



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>





600041267Q

PRESS	23
SHELF	E
Nº	8

193521

v. C. 2



RADCLIFFE SCIENCE LIBRARY

PARKS ROAD

OXFORD OX1 3QP

EXAMEN CRITIQUE

D'UN ÉCRIT POSTHUME DE CLAUDE BERNARD

SUR LA FERMENTATION.

PARIS. — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Augustins, 55.

EXAMEN CRITIQUE

D'UN

ÉCRIT POSTHUME DE CLAUDE BERNARD

SUR

LA FERMENTATION,

PAR M. PASTEUR,

MEMBRE DE L'INSTITUT.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

SUCCESEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55.

1879

(Tous droits réservés.)

47

A M. JACOBSEN,

A CARLSBERG, EN DANEMARK.

MONSIEUR,

Après avoir acquis dans l'industrie de la brasserie une renommée européenne, vous avez fondé à Carlsberg un laboratoire qui doit être destiné uniquement aux progrès de l'art du brasseur. Quinze cent mille francs ont été consacrés par vous à la construction de l'édifice et à la dotation perpétuelle des recherches qu'on doit y exécuter.

Par cette libéralité, vous donnez aux chefs des industries du monde entier un noble exemple de reconnaissance envers la Science, source féconde de tous les progrès durables.

Il y a quelques mois, vous me faisiez l'honneur de m'adresser une lettre où je lisais avec émotion ce passage : « Je vous serais très-obligé si vous vouliez me permettre de faire exécuter par un des grands artistes qui honorent la France, M. Paul Dubois, votre buste en marbre pour l'ériger dans le laboratoire de Carlsberg, en commémoration des services rendus à la Chimie, à la Physiologie

et à la brasserie par vos travaux sur la fermentation, base de tous les progrès futurs de l'art du brasseur ».

Cette pensée si flatteuse restera dans la mémoire de ma famille comme un des plus précieux hommages rendus à mes efforts.

Vous voudrez bien accueillir, comme un très-faible témoignage de ma reconnaissance et par souvenir de la sympathie qui unit la France au Danemark, la Dédicace du présent Opuscule, où je répons à un écrit posthume de l'illustre physiologiste Claude Bernard sur la fermentation alcoolique.

Veillez agréer, Monsieur, l'hommage de ma respectueuse et profonde estime.

L. PASTEUR.

INTRODUCTION.



L'Ouvrage que j'offre au public a pour objet la réfutation d'un écrit de Claude Bernard qui fut mis au jour six mois environ après la mort de l'illustre physiologiste. Cette publication excita une surprise universelle. On savait qu'à maintes reprises, dans des conversations, dans des écrits, dans des Rapports académiques, Claude Bernard avait exprimé sur mes travaux une approbation sans réserve, tandis que dans ces Notes posthumes, à la suite d'expériences personnelles, il se trouvait en contradiction sur tous les points essentiels avec les résultats de mes études de ces vingt dernières années. Il faudrait méconnaître entièrement la noble passion qui anime tout savant, digne de ce nom, dans la recherche de la vérité, pour imaginer qu'entre Bernard et moi des mésintelligences auraient pu surgir, capables d'altérer la bonne opinion qu'il avait eue jusque-là de mes travaux. Bernard a été une des plus pures personnifications du savant et l'on ne nommerait pas un membre de l'Académie des Sciences moins porté qu'il ne le fût à mêler au

EXAMEN CRITIQUE

D'UN ÉCRIT POSTHUME DE CLAUDE BERNARD

SUR LA FERMENTATION.

nard portent le même cachet de supériorité. Il me suffira d'en caractériser une seule pour mettre le lecteur en état d'apprécier toute la vigueur de son talent. Je choisirai celle dont Bernard aimerait peut-être à nous entretenir lui-même s'il avait à distinguer dans ses œuvres la plus propre à instruire par l'esprit de méthode et d'invention qui a présidé à toutes les phases de son brillant développement.

Lorsque Bernard se présenta, en 1854, pour occuper l'une des places vacantes de l'Académie des Sciences, sa découverte de la fonction glycogénique du foie n'était ni la première ni la dernière en date parmi celles qui déjà l'avaient placé si haut dans l'estime des savants. Ce fut néanmoins par elle qu'il commença l'exposé des titres scientifiques qui le recommandaient aux suffrages de l'illustre Compagnie. Cette préférence du maître décide de la mienne.

IV.

De tous les travaux de Claude Bernard, l'un des plus remarquables et des plus dignes d'être médités, consiste, en effet, dans l'admirable série de recherches auxquelles il a soumis l'appareil du foie, de tous les organes glandulaires le plus volumineux, l'un des plus constants dans la série animale et le moins connu dans ses véritables fonctions. Par son volume, par la complexité de sa structure, par la singularité de ses relations avec l'appareil circulatoire, il était difficile de comprendre que le foie n'eût d'autre rôle que celui de sécréter la bile. Tel était pourtant le seul qu'on lui attribuât jusqu'aux belles expé-

riences de Claude Bernard. Aujourd'hui nous savons qu'il en a au moins un autre, qui était resté complètement ignoré des zoologistes et des médecins, et qui consiste dans une production de matière sucrée que les veines hépatiques déversent constamment dans le système circulatoire.

Par des tentatives qu'une méthode d'investigation des plus fécondes pouvait seule inspirer, Claude Bernard a mis en outre en pleine lumière la liaison étroite qui existe entre la sécrétion du sucre dans le foie et l'influence du système nerveux. Il a démontré avec une rare sagacité que, en agissant sur telle ou telle partie déterminée de ce système, on pouvait à volonté supprimer ou exagérer la production du sucre. Il a fait mieux encore : il a découvert dans le foie l'existence d'une matière toute nouvelle qui est la source naturelle où puise cet organe pour fabriquer le sucre qu'il produit.

Ce qui ajoute encore à l'éclat de ces découvertes, c'est l'imprévu qui s'y est mêlé à l'origine, car l'observation comparée des actes nutritifs chez les végétaux et chez les animaux faisait, au contraire, penser que l'organisme animal était incapable de produire de la matière sucrée. Sans doute on savait, déjà avant Bernard, qu'il peut se rencontrer du sucre, dans diverses circonstances normales ou pathologiques, soit dans le sang, soit dans d'autres liquides animaux ; mais, quant à l'origine de ce sucre, toutes les données de la Science conduisaient à admettre qu'il provenait exclusivement de l'alimentation. En effet, le sucre et la fécule, formés en quantité considérable dans le règne végétal, sont utilisés par les animaux qui les détruisent

pour s'en nourrir. Il en résulte deux phénomènes, en apparence corrélatifs, qui s'accomplissent constamment sous nos yeux : production abondante de matières saccharoïdes dans les végétaux ; destruction rapide de ces mêmes produits pour l'alimentation des animaux. Il était dès lors logique de croire que les matières alimentaires sucrées ou féculentes devaient être l'origine exclusive des principes sucrés de l'organisme animal.

Les démonstrations expérimentales de Claude Bernard ont la clarté et la rigueur de celles des sciences physiques et chimiques. La viande est un aliment qui par les procédés digestifs connus ne peut donner naissance à du sucre. Or, Bernard a nourri pendant un temps plus ou moins long des animaux carnivores exclusivement avec de la viande, et il a constaté, avec une grande exactitude et avec la connaissance précise des moyens les plus parfaits que la Chimie mettait à son service, que le sang qui arrive dans le foie par la *veine porte* et qui y verse les matériaux nutritifs élaborés et rendus solubles par la digestion, que ce sang est absolument privé de sucre, tandis que celui qui sort de l'organe par les veines sushépatiques en est toujours abondamment pourvu.

De telles preuves, et bien d'autres non moins certaines que je passe sous silence, ne laissent rien à désirer, si l'on remarque en outre que Bernard a établi que, dans les conditions expérimentales susdites, la production du sucre est entièrement localisée dans le foie et que pas un seul autre organe ou tissu du corps n'offre la moindre quantité de matière sucrée.

Puisque les données de la Science portaient à croire que le règne végétal était seul capable de produire une matière de la nature des sucres, et que les principes immédiats, en général, qui se rencontrent dans le règne animal étaient formés exclusivement par les végétaux, chez lesquels les animaux ne faisaient que les puiser directement pour se les assimiler, comment Bernard a-t-il pu se placer en dehors des idées reçues et arriver à la découverte de cette fonction glycogénique du foie ? Il va nous l'apprendre lui-même, en nous confiant qu'il avait médité sur des choses bien connues, mais tout à fait inexplicables pour les théories reçues, dans cette maladie singulière désignée sous le nom de *diabète sucré*.

Cette affection bizarre se caractérise, comme on le sait, par une apparition surabondante de sucre dans l'organisme, au point que le sang en est surchargé, que tous les tissus en sont imprégnés et que les urines surtout en contiennent parfois des proportions énormes.

« Des circonstances que tous les médecins ont pu observer avaient éveillé mon attention. Quand la maladie est intense, la quantité de sucre expulsée par le diabétique est bien au-dessus de celle qui peut lui être fournie par les substances féculentes ou sucrées qui entrent dans son alimentation ; en outre, la présence de la matière sucrée dans le sang et son expulsion par les urines ne sont jamais complètement arrêtées, alors même que l'on arrive à la suppression absolue des aliments féculents ou sucrés. »

Tels sont les faits qui ont conduit Claude Bernard à penser qu'il pouvait y avoir dans l'organisme animal des

phénomènes encore inconnus aux chimistes et aux physiologistes, capables de produire du sucre en dehors de toute ingestion d'aliments féculents ou sucrés. « Ces faits, dit-il, devinrent dès lors pour moi un motif d'investigations physiologiques. »

Voilà bien l'inventeur dégagé de tout esprit de système et marchant à la recherche des découvertes imprévues, ainsi qu'il les nomme, comme il en a tant de fois vu surgir sous ses regards, découvertes qui, comme il le dit si bien lui-même, loin d'être des corollaires de théories, sont accomplies en dehors d'elles et leur sont contraires, d'autant plus rares que les sciences sont mieux constituées, d'autant plus fréquentes qu'elles le sont moins. « Or, en Physiologie, les théories sont tellement défectueuses, qu'il y a autant de probabilités pour découvrir des faits qui les renversent qu'il y en a pour en trouver qui les appuient. »

La Médecine et la Physiologie se tiennent par des liens si étroits, qu'il est rare qu'une découverte dans cette dernière science n'apporte pas quelque lumière dans la première.

Ainsi, le diabète sucré ne doit plus être considéré aujourd'hui que comme le trouble d'une fonction physiologique, et, comme celle-ci appartient au foie, l'affection diabétique doit être localisée dans cet organe ou mieux dans les parties du système nerveux qui sont capables d'agir sur lui, circonstance dont M. Claude Bernard a donné des preuves saisissantes en déterminant par une lésion convenable de la moelle allongée cet état sucré des urines auquel il a donné le nom de *diabète artificiel*.

V.

Les travaux de M. Cl. Bernard ont un mérite qui en rend la lecture éminemment instructive, particulièrement pour cette portion de la jeunesse studieuse qu'enflamme l'ambition du savoir et des découvertes de la Science : je veux parler du soin qu'il met à divulguer les idées par lesquelles il a été guidé dans ses recherches et dans ses procédés d'investigation. Ce mérite, que l'on ne trouve pas toujours en partage chez les inventeurs, M. Bernard le porte également au plus haut degré dans ses leçons du Collège de France. Il y porte surtout le grand art des recherches originales. Si cet établissement célèbre n'existait pas, ce n'est pas exagérer de dire que la méthode suivie par M. Claude Bernard pourrait donner l'idée de sa fondation. Il a défini lui-même en ces termes le principal caractère de l'enseignement scientifique du Collège de France, caractère dont M. Bernard ne s'est jamais départi dans ses leçons :

« Toujours placé au point de vue de l'exploration, le professeur du Collège de France doit considérer la Science, non dans ce qu'elle a d'acquis et d'établi, mais dans les lacunes qu'elle présente, pour tâcher de les combler par des recherches nouvelles. C'est donc aux questions les plus ardues et les plus obscures qu'il s'attaque de préférence, devant un auditoire déjà préparé à les aborder par des études antérieures.

» Dans les Facultés, au contraire, le professeur, placé au point de vue dogmatique, se propose de réunir dans un

exposé synthétique l'ensemble des notions positives que possède la Science, en les rattachant au moyen de ces liens que l'on nomme des théories, destinées à dissimuler autant que possible les points obscurs ou controversés qui troubleraient sans profit l'esprit de l'élève qui débute.

» Ces deux genres d'enseignement sont pour ainsi dire opposés dos à dos. Le professeur de Faculté voit la Science dans son passé; elle est pour lui comme parfaite dans le présent; il la vulgarise en exposant systématiquement son état actuel. Le professeur du Collège de France doit avoir les yeux tournés vers l'inconnu, vers l'avenir. »

VI.

La méthode d'exposition adoptée par M. Claude Bernard, soit au Collège de France, soit dans ses Mémoires, l'habileté qui distingue ses combinaisons expérimentales, témoignaient depuis longtemps d'un esprit éminemment philosophique. Aussi voyons-nous, à mesure que les années et le travail incessant du laboratoire mûrissent les rares facultés de l'illustre physiologiste, apparaître et grandir dans ses Ouvrages les principes des plus savantes méditations sur la méthode expérimentale, particulièrement applicable à la science de la vie.

L'Ouvrage qu'il vient de publier, *Introduction à l'étude de la Médecine expérimentale*, exigerait un long commentaire pour être présenté au lecteur avec tout le respect que mérite ce beau travail, monument élevé à l'honneur de la méthode qui a constitué les sciences physiques et chimiques depuis Galilée et Newton, et que M. Bernard s'ef-

force d'introduire dans la Physiologie et dans la Pathologie. On n'a rien écrit de plus lumineux, de plus complet, de plus profond sur les vrais principes de l'art si difficile de l'expérimentation. Ce Livre est à peine connu, parce qu'il est à une hauteur où peu de personnes peuvent atteindre aujourd'hui. L'influence qu'il exercera sur les sciences médicales, sur leur enseignement, leurs progrès, leur langage même, sera immense ; on ne saurait la préciser dès à présent, mais la lecture de ce Livre laisse une impression si forte, que l'on ne peut s'empêcher de penser qu'un esprit nouveau va bientôt animer ces belles études.

VII.

J'ai parlé du savant : avec non moins d'éloges, j'aurais pu faire connaître la personne, l'homme de tous les jours, le confrère qui a su inspirer tant de solides amitiés, car je cherche dans M. Bernard le côté faible et je ne le trouve pas. La distinction de sa personne, la beauté noble de sa physionomie, empreinte d'une grande douceur, d'une bonté aimable, séduisent au premier abord ; nul pédantisme, nul travers de savant, une simplicité antique, la conversation la plus naturelle, la plus éloignée de toute affectation, mais la plus nourrie d'idées justes et profondes : voilà quelques-uns des mérites extérieurs de M. Claude Bernard.

En terminant, il me vient un scrupule.

J'ai cédé peut-être à des sentiments d'une admiration trop vive. Non. Le lecteur en jugera par les deux traits suivants.

Un homme d'État interrogeait naguère au sujet de M. Bernard un de ses plus éminents confrères : « Ce n'est

pas un grand physiologiste, » répondit celui-ci, « c'est la Physiologie elle-même (¹). »

Une maladie grave tient depuis plusieurs jours M. Bernard éloigné de Paris et de l'Académie. Le mal, dans tous ses symptômes alarmants, a cédé heureusement aux secours de l'art et aux soins de l'amitié. « Vous jugez bien que tout danger a disparu, » disais-je il y a peu de jours au célèbre médecin (²) qui a donné une preuve si sûre de l'excellence de son jugement par l'affectueuse et vaillante estime dont il a toujours entouré M. Claude Bernard. « Oui », me répondit-il, « c'était nécessaire. » Belle et bonne parole, expression du cœur autant que de la raison.

Puisse la publicité donnée à ces sentiments intimes aller consoler l'illustre savant des loisirs obligés de la retraite, et lui dire avec quelle joie il sera accueilli à son retour par ses confrères et ses amis.

L. PASTEUR.

Cet article alla droit au cœur de Bernard. Il m'écrivit à la date du 9 novembre :

Saint-Julien, 9 novembre 1866.

MON CHER AMI,

J'ai reçu hier le *Moniteur* contenant le superbe article que vous avez écrit sur moi. Vos grands éloges sont certes bien faits pour m'enorgueillir; cependant je garde toujours le sentiment que je suis très-loin du but que je voudrais atteindre. Si la santé me revient, comme j'aime maintenant à l'espérer, il me sera possible, je pense, de poursuivre mes travaux dans un ordre plus métho-

(¹) M. Duruy et M. Dumas.

(²) M. Rayer.

dique et avec des moyens plus complets de démonstration, qu'indiqueront mieux l'idée générale vers laquelle convergent l'ensemble de mes efforts. En attendant, c'est pour moi un bien précieux encouragement d'être approuvé et loué par un savant tel que vous. Vos travaux vous ont acquis un grand nom et vous ont placé au premier rang des expérimentateurs de notre temps. C'est vous dire que l'admiration que vous professez pour moi est bien partagée. En effet, nous devons être nés pour nous entendre et nous comprendre, puisque tous deux nous sommes animés de la même passion et des mêmes sentiments pour la vraie Science.

Je vous demande pardon de ne pas avoir répondu à votre première lettre : mais je n'étais pas en état de faire la Note que vous me demandiez. J'ai bien pris part à vos douleurs de famille. J'ai également passé par là et j'ai pu comprendre tout ce qu'a dû souffrir une âme délicate et tendre comme la vôtre.

J'ai l'intention de rentrer bientôt à Paris et de reprendre cet hiver mon cours, autant que je le pourrai. Comme vous le dites dans votre article, les symptômes graves paraissent avoir disparu, mais j'ai encore grand besoin de ménagements ; la moindre fatigue, le moindre écart de régime, me remettent sur le flanc. D'ailleurs j'ai reçu durant le cours de ma maladie tant de marques de sympathie et de haute bienveillance, tant de preuves d'estime et d'amitié, qu'il me semble que je suis engagé à ne rien négliger pour le rétablissement de ma santé, afin de pouvoir par la suite témoigner aux uns ma reconnaissance et mon dévouement, aux autres ma sincère affection.

Donc, à bientôt, j'espère ; en attendant, votre dévoué et affectionné confrère,

CLAUDE BERNARD.

Le lendemain, 10 novembre, il adressa cette lettre à notre ami commun M. Henri Sainte-Claire Deville :

MON CHER AMI,

Vous n'êtes pas moins habile à inventer des surprises amicales qu'à faire de grandes découvertes scientifiques. C'est une idée char-

mante que vous avez eue, et dont je vous suis bien reconnaissant, que celle de me faire écrire par une commission d'amis. Je garde précieusement cette Lettre, d'abord parce qu'elle exprime des sentiments qui me sont chers et ensuite parce que c'est une collection d'autographes d'hommes illustres qui doit passer à la postérité. Je vous prie d'être mon interprète auprès de nos amis et collègues E. Renan, A. Maury, F. Ravaisson et Bellaguet. Dites-leur combien je suis touché de leur bon souvenir et de leurs félicitations sur mon rétablissement. Ce n'est malheureusement pas encore une guérison, mais au moins j'espère une bonne entrée en convalescence.

J'ai reçu l'article que Pasteur a fait sur moi dans le *Moniteur*. Cet article m'a paralysé les nerfs vaso-moteurs du sympathique et m'a fait rougir jusqu'au fond des yeux. J'en ai été tellement ébou-riffé, que j'ai écrit à Pasteur je ne sais plus trop quoi; mais je n'ai pas osé lui dire qu'il avait peut-être eu tort de trop exagérer mes mérites. Je sais qu'il pense ce qu'il a écrit, et je suis heureux et fier de son jugement, parce qu'il est celui d'un savant de premier ordre et d'un expérimentateur hors ligne. Néanmoins je ne puis m'empêcher de penser qu'il m'a vu à travers le prisme des sentiments que lui dicte son excellent cœur, et je ne mérite pas un tel excès de louanges. Je suis on ne peut plus heureux de tous ces témoignages d'estime et d'amitié qui m'arrivent. Cela me rattache à la vie et me montre que je serais bien bête de ne pas me soigner pour continuer à vivre au milieu de ceux qui m'aiment et à qui je rends bien la pareille pour tout le bonheur qu'ils me causent. J'ai l'intention de rentrer à Paris d'ici à la fin du mois, et, malgré votre bon conseil, j'aurais envie de reprendre tout doucement mon cours au Collège cet hiver. J'espère qu'on m'accordera de ne commencer que dans le courant de janvier. Mais nous causerons de tout cela à Paris.

En attendant, votre ami tout dévoué et bien affectionné,

CLAUDE BERNARD.

Saint-Julien, samedi 10 novembre 1866.

Le 15 novembre, il m'écrivait de nouveau :

MON CHER AMI,

J'ai reçu de tous les côtés des compliments relativement à votre excellent article du *Moniteur*. Je suis donc très-heureux et je dois vous en remercier, puisque vous m'avez fait un homme illustre de par votre autorité scientifique. J'ai hâte de reprendre mes travaux et de vous revoir, ainsi que tous mes amis de l'Académie, mais je désirerais que ma santé fût un peu plus affermie. Il fait beau temps ici; c'est pourquoi je retarde ma rentrée à Paris de quelques jours.

Votre bien dévoué et affectionné confrère,

CLAUDE BERNARD.

Saint-Julien, 15 novembre 1866.

De nombreux témoignages de sympathie me furent adressés à l'occasion de cet article du *Moniteur*. Le suivant, par les sentiments qu'il exprime, mérite d'être conservé.

Sèvres, 9 novembre 1866.

MON CHER CONFRÈRE,

J'ai reçu l'excellent article sur Bernard que vous m'avez fait l'amitié de m'envoyer et je l'ai lu avec grand plaisir. Le public y apprendra avec bien d'autres choses que les membres éminents de l'Académie s'estiment, s'admirent et s'aiment quelquefois sans aucune jalousie. C'était chose rare au siècle dernier, et, si tous suivaient votre exemple, nous aurions sur nos prédécesseurs une supériorité qui en vaut bien une autre.

