

🌿 *Ferment* 🌿

*An anthology of early texts on the recognition of microbiological life*



Certain understandings are so clearly the product of a difficult and highly specialized intellectual evolution, and so clearly remote from any probable intuition of daily experience, that their late arrival as accepted truths is in no way surprising.

For example, quantum mechanics.

Others seem very much the reverse. One tries to imagine what could have been thought before, and why it took so long to get it right.

For example, fermentation.

And since until fermentation was understood to be microbial in nature, neither was human disease, this is hardly an historical detail of interest only to wine-makers.

Nor is it a purely “modern” intuition that fermentation is important: to trace the history of that concept from the transformational wine-gods of antiquity – including Christ – just until Pasteur, would be a long but fascinating book. Certainly by the mid-17th century, fermentation was widely seen as the archetype of transformational process in general, with specific analogies drawn between the fermentation of wine and the “fermentations” of disease in the human body (e.g., Pascal, 1681, and Moreau, 1685, excerpts from both of which are posted earlier on this site). And, by that same time, beer yeast had already been examined microscopically and described (Leeuwenhoek, *De fermento cerevisiæ*, 1680).

So one wonders why the dots were not connected a bit earlier; but the fact is that nearly 200 years later, Pasteur still had to win a major and prolonged scientific battle before it would be generally conceded that microbial life exists, and that both fermentation and disease are the products of its activity.

Since he deserves, and receives, all possible credit for having won that battle, it doesn’t detract from his accomplishment to note that he was by no means the first to demonstrate convincingly that fermentation is the result of living microorganisms; he was simply the first to force the opponents of that thought to stand down and admit defeat.

On June 12, 1837, twenty years before Pasteur’s first paper on the subject was presented to the *Académie des Sciences* in Paris, Charles Cagniard-Latour presented a paper before that same institution. It was entitled, *Mémoire sur la Fermentation vineuse*. Since it is now known only from footnotes in specialist histories, and appears seldom to have been read even then, I have transcribed it in its entirety

below. Three distinguished members of the *Académie* - Thénard, Bequerel, and Turpin - then prepared a report and analysis of Cagniard-Latour's *Mémoire*, which they presented in 1838, which I have also transcribed in its entirety; and then Turpin separately produced a *Mémoire sur la cause et les effets de la fermentation alcoolique et acéteuse*, which he presented the same year. In it, he reviews Cagniard-Latour's research in detail, repeats his major experiments, adds many of his own, and provides - since he was a famous scientific illustrator - several pages of plates illustrating the microorganisms he observed. I have transcribed a chapter from this work as well, and include one of the plates, in which Turpin depicts an organism that he named *Torula cerevisiæ*. It is what we now call *Saccharomyces cerevisiæ*, and is, and always has been, the most important yeast in the fermentation of both wine and beer.

The first thing that is surprising in all this is that so little of it is wrong; Cagniard-Latour's paper could still serve today to enlighten the freshman microbiology class as to what it means to reason intelligently through a microscope.

The second thing that is surprising, is that it had no effect. Despite being the work of internationally respected scientists, despite being accepted and published by one of the world's most important scientific institutions - and, of course, despite being correct - it was simply shouted down, as was the work of two lesser-known researchers in Germany, Schwann and Kützing, who independently both of each other and of Cagniard-Latour, arrived at similar results.

The attacks were led by three of the era's most important chemists - Justus von Liebig, J.J. Berzelius, and F. Wöhler - and were reprehensible. Since they had absolutely no experimental evidence to disprove a cellular theory of fermentation, they simply ridiculed its proponents.

Wöhler, for example, excerpted parts of Turpin's paper in the *Annalen der Pharmacie* - of which he and Liebig were the principal editors - and followed these excerpts by a heavy-handed burlesque, written by him but attributed anonymously, entitled "The demystified secret of alcoholic fermentation" [Wöhler, F. (anonymous) (1839) *Ann. Pharm.* (Heidelberg) 29, 100-104].

The [anonymous] author pretended to have done careful research with a special microscope:

*...Incredible numbers of small spheres are seen which are the eggs of animals. When placed in sugar solution, they swell, burst, and animals develop from them which multiply with inconceivable speed. The shape of these animals is different from any of the hitherto described 600 species. They have the shape of a Beindorf distilling flask (without the cooling device).*

*The tube of the bulb is some sort of a suction trunk which is covered inside with fine long bristles. Teeth and eyes are not observed. Incidentally, one can clearly distinguish a stomach, intestinal tract, the anus (as a pink point), and the organs of urine excretion. From the moment of emergence from the egg, one can see how the animals swallow the sugar of the medium and how it gets into the stomach. It is digested immediately, and this process is recognized with certainty from the elimination of excrements. In short, these infusoria eat sugar, eliminate alcohol from the intestinal tract, and CO<sup>2</sup> from the urinary organs. The urinary bladder in its filled state has the shape of a champagne bottle, in the empty state it is a small bud. After some practice, one observes that inside a gas bubble is formed, which increases its volume up to tenfold; by some screw-like torsion, which the animal controls by means of circular muscles around the body, the emptying of the bladder is accomplished... From the anus of the animal one can see the incessant emergence of a fluid that is lighter than the liquid medium, and from their enormously large genitals a stream of CO<sup>2</sup> is squirted at very short intervals... If the quantity of water is insufficient, i.e. the concentration of sugar too high, fermentation does not take place in the viscous liquid. This is because the little organisms cannot change their place in the viscous liquid: they die from indigestion caused by lack of exercise.*

The “report” goes on to describe how the animals fall asleep under the influence of a sedative, how they produce fusel oil by sweating and how they devour each other after the fermentation.

In addition to its general sophomoric prurience, one must note its general lack of relevance to Turpin’s paper; the puerile jokes about anuses and genitals, for example, are entirely problems of Wöhler’s own; particularly since neither Cagniard-Latour nor Turpin says virtually anything about “animals” to begin with; they ascribe microorganisms to the “vegetal” realm, the only reservation being whether “animal” and “vegetable” are relevant categories in dealing with such life forms.

One is a little hard-pressed to account for such intellectual *Schadenfreude* on the part of such otherwise well-respected scientists, especially in the service of a cause that turned out to be so spectacularly incorrect scientifically; but clearly the idea of microbial life provoked a visceral reaction of anger and authoritarian rejection that mere experimental evidence was powerless to overcome. And their opposition was consistent; Liebig’s opposition to Pasteur’s experimental results twenty years later was just as complete, and his arguments no more valid. All told, they can fairly be said to have delayed the general establishment of microbiology as a science by at least thirty years.

But of course the purpose of contemplating history isn't so much to jump on dead fools as to avoid being live ones ourselves, and there is nothing better than history to teach us the enormity of that task, nor to entertain us while we fail at it. So, it is quite right to wonder why the Greeks did not intuitively understand the microbe, as they intuitively understood the atom; or to wonder how entire millenia of wine-makers could contemplate the astonishing spectacle of fermentation without collectively concluding that is an "obviously" living process of "obviously" living creatures.

But, it it by no means right to wonder at those things without wondering at the enormity of all that surrounds us now, that we do not understand, that is equally "obvious".

From the Latin, *ob + via*, "near (to) the way".

::

#### NOTES:

1. The translation of Wöhler's parody of Turpin is taken from: Fritz Schlenk, (1997) "*Early Research on Fermentation - a Story of Missed Opportunities*", in *New Beer in an Old Bottle: Eduard Buchner and the Growth of Biochemical Knowledge* (ed. Athel Cornish-Bowden), Universitat de València, Valencia, Spain. Its use here is gratefully acknowledged.

::

#### NOTE, as of November, 2002:

The original version of this anthology, posted in March of this year, significantly lacked an opposing view; that is, it lacked the expression of a position explicitly opposed to the thought that fermentation is the result of microbial life.

I'm pleased to be able to remedy that lack now with an essentially unknown paper by Jean-Jacques Colin (1784-1865), who worked with Gay-Lussac for many years, then became Professor of Chemistry at St. Cyr and later at Dijon.

It is called *Nouveau Mémoire sur la Fermentation*, was first read before the *Académie des Sciences*, and was then published separately as a 43 page pamphlet ca. 1837, which is the edition from which this transcription was made. I've been able to find no other record of it; my own copy is from Becquerel's library, so perhaps it was only printed in a tiny private edition for distribution to colleagues of the author.

In any case it is ideally suited to its purpose here: it reflects scientific research carried out at the same time and in the same place as the other papers presented; it is the work of a competent and thorough scientist, clearly aware of the findings of Cagniard-Latour and others, who uses much the same equipment and many of the same procedures, but nonetheless comes to quite opposite conclusions.

Thus, a further reflection on what is, and what is not, "obvious".



# MÉMOIRE

SUR

## LA FERMENTATION VINEUSE;

PRÉSENTÉ A L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

le 12 juin 1837,

PAR M. CAGNARD-LATOURE.

En l'an VIII, la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut avait proposé pour sujet de prix la question suivante: Quels sont les caractères qui distinguent, dans les matières végétales et animales, celles qui servent de ferment de celles auxquelles elles font subir la fermentation. Le prix était une médaille de la valeur d'un kilogramme d'or; c'est-à-dire un peu plus de trois mille francs; ce prix a été proposé de nouveau en l'an X; mais il a ensuite été retiré en l'an XII, ainsi que tous ceux des autres classes, par suite (p. 2) d'un événement inattendu qui a privé l'Institut des fonds sur lesquels ces prix devaient être payés.

La question concernant la fermentation, étant restée sans solution, peut donc être considérée comme aussi intéressante maintenant que dans le temps où elle fut l'objet d'un concours; d'après ce motif et devant croire que le concours avait principalement en vue la fermentation la plus importante, c'est-à-dire celle dont l'effet est de convertir la matière sucrée en alcool et acide carbonique, en un mot la fermentation vineuse, j'ai entrepris sur ce qui la concerne une suite de recherches, mais en procédant autrement qu'on ne l'avait fait, c'est-à-dire en étudiant les phénomènes de cette action à l'aide du microscope.

Les chimistes savent que si, après avoir mêlé de la levure fraîche de bière avec une dissolution de sucre, et introduit ce mélange dans un vase, même fermé, comme par exemple un flacon muni d'un tube de Voulf, on expose ce flacon à une température d'environ 25° centig., au bout de peu d'instans, c'est-à-dire de quelques minutes, la dissolution éprouve pour l'ordinaire un commencement de fermentation dont la marche s'accroît ensuite rapidement si

la proportion de levure est un peu grande; tandis que dans les mêmes circonstances la fermentation vineuse n'a pas lieu même au bout d'un temps très long, lorsque la dissolution ne contient pas de levure et que le sucre de cette dissolution est pur.

