ueber die Fluoreszenz der Chlorophyllkomponenten. *Zeits. f. wiss. Mikros.*, 1914, XXXI, 338-361.
-