Croyez-moi votre très-sincèrement dévoué et affectionné,

J. BERTRAND.

Nous sommes restés, Claude Bernard et moi, jusqu'à

la fin de sa vie, dans les termes qu'on peut inférer des circonstances que je viens de faire connaître : lui, bienveillant et affectueux en toute occasion, moi, plein de respect et de déférence pour sa personne, d'admiration pour ses travaux.

L. PASTEUR.



EXAMEN CRITIQUE

D'UN ÉCRIT POSTHUME DE CLAUDE BERNARD

SUR LA FERMENTATION.

Le 20 juillet 1878, la *Revue scientifique* publia, par les soins de M. Berthelot, un manuscrit sur la fermentation, trouvé dans le tiroir d'un meuble de la chambre à coucher de Claude Bernard, après sa mort.

L'illustre physiologiste n'avait chargé personne de mettre ce travail au jour, et M. Berthelot, que je suis loin de blâmer de cette publication, quoique, suivant moi, il eût fallu la faire dans d'autres conditions, nous apprend même que ce manuscrit était « soigneusement caché ».

Voici l'article de la *Revue*, avec le préambule de M. Berthelot. Le texte que je donne a été collationné sur l'original. Il diffère sensiblement sur plusieurs points de l'édition de la *Revue*. Je mentionnerai, dans des indications placées au bas des pages, quelques-unes des additions et des suppressions du texte imprimé. Les signaler toutes serait fastidieux, tant on a apporté peu de soin dans la correction des épreuves. Il importe cependant beaucoup que ces Notes apparaissent au lecteur avec leurs principales imper-

fections et comme si le manuscrit original était sous les yeux. L'importance même qu'on peut leur attribuer exige qu'elles soient reproduites avec une exactitude rigoureuse.

Lorsque Claude Bernard fut enlevé à la Science, son génie était dans toute sa force et son esprit d'invention n'avait souffert aucune diminution. Il avait entrepris, depuis quelques mois, une nouvelle série de recherches sur *la fermentation alcoolique*, et il annonçait à ses amis et à ses élèves qu'il croyait avoir fait des découvertes susceptibles de modifier profondément les théories régnantes. Malheureusement la mort l'a surpris avant qu'il ait pu donner son secret; quand il en eut la pensée, il était déjà trop tard : « Cela est dans ma tête », disait-il à M. d'Arsonval, son dévoué préparateur, qui a entouré ses derniers moments des soins les plus affectueux, « cela est dans ma tête, mais je suis trop fatigué pour vous l'expliquer ».

Claude Bernard n'avait pas l'habitude d'écrire le détail de ses expériences avant d'être parvenu à des résultats définitifs. Aussi tout portait ses amis à regarder ses dernières découvertes comme complètement perdues, lorsque M. d'Arsonval retrouva dans un coin, soigneusement caché, le cahier de Notes qui suit et qui est entièrement autographe.

Ce sont des Notes de laboratoire relatant sous une forme sommaire les essais que Claude Bernard avait exécutés en octobre 1877, dans sa propriété de Saint-Julien, près de Villefranche, à l'époque des vendanges. Les résultats en sont présentés d'une façon trop abrégée pour constituer une démonstration rigoureuse, pas plus que ne le sont en général les Notes des inventeurs, une portion de leurs vues et de leurs travaux, souvent la plus décisive, demeurant réservée dans leur esprit jusqu'au jour de la rédaction finale. Ces brèves indications offrent un intérêt spécial, parce qu'elles sont accompagnées de ces réflexions personnelles que tout savant ori-

ginal s'adresse à lui-même, à titre de commentaire provisoire de ses observations présentes.

Claude Bernard avait poursuivi ses expériences au Collège de France pendant les mois de novembre et décembre; mais aucune Note relative à ces dernières recherches n'a pu être retrouvée.

Tout ce que nous savons, c'est que ses déclarations, quelques jours avant sa mort, étaient tout à fait conformes aux affirmations générales des Notes de Saint-Julien.

Dans cet état de choses, plusieurs amis et élèves de Claude Bernard ont pensé qu'il y avait intérêt pour la Science à conserver la trace des dernières préoccupations de ce grand esprit, quelque incomplète qu'elle nous ait été laissée. On y verra comment il entendait attaquer le problème et par quelles voies il espérait en atteindre la solution.

Tel est le préambule dont M. Berthelot a fait précéder les Notes suivantes de Claude Bernard dans la *Revue scientifique* du 20 juillet 1878.

I (1).

- 1° Jus de raisin; levûre pourrie de bière; pancréas qui pourrit, etc.;
- 2° Faire sécher lie ferment de vin;
- 3° Raisins confits gonflés dans l'eau le jus ne fermente pas si la pellicule n'est pas rompue; raisins pourris secs;
- 4° Ajouter eau à raisins pourris;

(1) Les chiffres romains inscrits en tête des Notes ont été placés par moi pour la commodité de la désignation de celles-ci. Ils ne figurent pas dans le manuscrit de Bernard.

Le manuscrit ne porte pas en tête, comme l'indique la *Revue*, le titre de *Notes diverses*.

Tout le premier paragraphe, depuis ces mots 1° *Jus de raisin*... jusqu'aux derniers *curieux à suivre*, commence sur le verso d'une feuille qui porte à son recto : EXPÉRIENCES. *Saint-Julien* 1877. Ce paragraphe est donc bien, quoique sans date, de la date même des expériences qui vont du 1^{er} au 20 octobre 1877.

5° Filtrer jus sur le résidu sur le marc de raisins pourris, cela fera-t-il du jus vieux raisin pourri avec jus récent non pourri ;

6° Formation d'alcool indépendamment de cellules.

Expérience (1).

A. Raisins pourris exprimés ou non ajoutés à liquide pur.

B. Mélange de jus pourri avec jus récent non pourri.

Y aura-t-il alcool sans ferment ?

Le ferment soluble serait-il dans le raisin pourri ?

Dans le jus (2) récent les germes se forment.

Dans le jus pourri la force plastique serait morte (3), mais le ferment soluble existerait ; se formera-t-il de l'alcool sous cette influence ?

7° Jus de poires (4) pourri mêlé à jus de raisin récent fermentera-t-il ?

Le jus de poires est-il comme (5) le jus de raisin pourri ?

En ajoutant très-peu de matière azotée, elle s'épuise et ne fermente plus.

Dans le jus de fruits pourris où la faculté plasmatique est tuée, l'alcool augmentera-t-il ? Les priver d'alcool par dessiccation ou par le vide puis réajouter de l'eau et voir si l'alcool se formera ? Bonne expérience (6).

Le jus raisin pourri, quoique sucré, ne fermente pas, *y ajouter ferment*, il fermentera. — *Oui*.

Pourquoi ferment ne se forme-t-il pas.

Ajouter liquide pourri (7) albumineux levûre pourrie à jus récent, produira-t-il alcool par pourriture sans levûre. Ce sera le ferment alcoolique soluble (8).

(1) La *Revue* écrit *exemples*.

(2) La *Revue* écrit *raisin*.

(3) La *Revue* écrit *tuée*.

(4) La *Revue* écrit *raisin*.

(5) Le mot *comme* n'est pas dans le manuscrit.

(6) Ces mots *bonne expérience* n'ont pas été reproduits par la *Revue*.

(7) Le mot *pourri* est supprimé par la *Revue*, ainsi que les mots *levûre pourrie* dans la même phrase.

(8) A la suite de cet alinéa, la *Revue* a supprimé les phrases suivantes,

Les jus de poires, de pommes pourries ne donneront pas de levûre; les jus de poires fraîches en donneront, c'est comme le raisin.

Pourquoi?

Ajouter du sucre glucose au jus de poires pourries ou raisin pourri, se formera-t-il levûre?

Tout cela est curieux à suivre.

II.

Saint-Julien, 1^{er} octobre 1877 (1).

Expérience sur la recherche des germes de levûre sur les grappes de raisin.

Je prends des grappes de raisin mûr, je les lave dans de l'eau claire de la serre, eau venant des toits, avec un pinceau de blaireau comme l'indique Pasteur. Il en résulte un liquide trouble. Examiné au microscope immédiatement, je ne découvre rien qui puisse ressembler à des germes ou à quelque chose d'organisé. Je ne vois que des corpuscules provenant de la poussière ou de parties terreuses qui se trouvaient à la surface de la grappe ou des grains de raisin.

où se trouvent en effet un mot illisible et un membre de phrase inachevé :

« Le ferment pourri laissé à l'air avec les grappes se forme levûre. Pourquoi pas dans le liquide. — Est-ce parce qu'il y a (mot illisible) d'alcool dans le jus pourri? Non. — Suivre ce fait curieux de la non-fermentation ou plutôt suivre formation de levûre dans verjus et dans (phrase non achevée). »

(1) Près de ce titre, en marge, et avec *renvoi* indiqué, il y a ces mots : « Il faudrait prendre de l'eau distillée ou de l'eau de pluie pure. » Le *renvoi* correspond aux mots *eau venant des toits* qu'on trouve dans le texte de la Note.

Enfin, il y a en marge de ce premier paragraphe un programme de son Cours de l'an prochain, dit-il; mais ce programme est difficile à lire en quelques endroits. La *Revue* l'a entièrement supprimé. Il y est question de la respiration; beaucoup de mots sont illisibles. Voici les dernières lignes : « Conception des organismes. Commencer par respiration — conflit — puis à propos de nutrition parler des fermentations et de la génération et de l'innervation. »

Je traite de la même manière des grappes de raisin vert [aigrés⁽¹⁾] et je n'y découvre immédiatement pas autre chose de (*sic*) corpuscules de poussières. En laissant ces eaux de lavage abandonnées à elles-mêmes dans ma chambre et en les examinant cinq ou six jours après, je constate à la surface de l'eau de lavage des raisins mûrs une pellicule formée d'infusoires monades vibrions avec d'autres infusoires plus gros. Au fond du verre, il y a un dépôt dans lequel on trouve des parties organisées, pouvant être plus ou moins analogues à ce qu'a figuré Pasteur dans son Ouvrage.

Mais ces productions⁽²⁾ n'ont eu lieu que postérieurement au lavage des raisins et sont le fait d'une production dans l'infusion, où il y avait peut-être un peu de jus de raisin ou des parties organisées; car en frottant avec le pinceau quelques grains de raisin s'étaient détachés.

Dans l'infusion de verjus, il y avait beaucoup d'infusoires également, mais je n'y ai pas vu de ces végétations organisées.

On refait l'expérience en prenant tous les soins nécessaires pour ne pas détacher de grains de raisin.

III.

Saint-Julien, 7 octobre 1877. (Exp. n° 4.)

Expérience sur la formation de l'alcool dans le jus de raisin sans ferment.

Le 7 octobre, je prends des raisins blancs pas très-mûrs, je les presse immédiatement pour en extraire le jus, que j'examine aussitôt à l'alcooscope. Il n'y a pas sensiblement d'alcool, pas même de stries plates. — Je jette une autre partie du liquide sur un filtre — le liquide filtre en moins d'une heure, dans une chambre où la température est à moins de 10 degrés. Je sépare aussitôt une partie du liquide des parties organiques en suspension qui ont passé à

(¹) La *Revue* écrit toujours ce mot comme *aigris* ou *aigres*. C'est *aigrés*, terme de localité, que porte le manuscrit.

(²) La *Revue* écrit *produits*

travers le linge, de sorte que cette partie est soustraite à l'action des cellules ou des débris de cellules végétales — je laisse filtrer le reste du liquide.

Le 9 octobre, tous les liquides étant restés dans la chambre à la température de 9 à 10 degrés, j'examine comparativement le liquide filtré le premier — il y a des cristaux formés au fond du verre — avec le liquide filtré le dernier. Les deux liquides donnent les indices à l'alcooscope; mais il semblerait que le liquide filtré le dernier, c'est-à-dire resté en contact avec les débris de cellules sur le filtre, contient plus d'alcool, ce qui établirait que l'alcool ne se produit que sous l'influence des cellules ou débris de cellules et non d'un ferment soluble. Il est très-important de décider si ce fait est exact ou non pour répondre à la théorie de Pasteur et juger si elle est fausse ou vraie.

Il faudrait un certain degré de maturité ou un certain temps de contact des cellules mises à l'air pour que le ferment soluble (produit d'altération) se formât.

Une autre partie de liquide (jus) filtré le second c'est-à-dire séparé après trois ou quatre heures de filtration donne autant d'alcool que le liquide filtré le dernier.

De sorte qu'en somme l'expérience est douteuse; il faut la recommencer avec des raisins plus moins (*sic*) et moins mûrs pour voir l'influence de la maturité et des diverses conditions de cette expérience importante.

Je dois ajouter que tous les liquides filtrés n'avaient pas la moindre trace de trouble; il n'y avait pas la moindre trace de ferment formé; il y avait seulement des cristaux déposés au fond des vases.

Conclusions. — Cette expérience démontre que le jus primitivement exempt d'alcool en a formé en dehors de tout contact de cellules; seulement il reste à décider si la prolongation du contact avec les débris de cellules augmente la quantité d'alcool, sans que pour cela il y ait formation de cellules de levûre.

(Voir expérience n° 6.)

IV.

Saint-Julien, 8 octobre 1877.

Expériences sur les raisins sains et pourris.

Sur une treille (celle de la terrasse), j'ai recueilli sur les mêmes raisins :

- 1° Des grains sains mûrs;
- 2° Des grains pourris humides;
- 3° Des grains pourris desséchés (1).

A. — Je broie les grains et je les examine instantanément, sans filtrer, à l'alcooscope. Il y a des traces douteuses d'alcool. Stries plates (2).

Je laisse abandonnée à elle-même une partie du même jus qui sera ultérieurement examinée.

B. — Je broie les raisins pourris et j'examine instantanément à l'alcooscope, ils donnent des flots d'alcool. Grosses stries, grosses gouttelettes, avec inflammation légère à l'extrémité du tube (3).

C. — Je broie les grains pourris secs et j'exprime dans un linge, j'examine aussitôt à l'alcooscope et je constate l'existence d'alcool en quantité, mais pas (4) autant que dans les raisins pourris frais, sans doute parce que le liquide est étendu d'eau.

Je laisse macérer encore les grains dans l'eau pour voir si l'alcool augmentera.

Conclusions. — Sur le même raisin, les grains pourris frais ou secs contiennent beaucoup d'alcool, les grains sains n'en renfermant pas sensiblement.

(1) Cette année pluvieuse a déterminé la pourriture du raisin; mais depuis quelque temps il a fait sec et un grand vent du nord a régné, ce qui a arrêté la pourriture et desséché en partie celle qui était antérieurement opérée.

Cette dernière phrase est bien en note dans le manuscrit. La *Revue* la place dans le texte.

(2) Ces mots *stries plates* sont supprimés dans la *Revue*.

(3) Toute cette dernière phrase est supprimée dans la *Revue*.

(4) Le mot *pas* est supprimé dans la *Revue*.

Le 10 octobre, j'examine à l'alcooscope la partie du jus sain que j'avais laissée abandonnée à elle-même, mais à une température basse de 5 à 8 degrés. La quantité d'alcool semble être un peu plus marquée, mais est bien loin d'être aussi grande que dans le jus de raisin pourri. Cela tient ⁽¹⁾ à ce que la température était trop basse. — Refaire l'expérience en soumettant le jus à une température plus élevée et basse comparativement.

J'ai répété une autre fois l'expérience. J'ai examiné immédiatement à l'alcooscope le jus de grains de raisins pourris, et j'ai trouvé incomparablement plus d'alcool que dans les grains de raisins sains.

V.

Saint-Julien, 8 octobre 1877. (Exp. n° 5.)

Expériences sur les raisins confits. — Recherche d'un ferment alcoolique soluble.

Je broie des raisins confits avec de l'eau.

Une partie du jus sans filtrer est examinée immédiatement à l'alcooscope : il y a des traces douteuses d'alcool. Une autre partie du liquide est jetée sur le filtre.

Le 9 octobre, j'examine une partie du liquide filtré resté à la température basse chambre à moins de 10 degrés ⁽²⁾. Il n'y a que des traces douteuses d'alcool comme la veille.

J'examine du liquide qui était au contact avec les raisins à température au-dessous de 10 degrés ⁽³⁾. Il n'y a pas sensiblement d'alcool.

Autre expérience. — Le 11 octobre, raisins confits broyés avec de l'eau et laissés macérer pendant deux ou trois heures à température basse [moins 10 degrés ⁽⁴⁾].

Ensuite on exprime dans un linge. — Une partie du liquide trouble

⁽¹⁾ La *Revue* écrit : « Cela tient sans doute ». Ces derniers mots ne sont pas dans le manuscrit.

⁽²⁾ La *Revue* écrit à la température de 10 degrés environ.

⁽³⁾ La *Revue* écrit à la même température.

⁽⁴⁾ La *Revue* écrit à + 10°.

est essayée immédiatement à l'alcooscope, traces très-douteuses d'alcool. — l'autre partie du liquide est réservée et placée sur la cheminée de la cuisine, ainsi que les grains de raisins confits broyés et exprimés auxquels on ajoute de l'eau.

Le 13 octobre, il paraît y avoir à l'alcooscope sensiblement plus d'alcool que dans le *témoin* bouilli immédiatement. On laisse l'expérience continuer.

Le 15 octobre, j'examine de nouveau à l'alcooscope, il y a beaucoup d'alcool formé; mais je constate au microscope qu'il y a des grains de ferment dans le liquide; — je mets ce liquide contenant des grains de ferment ⁽¹⁾ à l'étuve dans un tube à fermentation ⁽²⁾, deux jours après, il y a formation de gaz en grande

Fig. 1.



quantité, fermentation active; donc il y a ferment constaté par ce moyen qui est excellent ⁽³⁾.

⁽¹⁾ La *Revue* supprime ces mots : *contenant des grains de ferment*.

⁽²⁾ La *Revue* ne reproduit pas la figure, qui a été prise photographiquement sur le manuscrit, comme toutes les autres.

⁽³⁾ Le manuscrit termine la note V par les lignes suivantes, que la *Revue* supprime :

Faire gonfler dans de l'eau des raisins confits. Aura-t-on un jus analogue à celui du raisin pourri.

Au verso du feuillet le manuscrit porte en outre : *mettre jus de raisin dans un œuf comme un grain de raisin et sa pellicule air filtré. Suit un dessin informe avec cette légende : Un appareil avec coton à filtrer au soleil.*

VI.

Saint-Julien, 11 octobre 1877. (Expér. n° 5 bis.)

Expérience avec des raisins pourris, desséchés sur le cep.

Je broie avec de l'eau les grains de raisin pourri mais secs, et je laisse macérer deux à trois heures à une température basse moins 10 degrés (1). Puis j'exprime dans un linge. Une partie du jus trouble est aussitôt bouillie; traces évidentes d'alcool. Une autre partie est mise sur la cheminée de la cuisine et conservée pour être examinée ultérieurement, ainsi que de la pulpe de raisins confits exprimée, à laquelle on a réajouté de l'eau.

Le 13 octobre. Il ne semble pas y avoir à l'alcooscope plus d'alcool que dans le *témoin*. Le ferment alcoolique ne semblerait donc pas exister dans les raisins pourris secs.

Le 15 octobre. Je constate à l'alcooscope beaucoup d'alcool formé dans le liquide, mais il y a également des grains de ferment que l'on constate au microscope. Je place de ce liquide renfermant des grains de ferment (2) dans un tube à fermentation (3), deux jours après il y a fermentation et formation de gaz qui remplit le tube. Donc il y avait du ferment, c'est un bon moyen de le constater, plus sûr que le microscope dans ces conditions.

Mettre des raisins pourris secs dans de l'eau sans les broyer — les faire gonfler seulement (4). Leur jus exprimé sera alors plus concentré — et séparera-t-on un ferment ?

VII.

Saint-Julien, 10 octobre 1877.

Fermentation alcoolique. — Raisins blancs très-mûrs.

Le 10 octobre 1877 (5), je prends des raisins blancs de treille

(1) La *Revue* écrit à la température de + 10°.

(2) La *Revue* supprime ces mots : *renfermant des grains de ferment*.

(3) Il y a en marge dans le manuscrit le dessin de la *fig. 1*. La *Revue* ne le reproduit pas.

(4) La *Revue* écrit *lentement* au lieu de *seulement*.

(5) Ces mots *le 10 octobre 1877* ne sont pas dans le texte de la *Revue*.

très-mûrs, très-dorés; je les broie et examine immédiatement, sans filtrer le liquide, à l'alcooscope (il semblerait y avoir des traces plus nettes pour les raisins très-mûrs); je filtre le reste du liquide dans la chambre à température basse [moins 10 degrés (1)].

Le 14 octobre, le liquide filtré est resté parfaitement limpide. Je l'examine à l'alcooscope, il contient des traces évidentes d'alcool, mais pas plus considérables que le liquide examiné immédiatement qui est de nouveau comparé avec le liquide filtré.

Alors je mélange une partie du liquide, jus venant d'être bouilli avec du jus non bouilli, très-limpides tous deux. Il en résulte une élévation de température, et je mets ces liquides sur le poêle de ma chambre à une température de 30 degrés; je laisse le liquide dans une soucoupe en verre, de manière à ce qu'une large surface soit à l'air et au contact du poêle.

J'examine à l'alcooscope le liquide après quatre heures de cette exposition à la chaleur, le liquide n'ayant pas perdu sa transparence; je constate que l'alcool n'a pas augmenté dans le liquide.

Conclusion. — Le liquide n'était pas assez ancien, et n'avait pas acquis encore le degré d'altération nécessaire pour donner naissance à l'alcool et à la levûre qui se fait d'une manière en quelque sorte simultanée (2).

Quand le liquide est ancien et conservé à une température trop basse pour que le ferment se fasse, alors une élévation de température l'amène plus rapidement; ce qui revient à dire que le degré d'altération nécessaire à ce résultat est plus vite atteint.

VIII.

Saint-Julien, 10 octobre. (Expér. n° 6.)

Expériences sur la fermentation alcoolique. — Recherche d'un ferment soluble alcoolique. — Le jus de raisin forme-t-il de l'alcool indépendamment de la levûre de vin (3).

Le 10 octobre, j'exprime dans un linge clair des grains de raisin

(1) La *Revue* supprime le mot *moins*.