Il convenait donc de faire d'abord l'examen microscopique de la matière qui a la propriété de faire fermenter le sucre; cet examen, comme on l'a vu par la lettre que j'ai eu l'honneur d'adresser à l'Académie, le 27 avril 1835, m'a conduit à reconnaître que les grains dont elle (p. 3) se compose ont une forme globuleuse, d'où j'avais conclu que très probablement ces grains étaient organisés.(1)

Quelque attention que j'aie mise à observer ces globules, lesquels sont en général simples, diaphanes, sphériques ou très légèrement oblongs et à peu près incolores, je ne leur ai jamais vu exécuter de mouvemens qui puissent être considérés comme signes extérieurs de volonté. D'un autre côté les globules de la levure, ainsi que je le ferai remarquer bientôt, peuvent apparaître dans un liquide où l'on n'en voyait pas avant que sa fermentation vineuse n'eût pris naissance. Or lorsque des corps de forme globuleuse, c'est-à-dire autres que des cristaux, viennent à se produire dans une liqueur muqueuse qui, avant de s'être altérée, ne laissait point découvrir de globules, et lorsque ces corps ne paraissent avoir aucun mouvement de locomotion, les micrographes considèrent ordinairement ces corps si (p. 4) simples comme des végétaux; c'est ce que M. Turpin a fait à l'égard des protosphéries qui s'étaient développées dans une production gélatineuse que j'ai rappelée dans la lettre précémmment citée, Journal de l'Institut, n° 103.

On peut donc regarder comme fort probable que les globules de la levure sont organisés, et qu'ils appartiennent au règne végétal; ces conjectures d'ailleurs, comme on le verra, semblent se confirmer par diverses observations qui vont être rapportées un peu plus loin.

---

(1) Il y a plus de vingt-cinq ans que m'occupent de recherches sur les meilleurs moyens de produire de l'alcool en faisant fermenter les décoctions de diverses substances graminées, j'avais eu la curiosité d'examiner la levure fraîche au microscope. L'instrument dont je me servis alors était très imparfait; aussi avais-je cru que cette levure était comme un sable très fin composé de grains cristalloïdes; mais il est évident maintenant que j'ai été induit en erreur.

La plupart des observations microscopiques indiquées dans le présent mémoire ont été faites avec un microscope construit par M. Georges Oberhauser. Les grossissemens dont je me suis servi le plus ordinairement étaient ceux de 300 et de 400 fois. Pour mesurer la grosseur des globules, j'ai introduit dans cet instrument un micromètre oculaire construit par M. Charles Chevalier. J'ajouterai que cet opticien a bien voulu mettre à ma disposition un de ses microscopes d'Amici dans quelques cas, où il m'a été utile d'examiner ces globules avec des grossissemens supérieurs aux précédens.



Mais ces plantes, si toutefois on peut donner ce nom à des simples vésicules, sont extrêmement petites; car parmi les globules de diverses dimensions dont se compose la levure, le diamètre de ceux qui paraissent avoir atteint le dernier terme de leur développement ne dépasse pas ordinairement un centième de millimètre; ils sont d'ailleurs au dessous de cette grosseur pour la plupart, de sorte que dans un millimètre cube seulement de levure en pâte ferme, il se trouve probablement un million pour le moins de ces individus globuleux.

Présumant que les globules de la levure devaient avoir la faculté de se reproduire, j'ai fait, pour m'éclaircir à cet égard, divers essais. Les premiers exécutés très en petit ont échoué, mais il n'en a pas été de même de deux autres que j'ai faits, l'un sur une cuvée d'environ dix hectolitres de moût de porter, grâce à ce que M. Leperdriel, propriétaire de la Brasserie anglaise située avenue de Neuilly, n° 19, a bien voulu m'en faciliter les moyens, et l'autre sur une plus petite quantité de moût semblable.

Je joins ici une note dans laquelle sont indiquées les diverses observations auxquelles ces essais m'ont conduit (1) (*p. 5*), observations dont il résulte principalement: 1° que les globules du levain, par l'effet du dégagement gazeux qu'ils occasionnent dans le moût de bière, s'élèvent à sa surface, et que beaucoup de ces globules restent engagés dans l'écume abondante produite par la fermentation, écume dans laquelle, à l'aide du microscope, on les distingue facilement à raison de l'espèce de brillant qui les caractérise; et 2° que ces globules pendant leur action sur leur moût de bière diminuent de volume, et par cette contraction émettent très probablement des séminules ou corps reproducteurs, puisque l'on ne tarde pas à découvrir dans ce moût des globules nouveaux, c'est-à-dire nébuleux ou si l'on veut moins visibles, quoique assez gros; ces globules qui ne s'apercevaient pas d'abord, offrent cette particularité qu'ils paraissent avoir la faculté de se reproduire par bourgeons ou prolongement de leur propre tissu et de pouvoir former ainsi des globules multipliés, c'est-à-dire soudés par deux, par trois et quelquefois en plus grand nombre, ce qui, comme on le voit, semble confirmer mon hypothèse que les globules de la levure sont organisés, et qu'ils appartiennent au règne végétal.

Ayant trouvé assez extraordinaire que les globules du levain soient privés de pouvoir se régénérer par extension de leur tissu, tandis que les individus

---

(1) Voir le journal l'Institut, n° 185)

plus jeunes jouissent de cette faculté, j'ai demandé à M. Turpin s'il avait connaissance qu'une différence analogue ait été observée à l'égard d'autres productions microscopiques composées de globules isolés; mais d'après la réponse (p. 6) de cet académicien, il paraît que mon observation aurait quelque chose de nouveau.

Dans la note dont je viens de parler, je fais remarquer qu'ayant examiné avec attention des échantillons de porter d'heure en heure, au fur et à mesure de leur extraction de la cuve, j'ai reconnu qu'au bout de la première heure, après la mise en levain, le moût contenait déjà des globules doubles, c'est-à-dire sur chacun desquels on apercevait un globule secondaire plus petit; qu'un peu plus tard ce dernier paraissait avoir pris de l'accroissement, puisque chez plusieurs couples les deux globules avaient à peu près la même grosseur; qu'enfin le quatrième échantillon n'offrait guère que des globules doubles. J'ajouterai que pour m'assurer que ces couples avaient leurs globules soudés et non simplement rapprochés, j'ai appliqué, à l'aide d'un petit poinçon, des chocs sur le verre recouvrant les globules placés sous le microscope, et que ces chocs, quoiqu'ils produisissent de grands ébranlements parmi les globules, n'en détruisaient point les soudures; mais il paraît que ces corps en devenant plus âgés se désunissent naturellement, puisque dans la levure du commerce ils sont simples en général, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer. Cette désunion ultérieure ne pouvant guère être attribuée qu'à une action vitale, éloigne, il me semble, l'idée que la formation des globules puisse être considérée comme un pur effet de cristallisation ou de coagulation albumineuse, d'autant que dans le cours de diverses fermentations que j'ai faites avec la levure de bière il s'est présenté des cas où il distinguait chez certains globules plusieurs granules, et quelquefois une tache ronde (p. 7) ou ovale, tantôt centrale et tantôt latérale, que, d'après la désunion dont il vient d'être question, on peut présumer être une cicatricule ou marque ombilicale.

J'ai supposé que la levure, quoique azotée, appartient au règne végétal, en me fondant principalement sur ce que les globules dont elle se compose n'ont pas de mouvemens locomotifs. A ce sujet on m'a objecté que certains animaux étant privés de pareils mouvemens, il semble permis de présumer que parmi les animalcules microscopiques il s'en trouve d'analogues, et que peut-être les globules du ferment sont de ce genre. Mais il paraît bien peu vraisemblable que la levure appartienne au règne animal proprement dit, lorsqu'on considère, 1<sup>o</sup> que cette substance en agissant sur le sucre perd son azote, ainsi que l'a

découvert il y a déjà très long-temps M. Thenard (Annales de Chimie, an XI, page 313), et 2° que tous les végétaux à l'état rudimentaire donnent directement de l'ammoniaque à la distillation, que d'ailleurs la matière azotée peut en être éliminée entièrement et laisser alors isolé le tissu végétal. (Mémoire de M. Payen, Recueil des savans étrangers, 1834.)

J'ajouterai qu'ayant suivi avec attention divers changemens survenus dans du jus de groseilles blanches, qu'après avoir filtré j'avais enfermé dans un flacon rodé muni de son bouchon, j'ai aperçu dans le liquide, peu de jours après cette introduction, beaucoup d'animalcules même assez gros, mais qui, de très actifs qu'ils étaient d'abord, sont devenus languissans dès que la fermentation vineuse eut pris naissance, et n'ont pas tardé à disparaître, ce qui éloigne encore l'idée que les globules du ferment puissent être du règne animal. De (p. 8) sorte que, d'après cette observation, je suis porté à croire que les corpuscules très ténus qui composent le dépôt de Tavel dont j'ai parlé dans ma lettre à l'Académie, sont des particules inertes ou à peu près amorphes et non des animalcules, comme je l'avais supposé d'après leurs petits mouvemens.

Les globules du ferment sont susceptibles, à ce qu'il paraît, de pouvoir se développer très promptement; car un peu de moût de la cuvée dont j'ai parlé il y a peu d'instans, ayant été examiné au microscope huit heures après la mise en levain, présentait déjà dans le champ de l'instrument armé de trois cents fois, quatre-vingts à cent globules, tandis qu'aussitôt après l'introduction du levain on n'en voyait moyennement que dix-huit.

D'ailleurs, après que l'on eut recueilli toute la quantité de levure que la cuvée de porter avait pu produire en fermentant, on a trouvé que cette quantité était à peu près sept fois le poids du levain employé, ce qui s'accorde comme on le voit avec les résultats de mon examen microscopique.

D'après la promptitude avec laquelle l'excédant de levure a été obtenu, il y a tout lieu de croire que cet excédant est résulté principalement de la reproduction même des globules du levain, c'est-à-dire de ce que ces globules ont trouvé dans le liquide qui les contenait l'aliment propre à favoriser cette reproduction. Aucun brasseur n'ignore que le moût de bière produit ordinairement un poids de levure supérieur à celui du ferment employé pour la mise en levain; mais on supposait que cette augmentation provenait principalement d'une précipitation (p. 9) d'albumine végétale que contenait le moût, et cette explication pouvait paraître d'autant mieux fondée que d'ordinaire le moût de porter et des bières fortes en général produit plus de levure que celui de la bière ordinaire.

Mais tandis que le moût de bière est un milieu dans lequel la reproduction des globules du ferment peut s'opérer très facilement, il n'en est pas de même, à ce qu'il paraît, des simples dissolutions de sucre, puisque la levure en agissant dans ces dissolutions n'augmente pas de poids, et que d'ailleurs elle perd de son activité comme on le sait.

Voulant me rendre raison de cet appauvrissement, j'ai examiné au microscope une levure avec laquelle j'avais opéré successivement deux fermentations de sucres en vases fermés, et j'ai reconnu que cette levure, qui d'ailleurs n'était plus qu'un ferment très médiocre, contenait une certaine quantité de débris amorphe provenant sans doute de globules désorganisés, et que les globules dont la forme se distinguait encore avaient en général quelque chose de terne et des contours altérés; il paraîtrait donc que si la levure, après avoir agi sur le sucre, est moins active, quoiqu'elle n'ait diminué que très peu de poids, c'est parce qu'elle contient moins de globules sains ou doués de la vie, d'où l'on peut conclure que c'est très probablement par quelque effet de leur végétation que les globules du ferment détruisent l'équilibre des principes constituans du sucre, et amènent ainsi peu à peu sa conversion en alcool et acide carbonique; ajoutons que ces globules paraissent être du genre des végétaux qui ne périssent point par la privation (*p. 10*) d'eau, puisque la levure séchée à l'air, même depuis long-temps, ne laisse pas de pouvoir être un très bon ferment, comme on le sait.

M. Gay-Lussac, dans l'extrait de son mémoire sur la fermentation, fait remarquer au sujet de la fermentation vineuse qu'elle paraît être encore une des opérations les plus mystérieuses de la chimie, surtout parce qu'elle ne s'opère que successivement. (Ann. de Ch. 1810). On peut juger maintenant combien était juste la réflexion de ce savant, si d'après mes recherches on est conduit à penser que la fermentation vineuse résulte d'un phénomène de végétation.

Le même savant démontre par les résultats de diverses expériences, que l'oxygène exerce une grande influence sur le développement de la fermentation dans certains liquides, notamment le jus de raisin; mais que si cet oxygène est nécessaire pour le développer, il ne l'est pas pour qu'elle se continue. D'après cette découverte et diverses considérations, entre autres celle que la levure de bière peut produire la fermentation des matières sucrées sans l'influence de l'oxygène, M. Gay-Lussac émet l'opinion que le ferment pourrait être solide dans un grand nombre de substances, mais à un état particulier différent de celui de la levure de bière.

Dans la vue d'avoir quelques données sur la nature de cette différence, j'ai fait l'essai suivant dont le résultats, comme on va le voir, semblent démontrer que l'opinion de ce savant est fondée.

Ainsi, j'ai conservé par son procédé pendant plus de quinze jours au dessus du mercure, du jus de raisin qu'à cet effet j'avais exprimé d'une grappe enfermée sous une (p. 11) cloche remplie de gaz hydrogène; au bout de ce temps, j'ai examiné au microscope un peu du dépôt qu'avait abandonné le jus, je l'ai trouvé à peu près amorphe; mais ayant fait un examen semblable après que, par l'introduction d'un peu d'oxygène sous la cloche, j'eus provoqué la fermentation vineuse du moût de raisin, j'ai trouvé dans le dépôt beaucoup de globules. On serait donc tenté de soupçonner, 1<sup>o</sup> que les graines de ces petits végétaux forment une partie de la matière du dépôt; 2<sup>o</sup> qu'elles n'ont encore aucune germination lorsqu'elles sont enfermées dans les grains du raisin, et 3<sup>o</sup> que cette germination prend naissance dès qu'elles sont exposées à l'influence du gaz oxygène, et que c'est par ce commencement de développement qu'elles deviennent susceptibles d'agir comme la levure de bière.

A cette occasion, je rappellerai que M. Thenard, en filtrant du jus de groseilles qui venait d'être exprimé de ces fruits par un tissu très serré, a recueilli sur le filtre une matière qui contenait à peu près le sixième de son poids de ferment, quoiqu'elle eût été soumise à plusieurs lavages avant d'être essayée sur une dissolution de sucre; ainsi d'après ce résultat et ceux de mes observations microscopiques sur les ferments, il n'y a guère lieu de douter que les globules observés dans le dépôt du jus de raisin dont je viens de parler n'aient pu se former, sinon tous, du moins une partie, avec des élémens contenus dans la matière du dépôt.

D'après ce que j'ai exposé précédemment sur la reproduction des globules du levain dans le moût de porter, il semble qu'elle ne peut guère être révoquée en doute; cependant un savant physicien m'a objecté que, suivant (p. 12) M. Milne Edwards, on peut, en faisant chauffer à un degré convenable du blanc d'œuf étendu d'eau, déterminer dans cette dissolution l'apparition de globules qui auparavant n'existaient pas.(1) Il serait donc permis, m'a-t-il ajouté, de supposer que la levure étant une matière azotée se forme par la coagulation de quelque matière végéto-animale contenue dans le moût de bière, et que par

---

(1) Annales des Sciences naturelles, 1826.

conséquent les globules dont elle se compose n'ont pas plus d'organisation vitale que ceux obtenus à l'aide du blanc d'œuf coagulé par l'action de la chaleur.

Pour m'éclairer sur ce point j'ai mis dans une capsule placée sur un bain de sable échauffé à 90° cent. environ, un mélange de 50 grammes d'eau et d'un gramme de blanc d'œuf: lorsqu'une partie de l'albumine se fut coagulée par la chaleur, j'ai enlevé la capsule, et après son refroidissement j'ai examiné au microscope un peu de la pellicule très mince qui s'était formée à la surface du liquide; j'ai trouvé en effet que cette pellicule contenait des espèces de globules; leur diamètre pouvait être moyennement d'un centième de millimètre; mais ils avaient en général quelque chose de cristalloïde, et dans aucun on ne distinguait de granules ni de tache ombicale. Il me semble donc que l'objection dont je viens de parler ne suffit pas pour que l'on puisse être autorisé à penser que les globules du ferment ont de l'analogie avec ceux du blanc d'œuf coagulé.

D'ailleurs, j'ai fait fermenter dans un appareil fermé du moût de porter spontanément, c'est-à-dire sans addition de levain. Comme on pouvait s'y attendre d'après les (p. 13) expériences de M. Thenard, expériences sur lesquelles je reviendrai dans un instant, ce moût, quoiqu'il eût été filtré, a produit par sa fermentation vineuse un dépôt de levure; en examinant au microscope ce dépôt, j'ai trouvé qu'il était composé de globules analogues à ceux de la levure ordinaire; or, cette fermentation ayant eu lieu plus lentement que celles produites chez les brasseurs, dans l'hypothèse où ces globules se seraient formés par une sorte de coagulation albumineuse, quelques uns devraient être très gros ou au moins légèrement cristalloïdes, à peu près comme les globules du blanc d'œuf coagulé; mais c'est ce qui n'a pas lieu; on trouve d'ailleurs que dans ce dépôt les globules ne sont pas de grosseurs aussi généralement égales que dans la levure ordinaire, ce qui serait encore favorable à la supposition d'une organisation; car on conçoit que dans un ferment produit à l'aide d'un temps plus long, les globules doivent être d'âges plus différens.

J'ai fait la même expérience avec un flacon que j'avais préalablement rempli d'acide carbonique: la fermentation s'est développée un peu plus tardivement, mais du reste le dépôt obtenu avait à peu près les mêmes apparences microscopiques.

On sait, d'après M. Thenard, que les jus de fruits mûrs et en général les liqueurs qui éprouvent la fermentation vineuse, abandonnent des dépôts jouissant des mêmes propriétés que la levure (Ann. de Ch. an II). On sait encore qu'une dissolution de sucre à laquelle on a mêlé du blanc d'œuf, peut,

moyennant une température d'environ 35 degrés soutenue pendant un certain (p. 14) temps, éprouver la fermentation vineuse et produire un dépôt de levure.

D'après ces analogies, j'ai pensé que de pareils dépôts devaient offrir sous le microscope les mêmes traces d'organisation que celles de la levure de bière; j'ai en conséquence opéré diverses fermentations en vases clos, notamment sur le jus de groseilles, le jus de raisin, celui de prune, ainsi que sur une dissolution de sucre mêlée de blanc d'œuf, liquides qui avaient été filtrés avant d'être introduits dans leurs appareils respectifs, et en examinant au microscope les dépôts obtenus, j'ai reconnu que chacun de ces dépôts se composait en grande partie (1) de globules analogues à ceux de la levure de bière, résultats qui, comme on le voit, s'accordent d'une manière remarquable avec les observations de M. Thenard.

Tous ceux qui s'occupent habituellement de la fermentation en grand, notamment les brasseurs et le distillateurs d'eau-de-vie de grain, savent que malgré tout le soin qu'ils apportent à leurs opérations, les résultats en sont extrêmement variables; ces irrégularités mêmes seraient encore favorables à l'hypothèse que la fermentation vineuse est provoquée par des corps doués de la vie, car qui ne sait de combien de manières différentes de pareils corps peuvent être affectés.

On sait, d'après M. Thilorier, que l'acide carbonique peut devenir concret, par un certain degré de refroidissement, (p. 15) et qu'à cet état de condensation sa température est bien inférieure à celle de la congélation du mercure (2). Cet habile et ingénieux expérimentateur ayant eu l'obligeance de mettre à ma disposition une certaine quantité de son acide solidifié, j'ai mêlé celui-ci avec de la levure sèche réduite en poudre très fine; cette levure, quoiqu'elle ait dû se trouver ainsi exposée à une température excessivement basse, c'est-à-dire de 60° cent. et peut-être plus au dessous de zéro, n'en a pas été moins propre à décomposer ensuite le sucre aussi activement que de la poudre de levure semblable qui n'avait pas été soumise au refroidissement.

Depuis peu j'ai fait geler par une température de 5° cent. de la levure fraîche délayée d'une certaine quantité d'eau, et j'ai reconnu également qu'après ce refroidissement elle pouvait agir sur les dissolutions de sucre comme de la levure fraîche ordinaire.

---

(1) Indépendamment des globules, on distinguait dans certains dépôts quelques autres corps; comme par exemple des cristaux dans le dépôt fourni par le jus de raisin, et des flocons amorphes dans celui qu'avait produit l'expérience avec albumine.

(2) Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, 12 octobre 1835.

## *Résumé.*

J'ai pris connaissance des principaux ouvrages qui traitent de la fermentation vineuse, dans aucun je n'ai vu que l'on ait proposé d'essayer l'emploi du microscope pour étudier les phénomènes dont elle dépend (1).