(2) La *Revue* écrit : « Le liquide n'étant pas assez ancien, il n'avait... »

(3) La *Revue* écrit *bière* au lieu de *vin*.

noir à peu près mûrs (quoiqu'il y ait quelques grains encore rouges et non noirs), conservés dans le fruitier depuis huit jours.

J'examine aussitôt le jus non filtré à l'alcooscope, et je constate des traces très-douteuses d'alcool. Stries plates mais pas de gouttelettes ⁽¹⁾. Je conserve ce liquide qu'on filtre après ébullition: c'est le jus n° 0; ce jus est filtré, coloré en rose, tandis que le jus non bouilli est légèrement citrin; cela est dû à l'influence de l'ébullition sur la matière colorante du raisin.

La plus grande partie du jus est filtrée à température basse moins 10 degrés ⁽²⁾. Comme la filtration se fait lentement, je sépare le jus passé dans les deux ou trois premières heures: c'est le jus n° 1. Le reste du jus filtre, et sa filtration dure vingt-quatre à trente-six heures: c'est le jus n° 2. Enfin une partie du jus n'est pas filtrée et est laissée en contact avec les débris de cellules qui ont passé à travers le linge au moment de l'expression des grains de raisin: c'est le jus n° 3.

Jus n° 0. — Il est laissé à filtrer à basse température [moins 10 degrés ⁽³⁾].

Jus n° 1. — Est divisé en plusieurs parties.

A. — Une première partie est laissée dans la chambre à basse température [moins 10 degrés ⁽⁴⁾].

B. — Une autre partie est placée dans ma chambre à 15 ou 18 degrés.

C. — Une troisième partie, laissée d'abord dans la chambre à basse température ⁽⁵⁾, est portée ensuite au soleil et passe les nuits dehors.

D. — Une quatrième partie est placée dans l'étuve oscillant de 15 à 25 degrés.

Jus n° 2. — Est laissé dans la chambre à basse température [moins 10 degrés ⁽⁶⁾].

(1) Ces derniers mots sont supprimés par la *Revue*.

(2) La *Revue* supprime les mots *température basse moins*.

(3) La *Revue* écrit à + 10°.

(4) La *Revue* écrit à + 10°.

(5) La *Revue* ajoute + 10°.

(6) La *Revue* écrit *Est laissé à + 10°*.

Jus n° 3. — Est également laissé dans la chambre à basse température.

Le 12 octobre. — Tous les jus sont parfaitement limpides, aucun trouble, aucune trace de formation de ferment n'a eu lieu dans aucun d'eux.

Cette année 1877, les fermentations vineuses sont très-lentes à se manifester, les cuves restent dix et douze jours avant d'être tirées.

Le 13 octobre. — Le jus conservé dans ma chambre est devenu trouble, renferme un commencement de ferment du vin, et donne énormément d'alcool à l'alcooscope. Les autres liquides conservés dans la chambre à basse température moins 10 degrés (¹) sont parfaitement limpides et ne renferment pas, à l'alcooscope, sensiblement plus d'alcool que le premier jour, pas plus le liquide n° 0, n° 2, que dans le liquide n° 2 que dans le liquide n° 3 (²).

Il est donc nécessaire de placer les jus dans une température plus élevée, alors je mets sur mon poêle de faïence, à une douce chaleur, du liquide n° 1, n° 2 et n° 3.

Le liquide n° 3 qui était dans le fond d'une bouteille et chauffé par une large surface devient, après trois à quatre heures, un peu moins clair; j'attends encore une heure et j'examine à l'alcooscope, il y a des flots d'alcool, mais au microscope je constate des globules de ferment quoique petits et rares. — L'alcool semble donc s'être formé subitement au moment où le liquide est devenu trouble et à un moment où les globules de levûre allaient se former.

Les liquides n° 2 et n° 1 qui étaient sur le poêle et étaient dans des verres, n'étaient pas devenus louches, et ne contenaient pas sensiblement plus d'alcool que la veille.

Conclusion. — Il semble y avoir un point où l'alcool se fait subitement. Suivre le phénomène dans d'autres expériences en soumettant le jus à des températures constantes et assez élevées. L'alcool et la levûre se formeraient-ils dans un milieu alcalin (³)? Une autre conclusion est que la température a une influence

(¹) La *Revue* écrit *conservés* à + 10°.

(²) La *Revue* a supprimé tout ce membre de phrase : *pas plus, etc...*

(³) La *Revue* écrit *alcoolisé* au lieu de *alcalin*.

considérable sur la formation de la levûre et de l'alcool; en tenir compte dans les expériences ultérieures.

Le 14 octobre. — J'examine le liquide C exposé au soleil; il était devenu trouble et des bulles de gaz se dégagent; il y avait beaucoup d'alcool, et j'ai constaté au microscope que de la levûre s'était développée, mais beaucoup plus grosse que celle qui se forme à l'obscurité dans les étuves. Toutefois il ne semble pas y avoir plus d'alcool dans ce liquide que lorsque la levûre est chétive et en faible quantité.

IX.

Saint-Julien, 11 octobre 1877. (Expér. n° 7.)

Expériences sur la fermentation alcoolique. — Recherche d'un ferment alcoolique soluble. — Influence de l'altération (pourriture) sur la formation de l'alcool (¹).

Le 11 octobre, je broie des grains de raisin pourris et bien pleins de jus. Ces grains sont recueillis dans le fruitier sur des raisins blancs, ramassés depuis huit à quinze jours pour les conserver.

J'examine immédiatement à l'alcooscope le jus exprimé et il renferme des flots d'alcool. Stries épaisses, grosses gouttelettes avec inflammation au haut du tube alcooscopique (²). Sur les grains sains des mêmes raisins il n'y a pas sensiblement d'alcool.

En examinant au microscope divers grains pourris dans le jus, après avoir enlevé la pellicule du grain pourri, ou en exprimant une goutte du liquide, je n'ai pas pu y constater de ferment alcoolique. Parfois j'ai vu des granulations réfringentes que j'ai observées autrefois (granulations protoplasmiques?). — D'ailleurs j'ai fait une autre épreuve qui me paraît décisive pour montrer qu'il n'y a pas de ferment alcoolique et que l'alcool a été ici formé indépendamment de lui. J'ai pris de ce même jus de raisin pourri non filtré, simplement exprimé à travers un linge clair qui aurait laissé passer les globules de ferment avec beaucoup d'autres débris de

(¹) La Revue écrit *fermentation* de l'alcool.

(²) La Revue a supprimé toute cette dernière phrase.

cellules végétales. Je l'ai introduit dans deux tubes à fermentation *a* et *b* (voir *fig.* 1, p. 10) que j'ai ensuite placés dans l'étuve à 20 degrés (1). Dans le tube *a* il n'y avait que le jus de raisin pourri avec les débris de cellules, dans le tube *b* j'ai ajouté en outre un peu de glucose, quoique le jus de raisin contient encore du sucre et réduisait abondamment. Les deux tubes contenant jus pourris étaient très-nettement acides (2).

Le lendemain 12 octobre, aucune trace de fermentation n'a eu lieu dans les deux tubes *a* et *b*, ce qui serait infailliblement arrivé s'il y eût eu du ferment dans le jus de raisin pourri (3). Pour avoir encore une contre-épreuve, j'ajoute un peu de ferment d'un tube en fermentation au tube *a* pour voir si la fermentation se développera dans ce tube et pas dans le tube *b*. En effet, la fermentation s'est bien développée dans ce tube *a* qui s'est rempli de gaz absorbable par KO (4), le tube *b* n'a pas du tout fermenté. Je prends le marc de raisin pourri exprimé, j'y ajoute de l'eau et je constate que cette eau renferme encore des traces évidentes d'alcool.

Dans deux verres je place comparativement de ce marc; dans un verre *S* je n'ajoute rien, dans l'autre *S'* j'ajoute une dissolution de glucose. On place les deux verres sur le rebord de la cheminée de la cuisine pour voir si, au contact de ces marcs, il se formera de l'alcool, sans ferment comme par un ferment soluble. Il s'est formé de l'alcool, mais il s'est produit du ferment de vin (5).

Le 12 octobre, je filtre le liquide exprimé des raisins pourris après avoir décanté la partie claire, citrine du liquide reposé depuis la veille dans la chambre à basse température moins 10 degrés (6). J'examinerai si ce qui restera sur le filtre jouera le rôle de ferment. Une autre partie du marc est laissée dans la chambre à basse température.

Le 13 octobre j'examine les deux verres *S* et *S'*; il ne paraît

(1) En marge, un dessin pareil à celui de la page 10.

(2) La *Revue* supprime les mots *tubes contenant et pourris*.

(3) Ces six derniers mots sont supprimés dans la *Revue*.

(4) Au lieu de KO, la *Revue* écrit 12 degrés.

(5) Ici le manuscrit figure quelques cellules de ferment.

(6) La *Revue* écrit à + 10°.

s'y être formé d'alcool ni dans l'un ni dans l'autre ; mais, en attendant davantage, il s'en est formé en même temps que des grains de ferment.

13 octobre. — Je place du jus de raisin pourri très-alcoolique dans un tube simplement bouché avec du papier, pour voir s'il s'y développera spontanément du ferment le tube X est placé dans l'étuve près du feu, oscillant de 15 à 25 degrés. — Bientôt il se forme une moisissure à la surface, mais pas de fermentation. Le 20 octobre le jus commence à fermenter ; il se dégage des bulles de gaz, mais pas de ferment ; le liquide reste clair mais cette fermentation (1) qui continue serait-elle due à la moisissure qui s'est faite à la surface ? On le croirait, car un autre tube bouché dans lequel il ne s'est pas fait de moisissure il n'y a pas eu fermentation.

J'ai dit qu'au moment où on exprime le jus des raisins pourris il n'y a pas de ferment dans ce jus, mais en laissant ce liquide en contact avec le marc, il s'en est formé bientôt. Alors j'ai pris de ce jus que j'ai placé dans un tube à fermentation pour voir s'il fermentera maintenant tandis qu'il n'a pas fermenté au début (2). La fermentation finit par arriver, mais très-lentement et d'une façon douteuse. Il n'y a aucune comparaison à faire avec le jus de raisin frais.

X.

Saint-Julien, 18 octobre 1877.

Observations sur la fermentescibilité différente du jus de raisins mûrs, du jus de verjus et du jus de raisins pourris.

1° Jus de raisin mûr. — Le jus de raisin mûr, noir ou blanc, fermente très-vite. Le liquide filtré à basse température filtre lentement et devient parfaitement limpide ; mais si on le porte à une température plus haute, bientôt il se trouve (*sic*) du ferment se forme et se dépose au fond, des bulles de gaz se dégagent, etc.

(1) La *Revue* écrit : le liquide reste clair. Cette fermentation....

(2) La *Revue* écrit : pour voir s'il fermentera.

Maintenant qu'il n'a pas fermenté au début, la....

Quelquefois, dans les années chaudes, j'ai vu cette fermentation s'établir à la vigne même dans les bennes.

Le jus de raisins mûrs contient des traces évidentes d'alcool, il contient beaucoup de sucre réducteur. L'air est nécessaire pour que le jus de raisin fermente.

2° Jus de verjus. — Le jus de verjus (aigrés), filtré à basse température (moins 10 degrés), filtre rapidement et devient parfaitement limpide.

Porté à une plus haute température, le jus reste toujours limpide, ne se trouble pas, ne dégage pas de gaz; seulement au bout de quelques jours il se forme des moisissures submergées ou à la surface du liquide qui reste parfaitement clair. Il ne se forme pas de ferment dans aucun cas.

Le jus de verjus ne renferme pas de traces évidentes d'alcool. Il renferme beaucoup de sucre réducteur.

Conclusion. — Le jus de verjus ne fermente pas alcooliquement, quoique exposé à l'air et à une température convenable.

Toutefois, il se forme des apparences de *ferment* dans le marc du jus exprimé qu'on laisse exposé à l'air s'altérer et pourrir sans y ajouter de l'eau.

Il s'y forme également de l'alcool, sans doute par la présence de ce ferment; cependant j'ai mis ce jus dans un tube et il n'a pas donné de gaz, n'a pas fermenté.

Donc le ferment n'a pas son *germe*, c'est-à-dire sa cause dans le jus, mais dans le marc, c'est-à-dire dans les grains de raisin vert.

3° Jus de raisins pourris. — Le jus de raisin pourri, filtré à basse température, filtre très-lentement et devient parfaitement limpide. Porté ensuite à une température de fermentation, le liquide ne fermente pas et ne se trouble pas; il se forme à la surface des moisissures, mais non submergées; comme pour le verjus. Il ne se forme pas de ferment.

Ce liquide contient beaucoup d'alcool et beaucoup de sucre réducteur.

Conclusion. — Le jus de raisin pourri ne fermente pas alcooliquement, quoique exposé à l'air et à une température convenable.

Toutefois il se forme du ferment dans le marc de raisin pourri

exposé à l'air (et auquel j'ai ajouté de l'eau) ; il s'y forme également de l'alcool sans doute par le ferment ; le liquide de macération exprimé dans un linge donne dans un tube à fermentation du gaz et fermente. Donc le germe du ferment dans le raisin pourri n'est pas dans le jus, mais dans le marc.

En laissant ces parties en suspension dans le jus exprimé, je n'ai pas vu de ferment se développer ; faudrait-il en conclure que c'est dans la pellicule du raisin et non dans la partie intérieure que se trouverait la raison de la formation du ferment ? Non.

En ajoutant du sucre glycose au jus de raisin pourri, il ne fermente pas davantage immédiatement.

En y ajoutant de l'eau mais à la longue il finit par fermenter ⁽¹⁾.

J'ai vu en effet que du jus de raisin pourri finit par fermenter à l'étuve. Seulement il ne se forme que très-peu de ferment quand on ajoute de l'eau au jus de raisin pourri il se forme plus de ferment et plus vite ⁽²⁾ et le liquide reste clair lorsque déjà il se dégage beaucoup de bulles de gaz.

Il faut remarquer ici que le jus de raisin pourri n'est pas pur car dans les grains de raisin pourri il y en a beaucoup qui sont encore à moitié sains. Refaire l'expérience avec des raisins pourris, bien pourris et bien purs.

XI.

Saint-Julien, 14 octobre 1877.

Nécessité de l'accès de l'air pour que le ferment se produise ainsi que l'alcool.

J'ai introduit du jus récent de raisin bien clair, filtré à une basse température, dans des tubes bien hermétiquement bouchés,

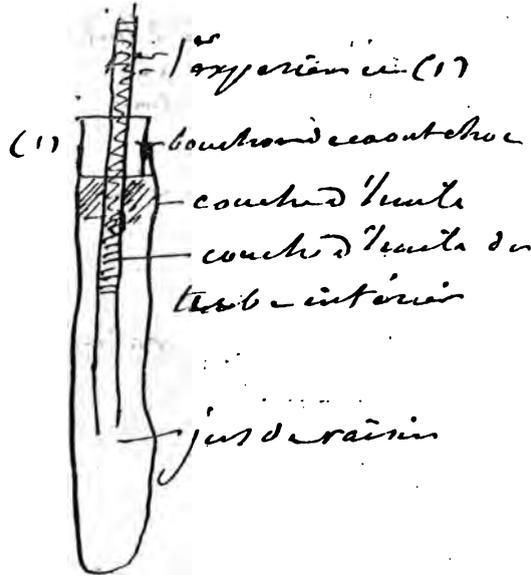
(1) La *Revue* supprime ces mots : *en y ajoutant de l'eau*, ce qui dénature tout à fait le sens de la phrase et de l'expérience.

(2) La *Revue* écrit : *par fermenter à l'étuve, seulement il ne se forme que très-peu de ferment. Quand on ajoute de l'eau au jus de raisin pourri, le ferment se forme plus vite et le liquide....*

et aucune trace de fermentation ne s'est produite, malgré la température convenable à laquelle ils ont été placés, c'est-à-dire que le liquide a conservé sa transparence ; il ne s'est pas formé d'alcool ni de levûre.

Première expérience (1). — Dans un tube mis à l'étuve pendant plus de quinze jours, il n'y a pas eu le moindre trouble dans

Fig. 2.



le liquide. Débouché alors et examiné à l'alcooscope, il n'y avait pas plus d'alcool qu'au début de l'expérience (traces douteuses).

Deuxième expérience (2). *Coupe de l'éprouvette*. — Éprouvette bouchée avec caoutchouc traversé par un tube de verre dans lequel est une couche d'huile mince au-dessus du tube intérieur.

L'éprouvette est restée à l'étuve pendant une quinzaine de jours.

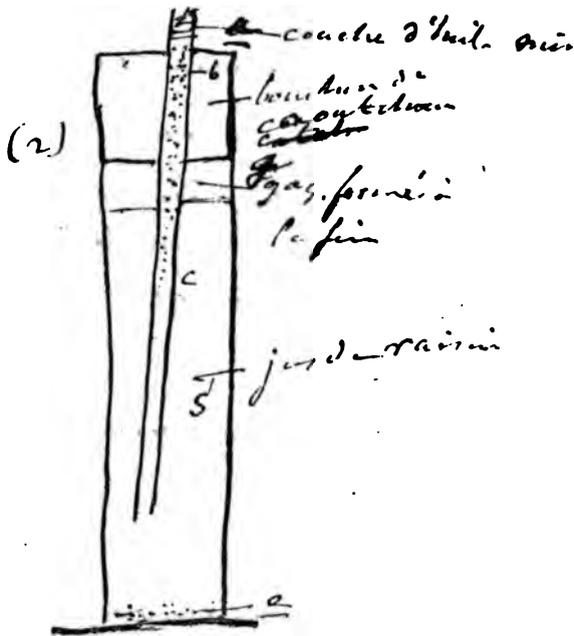
(1) La *Revue* ne reproduit pas la *fig. 2*.

(2) La *Revue* ne reproduit pas la *fig. 3*.

Non-seulement la *Revue* ne reproduit pas ces dessins, mais son texte est incomplet et peu clair, à cause de diverses suppressions.

D'abord il n'y a rien eu : le liquide est resté limpide, il ne s'est pas formé de gaz; mais, par suite de l'élévation de la température, la couche d'huile du tube intérieur a été expulsée, et la petite surface du jus de raisin restée au-dessous s'est trouvée exposée à l'air, et peu à peu il s'est formé un trouble du liquide commençant par en

Fig. 3.

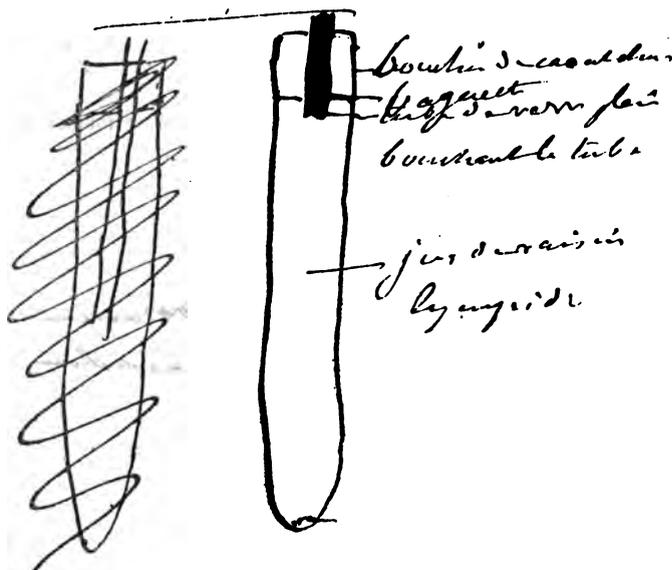


haut et se propageant de *b* en *c* vers le bas. Puis un peu de trouble s'est produit dans le fond de l'éprouvette *e*, quoique tout le reste du liquide *S* soit resté parfaitement limpide. Alors une petite quantité de gaz *g* s'est formée.

Quand j'ai débouché l'éprouvette, tout le trouble *ba* du tube intérieur s'est répandu dans le liquide de l'éprouvette et l'a troublé. Il a semblé ainsi qu'il s'est fait instantanément du ferment. Examiné à l'alcooscope, ce liquide renfermait des flots d'alcool; il y avait au microscope des globules de ferment.

Troisième expérience. — Ce tube est resté à l'étuve pendant une quinzaine de jours. D'abord il n'y a rien eu; mais peu à peu, sans doute par la dilatation du liquide ce bouchon s'est soulevé et il y a eu un peu de gaz formé au-dessous du bouchon, quoique le liquide eût conservé sa transparence. Examiné à l'alcooscope, il y

Fig. 4.



avait beaucoup d'alcool et à peine des traces douteuses de ferment dans le fond du tube.

Conclusion. — Quand le bouchage est bien hermétique, il n'y a jamais fermentation, mais pour peu qu'il y ait accès de l'air, le liquide se trouble, le trouble commençant par le point où a lieu le contact de l'air et s'étendant de proche en proche.

Pour avoir des tubes bien hermétiquement bouchés, il faudra les boucher (bouchon de caoutchouc et baguette de verre ⁽¹⁾); le

(¹) Dans le manuscrit, à la suite des mots 3^e expérience, se trouve la fig. 4, que la Revue ne reproduit pas et remplace par une description :

(²) Bernard dit en marge que c'est là le meilleur moyen de boucher sans air.

liquide étant à une température au moins aussi élevée que l'étuve, de sorte que jamais le liquide ne se dilatera pour faire sauter le bouchon ni expulser l'huile. D'ailleurs l'huile est un mauvais bouchon, à moins qu'il n'y en ait une couche d'une très-grande épaisseur.

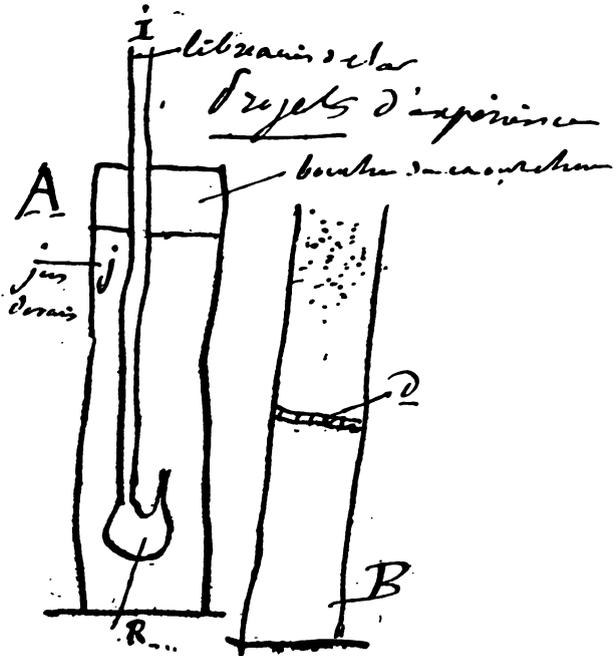
XII.