Cet essai, comme on a pu en juger par les recherches qui viennent d'être exposées, était utile, puisqu'il a (p. 16) fourni plusieurs observations nouvelles et dont il résulte principalement, 1° que la levure de bière, ce ferment dont on fait tant usage et que par cette raison il convenait d'examiner d'une manière particulière, est un amas de petits corps globuleux susceptibles de se reproduire, conséquemment organisés, et non une substance simplement organique ou chimique, comme on le supposait; 2° que ces corps paraissent appartenir au règne végétal et se régénérer de deux manières différentes, et 3° qu'ils semblent n'agir sur une dissolution de sucre qu'autant qu'ils sont en état de vie: d'où l'on peut conclure que c'est très probablement par quelque effet de leur végétation qu'ils dégagent de l'acide carbonique de cette dissolution et la convertissent en une liqueur spiritueuse.

Je ferai remarquer en outre que la levure considérée comme une matière organisée mérite peut-être l'attention des physiologistes en ce sens, 1° qu'elle peut naître et se développer dans certaines circonstances avec une grande promptitude, même au sein de l'acide carbonique, comme dans la cuve des brasseurs; 2° que son mode de régénération présente des particularités d'un genre qui n'avait pas été observé à l'égard d'autres productions microscopiques composées de globules isolés, et 3° qu'elle ne périt point par un refroidissement (p. 17) très considérable non plus que par la privation d'eau.

Pour terminer enfin, j'ajouterai que la question anciennement proposée par l'Institut paraît être maintenant résolue d'après les résultats dont je viens de rendre compte et divers autres que pendant les années 1835 et 1836 j'ai

---

(1) Leuwenhoek, en 1680, avait déjà vu à l'aide du microscope que la levure de bière était composée de globules dont il attribuait l'origine à ceux des farines employées dans la confection du moût de bière; mais cette observation, dont je n'ai eu d'ailleurs connaissance que plus d'un an après la présentation de mon Mémoire à l'Académie, n'a pas conduit son auteur au point le plus important, qui était de savoir que les globules sont capables de germer et de végéter dans le moût pendant sa fermentation. Voyez Mémoire de M. Turpin, dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 20 août 1838, p. 396.



communiqués à la Société Philomathique (1) cars ils conduisent à cette conclusion que généralement les ferments, du moins ceux qui produisent la fermentation vineuse à la manière de la levure, sont composés de corps organisés microscopiques très simples, et que les matières auxquelles ils font subir cette fermentation sont des substances purement chimiques, puisque ce sont, comme on le sait, le sucre et les composés qui s'y rapportent.

*(pp. 1-17, complete)*

---

(1) Voir le journal de l'Institut, numéros 158, 159, 164, 165, 166, 167, 185, 190.

∴

# RAPPORT

SUR

*Des observations et des expériences faites sur la cause et les effets de la fermentation vineuse;*

PAR M. CAGNIARD-LATOUR.

(Comm., MM. Thénard, Becquerel, Turpin rapporteur.)

(Extrait des *Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences*,  
séance du 23 juillet 1838.)

---

L'Académie nous a chargés, MM. Thénard, Becquerel et moi de prendre connaissance des faits contenus dans le Mémoire de M. Cagniard-Latour, et de lui en faire un rapport.

Pour prouver le haut intérêt du sujet qu'il a traité, M. Cagniard-Latour commence son Mémoire par rappeler à l'Académie qu'en l'an viii la classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut avait proposé pour sujet de prix la question suivante: *Quels sont les caractères qui distinguent dans les matières végétales et animales celles qui servent de ferment, de celles auxquelles elles font subir la fermentation?* Ce prix proposé de nouveaux en l'an x fut retiré en l'an XII, ainsi que tous ceux proposés (p. 4) par les autres classes, par suite d'un événement inattendu qui priva l'Institut des fonds destinés à faire face au paiement de ces prix.

Cette grande question relative à l'action inconnue du mouvement intestin de la fermentation et de ses résultats si remarquables, question qui intéressait tout-à-la-fois la physique, la chimie et la physiologie, étant restée depuis sans solution, M. Cagniard-Latour, qui s'en était déjà occupé il y a plus de 25 ans, l'a reprise en sous-œuvre, et, en mettant à contribution de nouveaux moyens d'investigation tels que ceux du microscope, est arrivé à des résultats remarquables.

Pour mettre plus d'ordre dans ses observations, et pour simplifier le plus possible l'objet de ses intéressantes recherches, l'auteur s'est attaché seulement à la plus importante comme à la plus utile des fermentations, à celle qui a pour but de convertir la matière sucrée en alcool et en acide carbonique, et qu'en Chimie on désigne par la dénomination de *fermentation vineuse*.

M. Cagniard-Latour, bien convaincu que désormais toute analyse chimique doit être précédée et éclairée par une analyse microscopique, (*p. 5*) afin de connaître la nature, soit inorganique, soit organique (1), soit enfin organisée (2) des corps sur lesquels on se propose d'opérer, a mis en usage le microscope, ce puissant moyen d'investigation sans le secours duquel on ne peut plus parler d'un corps quelconque sans éprouver une juste timidité.

L'analyse microscopique de cette pâte, que l'on nomme la Levure de bière, et qui est regardée en chimie comme une simple matière qui s'isole du Moût de bière pendant la fermentation, sous forme d'écume ou de sédiment, a démontré à M. Cagniard-Latour que cette pâte ou cette prétendue matière pour la simple vue, est au contraire, lorsqu'on l'observe au microscope, une agglomération entièrement composée d'une multitude de petits individus globuleux ou légèrement ovoïdes, vésiculeux, transparents, remplis de globulins, les plus gros ayant (*p. 6*) environ 1/100 de mill., sans mouvement et par conséquent végétaux, d'après nos étroites définitions humaines.

Après avoir reconnu que les globules vésiculeux de la Levure de bière étaient organisés, il devenait nécessaire de s'assurer par le *voir venir* comment ces petits végétaux se trouvaient et se formaient dans la bière, comment ils y croissaient, et comment enfin ils s'y multipliaient de manière à produire une augmentation assez considérable de Levure nouvelle.

M. Cagniard-Latour pouvait se demander si les végétaux globuleux de la Levure étaient simplement bornés, pour toute organisation, à une vésicule maternelle pouvant se reproduire et se multiplier par des seminales émanées par extension, soit de sa surface extérieure, soit plus probablement de ses parois intérieures; ou bien si, placés dans un ordre un peu plus élevé de l'organisation, ils ne représentaient dans l'agglomération de la Levure que de

---

(1) Matière organique, considérée comme élément de l'organisation et seulement imprégnée des éléments de la vie dont jouissent les corps organisés.

(2) La matière organique employée temporairement dans la structure d'un végétal ou d'un animal, ou l'organisation détruite et réduite en substance gélatineuse.

simples corps reproducteurs de l'espèce destinés à germer ou à s'étendre en de petits végétaux plus compliqués.

Pour arriver plus sûrement à la connaissance de l'organisation et de la physiologie de ces végétaux microscopiques, l'auteur fit plusieurs essais. (p. 7) Les premiers, mal exécutés ou peut-être faits trop en petit, n'amènèrent aucune végétation, la Levure mourut et se décomposa; mais il n'en fut pas de même d'un autre essai long et pénible qui eut lieu pendant la nuit dans la brasserie anglaise de M. Leperdriel, sur une cuvée d'environ dix hectolitres de Moût de porter.

Le Moût, d'abord examiné au microscope, n'offrit qu'un grand nombre de particules très ténues et sans formes déterminées, mais une demi-heure après la mise en levain, qui eut lieu à neuf heures et demie du soir, au moyen de trois kil. et demi de Levure, le Moût observé de nouveau n'offrait que les globules vésiculeux de la Levure employée et le nombre de ces globules, visibles dans le champ du microscope, pouvait être d'environ 18. Des échantillons puisés dans la cuve d'heure en heure jusqu'à six heures du matin, temps nécessaire pour la fabrication de la bière, présentèrent successivement les transformations suivantes.

Dans le premier, tous ou presque tous les globules simples de la Levure versée dans le Moût, étaient munis d'un ou de deux petits bourgeons plus transparents que le globule maternel, dont ils étaient une extension. Quelques-uns (p. 8) n'avaient point encore poussé leur bourgeon, tandis que d'autres, plus avancés même que les premiers, se composaient de deux articles globuleux égaux, le bourgeon ayant atteint le même diamètre que le globule mère ou producteur.

Dans le second, tous les individus se composaient de deux articles, et sur quelques-uns de ces articles on voyait déjà un et quelquefois deux nouveaux bourgeons opposés ou dirigés en sens contraires.

L'inspection de six autres échantillons tirés de la cuve d'heure en heure, prouvèrent à M. Cagniard-Latour que la végétation avait continué, car dans le liquide du huitième on distinguait un grand nombre d'individus formés de trois, de quatre et de cinq articles globuleux nés successivement les uns des autres et disposés en séries comme des fragments de chapelets. Parmi ces individus on en voyait beaucoup d'autres qui semblaient en retard. Les uns n'en étaient encore qu'au globule simple, les autres montraient sur ce globule un ou deux bourgeons naissants, ou bien deux ou trois globules munis, pour

la plupart, de bourgeons terminaux. En outre de ces développements végétaux, (p. 9) M. Cagniard-Latour croit avoir reconnu que le nombre des globules était plus grand que dans le premier échantillon retiré après la mise en levain. Quelques jours plus tard, ajoute l'auteur, lorsque l'on eut recueilli toute la quantité de Levure produite par la cuvée, quantité qui était de 23 kil. et demi, à peu près sept fois le poids du levain versé dans le Moût, on ne trouvait plus guère que des globules simples ou isolés, ce qui indique la grande facilité qu'ont ces petits végétaux moniliformes à se désarticuler lorsque les conditions nécessaires à leur existence les abandonnent.

Dans cette suite d'observations microscopiques dont les principaux résultats viennent d'être indiqués, M. Cagniard-Latour dit qu'il a remarqué quelque différence entre l'aspect des globules simples de la Levure et celui des globules développés en chapelet pendant l'acte de la fermentation: ceux-ci, comme étant plus jeunes que les autres, lui ont paru plus opaques et plus nébuleux; il s'est aussi aperçu, mais seulement deux fois, que les globules pouvaient émettre, par une sorte d'explosion, une pulviscule excessivement ténue.

M. Cagniard-Latour a remarqué que les globules (p. 10) du levain tendent constamment à s'élever à la surface du Moût de bière tant que dure la fermentation, et il penche à croire que ces nombreuses ascensions sont dues au dégagement gazeux des globules dans le Moût où ils se trouvent en suspension. Il a cru aussi s'apercevoir que ces globules pendant leur action sur le Moût diminuaient de volume en se contractant, et que par l'effet de cette contraction ils émettaient, dans l'espace liquide, des seminules ou corps reproducteurs qui, après avoir végété et atteint le diamètre du globule maternel, avaient la faculté de se développer par voie de bourgeons successifs et de donner lieu, comme nous l'avons déjà dit, à de petits végétaux moniliformes ou en chapelet. Comme on le voit, M. Cagniard-Latour admet deux modes distincts dans la reproduction et la multiplication des petits végétaux de la Levure de bière; celui par seminule et celui par gemme ou bourgeon, observation qui nous a paru d'autant plus intéressante qu'elle est en parfait accord avec la double reproduction de tous les végétaux simples microscopiques situés au début de l'embranchement végétal.

Si M. Cagniard-Latour ne s'était pas cru obligé (p. 11) de répondre aux questions qui lui étaient adressées sur la nature végétale ou animale des globules de la Levure de bière, nous nous permettrions de le blâmer d'avoir donné trop de temps à ces discussions qui nous semblent tout-à-fait oiseuses, car il est des

productions organisées qui, n'étant ni un chou ni un mammifère, ne peuvent qu'être signalées dans ce qu'elles sont, comme si elles étaient isolées dans la nature, et sans avoir égard à nos caractères conventionnels de végétabilité et d'animalité.

Il aurait été plus simple de dire seulement: la Levure de bière n'est point une matière ou un produit chimique comme on l'a cru; ce qui nous semble une pâte sèche ou molle, est une agglomération composée de globules vésiculeux, sans mouvement locomotif, organisés, puisqu'ils sont susceptibles d'absorber, d'assimiler, de croître, de se compliquer d'articles, et, enfin, de se reproduire et de se multiplier. C'est, d'après nos conventions humaines, un végétal.

Après avoir démontré que la Levure de bière est une agglomération de petits végétaux, ou au moins de corps pouvant en produire par extension, M. Cagniard-Latour passe à des considérations purement chimiques. Il commence par faire (p. 12) remarquer que: 1° la Levure en agissant sur le sucre perd son azote, ainsi qu'on le savait; 2° que tous les végétaux à l'état rudimentaire donnent directement de l'ammoniaque à la distillation. Il parle ensuite de la production ou de l'augmentation de la Levure qui, pour chaque cuvée est d'environ sept fois le poids de celle employée ou versée dans le Moût. Cette augmentation, que l'on supposait *à priori*, résulter d'une précipitation d'albumine végétale qui se trouvait dans le Moût, M. Cagniard-Latour, d'après ses observations, l'explique simplement et positivement par la multiplication des globules développés bout à bout et dont le nombre s'accorde assez bien avec celui de l'augmentation en poids.

Toujours comme preuve de l'organisation végétale des globules de la Levure, l'auteur rappelle que la Levure convenablement et promptement séchée peut, comme un grand nombre de seminules et de graines, se conserver très longtemps et être susceptible ensuite, étant placée dans le milieu qui lui convient, comme l'eau sucrée, de germer, de végéter et de produire la fermentation vineuse. C'est encore ce qui lui arrive après avoir été exposée à la température excessivement (p. 13) basse de 60° cent. au-dessous de zéro. Enfin, M. Cagniard-Latour termine son Mémoire par cette dernière observation. « Tous ceux, dit-il, qui s'occupent habituellement de la fermentation en grand, comme les brasseurs et les distillateurs, savent que malgré tout le soin qu'ils apportent à leurs opérations, les résultats en sont toujours extrêmement variables; ces irrégularités mêmes seraient encore favorables à l'hypothèse que la fermentation vineuse est provoquée par des corps doués de la vie, car

qui ne sait de combien de manières différentes de pareils corps peuvent être affectés! »

La découverte de M. Cagniard-Latour méritait d'être examinée avec maturité et une attention toute particulière; elle nécessitait beaucoup d'expériences et d'observations microscopiques longues, minutieuses et plusieurs fois répétées, observations qui ne pouvaient être bien exprimées et bien comprises qu'à l'aide des nombreuses figures que nous avons l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie. Nous nous sommes livrés à cet examen avec d'autant plus d'intérêt, que dès le début nous avons reconnu la vérité des faits énoncés par l'auteur et la haute portée de leur application, soit à la physique, soit *(p. 14)* à la chimie, soit à la physiologie, soit enfin à l'industrie.

Nous pensons que, d'après l'importance des recherches dont s'est occupé depuis plusieurs années M. Cagniard-Latour, et des résultats positifs qu'il en a obtenus, l'Académie doit encourager l'auteur à continuer ses travaux sur la fermentation, en accordant à ce premier Mémoire l'honorable distinction d'être compris au nombre de ceux du Recueil des Savans étrangers.

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

Toutes les recherches de physiologie végétal microscopique faites par le rapporteur pour vérifier et appuyer celles de M. Cagniard-Latour seront, comme faisant suite au rapport, communiquées à l'Académie dans sa séance prochaine, ainsi que les nombreux dessins qui accompagnent ces recherches.

*(pp. 3-14, complete)*

::

MÉMOIRE  
SUR LA CAUSE ET LES EFFETS  
DE LA  
FERMENTATION<sup>(1)</sup>  
ALCOOLIQUE ET ACÉTEUSE.

Par M. TURPIN.

Lu à l'Académie en sa séance du 20 août 1838.

---

(1) Fermentation comme effet et végétation comme cause, sont deux choses inséparables dans l'acte de la décomposition du sucre.



## § VI.

De la Levûre fraîche ou nouvellement produite et recueillie.

Là nous retrouvons M. Cagniard-Latour, là est le point le plus important de ses intéressantes recherches sur l'organisation, la végétation la reproduction et la multiplication ou l'augmentation de la masse des Levûres. C'est ici que, près de nous, nous allons le suivre, en répétant avec soin ces curieuses observations, de manière à pouvoir assurer positivement si les Levûres, comme on l'avait cru, ne sont que des matières organiques sans organisation, que de simples produits chimiques, ou si, au contraire, elles sont des agglomérations composées de diverses espèces de petits végétaux, résultant tous de la germination d'un globule échappé d'une vesicule d'un tissu cellulaire végétal.

Pour cela, il fallait, comme l'avait déjà fait M. Cagniard-Latour, aller passer une nuit dans une brasserie, afin de pouvoir suivre, étudier, décrire et dessiner à l'aide du microscope, toutes les phases du développement des petits végétaux provenant des seminules composant la Lévure de bière, pendant tout la durée de la fermentation d'une cuvée.

M. Chapellet, qui dirige avec autant de savoir que d'habileté la grande brasserie du Luxembourg, voulut bien nous recevoir et nous permettre d'y faire nos observations. C'était au mois d'octobre dernier: la cuve contenait le Moût suffisant pour faire 76 quarts de bière, et la mise en levain devait avoir (*p. 18*) lieu à dix heures du soir. Arrivés une demi-heure plus tôt, nous examinâmes d'abord la Levûre fraîche qui devait être employée; elle fermentait; sa densité était celle de la crème, sa couleur celle du café au lait, sa saveur très-amère, et son odeur voisine de celle qui s'exhale de la fleur du sureau (pl 2, fig. 1) Observée ensuite au microscope, nous trouvâmes qu'elle était entièrement composée de globules vésiculeux, sphériques, ovoïdes, et quelquefois légèrement pyriformes (pl. 2, fig. 2). Ces globules transparents et d'un fauve pâle, variant de grosseur depuis  $\frac{1}{300}$  jusqu'à  $\frac{1}{100}$  de mil.,

étaient tous libres, tous indépendants les uns des autres et entièrement dépourvus de mouvement. Sous certains jours, on apercevait clairement l'épaisseur plus transparente de la vésicule, et la capacité de celle-ci plus opaque et plus colorée par la présence des globules intérieurs. Lorsqu'on certain nombre de ces globules de Levûre se trouvaient emprisonnés dans une bulle d'air, de manière à être pressés les uns contre les autres, ils s'affaissaient en se gênant mutuellement, devenaient polygones, et, par cet effet, prouvaient leur mollesse et expliquaient en même temps la véritable formation des tissus cellulaires dans lesquels les vésicules sphériques prennent cette forme par la même cause (pl. 2, fig. 2*b*). Tous, dès ce moment, ne laissaient plus aucun doute sur leur existence organisée végétale; tous étaient des individus doués de la (p. 19) vie organique, tous avaient déjà végété depuis le point jusqu'au 100<sup>me</sup> de mill. Mais en cet état de simples globules vésiculeux et remplis de globulins seminulifères, étaient-ils arrivés à leur dernier terme de développement? Devaient-ils se reproduire sous la forme si simple d'un *Protococcus*, ou étant d'un ordre plus compliqué, ces globules, considérés seulement comme des seminules, ou mieux, comme des boutures, devaient-ils se développer en autant de petits végétaux moniliformes ou composés de plusieurs articles, comme nous l'avait annoncé M. Cagniard-Latour? Comme l'un ou l'autre de ces deux états pouvait exister, il était nécessaire de suivre ces globules dans le Moût, et pendant toute la durée de la fermentation: c'est ce que nous fîmes.

Nous venons de dire que la quantité de Moût contenu dans la cuve était destinée à produire 76 quarts de bière; dans ce liquide, on versa 35 livres de Levûre (p. 2, fig. 1 et 2), laquelle fut ajoutée à celle naturellement formée dans le Moût. Que fit-on réellement par cette addition de Levûre? On augmenta, comme nous venons de le dire, l'énergie fermentescible de la Levûre naturelle qui se trouvait déjà dans le Moût, et, comme on va le voir tout à l'heure, on *ensemença* dans un territoire particulier, le Moût, un nombre prodigieux (p. 20) de seminules ou de corps reproducteurs qui devaient s'y développer et reproduire avec bénéfice. Une heure environ après cet ensemencement, à onze heures, la fermentation étant commencée, nous fîmes retirer de la cuve un premier échantillon, lequel étant examiné au microscope, nous montra que le plus grand nombre des globules avaient poussé un

et quelquefois deux petits bourgeons qui étaient comme plus jeunes, plus transparents que le globule maternel ou producteur (pl. 2, fig. 4).

Dans un second échantillon puisé à une heure du matin, la fermentation augmentant, tous ou presque tous les globules, qui n'avaient lors de la première observation que de très-petits bourgeons incolores, étaient doublés ou composés de deux articles ou mérithalles, le bourgeon ayant atteint le même diamètre que celui de son producteur. Quelques nouveaux bourgeons se montraient déjà sur un certain nombre de ces individus didymes ou géminés (pl. 2, fig. 5).