Saint-Julien, 15 octobre 1877.

Projets d'expérience.

Dans l'expérience A le ferment commencera à se former en I.

Fig. 5.



Quand l'ampoule R sera pleine de ferment, le jus J sera clair, sera-t-il alcoolique par un ferment soluble?

De même dans la deuxième expérience B, le diaphragme de papier ou membrane de baudruche permettra-t-il que le jus inférieur devienne alcoolique par ferment soluble (1) ?

XIII.

Saint-Julien, 15 octobre 1877.

Fermentation dans sulfate de soude. — Éther.

Du jus de raisin fermente, l'alcool se forme et le ferment se produit dans une solution saturée de sulfate de soude.

Chercher si, dans l'eau éthérée ou chloroformée, l'alcool se formera sans que le ferment se produise.

On pourra sans doute se débarrasser de l'éther en le laissant évaporer, quoiqu'il se perde beaucoup d'alcool par l'évaporation spontanée.

Réfléchir à faire des expériences dans ce sens.

XIV.

Saint-Julien, 15 octobre 1877.

Verjus et raisins mûrs et très-mûrs.

Dans le verjus il n'y a pas de traces sensibles d'alcool, et plus la maturité est avancée et plus il y a d'alcool, mais jamais à beaucoup près autant que dans les grains de raisin pourri.

Le jus de verjus n'a pas produit de ferment ; dans plusieurs cas il se formait des sortes de touffes d'une sorte de mycoderme allongé filamenteux (*aspergillus*?). Ces touffes se formaient dans le liquide et étaient submergées, puis à la surface, et alors il y avait une fructification comme dans le *penicillium*.

Il faudra étudier ces végétations spéciales, qui sont accom-

(1) En marge, dans le manuscrit, se trouve la fig. 5 que la *Revue* ne reproduit pas.

pagnées de la formation d'alcool à flots comme dans le cas de formation de levûre (1).

Dans certains cas, j'ai vu se former du ferment comme dans le vin. Cela dépend d'une condition à déterminer, soit dans l'âge des aigrés ou ailleurs.

Il faudra voir dans des fruits verts, bien avant leur maturité, — voir si leur jus présente des différences de cet ordre dans la fermentation. Tout cela est à étudier, il suffit de citer ces faits pour en être convaincu.

XV.

Saint-Julien, 15 octobre 1877.

Formation d'alcool sans levûre dans les raisins. — Action médiate de l'air. — Germes.

Dans les raisins bien mûrs, il y a normalement des traces d'alcool. Quand le raisin pourrit, ces traces d'alcool deviennent bien plus considérables sans qu'il se forme cependant de levûre. Quand on laisse le jus exprimé et séparé du grain de raisin s'altérer spontanément, les traces d'alcool deviennent à un moment brusquement beaucoup plus considérables, mais il se forme toujours de la levûre; il m'a été jusqu'ici impossible d'éviter son apparition. D'après les expériences de Bellamy et Lechartier, il semblerait que la formation d'alcool par pourriture se fait en dehors du contact de l'air dans de l'acide carbonique. Toutefois cela n'est pas nécessaire, la pourriture ordinaire à l'air produit de même de l'alcool (2). — En produit-elle autant? [Voir l'expérience à la poire vernie (3).]

Quand les grains de raisin pourri ont été écrasés et qu'ils pourrissent écrasés exposés à l'air, alors il y a toujours formation de levûre. — De même quand le jus de raisin filtré est exposé à l'air et qu'il fait chaud, il s'y forme très-vite de l'alcool comme par la pourriture, mais avec formation de levûre.

(1) Les mots à flots, si essentiels, sont remplacés, dans le texte de la *Revue*, par ceux-ci et sont.

(2) Les mots de même sont supprimés par la *Revue*.

(3) La *Revue* écrit *poire pourrie*, au lieu de *poire vernie*.

Ce sont les germes, dit Pasteur, car l'air pur ne fait pas fermenter; c'est là une expérience nécessaire à tenter, en faisant passer un courant d'air filtré sur du coton à l'aide de la trompe.

Pasteur ne répond pas ou mal à l'objection de l'air formé par la pile dans l'expérience de Gay-Lussac ⁽¹⁾. Il admettrait qu'il y avait des germes qui sommeillaient ⁽²⁾.

En résumé, il s'agirait de pouvoir faire avec le jus de raisin séparé et filtré l'expérience de la pourriture, faire apparaître de l'alcool en grande quantité sans germes. — En conservant très-longtemps du jus de raisin dans des tubes chauffés sans air ou avec CO², le liquide finira-t-il par s'altérer comme dans la pourriture en donnant de l'alcool sans levûre. En un mot, imiter le procédé de la pourriture dans le jus séparé, — mettre le jus de raisin dans une membrane, coquille d'œuf, etc., qui filtre l'air ou mon appareil qui filtre l'air ⁽³⁾.

Cela doit être possible, car il faut prouver que la formation de l'alcool est indépendante de la présence de toute cellule. C'est là derrière que Pasteur se retranche pour dire que la fermentation est *la vie sans air*, ce qui est faux puisque la pourriture ⁽⁴⁾ à l'air engendre l'alcool, sans que la cellule manque d'oxygène.

XVI.

Saint-Julien, 15 octobre 1877.

Fermentation sous huile — sous pétrole ⁽⁵⁾.

Le 22 septembre 1877, je mets dans une bouteille plate A du jus de raisin blanc filtré, contenant des traces douteuses d'alcool. Je verse au-dessus du liquide une couche d'huile d'olive d'environ

⁽¹⁾ Au lieu de *formé par la pile*, la *Revue* écrit *fermé* et supprime les mots *par la pile*.

⁽²⁾ Le manuscrit porte bien *il admettrait*. La *Revue* écrit *admettait*.

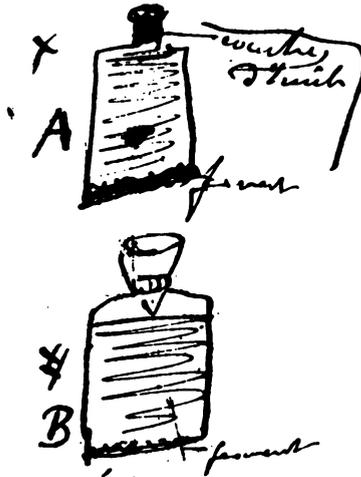
⁽³⁾ La *Revue* supprime les mots *coquille d'œuf, etc...* et ceux-ci : *qui filtre l'air*.

⁽⁴⁾ Au lieu de ces mots très-significatifs : *ce qui est faux puisque*, la *Revue* écrit ce seul mot, *cependant*.

⁽⁵⁾ Ici le manuscrit porte les deux dessins de la *fig. 6* que la *Revue* supprime.

2 centimètres. — Je place comparativement une autre bouteille plate B dans laquelle j'enferme du même jus de raisin, mais je ne bouche pas cette fiole avec de l'huile, je mets seulement un cornet de papier sur le goulot. Deux jours après, le liquide de la bouteille B se trouble et la fermentation commence. Des bulles de gaz se dégagent et du ferment se dépose au fond de la bouteille.

Fig. 6.



Le liquide de la bouteille A reste toujours parfaitement limpide ; les deux bouteilles étaient placées sur le rebord de la cheminée de la cuisine. Je laisse ainsi les deux bouteilles, et voici ce que j'observe : ce n'est que vers le dixième ou douzième jour que le liquide de la bouteille A commence à se troubler, des bulles de gaz se dégagent, la fermentation va très-lentement et du ferment blanc superbe se dépose au fond de la bouteille.

Le 15 octobre, j'examine les liquides contenus dans les deux bouteilles. La fermentation s'est arrêtée, et est terminée depuis longtemps dans la bouteille B ; une petite couche grise ⁽¹⁾ de ferment est déposée au fond de la bouteille.

(1) La Revue écrit épaisse au lieu de grise.

Dans la bouteille A la fermentation continue toujours, des bulles de gaz se développent et montent vers l'huile. Une épaisse couche blanche de ferment s'est déposée au fond de la bouteille.

Examiné au microscope, le ferment de la bouteille B est petit, celui de la bouteille A est gros, superbe.

Examiné à l'alcooscope, le liquide de la bouteille B contient de l'alcool, mais infiniment moins que celui de la bouteille A qui en contient énormément. Sans doute que l'évaporation ne le fait pas perdre comme dans le cas où il n'y a pas d'huile.

Conclusion. — La fermentation sous l'huile est donc très-magnifique. Répéter l'expérience (1).

Fig. 7.



Le 3 octobre, j'ai mis du jus de raisin rouge filtré, limpide, dans une bouteille plate C et j'ai versé au-dessus une couche d'un centilitre environ d'huile de pétrole.

Pendant les premiers jours le liquide reste parfaitement limpide, ce n'est que vers le septième ou huitième jour qu'il se manifeste un très-léger trouble, puis des bulles de gaz se dégagent. La bouteille est sur le rebord de la cheminée de la cuisine. Le 15 octobre, la fermentation n'est pas finie, elle continue assez activement mais il se forme très-peu de ferment que je constate au microscope, l'alcooscope donne des quantités prodigieuses d'alcool.

Conclusion. — Étudier si par là on pourrait obtenir la formation d'alcool, sans ferment ou à peu près. — Se garder des causes d'erreur dues au pétrole qui peut tromper à l'alcooscope.

Le 16 octobre, j'ai examiné le lendemain le liquide des trois bouteilles A, B, C, et voici ce que j'ai constaté :

(1) Ici, en marge, le manuscrit porte la *fig. 7* que la *Revue* supprime.

A l'alcooscope, le liquide de la bouteille A contient le plus d'alcool; quand on commence à chauffer, il y a des gouttelettes isolées qui se forment dans le tube alcooscopique, des stries huileuses sont visibles sur le col du ballon, puis sur le tube et montent en large nappe huileuse; avant que ces nappes soient parvenues au haut du tube, il y a inflammation de l'alcool au haut du tube, inflammation à longue flamme qui dure au moins une minute pendant l'ébullition.

Le liquide de la bouteille B contient moins d'alcool; il y a également inflammation, mais qui dure moitié moins de temps pour une quantité égale de liquide en ébullition.

Le liquide de la bouteille C contient moins d'alcool que les deux autres; il y a une inflammation très-passagère du haut du tube.

Ici il semble bien y avoir proportionnalité entre la quantité de ferment formé et la quantité d'alcool. La bouteille A contient le plus de ferment, après vient la bouteille B, puis la bouteille C.

Conclusion. — La fermentation sous l'huile arrive plus lentement, mais elle continue plus longtemps, forme plus d'alcool et plus de ferment. Il faudra étudier la fermentation dans ces conditions. Il est probable que c'est une fermentation plus pure, exempte de produits secondaires — lactique, succinique et autres ⁽¹⁾.

20 octobre 1877.

J'ai séparé le ferment pur déposé au fond de la bouteille A. Je le conserve sec; on l'examinera ultérieurement.

XVII.

Saint-Julien, 19 octobre 1877.

Jus de chou.

Antérieurement j'ai exprimé des feuilles vertes de chou hachées. J'ai constaté à l'alcooscope des traces nettes d'alcool.

J'ai ensuite ajouté de l'eau à ce hachis de choux crus et je l'ai examiné aujourd'hui, il renferme de l'alcool, mais il s'est formé des globules de ferment.

(1) Ces mots *lactique, succinique et autres* sont supprimés dans la *Revue*.

XVIII.

Saint-Julien, octobre 1877.

Fermentation alcoolique. Formation du ferment du vin.

Lorsque le ferment commence à se produire, il est extrêmement petit, puis il grossit; la quantité d'alcool augmente en proportion. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'au moment où apparaît le trouble du liquide avec des grains de ferment rares et petits, il y a beaucoup d'alcool, de sorte que l'alcool semble avoir précédé le ferment. La question serait d'empêcher le ferment d'apparaître et de permettre à l'alcool de se faire.

Pour cela il faudrait tuer la propriété protoplasmique du jus de raisin, propriété protoplasmique qui se développe au moment de l'altération du liquide.

Il m'a semblé que le ferment de vin produit à l'abri du contact libre de l'air dans le fond des tubes à fermentation, est moins gros que celui formé librement dans les cuves.

Du reste, toute l'étude morphologique de ces ferments devra être faite avec le plus grand soin ⁽¹⁾.

Le ferment vinique qui existe à la fin des fermentations, au fond de la cuve et des tonneaux, est formé par des globules de levûre gros, arrondis, non soudés et de grandeurs différentes; tandis que le ferment du haut des cuves ou celui des tubes qui commence à se former est plus petit, en chapelet d'inégale grosseur.

Il est évidemment en voie de formation ⁽²⁾.

J'ai constaté que le ferment qui est dans la lie de vin nouveau est très-gros et arrondi. Il fermente très-bien; du sucre glucose ajouté, il y a bientôt fermentation très-active.

Le ferment de la lie de vin examiné comparativement avec du ferment de la levûre de bière (*sic*).

(1) La *Revue* écrit *doit* au lieu de *devra*.

(2) Ici, dessins rapides de quelques cellules de ferment dans le manuscrit.

XIX.

Ferment de la lie de vin.

J'ai constaté que le ferment de la lie de vin est plus gros que le ferment de la surface. Ce ferment, ajouté à du jus de fruits pourris, donne lieu rapidement à la fermentation.

XX.

Saint-Julien, 20 octobre 1877.

La formation ou la non-formation de la levûre (ferment) sont indépendantes des germes de l'air.

Démonstration :

Quoique les jus soient tous à l'air, la levûre ne se forme que dans les jus où existe la formation protoplasmique; elle n'a pas lieu dans les jeunes jus (verjus). Elle n'a plus lieu dans les jus pourris où la force plasmatique est tuée. (Cependant addition d'eau la détermine, — avoir des jus pourris bien purs.)

Donc, si en ajoutant du ferment aux jus pourris, ils fermentent en formant de la levûre, cela prouve qu'ils étaient capables de produire de la levûre, s'ils avaient eu les germes protoplasmiques, et que ces germes sont dans le liquide et non dans l'air.

XXI.

Saint-Julien, 20 octobre 1877.

La formation de l'alcool est en rapport avec la maturité des fruits.

(La pourriture n'est qu'une maturité anticipée) (1).

Il faudra rechercher l'alcool dans les tubercules, les racines, les tiges, les feuilles, fruits verts, fruits murs et pourris.

L'alcool est évidemment un produit de la végétation; avec l'ac-

(1) Cette phrase est entre parenthèses dans le manuscrit.

croissement l'alcool est un résidu, un produit de décomposition, ou bien a-t-il un rôle à remplir ⁽¹⁾?

Pourquoi cependant la levûre de bière en forme-t-elle en si grande quantité.

Parce qu'elle se reproduit avec une grande activité.

XXII.

Saint-Julien, 20 octobre 1877.

La formation de l'alcool et l'augmentation de l'alcool dans leur tissu ne dépend pas de leur soustraction à l'air. — Cela dépend de la maturité. La pourriture à l'air ou à l'abri du contact de l'air produit également de l'alcool ⁽²⁾.

Les expériences de Lechartier, Bellamy et de Luca sont vraies ⁽³⁾; mais il est inutile de soustraire les feuilles et les fruits à l'air. — Ils les font pourrir à l'abri de l'air et voilà tout; mais pourris au contact de l'air, c'est la même chose. Donc la fermentation n'est pas la vie sans air.

XXIII.

Saint-Julien, 20 octobre 1877.

La formation de l'alcool est indépendante de toute cellule.

Démonstration :

L'alcool augmente dans les jus retirés des fruits par un ferment soluble. Car cette augmentation d'alcool n'a pas lieu si le jus est cuit (à voir si en poursuivant l'expérience plus longtemps sur des jus cuits, on verra de l'alcool se former sans levûre).

Dans le verjus et les jus pourris, l'augmentation de l'alcool a lieu

(1) La *Revue* supprime les mots avec l'accroissement et écrit est-il un résidu, ce qui change le sens de la phrase qui, du reste, n'est pas coupée en deux membres comme la coupe la *Revue*.

(2) La *Revue* reproduit inexactement ce titre.

(3) Au lieu de de Luca, la *Revue* écrit et autres.

sans levûre. Dans le jus mûr protoplasmique seul, la levûre se montre avec la formation d'alcool.

XXIV.

Saint-Julien, 20 octobre 1877.

Théorie de la fermentation alcoolique.

La théorie est détruite :

1° Ce n'est pas la vie sans air ; car à l'air comme à l'abri de son contact, l'alcool se forme sans levûre ;

2° Le ferment ne provient pas de germes extérieurs, car dans les jus aplasmiques ou inféconds (verjus et jus pourris), le ferment ne se développe pas, quoiqu'ils soient sucrés. Si on y ajoute du ferment, alors ils fermentent.

3° L'alcool se forme par un ferment soluble en dehors de la vie.

Dans fruits pourris ou mûrissants, il y a alors décomposition du fruit et non synthèse biosique de levûre ou de végétation. L'air est absolument nécessaire pour cette décomposition alcoolique (¹).

4° Ce ferment soluble se trouve dans le jus retiré du fruit (jus pourri) ; l'alcool continue à s'y former et à augmenter.

Avec l'infusion de levûre ancienne, la démonstration devient encore plus facile.

5° Il y a dans la fermentation deux états à étudier :

A. Décomposition.

B. Synthèse morphologique (²).

L'existence de ce manuscrit de Claude Bernard me fut signalée par M. le D^r Armand Moreau, de l'Académie de

(¹) Cette troisième conclusion est très-inexactement reproduite par la *Revue*. Le manuscrit porte un point après ces mots *en dehors de la vie*. En outre, la phrase suivante : « Dans fruits, etc. » est à la ligne. Le texte de la *Revue* change le sens d'une partie de la conclusion.

(²) La *Revue* place la signature CLAUDE BERNARD à la fin de son texte. La signature de Bernard n'existe nulle part dans le manuscrit, ni au commencement, ni à la fin. Mais il est certain qu'il a été écrit tout entier de sa main, à Saint-Julien, en octobre 1877.

Médecine, le jour même où il fut publié. J'arrivais à l'Académie de Médecine vers midi, le 20 juillet 1878, pour assister à une Commission relative à l'affection *charbonneuse*, lorsque je rencontrai le docteur Moreau, tenant à la main le numéro de la *Revue*, qui avait paru le matin. Il me dit sur le ton d'une grande surprise : « Connaissez-vous cet article de Bernard sur la fermentation? — Non, lui répondis-je; mais vous, pour qui Bernard avait autant d'estime que d'amitié, comment ignorez-vous cette circonstance? C'est un grand événement scientifique. »

Depuis la mort de Bernard, en effet, il circulait des bruits quelque peu mystérieux sur des idées nouvelles et des secrets relatifs à la fermentation que Bernard avait emportés dans la tombe.

On savait qu'à sa maison de campagne de Saint-Julien, près de Villefranche, où il passait le temps des vacances, il avait fait, en octobre 1877, quatre mois avant sa mort, des expériences sur la fermentation; que, de retour à Paris, il avait travaillé sur le même sujet dans les mois de novembre et de décembre, et toujours seul, dans un cabinet situé au-dessus de son laboratoire habituel, au premier étage du Collège de France; enfin, que plusieurs des personnes qui l'approchaient avaient reçu de lui certaines confidences pendant sa maladie. On connaissait quelques-unes de ces confidences par des articles nécrologiques qui avaient paru dans les journaux quotidiens. L'une d'elles est rappelée par M. Berthelot dans le préambule dont il a accompagné l'article de la *Revue*. Je la reproduis :

« Lorsque Claude Bernard, dit l'éminent chimiste, fut

enlevé à la Science, son génie était dans toute sa force et son esprit d'invention n'avait souffert aucune diminution. Il avait entrepris depuis quelques mois une nouvelle série de recherches sur la fermentation alcoolique, et il annonçait à ses amis et à ses élèves qu'il croyait avoir fait des découvertes susceptibles de modifier profondément les théories régnantes.