Dans une suite d'échantillons tirés d'heure en heure jusqu'à six heures du matin, moment où l'on entonna la bière, nous vîmes ces petits végétaux continuer de croître et de se compliquer d'articles. Dans le dernier, ils étaient presque tous formés de quatre ou de cinq articles vésiculeux remplis de globulins, et terminés la plupart par un bourgeon naissant et par un ou deux autres bourgeons latéraux, ce qui annonçait que ces petits végétaux n'étaient point encore achevés, et qu'il y avait chez eux une intention à la ramescence (pl. 2, fig. 6). Parmi ces individus moniliformes, il s'en trouvait beaucoup d'autres qui se bornaient encore à un, deux ou trois globules; les uns étaient droits, les autres légèrement arqués.

Plusieurs fois nous vîmes, comme M. Cagniard-Latour avait (*p. 21*) cru l'observer deux fois, des globules, soit solitaires, soit faisant partie d'une tige moniliforme, émettre à l'extérieur, sous forme de fusée, une partie ou la totalité de leurs globulins intérieurs.

Dans cet échantillon, nous aperçûmes quelques filaments plus ténus que les globules des petits végétaux de la Levûre; les uns simples, les autres rameux, tubuleux, et contenant de très-petits globules placés à la suite et à distance les uns des autres. (pl. 2, fig. 7). Ces filaments, qui appartenaient à une espèce d'Hygrocrocis, étaient entièrement étrangers aux végétaux de la Levûre.

Pendant cette longue et froide séance de nuit, qui avait duré près de neuf heures, nous ne cessâmes de dessiner et d'avoir l'œil fixé sur l'oculaire du microscope, tant cette observation avait d'attrait et nous parassait riche en explications sur le produit de la Levûre, et sur le rôle actif que ces milliards de petits végétaux doivent jouer dans le phénomène de la fermentation pendant leur courte mais très-énergique

végétation. Il suffisait de regarder durant un quart d'heure les bourgeons naissants pour les voir successivement atteindre le diamètre qu'ils étaient destinés à avoir comme l'un des articles de la tige moniliforme.

Rentrés chez nous, nous étions satisfaits de notre récolte, mais il nous restait des regrets. Nos petits végétaux, pour lesquels nous proposons le nom de *Torula cervisiæ*, n'étaient (p. 22) point achevés, ce que prouvaient les jeunes bourgeons dont ils étaient terminés. Le brasseur, en finissant son opération, les avait brusquement arrêtés dans leur végétation et mis dans le cas de se désarticuler et de paraître sous la forme d'une Levûre nouvelle, c'est-à-dire d'une masse composée d'articles globuleux dissociés, masse comparable à celle d'un tas de blé dont chaque grain possède, comme individu, son centre vital de reproduction.

Bien convaincus que ce qui s'était fait en grand chez le brasseur pouvait se faire en petit, nous préparâmes, dans un bocal, un territoire composé d'eau et de sucre dans lequel nous semâmes le globules de la Levûre de bière (pl. 2, fig. 2); le tout exposé à une température d'environ 25° cent. Cet ensemencement avait eu lieu le 3 novembre, à huit heures du matin; le 5, vers la même heure, le liquide était en pleine fermentation, et la plupart des globules germaient ou étaient en végétation plus ou moins avancée. Le 6 ayant observé de nouveau, au microscope, l'état de nos *Torula cervisiæ*, nous trouvâmes qu'un grand nombre d'individus présentaient des (p. 23) développements plus riches en articles que dans ceux de la cuve du brasseur. Plusieurs se composaient de six ou de sept articles et de rameaux latéraux formés de deux ou même de trois globules (p. 3, fig. 1, *h, i, l.*) Tous végétaient

t encore, car leurs extrémités étaient munies de petits bourgeons transparents. Quoique plus compliqués en articles que ceux de la brasserie, ils étaient plus maigre, moins pourvus de globulins intérieurs, et, par conséquent, plus translucides. La cause de cet étiement nous parut être dans la différence des deux territoires. Dans le nôtre, il n'était que du sucre, tandis que dans celui du brasseur, indépendamment de la matière saccharine, se trouvait encore le mucilage nutritif de l'Orge, et, de plus, l'huile essentielle du Houblon qui pouvait avoir agi comme stimulant sur le développement des *Torula*.

Le 8, la fermentation cessa, et l'écume, soulevée par le dégagement de l'acide carboïque, s'affaissa à la surface du liquide dont l'odeur était celle d'une pâte aigre et la saveur celle de l'acide de la reinette grise un peu échauffée. Ce liquide ou ce territoire, entièrement épuisé par nos petits végétaux qui, pour leur accroissement, en avaient absorbé toute la matière nutritive, devint impropre à la fermentation, et tous les *Torula*, mourant de faim, se désarticulèrent et se précipitèrent en Lévure nouvelle, au fond du bocal. Encore ici, nous n'eûmes que des végétaux incomplets, puisque, comme on l'a vu, tous, au moment de leur dissociation, étaient en train de pousser des bourgeons.

Si l'on met des globules vésiculaires de Levûre de bière dans de l'eau pure, ces seminules, ne trouvant point dans ce milieu aqueux privé de sucre, le stimulant et la matière nutritive qui convient à leur germination et à leur développement (*p. 24*) en *Torula*, il n'y a point de fermentation; elles y meurent de faim, s'y décomposent, se putréfient assez promptement, et répandent une odeur infecte.

Pendant cette décomposition elles se vident de leurs globulins intérieurs, globulins qui en se mêlant à l'eau, la troublent et la rendent laiteuse. Les globules vésiculaires restants sont alors plus transparents, et les globulins devenus libres offrent un mouvement de fourmillement. (*pp. 17-24*)

#### NOTES:

1. Due to the already considerable length of this anthology, I have posted Turpin's plate 2 representing "*Torula Cervisiæ, Turp.*" as a separate file; but please do open it in order to follow Turpin's commentary.

2. For the same reason, I have omitted only the footnotes to this chapter, since I also thought they were more confusing than helpful taken out of the context of the remainder of Turpin's paper. Mostly, they refer to Turpin's (incorrect) theory that the "globules" have their origin in the cells of the plants whose extracted juices they ferment; thus, that the organism that ferments grape juice has its origin in the cellular tissue of the grape, and so on, rather as though they were seeds that grew and reproduced once they were released from the plant.

❧ ...mais, au contraire, ❧

...Fallait-il attribuer la fermentation, comme l'ont fait quelques personnes, à de petits animaux que le broiement aurait détruits et qui se seraient reproduits en deux jours? mais quels animaux, quels êtres organisés pourraient supporter un froid de 95° au-dessous de zéro? et cependant la levure le fait sans perdre son pouvoir.

Les observations que j'ai faites au moyen de microscope d'un membre de la société ne me semblent pas établir la présence des animalcules dans la levure.

Nous étions en 1836, à la fin de l'hiver: nous primes de la levure fraîche de vingt-quatre heures que nous devons à l'obligeance de M. Haracque, et l'examinant à trois cent fois le diamètre de l'objet, nous observâmes qu'elle était composée de globules ronds sans mélange de très petits globules, tous à près égaux et tous homogènes; ils étaient trois à quatre fois plus petits que des grains de fécule de froment ou d'orge, et beaucoup plus gros que les différents globules dont le gluten se compose.

La rondeur parfaite des globules de levure était aussi remarquable que leur grand nombre; ils paraissaient contenir (*p. 24*) intérieurement un noyau dont le diamètre était parfois presque aussi grand que celui du globule externe. Était-ce un noyau ou une substance d'une autre nature contenue dans leur intérieur?

Quant à leur nature, nous pouvons affirmer, indépendamment de tout ce que nous avons dit des propriétés chimiques de la levure, que ces globules ne sont pas de la fécule amilacée et qu'ils n'en contiennent même pas;

1. ° L'acide azotique ne les brise point, tandis qu'il détruit ceux de la fécule; c'est ce dont on peut s'assurer comparativement avec un microscope.

2. ° L'iode colore ces globules en rouge-brun légèrement violâtre, et leur donne à l'œil nu l'aspect du sang desséché. Vus au microscope, les globules à la couleur près restent dans leur intégrité; ils sont

intérieurement colorés en rouge-brun; l'iode les a donc pénétrés. Ils ne présentent d'ailleurs point d'apparence bleue et rien par conséquent qui puisse rappeler la fécule iodée.

Une autre portion, encore intacte, de la levure qui avait fait le sujet des précédentes expériences, fut étendue d'eau distillée, mise sur le porte-objet et regardée au microscope; elle présenta un mouvement très prononcé: il s'établit dans la masse des courants contraires qui se croisaient en divers sens. Ce mouvement était-il dû à l'évaporation de l'eau ou à quelque autre cause?... Il semblait que ces globules eussent un mouvement spontané; cependant en couvrant la masse d'une lame de verre plus mince qu'une feuille de papier et par conséquent très légère, le mouvement s'arrêtait aussitôt parce que l'évaporation avait cessé. Et alors on voit positivement que les globules de la levure n'ont pas de mouvement spontané ou propre; ce ne sont donc pas des animalcules (*p. 25*) vivants: d'ailleurs leur forme parfaitement sphérique est déjà un préjugé contre l'opinion de leur animation.

Il n'est peut-être pas hors de propos de faire observer à ce sujet, qu'avec le même microscope, nous avons reconnu que le gluten n'était point un corps homogène, et que de plus il contenait des animalcules. Le gluten en contiendrait-il toujours? Je pense que cela doit dépendre des farines qui le fournissent; de la farine tout-à-fait exempte d'animalcules donnerait un gluten qui n'en contiendrait pas. Mais est-il de telles farines, ces poudres à leur sortie de la meule sont probablement dans ce cas.

Je retourne aux globules de levure de bière. Ces globules, ainsi dégagés de leur mouvement qui souvent les groupe, sont cependant quelquefois joints deux à deux; nous n'avons point vu de réunion de trois. Quand ils sont unis il y en a un plus petit que le second, lequel a la dimension commune à tous. Nous ne savons pas si ce sont des globules distincts qui sont joints, ou bien si le petit sort du grand ou lui est uni de manière à ce que le point d'attache soit oblitéré et les deux bords confondus au point d'insertion.

Lorsque la levure est mélangée avec du sucre dissous dans l'eau distillée et que l'on chauffe, les globules restent intacts; mais pour pouvoir tirer une conclusion à cet égard, il faudrait faire varier les conditions dans lesquelles l'observation a été faite.

Il résulte de ces expériences microscopiques de conséquences importantes:

1.° La levure de bière est homogène, ce qui ne prouve point à la vérité la simplicité de sa composition, mais ce qui fait voir qu'on aurait tort de la considérer comme un mélange grossier; c'est évidemment une combinaison: l'ensemble de mes expériences sur la levure de bière, (p. 26) et il s'agit ici d'essais chimiques, établit, ce me semble, que ce corps est le combinaison de plusieurs principes immédiats;

2.° La levure, au moins en hiver, ne contient point d'animalcules, et par conséquent on ne pourrait attribuer à des êtres vivants la propriété qu'elle possède d'exciter la fermentation alcoolique.

Telles étaient, le 23 février 1836, les conclusions que nous présentions à cet égard à la Société des Sciences naturelles de Seine-et-Oise.

Pourrait-on l'attribuer davantage à des végétaux vivants? Je ne le pense pas. Quel végétal pourrait supporter sans altération un froid de 95° sous zéro, et résister à une chaleur de 100 degrés?.....La levure que l'on a fait bouillir dans l'eau sucrée, par exemple, perd, il est vrai, son action, mais huit jours d'exposition à l'air lui rendent la propriété de convertir le sucre en alcool. Le Phénix renaissant de ses propres cendres ne serait pas plus merveilleux. (*Jean-Jacques Colin, Nouveau Mémoire sur la Fermentation, ca. 1837; pp. 23-26*)

::



COMPTE RENDU  
DES SÉANCES  
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 NOVEMBRE 1857.

PRÉSIDENTE DE M. IS. GEOFFROY-SAINT-HILAIRE.

---

[...] (p. 913)

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE ORGANIQUE – *Mémoire sur la fermentation appelée lactique;*

*par M. L. Pasteur.* (Extrait par l'auteur.)

(Renvoi à l'examen de la Section de Chimie.)

« J'ai été conduit à m'occuper de la fermentation à la suite de mes recherches sur les propriétés des alcools amyliques et sur les particularités cristallographiques fort remarquables de leurs dérivés. J'aurai l'honneur de présenter ultérieurement à la Académie des observations qui offriront une liaison inattendue entre les phénomènes de la fermentation et le caractère de dissymétrie moléculaire propre aux substances organiques naturelles...

» Les conditions matérielles de la préparation et de la production de l'acide lactique sont bien connues des chimistes. On sait qu'il suffit d'ajouter à de l'eau sucrée de la craie, qui maintient le milieu neutre, plus une matière azotée, telle que le caséum, le gluten, les membranes animales, etc., pour que le sucre se transforme en acide lactique. Mais l'explication des phénomènes est très-obscur; on ignore tout à fait le mode d'action de la matière plastique azotée. Son poids ne change pas d'une manière sensible. Elle ne devient pas putride. Elle se modifie cependant et elle est continuellement dans un état d'altération évidente, bien qu'il serait difficile de dire en quoi il consiste.

» Des recherches minutieuses n'ont pu jusqu'à présent faire découvrir dans ces opérations le développement d'êtres organisés. Les observateurs qui en ont reconnu ont établi en même temps qu'ils étaient accidentals et nuisaient au phénomène

» Les fait paraissent donc très favorable aux idées de M. Liebig (1). A ses yeux, le ferment est une substance excessivement altérable qui se décompose et qui excite la fermentation par suite de l'altération qu'elle éprouve elle-même, en ébranlant par communication et désassemblant le groupe moléculaire de la matière fermentiscible. Là, selon M. Liebig, est la cause première de toutes les fermentations et l'origine de la plupart des maladies (p. 914) contagieuses. Cette opinion obtient chaque jour un nouveau crédit. On peut à cet égard consulter le Mémoire de MM. Fremy et Boutron sur la fermentation lactique, le pages qui traitent de la fermentation et des ferments dans le bel ouvrage que M. Gerhardt a laissé en mourant, enfin le Mémoire tout récent de M. Berthelot sur la fermentation alcoolique. Ces travaux s'accordent à rejeter l'idée d'une influence quelconque de l'organisation et de la vie dans la cause des phénomènes qui nous occupent. Je suis conduit à une manière de voir entièrement différente.

» Je me propose d'établir dans la première partie de ce travail que, de même qu'il existe un ferment alcoolique, la levûre de bière, qui l'on trouve partout où il y a du sucre qui se dédouble en alcool et en acide carbonique, de même il y a un ferment particulier, une levûre lactique toujours présente quand du sucre devient acide lactique, et que, si toute matière

---

(1) Il résulte des recherches historiques récentes de M. Chevreuil, insérées au Journal des Savants, que Stahl avait déjà émis des idées analogues à celles de M. Liebig sur les causes de la fermentation alcoolique.

plastique azotée peut transformer le sucre en cet acide, c'est qu'elle est pour le développement de ce ferment un aliment convenable.

» Il y a des cas où l'on peut reconnaître dans les fermentations lactiques ordinaires, au-dessus du dépôt de la craie et de la matière azotée, des portions d'une substance grise formant quelquefois zone à la surface du dépôt. Son examen au microscope ne permet guère de la distinguer du caséum, du gluten désagrégés, etc., de telle sorte que rien n'indique que ce soit une matière spéciale, ni qu'elle ait pris naissance pendant la fermentation. C'est elle néanmoins qui joue le principal rôle. Je vais tout d'abord indiquer le moyen de l'isoler, de la préparer à l'état de pureté.

» J'extrais de la levûre de bière sa partie soluble en la maintenant quelque temps à la température de l'eau bouillante avec quinze à vingt fois son poids d'eau. La liqueur est filtrée avec soin. On y fait dissoudre environ 50 grammes de sucre par litre, on ajoute de la craie et l'on sème dans le milieu une trace de la matière grise dont j'ai parlé tout à l'heure, en la retirant d'une bonne fermentation lactique ordinaire. Dès le lendemain, il se manifeste une fermentation vive et régulière. Le liquide, parfaitement limpide à l'origine, se trouble, la craie disparaît peu à peu, en même temps qu'un dépôt s'effectue et augmente continûment et progressivement au fur et à mesure de la dissolution de la craie. En outre, on observe tous les caractères et tous les accidents bien connus de la fermentation lactique. On peut remplacer dans cette expérience l'eau de levûre par la décoction de toute matière plastique azotée, fraîche ou altérée selon les cas. Voyons maintenant les caractères de cette substance dont la production est corrélative des phénomènes compris sous la dénomination de *fermentation lactique*. Son aspect rappelle (p. 915) celui de la levûre de bière quand on l'étudie en masse et égouttée ou pressée. Au microscope, elle est formée de petits globules ou de petits articles très-courts, isolés ou en amas constituant des flocons irréguliers. Ses globules, beaucoup plus petits que ceux de la levûre de bière, sont agités vivement du mouvement brownien. Lavée à grande eau par décantation, puis délayée dans de l'eau sucrée pure, elle l'acidifie immédiatement, progressivement mais avec une grande lenteur, parce que l'acidité gêne beaucoup son action sur le sucre. Si l'on fait intervenir la craie qui maintient la neutralité du milieu, la transformation du sucre est fort accélérée; et lors même que l'on opère sur très-peu de matière, en moins d'une heure le dégagement du gaz est manifeste et la liqueur se

charge de lactate et de butyrate de chaux. Il faut très-peu de cette levûre pour transformer beaucoup de sucre. Ces fermentations doivent s'effectuer de préférence à l'abri de l'air, sans quoi elles sont gênées par des végétations ou des infusoires parasites...

» La fermentation lactique est donc aussi bien que la fermentation alcoolique ordinaire un acte corrélatif de la production d'une matière azotée qui a toutes les allures d'un corps organisé mycodermique probablement très-voisin de la levûre de bière. Mais les difficultés du sujet ne sont qu'à moitié résolues. Sa complication est extrême. L'acide lactique est bien le produit principal de la fermentation à laquelle il a donné son nom. Il est loin d'être le seul. On le trouve constamment accompagné d'acide butyrique, d'alcool, de mannite, de matière visqueuse. La proportion de ces matières est soumise aux plus capricieuses variations. Il y a une circonstance mystérieuse relative à la mannite. Non-seulement la proportion qui s'en forme est sujette aux plus grandes variations; M. Berthelot vient d'établir, en outre, que si l'on remplace le sucre par la mannite dans la fermentation lactique, toutes les autres conditions demeurant sensiblement les mêmes, la mannite fermente en donnant de l'alcool, de l'acide lactique et de l'acide butyrique. Comment dès lors concevoir qu'il puisse y avoir formation de mannite dans des cas de fermentation lactique, puisque, peut-on croire, elle devrait se détruire au fur et à mesure de sa production?

» Étudions avec plus de soins que nous ne l'avons fait les propriétés chimiques de la nouvelle levûre. J'ai dit que lavée à grande eau et placée dans de l'eau sucrée pure, elle acidifiait progressivement la liqueur. La transformation du sucre devient, dans ces conditions, de plus en plus pénible, à mesure que le liquide prend lui-même une plus grande acidité. Or, si l'on analyse la liqueur, ce qui ne peut être accompli avec succès qu'après la saturation des acides par la craie et la destruction ultérieure (p. 916) du sucre en excès par la levûre de bière, on trouve dans le liquide évaporé, et en proportion variable, la mannite d'une part, de l'autre la matière visqueuse. Ainsi donc la levûre lactique lavée mise en présence du sucre se transforme en divers produits parmi lesquels il y a toujours de la mannite, mais c'est à la condition que le liquide puisse devenir promptement acide; car si l'on répète exactement la même expérience avec la précaution d'ajouter un peu de craie afin que le milieu reste constamment neutre, ni gomme, ni mannite ne prennent naissance, ou mieux ne peuvent persister,

parce que, on va le voir, les conditions de leur propre transformation se trouvent réunies.

» J'ai rappelé tout à l'heure que M. Berthelot avait prouvé qu'en substituant la mannite au sucre dans la fermentation lactique, cette matière fermentait. Or il est facile de se convaincre que dans les cas nombreux de fermentation de la mannite, c'est la levûre lactique qui prend naissance et produit le phénomène. Si l'on mêle à une solution de mannite pure de la craie en poudre et de la levûre lactique fraîche et lavée, au bout d'une heure déjà le dégagement gazeux et la transformation chimique de la mannite commenceront. Il se forme de l'acide carbonique, de l'hydrogène, et la liqueur renferme de l'alcool, de l'acide lactique, de l'acide butyrique, tous les produits de la fermentation de la mannite.

» Quant à l'acide butyrique, l'expérience prouve que la levûre lactique agit directement sur le lactate de chaux en donnant du carbonate de chaux et du butyrate de chaux. Mais l'action s'exerce d'abord sur le sucre, et tant qu'il y en a dans la liqueur, la levûre le fait fermenter de préférence à l'acide lactique.