» Malheureusement, la mort l'a surpris avant qu'il ait pu donner son secret; quand il en eut la pensée, il était déjà trop tard : « Cela est dans ma tête », disait-il à M. d'Arsonval, son dévoué préparateur, qui a entouré ses derniers moments des soins les plus affectueux, « cela est dans ma tête, mais je suis trop fatigué pour vous l'expliquer. »

J'extrais le passage suivant d'un article inséré par M. Paul Bert, l'élève et l'ami de Bernard, dans le numéro du 12 février du journal *la République française*, au lendemain de la mort du grand physiologiste :

« De nouvelles découvertes devaient, cette année, fournir une preuve nouvelle de sa fécondité agissante. Ses amis, ses élèves en ont reçu la confiance incomplète, et il résulte des quelques paroles qui lui sont échappées que la théorie des fermentations allait recevoir de ses recherches, exécutées pendant les vacances dernières, des clartés inattendues. Ce travail considérable dont, il y a quatre jours, il disait encore : « C'est dommage, c'eût été bien finir », est perdu pour la Science. »

MM. Armand Moreau, Dastre, d'Arsonval m'ont assuré que, dans les mois qui ont précédé sa mort, Bernard s'était

souvent exprimé ainsi : « Les expériences de Pasteur sont exactes, mais il n'a vu qu'un côté de la question. » Quelquefois il allait plus avant dans son opposition aux conclusions que j'ai déduites de mes recherches. « Pasteur n'a vu qu'un côté de la question. La formation de l'alcool est un phénomène très-général. Il faut bannir des fermentations la vitalité des cellules. Je n'y crois pas. » J'ai écrit ces dernières lignes sous la dictée de M. d'Arsonval. « Cent fois, a ajouté celui-ci, j'ai entendu M. Bernard s'exprimer comme je viens de le dire dans le cours du mois de janvier qui précéda sa mort. Il était alors retenu dans son fauteuil, mais non alité; cependant sa fatigue était déjà extrême; ainsi il était obligé de se faire lire ses lettres. Souvent alors il m'a parlé de son projet d'introduire les fermentations dans son prochain cours du Jardin des Plantes, mais il ajoutait qu'il viendrait d'abord discuter ses idées avec vous. »

M. Paul Bert m'a adressé, le 10 août 1878, une lettre où je lis :

« J'ai peu vu M. Bernard pendant les mois de novembre et de décembre 1877, et cependant, à deux ou trois reprises, il m'a parlé avec une satisfaction évidente de ses travaux sur la fermentation. C'étaient des phrases courtes; quasi sibyllines, sans aucune explication expérimentale : « Pasteur n'a qu'à bien se tenir.... Pasteur n'a vu qu'un côté » des choses.... Je fais de l'alcool sans cellule.... Il n'y a pas de » vie sans air.... Vous verrez mon cours; j'ai fait de bonnes » choses ces vacances.... » Toutes allusions dont le respect m'empêchait de demander une explication plus détaillée,

mais qui prouvait l'importance qu'il attachait à ses recherches, évidemment en cours d'exécution. Pendant les derniers jours de sa maladie, nous eûmes fréquemment occasion, Dastre, d'Arsonval, moi et aussi Moreau, de constater que nous avons reçu les mêmes confidences et tout aussi obscures. Deux ou trois jours avant l'issue fatale, Dastre et d'Arsonval, plus avant dans sa familiarité quotidienne, essayèrent d'obtenir des indications plus claires; ils vous diront eux-mêmes quel cruel aveu d'impuissance ils recueillirent de l'homme de génie dont l'intelligence mourait avant le corps. »

C'était donc une précieuse trouvaille que ce cahier de Notes écrites par Claude Bernard sur la fermentation. On allait enfin connaître ces secrets qu'il avait laissé pressentir. Le lecteur comprendra l'émotion, l'inquiète curiosité avec lesquelles, rentré dans mon laboratoire, après cette séance de Commission de l'Académie de Médecine, je parcourus l'article de la *Revue scientifique*. Malgré le grand intérêt que m'avait offert le travail de la Commission, travail qui avait eu pour résultat d'amener un Membre de l'Académie à retirer, en présence de MM. Bouley, Davaine, Vulpian, Moreau, les contradictions qu'il m'avait opposées pendant plusieurs séances publiques, toutes mes pensées étaient pour le manuscrit de Bernard. Allais-je donc avoir à défendre cette fois mes travaux contre ce confrère et cet ami pour lequel je professais une admiration profonde, ou bien aurais-je à constater des révélations inattendues qui infirmeraient et discréditeraient les résultats que je croyais avoir définitivement établis?

A peine eus-je achevé la lecture du manuscrit de Bernard que j'éprouvai tout à la fois un grand soulagement et une singulière déception : un soulagement, parce que je n'y trouvais rien qui pût atteindre la rigueur de mes études; une déception, parce que la sagacité du grand physiologiste, sa logique si sûre, me paraissaient en défaut, d'un bout à l'autre de son écrit posthume. Quelle disproportion, par exemple, entre les dernières conclusions écrites d'un ton si ferme et les faits qui les motivent!

Je recommençai plusieurs fois ma lecture, croyant toujours que le sens de certains passages et de certaines expériences m'avait échappé. Je ne pouvais me résoudre à reconnaître que tout, dans ce manuscrit, était insuffisant ou insoutenable; et tout d'abord, m'en prenant, non sans regret, à mon confrère et ami M. Berthelot, je l'accusais d'avoir compromis la mémoire de Bernard. Sans doute, me disais-je, il était bon de publier des Notes écrites par cet homme de génie; mais, puisqu'il n'en avait ni demandé ni autorisé la mise au jour, il était de devoir de les contrôler par de nouvelles expériences et de dégager sa responsabilité pour tout ce que le manuscrit contiendrait de défectueux en lui reportant, au contraire, l'honneur des vérités que ce manuscrit pouvait révéler. Il convenait, en un mot, d'accompagner ces Notes, non signées et écrites à la hâte, d'un commentaire expérimental qui était à tout prendre facile à faire.

Quant à moi, personnellement, je me trouvais dans un cruel embarras. Avais-je le droit de considérer le manuscrit de Bernard comme l'expression de sa pensée, et étais-je

autorisé à en faire une critique approfondie? Dans les mois de novembre et de décembre, après son retour de Saint-Julien, la santé de Bernard s'était montrée en apparence très-satisfaisante; il assistait aux séances de l'Académie, où j'étais à côté de lui, et plusieurs fois même, je m'en souvenais, nous avons échangé nos idées sur les fermentations. Or, il m'avait laissé dans une complète ignorance de ses expériences du mois d'octobre; il n'y avait fait aucune allusion. S'il était convaincu, me disais-je, d'avoir par devers lui la démonstration des conclusions magistrales qui terminent son manuscrit, par quel motif me l'a-t-il caché? Je me reportais aux témoignages de bienveillante affection qu'il m'avait donnés depuis mon entrée dans la carrière scientifique, et j'arrivais à cette conclusion que les Notes laissées par Bernard n'étaient qu'un programme d'études, qu'il s'était essayé sur le sujet et que, suivant en cela une méthode qui lui était habituelle, il avait, afin de mieux découvrir la vérité, formé le projet d'instituer des expériences qui mettraient en défaut mes opinions et mes résultats. Très-perplexe, je pris le parti de porter le débat devant nos juges naturels, et, deux jours après, je fis à l'Académie des Sciences une lecture dont voici quelques extraits. On trouvera cette Communication reproduite intégralement dans l'Appendice de cet opuscule.

Je viens de lire, dans le dernier numéro de la *Revue scientifique*, un article intitulé : LA FERMENTATION ALCOOLIQUE, DERNIÈRES EXPÉRIENCES DE CLAUDE BERNARD.

L'intérêt que j'ai pris à ces Notes, ai-je besoin d'en parler, puisqu'elles portent sur un sujet qui m'occupe depuis plus de

vingt années et qu'elles sont de Claude Bernard ! Je dois avouer, toutefois, que cet intérêt n'a pas été pour moi sans un mélange de grande surprise. De la première ligne à la dernière, en effet, elles tendent à contredire les faits et les conclusions que j'ai souvent produits devant cette Académie, et les vingt dernières lignes sont la condamnation absolue, sans restriction aucune, de mes vues au sujet de la fermentation en général et de la fermentation alcoolique en particulier.

.... Ma surprise s'est accrue lorsque j'ai remarqué que toutes ces Notes ont été écrites par Claude Bernard du 1^{er} au 20 octobre dernier, à sa maison de campagne de Saint-Julien, près de Villefranche, que Claude Bernard a passé le mois de novembre et le mois de décembre parmi nous, assistant, très-bien portant, à nos séances, assis à ma droite, vous le savez. N'est-il pas étrange que lui, si franc, si ouvert, si porté vers la libre discussion, qui n'a cessé de me témoigner la plus bienveillante affection, qui chaque semaine, pour ainsi dire, causait avec moi, à cette place, sur la fermentation, ait eu par devers lui, en revenant de Saint-Julien à la fin d'octobre, des preuves convaincantes que j'étais entièrement dans l'erreur, et qu'il me l'eût caché sans y faire même la moindre allusion ? Cela ne me paraît pas possible : aussi je me demande si les éditeurs de ces Notes ne se sont pas aperçus que c'est chose fort délicate de prendre sur soi, sans y être formellement autorisé par l'auteur, de mettre au jour des Notes et des cahiers d'études. Qui d'entre nous ne serait ému à la pensée qu'on agira de même à son égard ?

L'existence de ces Notes, l'énorme disproportion entre les conclusions et les faits qui les motivent, me semblent comporter une explication très-différente de celle que M. Berthelot a suggérée aux lecteurs de la *Revue scientifique*, en les invitant à croire, d'après des *on dit*, que « les déclarations de Claude Bernard, quelques jours avant sa mort, étaient tout à fait conformes aux affirmations générales des Notes de Saint-Julien ». Contrairement à cette assertion de M. Berthelot, je suis porté à croire que Claude Bernard n'a fait, pendant ces quinze jours du mois d'octobre 1877, et en novembre et décembre, que s'essayer sur le sujet de la fermentation alcoolique.

J'imagine que comme méthode de travail, méthode excellente

dans tous les cas, et pour savoir si j'étais dans le vrai, il ne trouva rien de mieux que de chercher par de nombreuses expériences et d'essayer par certaines vues préconçues à mettre en défaut mes opinions et mes résultats. Prendre pour guide cette idée que j'étais sur tous les points dans l'erreur, instituer des expériences pour l'établir, telle a dû être sa méthode de préparation sur le sujet qu'il voulait traiter.

N'est-ce point là l'explication de ces Notes que M. Berthelot vient de publier et du silence que Claude Bernard a gardé à l'égard du confrère qu'elles intéressaient le plus ?

C'eût été mon appréciation et celle de plusieurs amis intimes de Claude Bernard, si nous avions été consultés avant qu'on livrât ces Notes à la publicité.

Si, malgré tout ce que je viens de dire, on voulait faire de ces Notes une sorte de manifeste contre mes travaux, prétendre que Claude Bernard a été convaincu de la vérité des conclusions que j'ai rappelées tout à l'heure, alors, et malgré le profond respect que j'ai toujours eu pour notre illustre confrère, je dirais franchement que Bernard s'est trompé, que toutes les expériences dont il parle, comme il en fait d'ailleurs l'aveu à plusieurs reprises, sont douteuses et incertaines, et que, suivant moi, celles qui sont vraies sont mal interprétées.

Toutefois, je comprends trop le respect qui doit s'attacher à ce qu'a pensé ou écrit, même dans le silence du laboratoire, notre illustre confrère, pour me permettre de signaler dès à présent ce que je trouve de très-défectueux dans ces Notes, à les prendre dans leur texte absolu. Je veux d'abord les revoir expérimentalement, me placer dans le courant même des idées et des expériences de Claude Bernard, et je convie ses amis, ses admirateurs, à agir de même. Ils me donneront ainsi l'occasion de défendre la vérité qu'établissent mes travaux, en présence d'opinions réelles et réellement exprimées.

Ces passages de ma lecture traduisaient fidèlement mes impressions au lendemain de la publication du manuscrit de Bernard. Ils se résument dans ces deux propositions :

Bernard ne pouvait avoir les convictions qu'il exprime; elles jurent avec la faiblesse de ses observations et de ses expériences. Après tout, si quelqu'un veut les défendre, je suis prêt à en faire la critique immédiate, en m'appuyant sur mes seuls travaux antérieurs. Dans le cas contraire, par respect pour la mémoire de Bernard, je répéterai ses expériences avant de les discuter.

Mieux éclairé aujourd'hui par les confidences postérieures des élèves et des amis de Bernard, et particulièrement par celles de la lettre de M. Paul Bert, je me vois contraint d'avouer que le manuscrit posthume de Bernard est, bien plus que je ne le croyais au lendemain de sa mise au jour, l'expression de sa pensée. Cette opinion, toutefois, laisse entière l'énigme du silence qu'il a gardé à mon égard. Mais pourquoi en chercherais-je l'explication ailleurs que dans la connaissance intime de son beau caractère? Ce silence n'a-t-il pas été un nouveau témoignage de sa bonté et l'un des effets de la mutuelle estime qui nous unissait? Puisqu'il pensait avoir entre les mains la preuve que les interprétations que j'avais données à mes expériences étaient erronées, n'a-t-il pas voulu seulement attendre pour m'en instruire l'époque où il se croirait prêt pour une publication définitive? J'aime à prêter aux actions de mes amis des intentions élevées, et je veux croire que la surprise que m'a causée sa réserve à l'égard du confrère que ses contradictions intéressaient le plus doit faire place dans mon cœur à des sentiments de pieuse gratitude.

Toutefois Bernard eût été le premier à me rappeler que

la vérité scientifique plane au-dessus des convenances de l'amitié, et que j'ai le devoir, à mon tour, de discuter en toute liberté ses vues et ses opinions. C'est ce que je vais essayer de faire, non sans avoir d'ailleurs tenu l'engagement que j'ai pris publiquement de répéter ses expériences, en me plaçant dans l'ordre des idées préconçues qui les ont inspirées. Chemin faisant, je m'efforcerai de retrouver la voie qui, par degrés insensibles, a conduit à l'erreur le grand physiologiste. C'est celle-là même, hélas! dont il a tant de fois marqué les écueils, qu'il a su tant de fois éviter dans ses lumineuses recherches. Mais la voie est étroite et difficile qui mène à la vérité! A qui a-t-il été donné de parcourir avec honneur et courage une longue carrière sans quelque défaillance momentanée?

L'intérêt du manuscrit de Bernard est bien plus, à mon sens, dans une question de méthode que dans les résultats inattendus qu'il fait connaître. L'enchaînement du raisonnement et des expériences témoigne, à chaque page, que cette trame hardie est l'œuvre d'un observateur qui sera hors de pair lorsqu'une conception juste lui servira de guide dans l'expérimentation. Mais la méditation de plusieurs points de son programme fait voir à un lecteur non prévenu que les questions à résoudre sont loin de s'y montrer affranchies de tout esprit de système. Prenez, par exemple, la Note du début, et vous lirez aisément entre les lignes que Bernard ne va pas se livrer à une recherche libre, mais plutôt à la constatation de résultats hypothétiques, déduits d'opinions préconçues ou suggérés par des ex-

périences informes auxquelles un système trompeur mêle ses illusions.

Si l'on veut embrasser d'un coup d'œil la liaison des idées et des expériences de Bernard, il est indispensable de se familiariser d'abord avec les préoccupations habituelles de sa pensée depuis quelques années. Ces préoccupations se trahissent dans l'Ouvrage qu'il a laissé en mourant, *sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Ouvrage qui s'en trouve imprégné, pour ainsi dire. J'emprunte les pages suivantes à ce Livre, dont il corrigeait les épreuves au moment où il écrivait les Notes de Saint-Julien.

La vie ne saurait être caractérisée exclusivement par une conception vitaliste ou matérialiste. Les tentatives qu'on a faites à ce sujet de tout temps sont illusoire et n'ont pu aboutir qu'à l'erreur.

Devons-nous rester sur cette négation ?

Non. Une critique négative n'est pas une conclusion. Il faut nous former à notre tour une idée, chercher un caractère dont la valeur, bien qu'elle ne soit pas absolue, soit capable de nous éclairer dans notre route sans jamais nous tromper.

Les caractères que nous avons précédemment rappelés correspondent à des réalités ; ils sont bons, utiles à connaître. Je dirai, de mon côté, la conception à laquelle m'a conduit mon expérience.

Je considère qu'il y a nécessairement dans l'être vivant deux ordres de phénomènes :

1° Les phénomènes de *création vitale* ou de *synthèse organisatrice* ;

2° Les phénomènes de *mort* ou de *destruction organique*.

Il est nécessaire de nous expliquer en quelques mots sur la signification que nous donnons à ces expressions : *création* et *destruction* organiques.

Si, au point de vue de la matière inorganique, on admet avec raison que rien ne se perd et que rien ne se crée, au point de vue de

l'organisme il n'en est pas de même. Chez un être vivant, tout se crée morphologiquement, s'organise, et tout meurt, se détruit.

Dans l'œuf en développement, les muscles, les os, les nerfs apparaissent et prennent leur place en répétant une forme antérieure d'où l'œuf est sorti.

La matière ambiante s'assimile aux tissus, soit comme principe nutritif, soit comme élément essentiel. L'organe est créé; il l'est au point de vue de sa structure, de sa forme, des propriétés qu'il manifeste.

D'autre part, les organes se détruisent, se désorganisent à chaque moment et par leur jeu même; cette désorganisation constitue la seconde phase du grand acte vital.

Le premier de ces deux ordres de phénomènes est seul sans analogues directs; il est particulier, spécial à l'être vivant: cette synthèse évolutive est ce qu'il y a de véritablement vital. Je rappellerai à ce sujet la formule que j'ai exprimée dès longtemps: « *La vie, c'est la création.* »

Le second, au contraire, la destruction vitale, est d'ordre physico-chimique, le plus souvent le résultat d'une combustion, d'une fermentation, d'une putréfaction, d'une action, en un mot, comparable à un grand nombre de faits chimiques de décomposition ou de dédoublement. Ce sont les véritables phénomènes de *mort* quand ils s'appliquent à l'être organisé.

Et, chose digne de remarque, nous sommes ici victimes d'une illusion habituelle, et, quand nous voulons désigner les phénomènes de la *vie*, nous indiquons en réalité des phénomènes de la *mort*.

Nous ne sommes pas frappés par les phénomènes de la *vie*. La synthèse organisatrice reste intérieure, silencieuse, cachée dans son expression phénoménale, rassemblant sans bruit les matériaux qui seront dépensés. Nous ne voyons point directement ces phénomènes d'organisation. Seul l'histologiste, l'embryogéniste, en suivant le développement de l'élément ou de l'être vivant, saisit des changements, des phases qui lui révèlent ce travail sourd; c'est ici un dépôt de matière, là une formation d'enveloppe ou de noyau; là une division ou une multiplication, une rénovation.

Au contraire, les phénomènes de destruction ou de mort vitale sont ceux qui nous sautent aux yeux et par lesquels nous sommes amenés à caractériser la vie. Les signes en sont évidents, éclatants : quand le mouvement se produit, qu'un muscle se contracte, quand la volonté et la sensibilité se manifestent, quand la pensée s'exerce, quand la glande sécrète, la substance du muscle, des nerfs, du cerveau, du tissu glandulaire se désorganise, se détruit et se consume. De sorte que toute manifestation d'un phénomène dans l'être vivant est nécessairement liée à une destruction organique, et c'est ce que j'ai voulu exprimer lorsque, sous une forme paradoxale, j'ai dit ailleurs (*Revue des Deux-Mondes*, t. IX, 1875) : « *La vie, c'est la mort.* »

L'existence de tous les êtres, animaux ou végétaux, se maintient par ces deux ordres d'actes nécessaires et inséparables, l'*organisation* et la *désorganisation*. Notre science devra tendre, comme but pratique, à fixer les conditions et les circonstances de ces deux ordres de phénomènes.

Cette division des manifestations vitales que nous avons adoptée est, selon nous, l'expression même de la réalité ; c'est le résultat de l'observation des phénomènes. (*Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, p. 39 et suivantes ; 1878).

Les phénomènes de la vie, d'après Bernard, se partagent donc en deux grands groupes, ceux de synthèse organique et ceux de destruction organique. Quels sont ces derniers ?

Lavoisier, dit Bernard, les rattache tous à trois types : 1° *Fermentation* ; 2° *combustion* ; 3° *putréfaction*.

C'est, en effet, par l'un ou l'autre de ces procédés que la matière organisée se détruit, soit par suite du fonctionnement vital, soit dans le cadavre après la mort (p. 157).

Plus loin :

Les fermentations amènent la destruction des composés com-

plexes des organismes, leur dédoublement en des corps plus simples accompagné d'une hydratation. Elles jouent un rôle très-important dans la nutrition (p. 161).

... Les actions du genre fermentatif sont le type général des actions vitales de destruction (p. 163).

Enfin, après avoir exposé rapidement les opinions les plus récentes sur les phénomènes de combustion et de putréfaction organique, Bernard conclut en ces termes :

Sans vouloir entrer plus avant dans la question des décompositions organiques, qui est encore entourée de grandes obscurités, nous nous bornerons à déduire de cette leçon un seul résultat général.

La putréfaction, comme la combustion, se rattache aux fermentations. Toutes les actions de décomposition organique ou de destruction vitale dont l'organisme est le théâtre se ramènent en somme à des fermentations... (p. 178).

Résumons tout ce qui précède en disant que, pour Claude Bernard, la vie se compose de synthèses organiques et de destructions organiques, et que toutes les actions de décomposition organique se ramènent à des fermentations.

Par ces conceptions sur les phénomènes de la vie, Bernard croyait à une opposition obligée entre les phénomènes de vie ou de synthèse et les phénomènes de mort ou de destruction, entre la vie proprement dite et les fermentations. De là, et d'une manière nécessaire, la condamnation des conclusions expérimentales de mes études au sujet des fermentations proprement dites, car il existe, suivant moi, certaines conditions où, soudainement, apparaissent des actes de fermentation en relation directe avec les

actes nutritifs et les synthèses organiques. Cela arrive toutes les fois qu'il y a vie, formation de cellules, synthèse de principes immédiats, et, plus généralement même, phénomènes organiques, mutations chimiques dans les tissus et les cellules, sans intervention de gaz oxygène libre. J'ai vu les cellules de la levûre se multiplier hors de tout contact avec l'air. J'ai semé des vibrions dans un liquide au sein du vide le plus parfait ou dans un milieu saturé d'acide carbonique pur, et dans des conditions même où l'être microscopique n'avait à sa disposition, pour constituer tous les principes carbonés, azotés et minéraux de ses générations successives, que de l'acide lactique, ou de l'acide tartrique ou de la glycérine, de l'ammoniaque, des phosphates, etc. Corrélativement à la multiplication et au mouvement de ces vibrions, hors du contact de l'air, j'ai vu l'acide lactique former tous les produits de la fermentation butyrique la mieux caractérisée. Ces faits et beaucoup d'autres du même ordre ont subi, un peu partout, en Allemagne notamment, l'épreuve de la contradiction, et les mêmes observateurs qui avaient déclaré la vie sans air impossible sont venus loyalement à résipiscence. On peut, à ce sujet, consulter la discussion que j'ai soutenue avec le savant naturaliste Oscar Brefeld (1). Or, ces résultats sont incompatibles avec les vues systématiques de Claude. Bernard. Pour moi qui ne suis pas enchaîné à un système, je constate simplement qu'il existe une vie sans air et que, quand elle se manifeste, la fermentation

(1) Voir *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXX, p. 452, 1875, et mes *Études sur la Bière*, p. 270; 1876.

apparaît. Bernard, dominé par un système, veut de toute nécessité retrouver dans la vie du ferment les deux grandes divisions qui se partagent selon lui les manifestations vitales, synthèse organique et décomposition organique; il faut, en outre, qu'il les retrouve distinctes et déterminées par des fonctionnements physiologiques différents. Pour moi, la vie, les synthèses organiques, provoquent la décomposition, parce que la vie se fait par le concours de l'oxygène des combinaisons, sucre, acide lactique, acide tartrique, etc..., sans que le gaz oxygène libre extérieur intervienne. Pour Bernard, les synthèses organiques procèdent de phénomènes tout autres que ceux des destructions organiques, le même mécanisme ne pouvant à la fois édifier et détruire; il admet une classe de phénomènes physiologiques propre aux synthèses, une autre propre aux destructions. Tandis que ces mots, *vie* et *fermentation*, jurent dans son système, ils couvrent, suivant moi, la plus étroite solidarité, à la seule condition que la vie ait lieu sans air.