» Dans des communications très-prochaines, j'aurai l'honneur de présenter à l'Académie l'application des idées générales et des nouvelles méthodes d'expérimentation de ce travail à d'autres fermentations. »

*(pp. 913-916, complete)*

∴

# COMPTE RENDU

## DES SÉANCES

### DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 DÉCEMBRE 1857.

PRÉSIDENCE DE M. IS. GEOFFROY-SAINT-HILAIRE.

---

[...] (p. 1032)

#### MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE. — *Mémoire sur la fermentation alcoolique*; par M. L. PASTEUR.

(Extrait par l'auteur)

(Commissaires nommés pour le Mémoire sur la fermentation lactique:

MM. Chevreul, Dumas, de Senarmont, Montagne.)

« J'ai soumis la fermentation alcoolique à la méthode d'expérimentation indiquée dans le Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter récemment à l'Académie. Les résultats de ces travaux demandent à être rapprochés, parce qu'ils s'éclairent et se complètent mutuellement.

» On sait qu'il y a deux cas principaux à distinguer dans la fermentation alcoolique. La levûre agit dans de l'eau sucrée pure ou en présence de matières albuminoïdes. Dans le premier cas, la levûre s'épuise et devient impropre à exciter de nouveau la fermentation. Dans la deuxième, elle reste active. On recueille plus qu'on n'en a employé. Elle se régénère ou mieux il s'en détruit autant que dans le premier cas; mais comme il s'en reforme une

nouvelle proportion, le poids de celle qui a disparu est masqué par l'augmentation de poids due à celle qui s'est régénérée. Quant au poids de levûre qui disparaît, les auteurs l'évaluent à partie et demie environ de levûre sèche pour 100 de sucre.

» La décomposition de la levûre dans le cas où le ferment s'épuise au contact de l'eau sucrée pure est un des faits qui importent le plus à la théorie de M. Liebig: « Si la fermentation, dit-il, était une conséquence du développement et de la multiplication des globules, ils n'exciteraient pas la fermentation dans de l'eau sucrée pure qui manque des autres conditions essentielles à la manifestation de l'activité vitale; cette eau ne renferme pas la matière azotée nécessaire à la production de la partie azotée des globules.»

» On ne peut méconnaître que si la levûre bien lavée, mise au contact de (p. 1033) l'eau sucrée pure, ne fait que s'altérer et se détruire, il n'est pas possible de prétendre que la fermentation alcoolique est un acte corrélatif d'un développement de globules.

» L'expérience va nous apprendre que les faits sur lesquels s'appuie M. Liebig n'ont pas l'exactitude qu'il leur suppose, et que dans la fermentation avec eau sucrée pure, il y a une somme de vie et d'organisation égale à celle qui se manifeste dans le cas général.

» Je prends deux quantités égales de levûre fraîche, lavée à grande eau. Je place l'une en fermentation avec de l'eau sucrée pure, et, après avoir extrait de l'autre toute sa partie soluble en la faisant bouillir avec beaucoup d'eau et filtrant pour éloigner les globules, j'ajoute à la liqueur limpide autant de sucre que j'eu ai employé dans la première fermentation, plus une trace de levûre fraîche qui ne peut apporter, comme poids de matière, aucun trouble dans les résultats de l'expérience. Les globules semés bourgeonnent, le liquide se trouble, un dépôt de levûre se forme peu à peu, et parallèlement s'effectue le dédoublement du sucre qui est déjà sensible après quelques heures. Ces résultats étaient faciles à prévoir; mais voici le fait qu'il importe de noter. En déterminant par cet artifice l'organisation en globules de la partie soluble de la deuxième portion de levûre, on dédouble un poids de sucre considérable. Je rapporterai les résultats d'une expérience: 5 grammes de levûre ont fait fermenter en six jours 12,9 grammes de sucre, et étaient épuisés. La partie soluble d'une égale portion de 5 grammes de la même levûre a fait fermenter 10,0 grammes de sucre en neuf jours, et la levûre développée par la semence était également épuisée.

» En résumé, lorsque l'on provoque l'organisation en globules de la partie azotée soluble de la levûre de bière, elle dédouble une quantité de sucre qui approche du poids total de sucre que peut dédoubler une portion de levûre brute égale à celle qui a servi à l'extraction de cette partie soluble. La différence entre les deux poids de sucre fermenté paraît d'ailleurs bien facile à comprendre. Le développement des globules doit être pénible dans l'eau de levûre très-diluée, et d'autre part l'ébullition avec l'eau enlève difficilement à la levûre toute sa partie soluble, probablement emprisonnée à l'intérieur des globules.

» A ces résultats se rattache directement l'explication de phénomènes qui ont toujours paru extraordinaires dans l'histoire de la fermentation. M. Thenard a observé depuis longtemps que la levûre pouvait être desséchée à 100 degrés, ou portée à l'ébullition sans perdre sensiblement de son énergie. La particularité de son action dans ces conditions spéciales consiste (p. 1034) en ce que la fermentation se déclare plus lentement qu'en opérant sur le même levûre fraîche et qu'elle a une plus longue durée. Ces faits curieux sont encore invoqués par les chimistes qui partagent les idées de Liebig et Berzelius et éloignent l'influence de l'organisation dans la cause des phénomènes qui nous occupent. Car une température de 100 degrés doit détruire tout principe de vie dans la levûre de bière, et néanmoins elle agit après avoir subi cette température élevée, jointe ou non à une desiccation prolongée.

» L'explication de ces phénomènes me paraît très-naturelle. Je viens d'établir que dans la levûre de bière, ce ne sont point les globules qui jouent le principal rôle, mais bien la mise en globules de leur partie soluble; car je prouve que l'on peut supprimer les globules formés, et l'effet total sur le sucre est sensiblement le même. Or, assurément, il importe peu qu'on les supprime de fait par une filtration avec séparation de leur partie soluble, ou qu'on les tue par une température de 100 degrés, en les laissant mêlés à cette partie soluble. C'est ce dernier cas que l'on réalise quand on emploie de la levûre desséchée à 100 degrés. C'est également le cas de la levûre desséchée à 100 degrés. C'est également le cas de la levûre portée à l'ébullition dans de l'eau, pourvu toutefois qu'on n'éloigne pas par une filtration de la partie dissoute. Car si la levûre mise en ébullition est filtrée, et que l'on recueille les globules restés sur le filtre, ils seront à peu près complètement inertes, parce qu'ils auront été séparés de leur partie soluble.



» Mais, dira-t-on, comment la fermentation du sucre peut-elle s'établir lorsque l'on emploie de la levûre portée à 100 degrés, si elle n'est due qu'à l'organisation de la partie soluble des globules, et que ceux-ci aient été tous paralysés par la température de 100 degrés? La fermentation s'établit alors tout comme elle s'établit dans un liquide sucré naturel, jus de raisin, de canne à sucre, etc., c'est-à-dire spontanément, et c'est là ce qui rend compte de la particularité que j'ai signalée du retard apporté à la fermentation quand on dessèche préalablement la levûre à 100 degrés, aussi bien que cela explique la plus longue durée de l'action de la levûre dans ces conditions. On le voit, dans tous les cas, même les plus propres en apparence à nous éloigner de croire à l'influence de l'organisation dans les phénomènes de fermentation, l'acte chimique qui les caractérise est toujours corrélatif d'une formation de globules lente et progressive à la manière de l'acte chimique lui-même.

» Les observations suivantes, tout en confirmant les données qui précédent, jetteront un jour nouveau sur les fermentations. Les théories de la (p. 1035) fermentation partent de ce principe que le ferment ne cède rien et ne prend rien à la matière fermentiscible. Je vais démontrer au contraire que la levûre emprunte quelque chose au sucre, que le sucre est un de ses aliments, qu'il n'y a pas équation entre les quantités d'alcool, d'acide carbonique (d'acide lactique), et le poids total du sucre devenu incristallisable. Ces résultats peuvent être facilement établis. Il suffit de prendre deux quantités égales de levûre fraîche lavée, de dessécher l'une dans sa capsule de pesée, et de prendre alors son poids exact à 100 degrés. Ce poids sera dans tous les cas inférieur à celui de l'autre portion également desséchée à 100 degrés, et recueillie seulement après qu'on l'aura épuisée en présence d'un excès de sucre. La différence des poids est variable, mais elle est toujours fort sensible. Il faut remarquer d'ailleurs que des causes de pertes importantes sont placées du côté de la portion de levûre qui pèse le plus. Ce résultat curieux et inattendu permet de rendre compte d'un fait qui, au début de ces études, m'avait beaucoup surpris. Lorsque la levûre s'épuise dans l'eau sucrée pure, on admet que tout son azote passe à l'état de sel d'ammoniaque. En réalité, la quantité d'ammoniaque formée pendant la fermentation est excessivement faible et bien inférieur à celle qui devrait prendre naissance pour que l'on pût expliquer par elle la diminution de la teneur en azote de la levûre. La perte d'azote de la levûre

n'est qu'apparente. Elle est due principalement à son augmentation de poids par assimilation du sucre, matière privée d'azote.

» Les conclusions à déduire des faits qui précèdent seront évidentes pour tout le monde. Le dédoublement du sucre en alcool et en acide carbonique est un acte corrélatif d'un phénomène vital, d'une organisation de globules, organisation à laquelle le sucre prend une part directe, en fournissant une portion des éléments de la substance de ces globules.

» Avant de terminer, je demande à l'Académie la permission de lui annoncer un résultat auquel j'attache une grande importance. J'ai découvert un mode de fermentation de l'acide tartrique, qui s'applique très-facilement à l'acide tartrique droit ordinaire, et très-mal ou pas du tout à l'acide tartrique gauche. Or, chose singulière, mais que le fait précédent permet de prévoir, lorsque l'on soumet l'acide paratartrique formé par la combinaison, molécule à molécule, des deux acides tartriques, droit et gauche, à ce même mode de fermentation, l'acide paratartrique se dédouble en acide droit qui fermente et en acide gauche qui reste intacte, de telle sorte que le meilleur moyen que je connaisse aujourd'hui pour isoler l'acide tartrique gauche à dédoubler l'acide paratartrique par la fermentation. (p. 1036)

» Je dois ajouter que la nature des produits de la fermentation de l'acide tartrique comparée à celle de nouveaux acides que j'ai rencontrés dans la fermentation du sucre ordinaire et jointe à des relations curieuses entre les formes cristallines de sucre candi et de l'acide tartrique droit, m'autorisent à penser que le sucre candi a probablement la même constitution moléculaire que cet acide.

» Ainsi se trouvent agrandies mes études antérieures, par ces phénomènes mystérieux de la fermentation, qui semblaient tout d'abord devoir m'en éloigner. » (pp. 1032-1036, complete)

::