A la rigueur, Bernard ne nie pas que la vie et la fermentation puissent être réunies et solidaires, mais le déterminisme des phénomènes ne serait pas celui que je prétends établir. Comment pourra-t-il concilier les faits que j'ai observés avec les déductions de son système? Il imagine cette hypothèse, que, au fur et à mesure que les cellules s'édifient sous l'influence de la nutrition et de la génération, une *diastase*, un FERMENT SOLUBLE prend naissance, ferment soluble qui provoque à lui seul la fermentation alcoolique. Cette hypothèse sauvera le système; grâce à

elle, ce n'est plus la vie qui fera la fermentation, c'est une substance intermédiaire, c'est le ferment soluble, qui agira à la manière d'un phénomène chimique (1). Rappelons-nous les paroles de Bernard à M. d'Arsonval dans les mois qui ont précédé sa mort : *Il faut affranchir la fermentation de la vitalité des cellules*. En d'autres termes, il faut que la fermentation soit un phénomène de mort, un phénomène de destruction, un phénomène cadavérique, un phénomène d'ordre chimique; ce ne peut être un acte lié à la vie. Celle-ci édifie, celle-là détruit. Or, l'édification et la destruction de divers principes immédiats ne sauraient résulter d'un même acte physiologique.

Supprimez l'hypothèse du ferment soluble produit au fur et à mesure de la multiplication des cellules de la levûre, et vous n'aurez plus en présence que deux choses, la formation de cellules et la fermentation, c'est-à-dire des synthèses et des décompositions, celles-ci faites par celles-là, ce qui est incompatible avec la conception de Bernard au sujet des phénomènes de la vie. Grâce au ferment soluble, on a en présence « des synthèses morphologiques » avec leurs lois et leur physiologie propre, et, d'autre part, « des décompositions » d'ordre chimique dues au ferment so-

(1) Dans la Note XXI de son manuscrit, Bernard se pose cette question : « Pourquoi cependant la levûre de bière en forme-t-elle (de l'alcool) en si grande quantité? »

Et il répond :

« Parce qu'elle se reproduit avec une grande activité. » Cela signifie qu'elle produit une grande quantité de ferment soluble, les phénomènes de destruction organique allant de pair, selon Bernard, avec ceux de multiplication et de synthèse, sous le rapport de leur activité.

luble. « Il y a dans la fermentation deux états à étudier, dit Bernard : décomposition et synthèse morphologique. » Il les retrouve ici dans des actes séparés.

Ce ferment soluble alcoolique, Bernard l'a-t-il rencontré dans la fermentation par la levûre? Il ne s'explique pas sur ce point, mais l'existence de ce corps est une déduction obligée de son système, et, si on le poussait à bout, il dirait volontiers avec M. Berthelot « que si on ne trouve pas le ferment soluble, c'est qu'il se consomme au fur et à mesure de sa production (1) », ce qui n'est qu'une hypothèse ajoutée à une autre, mais une hypothèse très-habile à coup sûr, puisqu'elle supprime jusqu'à la possibilité de la discussion et de la contradiction.

Heureusement pour ma critique, Bernard va plus loin que M. Berthelot. La présence d'un ferment alcoolique soluble existe pour lui à n'en pas douter dans le jus du raisin mûr, surtout dans le jus des grains pourris, en général dans tout ce qui se putréfie; il ajoute que la démonstration de ce fait devient très-facile avec l'infusion de levûre ancienne (*voir* Note XXIV).

Pourquoi cette nécessité de la présence d'un ferment alcoolique soluble dans le jus de raisin qui pourrit? Ici se dévoilent encore, tout à la fois, les idées systématiques de Bernard et la tyrannie qu'elles exercent sur son esprit.

(1) BERTHELOT, *Comptes rendus*, t. LXXXVII, p. 189.

Qu'on le remarque bien, l'existence d'un ferment soluble alcoolique ne changerait rien à ma manière de voir, à la seule condition toutefois qu'il fût prouvé que ce ferment nait dans les cas où il y a vie sans air.

Sans cesse apparaissent sous sa plume des mots tels que ceux-ci : levûre de bière pourrie, pancréas qui pourrit, raisin pourri, marc de raisin pourri, jus pourri....

Quelle idée se faisait donc Claude Bernard de la pourriture des grains de raisin? La Note XXI va nous l'apprendre : « La pourriture, dit-il, n'est qu'une maturité anticipée. » Sans nul doute, le mot *anticipée* est pris ici dans une acception impropre, échappée au courant de la plume. C'est maturité *avancée* qu'il veut dire.

Se peut-il que l'esprit pénétrant de Bernard se soit montré satisfait de vues aussi vagues? Pour comble de malheur, ses observations et ses expériences vont achever de le tromper : il écrase des raisins pourris, les exprime dans un linge, distille le jus qui s'écoule et le compare au jus de raisins sains et mûrs. Dans ce dernier, il ne trouve que des traces plus ou moins douteuses d'alcool; là, il en obtient de notables quantités. Mettant alors en correspondance le fait qu'il constate avec cette étrange opinion que la pourriture est une maturité avancée, il conclut que « la formation de l'alcool est en rapport avec la maturité des fruits », que, au fur et à mesure que la maturité avance, il se fait de l'alcool, peu d'abord, puis davantage, et beaucoup dans la maturité extrême ou pourriture.

Cette théorie paraîtra singulière à coup sûr. Dans l'esprit de Bernard, elle est naturelle et obligée. Voici, en effet, l'une de ses déclarations : *Les phénomènes de destruction organique sont les mêmes, soit par suite du fonctionnement vital, soit dans le cadavre après la mort.* Or, dirait Bernard, le grain de raisin mûr et qui va pourrir

n'est-il pas le cadavre de ce grain, puisque sa vie est achevée et qu'il doit être livré dès lors aux phénomènes de destruction organique? Le ferment alcoolique soluble, existant pour Bernard dans la levûre de bière en action, c'est-à-dire pendant le fonctionnement vital, peut donc être cherché avec succès dans le grain de raisin prêt à pourrir ou qui pourrit.

Nous voyons par ce qui précède le rôle prépondérant que Bernard était porté à attribuer aux ferments solubles dans les actes soit de fermentation, soit de destruction organique, pour emprunter son langage. On lui eût posé cette question : Comment un cadavre disparaît-il, qu'il eût invoqué principalement, j'en suis persuadé, des actions de ferments solubles (1).

Bernard méconnaît ici deux choses : d'une part, que les *diastases*, jusqu'à présent du moins, n'ont opéré que des phénomènes d'hydratation ; d'autre part, et cette remarque est essentielle, que les ferments solubles n'ont encore été produits que par un fonctionnement vital. Il faut des cellules en pleine activité pour former la diastase, la pepsine, l'émulsine.... Les phénomènes de *diastases* qui peuvent s'accomplir dans un végétal ou dans le cadavre après la mort doivent être de courte durée, par suite du non-

(1) Je pourrais demander quelle est la nécessité que la pourriture du grain soit déterminée par un ferment soluble alcoolique. Pourquoi le sucre ne disparaîtrait-il pas d'une autre manière que par la fermentation? Je pourrais faire observer que le sucre n'est pas le seul principe immédiat du grain et que ce n'est certes pas le prétendu ferment alcoolique soluble qui réduirait à leurs éléments l'acide tartrique et les matières azotées. Pour la destruction de ces principes immédiats, Bernard aurait dû en conséquence imaginer d'autres ferments solubles. Ne savait-il pas très-bien qu'après la mort il y a destruction de ce qui a vécu par des combustions également dues à l'action d'organismes microscopiques?

Sans cesse apparaissent sous
que ceux-ci : levûre de bière pour
raisin pourri, marc de raisin pourri.

Quelle idée se faisait donc l'auteur
de la pourriture des grains de raisin? Je
prendre : « La pourriture, est
anticipée. » Sans nul doute
dans une acception impropre
plume. C'est maturité *avancée*.

Se peut-il que l'esprit pensant
satisfait de vues aussi raisonnables
observations et ses expériences
il écrase des raisins pour en
tiller le jus qui s'écroute
sains et mûrs. Dans ces cas
plus ou moins douteuses
tables quantités. Il est évident
qu'il constate avec certitude
est une maturité avancée
l'alcool est en quantité
au fur et à mesure que
l'alcool, peu à peu, s'écroute
maturité.

...pote à l'admettre dans l'état actuel de la
...examiné par milliers des grains de raisin
...n'en ai pas trouvé un seul qui ne présentât à
...ou plusieurs points d'attaque de moisis-
...
...prenez le grain de raisin mûr dans un vase quelconque
...de l'air humide, mais vierge de poussière vivante,
...le retrouverez après des siècles, sucré, acide, aussi
...que si vous aviez enfermé dans le vase certaines
...minérales, moins altéré même que du fer, aussi
...que des cristaux de sucre ou d'acide tartrique, pas plus
...du moins, que le sang et l'urine que j'extraits du corps
...main en bonne santé et que j'enferme dans des vases ou-
...où ne peut circuler qu'un air pur. Le raisin ne pourrit
...contact de l'air que par l'action de moisissures qui se
...développent à sa surface et dans son intérieur après que
...air commun, toujours plus ou moins chargé des graines
...de ces petites plantes, en a déposé une ou plusieurs sur sa
...pellicule. J'ajoute que toute la scène des altérations chan-
...geait, tant ces phénomènes sont peu spontanés, si le suc
...intérieur du grain de raisin, au lieu d'être acide, était al-
...calin à la manière des liquides du cadavre humain.

Claude Bernard a passé à côté de ces vérités. Lui, qui
...avait éloquemment prouvé le danger des systèmes en I-
...siologie, est devenu à son tour le serviteur incons-
...de ses idées préconçues : un aiguillon intérieur nous po-
...à franchir les limites que notre ignorance nous impose. I-
...les mêmes Chapitres où Bernard établit l'insuffisance

définitions de la vie proposées par les physiologistes ses devanciers, ne voulant pas *rester lui-même sur une négation*, comme il le dit expressément, il est entraîné à *formuler la conception à laquelle son expérience l'a conduit*. Il ne s'aperçoit pas, quoiqu'il l'ait souvent aperçu chez les autres, qu'un système, si rigoureux qu'il soit, est, quoi qu'on fasse, l'expression synthétique d'un ensemble incomplet de connaissances acquises, dont les déductions, œuvres pures de l'entendement, sont autant d'écueils qui naissent sous les pas et qui exposent à forcer le système. Non, les manifestations de la vie ne sont pas toutes comprises dans les deux divisions et les deux séries de phénomènes que Bernard avait conçues : celles-ci correspondaient peut-être, quand il les a formulées, à ce qu'il savait de la vie ; elles ne pouvaient embrasser ce qu'il en ignorait. Que des faits nouveaux viennent à surgir, qu'on découvre, par exemple, comme je prétends l'avoir fait, que d'une part la vie sans air est possible, que de l'autre la loi évolutive du germe cachée dans chaque cellule de l'organisme manifeste encore sa puissance après la mort, même en dehors de tout contact avec l'oxygène de l'air, et il se pourra que le système nouveau y trouve sa pierre d'achoppement. C'est précisément ce qui est arrivé, suivant moi, en ce qui concerne les vues de Bernard. Dieu me garde d'être, à mon tour, systématique, mais pourquoi ne dirais-je pas que j'ai cette confiance intime que les actions des ferments solubles s'effaceront un jour, même dans la physiologie des êtres supérieurs, devant celles de la vie sans air ? Ces actions

de vie sans air, Bernard faisait plus que de les ignorer, il n'en voulait pas : c'est qu'elles contredisaient ses conceptions sur la vie.

Une fois engagé dans la voie de l'erreur, il est malaisé d'en sortir. Le manuscrit de Bernard va nous en fournir un nouvel exemple. Après avoir montré que cet écrit est principalement une œuvre de déductions *a priori*, il me reste à en discuter les observations et les expériences. Explicitement ou implicitement, elles sont toutes comprises dans les conclusions magistrales qui la terminent.

« La théorie (de Pasteur) est détruite :

» 1° Ce n'est pas la vie sans air; car, à l'air comme à l'abri de son contact, l'alcool se forme sans levûre ;

» 2° Le ferment ne provient pas de germes extérieurs, car, dans les jus aplasmiques ou inféconds (verjus et jus pourris), le ferment ne se développe pas quoiqu'il soit sucré. Si l'on y ajoute du ferment, alors ils fermentent.

» 3° L'alcool se forme par un ferment soluble en dehors de la vie.

» Dans fruits pourris ou mûrissants, il y a alors décomposition du fruit et non synthèse biosique de levûre ou de végétation. L'air est absolument nécessaire pour cette décomposition alcoolique.

» 4° Ce ferment soluble se trouve dans le jus retiré du fruit (jus pourris); l'alcool continue à s'y former et à augmenter.

» Avec l'infusion de levûre ancienne la démonstration devient encore plus facile.

» 5° Il y a dans la fermentation deux états à étudier :

» A. Décomposition.

» B. Synthèse morphologique. »

Reprenons une à une ces assertions et les preuves que le manuscrit essaye d'en donner.

1° *Ce n'est pas la vie sans air, car, à l'air comme à l'abri de son contact, l'alcool se forme sans levûre.*

Claude Bernard constate, en effet, que le jus des grains pourris qu'on vient de prendre sur le cep ou sur des raisins conservés dans un fruitier contient de l'alcool en quantités variables, mais toujours sensibles, et que ces grains sont exempts de levûre. La pourriture, suivant Bernard, se produisant au libre contact de l'air, l'alcool se forme donc à l'air et sans levûre. Cette interprétation n'a que l'apparence de l'exactitude, parce que Bernard ne rapporte pas la pourriture à sa vraie cause. Je répète que loin d'être une maturité avancée, comme il le suppose, c'est-à-dire un acte chimique spontané, la pourriture est constamment le résultat de la présence de moisissures à la surface et dans l'intérieur des grains. Dès 1862, j'ai prouvé que les moisissures, pendant leur vie, absorbent l'oxygène de l'air et dégagent de l'acide carbonique; ultérieurement, dans mes *Études sur la bière*, j'ai reconnu qu'elles produisent de l'alcool lorsque l'oxygène de l'air leur fait plus ou moins défaut. Un des meilleurs moyens, à ma connaissance, pour enlever tout l'oxygène dissous dans un liquide organique, fût-il même largement exposé à l'air, et d'empêcher que ce liquide dissolve ce gaz de nouveau consisterait à faire pousser à sa surface un ou plusieurs îlots de moisissures. L'intérieur d'un

grain de raisin qui pourrit, ou plutôt qui moisit, ne peut donc contenir, particulièrement dans la région sous-jacente à sa pellicule moisie, du gaz oxygène dissous en quantité sensible. Le grain est à l'air, l'intérieur du grain n'y est pas et les cellules de son parenchyme, ainsi que les tubes mycéliens qui pénètrent dans le grain, se trouvent dans les conditions où ils peuvent faire produire de l'alcool au fruit. Bernard ne s'est pas rendu compte de ces faits. A deux reprises, néanmoins, il fait allusion à la formation d'alcool par les moisissures. Il dit même (Note XIV) : « Il faudra étudier ces végétations spéciales qui sont accompagnées de la formation d'alcool, à *flots*, comme dans le cas de formation de levûre. » Mais ce qu'il omet d'indiquer, c'est l'existence constante des moisissures sur tous les grains pourris, c'est l'absence complète de toute trace de pourriture lorsque les moisissures font défaut.

A l'abri de l'air également, l'alcool se forme sans levûre, dit Bernard. Il fait ici allusion aux expériences de MM. Lechartier et Bellamy et de Luca. La manière dont il les interprète est aussi étrange qu'inadmissible : « Ces expériences (Note XXII) sont vraies ; mais il est inutile de soustraire les feuilles et les fruits à l'air. Ils les font pourrir à l'abri de l'air, et voilà tout ; mais, pourris au contact de l'air, c'est la même chose. Donc la fermentation n'est pas la vie sans air. » Ces derniers mots sont soulignés dans le manuscrit.

Tout ce que nous savons maintenant des expériences dont il s'agit ne peut autoriser en aucune façon un pareil jugement, lequel n'eût même pas été admissible lorsque

les expériences dont il s'agit n'avaient encore été faites que dans la première forme que leur avaient donnée, en 1869, MM. Lechartier et Bellamy, c'est-à-dire lorsqu'ils plaçaient les fruits dans de grands vases remplis d'air, où ils étaient abandonnés pendant plusieurs mois. La modification que j'ai apportée à l'expérience de M. Lechartier consiste à plonger les fruits tout à coup dans des vases remplis de gaz acide carbonique et non d'air. J'ai vu que, dans ces conditions, la formation de l'alcool apparaît dès les premiers jours qui suivent. Lorsque les fruits sont placés dans l'air, il faut que l'oxygène soit en premier lieu absorbé avant que les cellules manifestent les effets qui leur sont propres. En attendant, on ignore ce qui peut se passer à l'intérieur du fruit; mais la formation de l'alcool par les fruits au moment où ceux-ci passent de l'air dans le gaz inerte est la preuve indiscutable que ces nouveaux phénomènes relèvent d'une sorte de vie physique et chimique des cellules du fruit. On est porté d'autant mieux à expliquer ainsi les faits découverts par MM. Lechartier et Bellamy que, d'après mes observations, les feuilles et tous les organes végétaux, en général, se comportent comme les fruits. Cette vie physique et chimique des cellules doit être confondue avec celle que manifestent les ferments figurés alcooliques proprement dits lorsqu'ils sont privés d'air, et les faits dont il s'agit rentrent dès lors dans la théorie que j'ai proposée dès 1861 pour l'explication de la plupart des fermentations proprement dites. Non-seulement cette interprétation a été acceptée par MM. Lechartier et Bellamy, mais ils l'ont confirmée par de nouvelles expériences personnelles.

MM. Lechartier et Bellamy, et M. Gayon, à son tour, ont donné, en effet, une preuve remarquable de cette manière de voir lorsqu'ils ont eu l'idée (*Comptes rendus de l'Académie*, t. LXXXIV, année 1877) d'arrêter toute vie des cellules des fruits, en plaçant ceux-ci dans des vases remplis de gaz inertes et de vapeurs toxiques ou antiseptiques, ou mieux anesthésiantes, telles que le chloroforme, l'éther, le sulfure de carbone, etc. En même temps que la vie des cellules est éteinte par ces vapeurs, la formation d'alcool et le dégagement de gaz carbonique par les fruits sont suspendus.

M. Müntz a fait mieux encore : il a laissé les plantes sur le sol, les a enveloppées d'une atmosphère de gaz inerte, a constaté la formation de l'alcool ; puis, remplaçant les plantes dans leur état ordinaire, il les a vues continuer leur vie normale, prouvant ainsi qu'aucune altération profonde n'avait pu se produire dans leur structure intime.

Il y avait un intérêt réel à mettre en évidence, mieux encore que je ne l'avais fait antérieurement, ce qu'il y a de soudain dans les effets du passage de la vie des grains exposés à l'air à leur vie sans air. Or j'ai reconnu qu'un séjour des fruits, aussi court que possible, dans le gaz acide carbonique, suffit à faire apparaître l'alcool⁽¹⁾. Je suis convaincu qu'en opérant sur une quantité assez grande de raisins

(¹) Lorsque je dis que *la vie continue dans les cellules* d'un fruit, d'une feuille, d'un organe quelconque après qu'on l'a plongé dans le gaz acide carbonique, j'entends désigner seulement une continuation d'actes chimiques à l'intérieur des cellules dès que les manifestations ordinaires de la vie par l'air sont suspendues. Je veux attester, ce que démontre

on pourrait facilement démontrer que le caractère du phénomène se dessine au bout d'une minute et moins encore. L'échange des gaz dans le poumon et les actions chimiques qui en résultent n'ont probablement pas plus de soudaineté, et c'est là une circonstance d'un intérêt vraiment supérieur sous le rapport physiologique. Invoquer sans preuves, pour l'explication de tels résultats, le fait d'une action vague de pourriture ou de maturité avancée est tout à fait insoutenable.

J'arrive maintenant aux conclusions 2^o, 3^o et 4^o, savoir : *que le ferment ne provient pas de germes extérieurs, que l'alcool se forme par un ferment soluble en dehors de la vie, lequel ferment soluble se trouve dans le jus retiré du fruit où l'alcool continue de se produire et d'augmenter.*

Quoique l'expression de *génération spontanée de la levûre* ne soit prononcée nulle part dans le manuscrit de Bernard, la chose s'y trouve très-explicitement, à maintes reprises. Bernard y formule, en outre, une théorie de cette génération. Dans ses conceptions philosophiques, Bernard laissait volontiers sa pensée courir à l'aventure, plus qu'on ne le pense et plus qu'il ne le disait lui-même. D'une na-

d'ailleurs l'observation, qu'il n'y a pas arrêt subit d'actions organiques et de mutations chimiques dans les solides et dans les liquides du fruit, de la feuille, de l'organe.

Si j'osais ainsi m'exprimer, je dirais que les cellules ont un *potentiel* de vie qui ne s'éteint pas avec la suppression du gaz oxygène ni avec la vie proprement dite due à l'influence de ce gaz ; je dirais que la puissance d'évolution du germe se poursuit dans le nouveau déterminisme des phénomènes et naturellement avec des résultats particuliers, au nombre desquels se rencontrent des actes de fermentation :

ture douce et sociable, vivant dans ce monde d'élite de l'Académie française où dominent les idées spiritualistes, il gardait volontiers, dans la conversation, et surtout la plume à la main, des ménagements vers lesquels le portait un esprit de doute bienveillant sur tout ce qui échappait à ses démonstrations. Il n'y a que des savants à l'esprit téméraire qui puissent faire parade d'une philosophie qu'ils seraient impuissants à établir. Je ne suis donc nullement surpris de trouver dans le manuscrit de Bernard une théorie de la génération spontanée, et cette conclusion que le ferment du raisin ne provient pas de germes extérieurs. Mais j'ai le droit d'être sévère lorsque je vois cette théorie reposer tout entière sur l'affirmation *que dans le jus du grain de raisin mûr il existe une force qu'il appelle PROPRIÉTÉ PROTOPLASMIQUE, propriété qui n'existe pas encore dans le verjus et qui est déjà tuée dans le jus des grains pourris*, dont toute la puissance enfin se manifeste dans le jus du raisin mûr. Il suppose que cette force apparaît et grandit au fur et à mesure que la maturité se développe. En conséquence, il nomme *aplasmiques* ou *inféconds* les jus des verjus et des grains pourris, *plasmiques* ou *féconds* les jus des grains mûrs. Bernard ne se borne pas à l'hypothèse de cette force occulte. Il ajoute que cette propriété de fécondité organisatrice se manifeste exclusivement au contact de l'air; dans le grain mûr, encore sur sa grappe, elle est à l'état latent, mais, dès qu'on l'écrase et que le jus en est exposé à l'air, la propriété protoplasmique apparaît et la levûre se forme, subitement pour ainsi dire.

On pourrait ne pas croire à cet exposé des opinions de

Bernard au sujet de la génération spontanée de la levûre si je ne le justifiais par des citations textuelles; je me bornerai aux suivantes :

.... La levûre ne se forme que dans les jus où existe la formation protoplasmique. Elle n'a plus lieu dans les jeunes jus (verjus). Elle n'a plus lieu dans les jus pourris, où la force plasmatique est tuée (1). (Note XX.)

.... Dans le jus mûr protoplasmique seul, la levûre se montre avec la formation de l'alcool. (Note XXIII.)

Ces hypothèses gratuites se confondent avec l'hémiorganisme de M. Fremy, avec la théorie des globulins punctiformes du D^r Turpin.

J'éprouve, à la lecture de ces opinions de Bernard, autant de surprise que de chagrin : de surprise, parce que le ferme esprit que je m'étais habitué à admirer en lui est partout absent dans ce mysticisme physiologique; de chagrin, parce que notre illustre confrère fait ici très-bon marché des démonstrations que j'ai données. N'avais-je pas, par exemple, dès 1872, et plus particulièrement dans mes *Études sur la bière*, en 1876, décrit minutieusement le moyen d'extraire du jus de raisin de l'intérieur d'un grain, d'exposer ensuite ce jus au contact de l'air pur, et n'avais-je pas montré que, dans ces conditions, il ne se forme ni levûre ni fermentation alcoolique ordinaire?

(1) Chose curieuse, il se contredit tout aussitôt, car il ajoute, entre parenthèses : (Cependant addition d'eau la détermine. Avoir des jus pourris bien purs.) Évidemment une addition d'eau ne peut pas créer la force plasmatique. Elle n'est donc pas tuée, comme il le dit. Ce fait seul aurait pu l'avertir qu'il ne possédait pas le déterminisme exact des phénomènes dont il parle et l'engager à rejeter ses théories *a priori*.

Il m'a été pénible également de penser que tout ceci se produisait sous le patronage de mon éminent confrère M. Berthelot.

Devais-je, comme me l'avaient conseillé des amis bienveillants, laisser tomber dans l'oubli ces contradictions inattendues et m'en tenir à la protestation que j'avais lue à l'Académie des Sciences dès le surlendemain de la publication du manuscrit de Bernard? Je ne crus pas devoir suivre ce conseil : c'eût été me dérober à la défense de la vérité; mon abstention, d'autre part, m'eût paru peu respectueuse pour la mémoire de Bernard.

J'avais à cœur également de reprendre tout le travail de mon illustre confrère et de mettre en lumière, mieux qu'il ne paraissait avoir eu le temps de le faire, ce que pouvait renfermer d'utile et de neuf son manuscrit, et d'en prendre moi-même l'occasion de prouver une fois encore mes conclusions antérieures. Les principes sont-ils jamais trop bien établis! De plus, j'avais formé autrefois un projet dont m'avaient détourné les dépenses importantes que devait en coûter l'exécution (1). Mes scrupules, à l'égard de

(1) Au printemps de 1876, j'avais tenté de mettre à exécution mon projet (sur le blé et l'orge) dans le jardin de l'École Normale supérieure; mais un dispositif insuffisant et trop parcimonieux ne m'avait pas permis de tirer un sûr profit des résultats obtenus. Il faut dire à l'honneur du gouvernement actuel que la Science, depuis quelques années, n'est plus aux prises avec la misère d'installations préjudiciables à ses progrès. L'administration a très-heureusement développé et dans une large mesure les intentions libérales qui s'étaient fait jour à la fin de l'empire, et qui, sous le ministère de M. Duruy, avaient reçu un commencement d'exécution par la création féconde de l'École des Hautes Études.

ces dépenses, s'effaçaient en présence d'un incident qui atteignait sur tous les points des études auxquelles j'avais consacré déjà plus de vingt années d'efforts. Le débat intéressait d'ailleurs tout à la fois la Science et l'Académie, en mettant contradictoirement en présence les opinions de plusieurs membres de cette illustre Compagnie.

A peine avais-je fait à l'Académie ma Communication du 22 juillet 1878, que, sans trop de souci des crédits que j'aurais à réclamer ultérieurement, je commandai en toute hâte plusieurs serres vitrées, avec l'intention de les transporter dans le Jura, où je possède une vigne de quelques dizaines de mètres carrés. Il n'y avait pas un instant à perdre; voici pourquoi :

J'ai démontré, dans un des Chapitres de mes *Études sur la bière*, qu'il n'existe pas encore de germes de levûre sur les grappes des raisins qui sont à l'état de verjus, ce qui, dans le Jura, a lieu vers la fin de juillet. Nous sommes, me disais-je, à une époque de l'année où, grâce au retard de la végétation, dû à une saison froide et pluvieuse, les raisins sont précisément à l'état de verjus dans le canton d'Arbois. En prenant ce moment pour enfermer des pieds de vigne dans des serres presque hermétiquement closes, j'aurai en octobre, pendant les vendanges, des pieds de vigne portant des raisins mûrs sans germes extérieurs des levûres du vin. Ces raisins, étant écrasés avec les précautions nécessaires pour ne pas introduire de germes de ces levûres, ne pourront ni fermenter ni faire du vin. Je me donnerai le plaisir d'en rapporter à Paris, de les présenter à l'Académie et d'en offrir quelques

grappes à ceux de nos confrères qui peuvent croire encore à la génération spontanée de la levûre.

Je rappellerai que, dans mes *Études sur la bière*, j'ai montré que des grappes entières de raisins mûrs, prélevées dans des serres, pouvaient être écrasées sans qu'il y eût fermentation ultérieure de la masse. En outre, on trouvera dans cet Ouvrage l'alinéa suivant :

« Une autre conséquence se dégage de tous les faits que nous avons exposés relativement à l'origine des levûres du vin : c'est qu'il serait facile de cultiver un ou plusieurs ceps de vigne, de façon que *les raisins récoltés, même à l'automne*, qui auraient poussé sur ces ceps, fussent incapables de fermenter spontanément après qu'on les aurait écrasés pour en faire écouler le jus. Il suffirait de soustraire les grappes aux poussières extérieures pendant la durée de la végétation et de la maturation des grains, et de pratiquer l'écrasement dans des vases bien purgés des germes de levûres alcooliques. Tous les fruits, tous les végétaux, se prêteraient à ce genre d'importantes recherches, dont les résultats, suivant moi, ne sauraient être douteux. »

On peut se convaincre par ce passage, publié en 1876, combien peu je payais d'audace lorsque le 22 juillet 1878, deux jours après la publication de la *Revue*, j'écrivais : « Si, malgré tout ce que je viens de dire, on voulait faire de ces NOTES une sorte de manifeste contre mes travaux..., malgré le profond respect que j'ai toujours eu pour notre illustre confrère, je dirais franchement que Bernard s'est trompé, que toutes les expériences dont il parle, souvent d'ailleurs de son propre aveu, sont douteuses et incertaines et que, suivant moi, celles qui sont vraies sont mal interprétées. »

Le 4 août 1878, grâce à l'empressement et à l'habileté de M. Oscar André, constructeur, mes serres étaient achevées, prêtes à être montées. Le travail de montage des fers et de la vitrerie fut terminé en quelques jours.

Pendant et après l'installation des serres, je recherchai avec soin si les germes de la levûre étaient réellement absents sur les grappes de verjus, comme je l'avais reconnu autrefois et comme on peut en voir le détail dans mes *Études sur la bière*. Le résultat fut celui que j'avais prévu ; dans un grand nombre d'essais, je constatai que les verjus des vignes, dans le canton d'Arbois, et notamment ceux qui recouvraient les pieds placés sous les serres, ne portaient pas trace de germes de levûre au commencement du mois d'août 1878.

Dans la crainte qu'une fermeture insuffisante des serres n'amènât des germes sur les grappes, j'eus la précaution, tout en laissant quelques grappes libres, d'en enfermer un certain nombre sur chaque pied avec du coton qui avait été porté à la température de 150 degrés environ.

La Planche ci-jointe représente, à l'échelle de $\frac{1}{16}$, une des serres dont j'ai fait usage et l'aspect des grappes enveloppées de coton ou libres. En T et en t j'avais réservé de petites ouvertures pour la circulation de l'air. Il eût été prudent de garnir ces ouvertures avec de la ouate. J'avais omis de le faire et il n'en est pas résulté d'inconvénients appréciables pour le succès des expériences.

De retour à Paris le 16 août, j'attendis patiemment l'époque de la maturité des raisins. Je revins dans le Jura le



Le 4 août 1878, grâce à l'empressement et à l'habileté de M. Oscar André, constructeur, mes serres étaient achevées, prêtes à être montées. Le travail de montage des fers et de la vitrerie fut terminé en quelques jours.

Pendant et après l'installation des serres, je recherchai avec soin si les germes de la lèpre étaient réellement absents sur les grappes de verjus, comme je l'avais reconnu antérieurement et comme on peut en voir le détail dans mes *Études sur la lèpre*. Le résultat fut celui que j'avais prévu : dans un grand nombre de cas, je constatai que les grappes des vignes, dans le vignoble d'Arbois, et notamment ceux qui avoisinaient les pieds plantés sous les serres, ne possédaient pas de germes de lèpre au commencement de novembre 1878.

Longs de crainte qu'une hermeture insuffisante des serres produisît des germes sur les grappes, j'en laissai quelques-unes libres, d'en couvrir un certain nombre sur chaque pied avec du verre dépoli, afin de porter à la température de 15^e degrés centigrades.

Les vignes furent examinées, à l'échelle de $\frac{1}{12}$, une fois par semaine, par leur aspect et l'aspect des grappes enveloppées de verre dépoli. Dix fois en tout j'avais réservé de petites hermetures pour la circulation de l'air. Il n'eût été possible de garder ces hermetures sous de la main, j'avais omis de le faire et il n'en est pas résulté d'inconvénients appréciables pour le succès des expériences.

De retour à Paris le 15 août, j'attendis patiemment l'époque de la maturation des raisins. Je revins dans le Jura le



SERRE
REDUITE AU $\frac{1}{2}$



GRAPPE LIBRE



GRAPPE ENVELOPPEE

17 septembre, très-anxieux de connaître l'état des ceps de vigne enfermés. Au premier regard jeté sur les grappes, je fus douloureusement impressionné. Comme j'avais blanchi au blanc de céruse toutes les vitres, afin de calmer l'ardeur du soleil des mois d'août et de septembre, il arriva que les raisins des pieds de vigne sous les serres, pour les divers cépages en expérience et par les motifs que je vais faire connaître, étaient, pour ainsi dire, restés entièrement à l'état de verjus. Je craignis dès lors de ne pas voir mûrir mes précieux raisins et que tout fût à reprendre une autre année.

Voici le singulier phénomène de végétation qui s'était produit entre le jour de mon départ d'Arbois, le 16 août, et le jour de mon retour, le 17 septembre. Sous l'influence, sans nul doute, de la chaleur obscure et humide des jours où le soleil avait dardé sur les serres blanchies, une végétation exubérante s'était produite. De longs rameaux couverts de belles feuilles, et même de petits raisins nouveau-venus dont les grains n'avaient que la grosseur de têtes d'épingle (notamment sur un pied de *ploussard*) s'étaient développés. Pour employer le langage des vigneron du pays, la *force* de la vigne s'était portée sur le *bois*, sur les rameaux, sur les feuilles, et non sur les grappes, qui n'avaient, en quelque sorte, nullement profité de la sève et de la chaleur. L'arrêt de la maturation était plus marqué pour les grappes recouvertes de coton que pour les grappes libres, où il était cependant fort sensible. Comme sous les tropiques, la végétation foliacée avait nui à la formation et à la maturation des fruits.

Mais, dans la seconde quinzaine de septembre et la première quinzaine d'octobre, avec une chaleur plus douce et une terre plus sèche, j'eus la satisfaction de voir les choses changer du tout au tout. Ce furent les raisins cette fois, et non les rameaux, qui profitèrent de l'état de la saison, les raisins qui étaient *encotonnés* comme ceux qui étaient libres. Il n'y eut de différence entre ces deux sortes de grappes que sous le rapport de la coloration des grains.

Vers le 10 octobre, les raisins des serres étaient mûrs; à travers la peau des grains on distinguait nettement les pepins, et, au goût, ils étaient aussi sucrés que la plupart des raisins en pleine vigne; seulement, sous le coton, les raisins, naturellement noirs, étaient à peine colorés, plutôt violacés que noirs, et les raisins blancs n'avaient pas la teinte jaune dorée des raisins blancs exposés au soleil. Néanmoins, je le répète, la maturité des uns et des autres ne laissait rien à désirer.

Le 10 octobre, je fis ma première expérience sur les grains des grappes libres et sur ceux des grappes recouvertes de coton comparativement avec les grains des grappes restées en plein air. Le résultat dépassa, pour ainsi dire, mon attente. Les tubes aux grains des grappes de plein air fermentèrent par les levûres du raisin après trente-six ou quarante-huit heures de séjour dans une étuve dont la température variait entre 25 et 30 degrés; pas un, au contraire, des nombreux tubes à grains des grappes recouvertes de coton n'entrèrent en fermentation par les levûres alcooliques, et, chose remarquable, il en fut de même pour les grains des grappes libres sous les serres. C'était

l'expérience déjà décrite dans mes *Études sur la bière*.

Les jours suivants, je répétais ces expériences et j'obtins les mêmes résultats. Aujourd'hui encore, après une multitude d'essais, j'en suis au même point, c'est-à-dire qu'il m'a été impossible d'obtenir *une seule fois* la fermentation alcoolique par les levûres à l'aide des grappes recouvertes de coton, et, quant aux grappes libres des mêmes pieds, je n'ai eu qu'un seul exemple de fermentation par la levûre que j'ai décrite autrefois dans un des bulletins de la Société chimique pour 1862, et qui a reçu depuis, du D^r Rees, le nom de *levûre apiculée*.

Une seconde expérience comparative se présentait naturellement à l'esprit. Ainsi que je l'ai expliqué tout à l'heure, cette expérience des serres repose sur le fait établi dans mes *Études sur la bière*, savoir : que, dans le Jura, jusqu'à la fin de juillet et la première quinzaine d'août, quand la saison est un peu retardée, les verjus ne portent pas du tout, à la surface de leurs grains ou du bois de leurs grappes, de germes des levûres alcooliques qui font fermenter le raisin à l'époque de la vendange ; que les grappes de raisin mûr, au contraire, grains et surtout bois de la grappe (lesquels bois sont moins exposés au lavage par la pluie), en sont recouverts çà et là. Lorsque les serres furent montées, nous étions à la première époque, à celle de l'absence des germes ; au moment des expériences dont je viens de rendre compte, du 10 au 31 octobre, nous étions, au contraire, dans la période de la présence des germes. Il était donc présumable que si je détachais des grappes des serres,

recouvertes de coton, pour les exposer, leur coton enlevé, à des branches de ceps de la vigne restés en plein air, ces grappes, qui tout à l'heure ne pouvaient pas entrer en fermentation après l'écrasement de leurs grains, fermenteraient sous l'influence des germes qu'elles ne manqueraient pas de recevoir dans leur nouvelle position. Tel fut précisément le résultat que j'obtins.

J'ai tenu à présenter à l'Académie des Sciences un certain nombre des grappes de mes serres, les unes libres, les autres encore *encotonnées* depuis le 15 août, et sur lesquelles il eût été facile à ceux de nos confrères que ces expériences pouvaient intéresser de reproduire les faits que je viens d'annoncer. Cette présentation eut lieu le 25 novembre 1878.

Qu'il me soit permis d'entrer ici dans une digression expérimentale très-digne d'intérêt. Les grappes des raisins mûrs, ai-je dit, portent extérieurement les germes des ferments qui font le vin dans la cuve et dans les tonneaux du vigneron, ferments qui font partie du genre *saccharomyces*. Dès lors, n'est-il pas vraisemblable qu'à l'époque des vendanges les pluies doivent ramasser beaucoup de ces germes et les répandre sur le sol de la vigne? L'expérience confirme ces prévisions. Ayant déposé de très-petites parcelles de terre d'une vigne dans des séries de tubes qui contenaient du moût de raisin conservé par une ébullition préalable, j'ai vu ce moût, dans beaucoup de tubes de chaque série, entrer en fermentation alcoolique. Sans nuire même au

succès de l'expérience, on pouvait prélever les parcelles de terre assez profondément dans le sol, à 10 et 15 centimètres. Ce qui est plus fréquent encore dans ce genre d'essais, c'est la fermentation alcoolique par les levûres du genre *mucor*, tant sont abondantes dans la terre cultivée les spores de ces petites plantes.

J'ai eu la curiosité de comparer, sous ce point de vue de la présence des spores des levûres de raisin et des spores de *mucor*, la terre de la vigne et la terre que recouvraient mes serres. Or, avec la terre des serres, je ne vis jamais se produire dans mes tubes, quoique l'expérience eût été faite un grand nombre de fois, la fermentation alcoolique due aux levûres alcooliques du raisin; très-fréquemment, au contraire, se montra la fermentation par la levûre de *mucor*.

Que de réflexions font naître ces résultats, et peut-on se défendre de faire observer que plus on pénètre dans l'étude expérimentale des germes, plus on y entrevoit de clartés imprévues et d'idées justes sur la connaissance des causes des maladies par contagé! N'est-il pas très-digne d'attention que, dans ce vignoble d'Arbois, et cela serait vrai des millions d'hectares des vignobles de tous les pays du monde, il n'y ait pas eu, à l'époque où j'ai fait les expériences dont je viens de rendre compte, une parcelle de terre, pour ainsi dire, qui ne fût capable de provoquer la fermentation par une levûre du raisin, et que, par contre, la terre des serres dont j'ai parlé ait été impuissante à remplir cet office? et pourquoi? Parce que, à un moment déterminé, j'ai recouvert cette terre par quelques vitres. La mort, si j'ose

ainsi parler, d'un grain de raisin qui eût été jeté alors sur un vignoble quelconque aurait pu arriver infailliblement par les parasites *saccharomyces* dont je parle; ce genre de mort eût été impossible, au contraire, sur les petits coins de terre que mes serres recouvraient. Ces quelques mètres cubes d'air, ces quelques mètres carrés de surface du sol, étaient là au milieu d'une contagion universelle possible, et ils ne la craignaient pas depuis plusieurs mois. Mais, quant à la maladie et à la mort des grains par les parasites des *mucor*, à quoi eût servi l'abri des serres? A rien. Les parasites des *saccharomyces* venant de l'extérieur à une époque déterminée de l'année, un abri mis à temps avait pu les éloigner, comme on préserve l'Europe du choléra, de la peste... par des quarantaines. Les parasites *mucor* existant, au contraire, en permanence, pendant toute l'année dans la terre de nos champs et de nos vignes, ils se trouvaient nécessairement sous les serres, au moment de l'établissement de celles-ci, pareils, à certains égards, aux germes de nos maladies contagieuses communes, contre lesquelles ne sauraient agir évidemment les quarantaines qu'on oppose au choléra, à la fièvre jaune ou à la peste.

N'est-il pas permis de croire, par analogie, qu'un jour viendra où des mesures préventives d'une application facile arrêteront ces fléaux qui, tout à coup, désolent et terrifient les populations, telle l'effroyable maladie (fièvre jaune) qui a envahi récemment le Sénégal et la vallée du Mississipi ou cette autre (la peste à bubons), plus terrible peut-être, qui a sévi sur les bords du Volga!

Je terminais la seconde lecture que j'ai faite à l'Académie le 29 juillet dernier, touchant le manuscrit de Claude Bernard, par la promesse de répéter ses expériences en me plaçant dans le courant même de ses idées préconçues et en leur donnant une ampleur de résultat digne du sujet et du respect que nous devons à sa mémoire. Je crois avoir tenu parole. J'ose espérer également que le lecteur reconnaîtra que la doctrine des germes extérieurs se trouve de nouveau établie de manière à satisfaire les esprits les plus rebelles. Toutefois, ce n'est là encore que le renversement de l'une des conclusions de Bernard, celle relative à la génération spontanée de la levûre par l'étrange hypothèse de la propriété plasmatique des grains de raisins mûrs.

Il me reste à discuter la plus importante peut-être des propositions du manuscrit de l'illustre physiologiste, celle de l'existence d'un ferment soluble qu'il a résolue dans ses conclusions par cette assertion hardie : « *L'alcool se forme par un ferment soluble, en dehors de la vie, dans les fruits pourris ou mûrissants.* » Si cette conclusion exclut toute hésitation, on trouve, en revanche, bien peu de netteté dans les observations par lesquelles Bernard essaye d'en donner une preuve expérimentale. Celle qu'il se plaît à invoquer et sur laquelle il revient à maintes reprises consiste à écraser les grains de raisins mûrs, sains ou pourris, à les exprimer et à les filtrer jusqu'à parfaite limpidité, puis à comparer d'une manière approchée les quantités d'alcool des liquides après leur filtration et des mêmes liquides après qu'ils ont été abandonnés pendant quarante-huit heures environ. Bernard trouve que, dans cet intervalle de temps,

l'alcool augmente, quoique les liquides restent limpides. L'expérience est plus délicate qu'on ne l'imagine à première réflexion. Si l'on attend plus de quarante-huit heures, et souvent même un temps moindre, les liquides ne tardent pas à se troubler par un développement de levûre alcoolique, même avec les jus des grains pourris, quoi qu'en dise Bernard, qui signale seulement dans ce cas la formation de moisissures. Ce développement de levûre, on le conçoit, n'est pas tout de suite très-apparent. Si peu qu'on soit presbyte, et Bernard l'était devenu beaucoup dans les dernières années de sa vie, on peut croire au maintien de la limpidité parfaite des liquides, alors que déjà sur le fond des vases il s'est formé de petites quantités de levûre. Quoique Bernard soit absolu dans sa conclusion au sujet du fait dont il s'agit, tout lecteur attentif du manuscrit se persuade aisément qu'aucune des expériences qu'il mentionne n'est vraiment décisive sur le point capital de l'augmentation de l'alcool dans les moûts filtrés abandonnés à eux-mêmes. On sent partout, dans l'exposé des faits, que Bernard n'est pas maître de son affirmation.

Dans la Note XVIII, il dit :

Ce qu'il y a de certain, c'est qu'au moment où apparaît le trouble du liquide avec des grains de ferment rares et petits il y a beaucoup d'alcool, de sorte que l'alcool semble avoir précédé le ferment.

Dans la Note XV, son doute est plus accentué encore :

Quand on laisse le jus exprimé et séparé du grain de raisin s'altérer spontanément, les traces d'alcool deviennent à un moment, brusquement, beaucoup plus considérables, mais il se forme tou-

jours de la levûre; il m'a été jusqu'ici impossible d'éviter son apparition.

On le voit alors tourmenté d'un désir sur lequel il revient sans cesse, pour ainsi dire :

La question serait d'empêcher le ferment d'apparaître et de permettre à l'alcool de se faire. (Note XVIII.)

En résumé, il s'agirait de pouvoir faire avec le jus de raisin séparé et filtré l'expérience de la pourriture : faire apparaître de l'alcool en grande quantité sans germes. (Note XV.)

Et, pour y parvenir, il se pose à lui-même ce *desideratum* :

En un mot, il s'agirait d'imiter le procédé de la pourriture dans le jus séparé : mettre le jus de raisin dans une membrane, coquille d'œuf, etc., qui filtre l'air. Cela doit être possible, ajoute-t-il, car il faut prouver que la formation de l'alcool est indépendante de la présence de toute cellule. C'est là derrière que Pasteur se retranche pour dire que la fermentation est la vie sans air.... (Note XV.)

Comme ces passages du manuscrit de Bernard, le dernier principalement, font bien ressortir la tyrannie de ses idées préconçues! Il ne cherche pas ceci ou cela, sans parti pris, ce qui est, ce qui arrive en un mot, c'est-à-dire la vérité : il veut trouver ceci ou cela parce qu'il a imaginé que ceci ou cela doit être. C'est bien à cette disposition d'esprit qu'on peut appliquer cette parole de Bossuet : « Le plus grand dérèglement de l'esprit, c'est de croire les choses parce qu'on veut qu'elles soient », admirable principe de philosophie pratique qu'on devrait graver au frontispice de tous les laboratoires.

Ces façons de vouloir que les choses soient me rappel-

lent également la condamnation superbe qui en a été faite par Buffon, lorsqu'à l'âge de vingt-huit ans, venant de traduire la *Statique des végétaux* de Hales, il méditait les travaux des grands observateurs du xvii^e siècle : « C'est par des expériences fines, raisonnées et suivies, dit Buffon, qu'on force la nature à découvrir son secret.... Il ne s'agit pas, pour être physicien, de savoir ce qui arriverait dans telle ou telle hypothèse, en supposant, par exemple, une matière subtile, des tourbillons, une attraction, etc. Il s'agit de bien savoir ce qui arrive et de bien connaître ce qui se présente à nos yeux ; la connaissance des effets nous conduira insensiblement à celle des causes, et l'on ne tombera plus dans des absurdités qui semblent caractériser tous les systèmes.... »

En octobre 1877, Claude Bernard avait, en quelque sorte, fait table rase de ces règles immuables de la vraie méthode expérimentale, qu'il avait cependant, lui aussi, à tant de reprises, exposées avec éloquence et appliquées avec rigueur.

Mais revenons à l'assertion de Bernard. Il est aisé de comprendre que les raisins de nos serres permettent la solution du problème qui le hantait et le tourmentait si fort. Nous possédons, en effet, des raisins mûrs, aussi mûrs qu'il eût pu les désirer, qui ne portent aucun germe de levûre. Dès lors, nous pouvons répondre à toutes ses préoccupations et *faire apparaître de l'alcool en grande quantité sans germes*, si tant est que la chose soit possible.

Le 10 octobre je me rends dans une de mes serres, muni de filtres, d'entonnoirs et de vases, le tout flambé préala-

blement. Je détache la plus belle des grappes recouvertes de coton, et, après avoir enlevé l'enveloppe, j'écrase les grains et le bois de la grappe avec une baguette de verre terminée par une tête plate et flambée, puis je filtre et je rapporte le vase rempli d'air et de moût limpide dans le réduit qui me servait de laboratoire. Après m'être rendu compte, sur une portion de ce moût filtré, de la quantité d'alcool qu'il pouvait contenir et ayant reconnu qu'il n'en présentait que des traces douteuses, j'abandonnai le restant pendant quatre jours à la température de 25-30 degrés. Je rappelle, en passant, que toutes les expériences de Bernard n'avaient pu avoir qu'une durée maximum de quarante-huit heures, à une température de moins de 10 degrés. Le quatrième jour, je recherche l'alcool et je trouve que les caractères de la distillation sont exactement ceux du début : traces douteuses d'alcool. Donc, pas de germes sur les grappes, pas de fermentation possible dans le moût filtré. Plusieurs épreuves ultérieures semblables donnèrent le même résultat.

La question du ferment soluble est tranchée : il n'existe pas ; Bernard s'est fait illusion.

Dans la longue série d'observations à laquelle je me suis livré dans le Jura, j'ai rencontré un fait nouveau qui a pu contribuer dans une certaine mesure à induire notre confrère en erreur. J'ai reconnu que les grains de raisin écrasés absorbent l'oxygène de l'air, et que, par suite de cette oxydation, il se forme des produits éthérés alcooliques en quantité faible, mais non douteuse. Cet effet

commence avec l'oxydation et s'arrête avec elle; mais il est nul pour le moût de raisin limpide. Or, c'est avec les moûts de raisins filtrés que Bernard a fait ses expériences sur le développement du ferment soluble. On comprend néanmoins que dans certaines circonstances, mal déterminées, il ait pu attribuer à de tels moûts ce qu'il avait pu observer sur un ensemble de grains écrasés.

Le fait que je signale, et sur lequel j'espère revenir ultérieurement, est lié à la présence de ces produits oxydables, dont M. Boussingault le premier, M. Berthelot ensuite et moi-même, nous avons reconnu l'existence dans les vins.

Je crois pouvoir dire, en terminant, qu'il ne reste du manuscrit de Bernard qu'une tentative stérile de substituer à des faits bien établis les déductions d'un système éphémère. La gloire de notre illustre confrère ne saurait en être diminuée. Les erreurs de ceux qui, dans les sciences, ont parcouru vaillamment la carrière n'ont que l'intérêt philosophique qui s'attache à notre humaine faiblesse. « Les hommes ne sont grands que par les services qu'ils ont rendus », maxime que je suis heureux d'emprunter à l'une des pages du dernier Ouvrage que Bernard nous a laissé en mourant. Et puis, serait-il équitable de juger en quelque chose notre grand physiologiste sur les défaillances d'un écrit non signé, dont il n'avait ni demandé ni autorisé la publication et qui a été retrouvé, après sa mort, « soigneusement caché », comme nous l'a appris M. Berthelot?



APPENDICE.

Note lue à l'Académie des Sciences, le 22 juillet 1878, le surlendemain de la publication du manuscrit de Bernard.

« Je viens de lire, dans le dernier numéro de la *Revue scientifique*, un article intitulé *La fermentation alcoolique, dernières expériences de Claude Bernard*.

C'est à notre confrère M. Berthelot que l'on doit la mise au jour de ces Notes diverses, écrites de la main de l'illustre physiologiste pendant le mois d'octobre 1877, retrouvées accidentellement dans ses papiers par l'un de ses jeunes préparateurs, M. d'Arsonval.

L'intérêt que j'ai pris à ces Notes, ai-je besoin d'en parler, puisqu'elles portent sur un sujet qui m'occupe depuis plus de vingt années et qu'elles sont de Claude Bernard ? Je dois avouer, toutefois, que cet intérêt n'a pas été pour moi sans un mélange de grande surprise. De la première ligne à la dernière, en effet, elles ont pour objet le contrôle de faits et de conclusions que j'ai souvent produits devant cette Académie, et les vingt dernières lignes sont la condamnation absolue, sans restriction aucune, de mes vues au sujet de la fermentation en général, et de la fermentation alcoolique en particulier. Voici ces conclusions :

Saint-Jullen, 20 octobre 1877.

Théorie de la fermentation alcoolique.

La théorie est détruite :

1° Ce n'est pas la vie sans air, car à l'air, comme à l'abri de son contact, l'alcool se forme sans levûre.

3° Le ferment ne provient pas de germes extérieurs, car, dans les fruits mûrissants ou pourris (verjus et jus pourris), le ferment se développe, quoiqu'ils soient sucrés. Si l'on y ajoute du ferment, ils fermentent.

3° L'alcool se forme par un ferment soluble en dehors de la cellule des fruits mûrissants ou pourris; il y a alors décomposition de la matière sucrée par la synthèse biosique de levûre ou de végétation. L'air est absolument nécessaire pour cette décomposition alcoolique.

4° Le ferment soluble se trouve dans le jus retiré du fruit; l'alcool continue à s'y former et à augmenter.

Avec l'infusion de levûre ancienne, sa démonstration est la plus facile.

5° Il y a dans la fermentation deux états à étudier :

A, décomposition;

B, synthèse morphologique.

Ma surprise s'est accrue lorsque j'ai remarqué que ces Notes ont été écrites par Claude Bernard du 1^{er} au 10^{er} novembre dernier, à sa campagne de Saint-Julien, près de Villeneuve. Claude Bernard a passé le mois de novembre et le commencement de décembre parmi nous, assistant, très-bien portant, à nos conférences assis près de moi, vous le savez. Or il ne m'a pas dit un mot de ses nouvelles expériences. N'est-il pas étrange qu'un homme si ouvert, si porté vers la libre discussion, qui témoignait la plus bienveillante affection, qui se livrait à moi, pour ainsi dire, causait avec moi, à cette place, et qui avait eu par devers lui, en revenant de Saint-Julien, de si nombreuses et des preuves convaincantes que l'alcool se forme en dehors de la cellule et qu'il me l'eût caché sans y être obligé? Cela ne me paraît pas possible. Les auteurs de ces Notes n'ont pas craint de prendre sur soi, sans y être obligés, pour leur tour, de mettre au jour des choses qui n'avaient été dites d'entre nous que dans le plus intime des conférences à l'égard?

L'écrit est daté de Villeneuve le 10 novembre 1856.

des succès que les hommes ont obtenus
 dans ces sciences, et que l'on a vu
 généralement de leur érudition
 tion de M. Berthelin, je me souviens
 n'a été possible qu'en se servant
 d'un grand nombre de manuscrits
 tion de son

Qu'il se propose de faire connaître
 propositions relatives à ces sciences

1° Il est évident que les sciences
 exigent de

2° Tous les hommes qui se consacrent
 à ces études

Qu'il est évident que les sciences
 exigent de

Ces deux sciences ont été
 étudiées, à ce point
 même, de sorte que
 peut étonner
 pendant ce temps
 être en mesure
 l'absence de
 nous. On ne peut
 dans ces sciences
 vrait s'agissait
 de trouver
 pour les sciences
 l'absence de
 et par conséquent
 les sciences
 et de

de Lettre :

... que, dans son numéro de
 comme de moi que par cette
 son habituelle de Cl. Bernard,
 théories. Il répétait souvent :
 nous faisait entendre par là,
 méritaient confiance qu'autant
 chercher les points faibles. Il
 et admis dans son laboratoire
 tement près de lui sans lui
 et lui dit : « Ne vous
 occupé d'un travail et je
 ment absurdes, que j'aime
 pour imaginer, mais nullement
 pour elles aucune faiblesse.
 ou noir ! Si je trouve autre
 que plus intéressant. A quoi
 ? » Si elles sont bonnes, elles
 les faits qu'il y a lieu de publier.
 science que d'en parler.
 avec ses amis et dans le secret
 papier et soigneusement mises de
 en vue de juger une théorie, s'il
 s'en parler qu'autant que les expé-
 rimentales ; on ne saurait donc prendre
 elles même de la façon la plus expresse
 et qu'il devait recommencer les expé-

le manuscrit même de Claude Ber-
 bien m'aider à le collationner avec
 par la *Revue scientifique*. J'ai constaté
 sans doute par les nécessités de l'impres-
 sions nombreux. Il en résulte
 d'une manière fort incomplète
 jet, cette négligence de
 expériences à entreprendre p
 caractérisent ce manuscrit.

ces Notes une sorte de manifeste contre mes travaux, prétendre que Claude Bernard ait été convaincu de la vérité des conclusions que j'ai rappelées tout à l'heure, alors et malgré le profond respect que j'ai toujours eu pour notre illustre confrère, je dirais franchement que Bernard s'est trompé, que toutes les expériences dont il parle, souvent d'ailleurs de son propre aveu, sont douteuses et incertaines, et que, suivant moi, celles qui sont vraies sont mal interprétées.

Toutefois, je comprends trop le respect qui doit s'attacher à ce qu'a pensé et écrit, même dans le silence du laboratoire, notre illustre ami, pour me permettre de signaler dès à présent ce que je trouve de très-défectueux dans ces Notes, à les prendre dans leur texte absolu. Je veux d'abord les revoir expérimentalement, me placer dans le courant même des idées et des expériences de Claude Bernard, et je convie ses amis, ses admirateurs à agir de même. Ils me donneront ainsi l'occasion de défendre la vérité que j'attribue à mes travaux, en présence d'opinions réelles et réellement exprimées.

Le 29 juillet, je fis à l'Académie une *Nouvelle Communication au sujet des Notes sur la fermentation alcoolique trouvées dans les papiers de Claude Bernard* :

Dans la lecture que j'ai faite à l'Académie, il y a huit jours, au sujet d'un manuscrit trouvé dans les papiers de Claude Bernard, je me suis efforcé de dégager la responsabilité de notre cher et regretté confrère.

M. le D^r Armand Moreau, membre de l'Académie de Médecine, pour qui Bernard avait autant d'estime que d'amitié, m'a fait l'honneur de m'écrire une Lettre qui est conforme aux inductions que j'avais présentées lundi dernier, mais où la méthode d'investigation habituelle de Claude Bernard est exposée de manière à intéresser l'Académie.

Voici les principaux passages de cette Lettre :

La Note que vient de donner la *Revue scientifique*, dans son numéro du 20 juillet, au sujet des fermentations, n'a été connue de moi que par cette publication.

On trouve bien dans cette Note la préoccupation habituelle de Cl. Bernard, qui conseillait de mettre en doute toutes les théories. Il répétait souvent : « Il faut toujours chercher à se démolir. » Il nous faisait entendre par là, sans s'expliquer davantage, que les théories ne méritent confiance qu'autant qu'elles résistent aux objections et aux attaques.

C'est donc prudence et sagesse que d'en chercher les points faibles. Il nous racontait l'anecdote de Faraday, qui, ayant admis dans son laboratoire M. Henri Sainte-Claire Deville, passait journellement près de lui sans lui adresser la parole; cependant un jour il s'arrêta et lui dit : « Ne vous étonnez pas si je ne vous parle pas, je suis très-occupé d'un travail et je fais des hypothèses qui vous paraîtraient tellement absurdes, que j'aime mieux ne pas vous les dire. »

Claude Bernard, lui aussi, était hardi pour imaginer, mais nullement enclin à publier ses hypothèses. Il n'avait pour elles aucune faiblesse. « Que m'importe, disait-il, que ce soit blanc ou noir ! Si je trouve autre chose que ce que j'ai supposé, cela n'en est que plus intéressant. A quoi bon, disait-il encore, parler des hypothèses ? » Si elles sont bonnes, elles font trouver des faits nouveaux, et ce sont ces faits qu'il y a lieu de publier. Si elles sont mauvaises, c'est encombrer la Science que d'en parler.

Si donc, dans l'intimité des conversations avec ses amis et dans le secret plus intime encore de Notes jetées sur le papier et soigneusement mises de côté, il développe un plan de recherches en vue de juger une théorie, s'il imagine des expériences, il est résolu à n'en parler qu'autant que les expériences seront bien claires, auront été vérifiées; on ne saurait donc prendre dans ses Notes les propositions formulées même de la façon la plus expresse sans se rappeler que tout est projet et qu'il devait recommencer les expériences déjà faites.

J'ai eu la curiosité de voir le manuscrit même de Claude Bernard. M. d'Arsonval voulut bien m'aider à le collationner avec l'édition qui en a été donnée par la *Revue scientifique*. J'ai constaté que l'article de la *Revue*, sans doute par les nécessités de l'impression, renferme des changements nombreux. Il en résulte que l'édition imprimée rend mal et d'une manière fort incomplète ce caractère de Notes de premier jet, cette négligence de style, cet air, enfin, de programme d'expériences à entreprendre plutôt qu'elles ne sont entreprises, qui caractérisent ce manuscrit.

Ne pouvant signaler toutes les modifications qui ont été faites, j'en citerai seulement quelques-unes.

En marge des premières feuilles se trouve un programme ébauché du cours que Claude Bernard devait faire cette année au Jardin des Plantes. La *Revue scientifique* a supprimé ce programme, qui est, en effet, illisible en plusieurs endroits; mais il est assez clair, cependant, pour que la part que Claude Bernard devait faire dans ce cours aux phénomènes de la fermentation y soit nettement indiquée. Il se termine ainsi : « *Puis, à propos de nutrition, parler des fermentations, de la génération et de l'innervation.* »

On croyait généralement, sur la foi d'articles de journaux et de conversations, après la mort de Claude Bernard, qu'il devait faire un cours entier sur la fermentation en 1878, ce qui aurait supposé, de sa part, une longue préparation et des recherches personnelles fort étendues. On voit, au contraire, par le passage du manuscrit que je viens de citer, que la fermentation devait former un seul des chapitres de son enseignement; et, à ce propos, je dois ajouter que M. d'Arsonval m'a assuré que, nombre de fois et sous diverses formes, Claude Bernard lui avait dit qu'il ne commencerait pas ses leçons sur la fermentation avant d'avoir discuté avec moi ses opinions et ses résultats. J'ai interrogé, d'ailleurs, trois des personnes qui ont reçu les confidences de Claude Bernard : MM. Armand Moreau, Dastre et d'Arsonval. Toutes trois m'ont affirmé que, en ce qui concerne mes études, Bernard s'exprimait invariablement ainsi : « *Les expériences de M. Pasteur sont exactes, mais il n'a vu qu'un côté de la question.* » C'est la seule critique qu'on lui ait entendu faire. Certes, elle est bien vague et bien générale. Tous, tant que nous sommes, nous ne voyons jamais qu'un côté des choses.

Un alinéa de plusieurs lignes a été supprimé par la *Revue scientifique*. Bernard se demande pourquoi du ferment pourri (jus pourri?) laissé à l'air avec les grappes donne lieu à de la levûre, tandis qu'il ne s'en forme pas dans le liquide. Il hésite à répondre et indique des expériences à suivre sur ce point. L'expression de ce doute importait au lecteur, qui avait à décider jusqu'à quel

point Claude Bernard était prêt pour affirmer que les conclusions de mes travaux sont erronées.

Partout abondent dans le manuscrit les preuves qu'il ne s'agit ici que d'expériences à peine commencées, que Bernard devait revoir et contrôler. Ainsi l'expérience V, datée du 8 octobre 1877, se termine par les lignes suivantes, que la *Revue* a supprimées, bien qu'elles soient fort lisibles : « Faire gonfler dans de l'eau des raisins confits. Aura-t-on un jus analogue à celui des raisins pourris ? Mettre jus de raisin dans un œuf comme un grain de raisin et sa pellicule. Air filtré. » Suit un petit dessin informe, avec ces mots : « Un appareil avec coton à filtrer au soleil. »

Voici une autre phrase où mon nom est prononcé : « Pasteur ne répond pas ou répond mal à l'objection de l'air fermé dans l'expérience de Gay-Lussac ». On lit dans le manuscrit : « Pasteur ne répond pas ou répond mal à l'objection de l'air *formé par la pile* dans l'expérience de Gay-Lussac. » La phrase ici est intelligible ; elle ne l'est pas dans l'édition de la *Revue*.

Jusque dans les conclusions finales, la *Revue* a fait un contre-sens. La *Revue* dit : « *L'alcool se forme par un ferment soluble en dehors de la vie dans les fruits mûrissants ou pourris, il y a alors décomposition du fruit et non, etc....* » Le manuscrit porte : « *L'alcool se forme par un ferment soluble en dehors de la vie... Dans les fruits pourris ou mûrissants il y a alors décomposition du fruit et non, etc....* »

Enfin, la signature de Claude Bernard termine le texte imprimé, tandis qu'en réalité on ne la trouve nulle part au bas des Notes.

Quoi qu'il en soit, je suis complètement de l'avis de notre éminent confrère M. Berthelot. Ce manuscrit est « un document important », très-important même pour l'histoire des idées de Claude Bernard sur la physiologie de la cellule et pour l'histoire des théories de la fermentation ; mais, en jugeant les choses dans toute leur sincérité, j'aurais désiré que la publication du manuscrit eût été très-fidèle, que de plus elle eût été suivie d'un commentaire expérimental de la part des éditeurs de ces Notes. Ils auraient eu ainsi l'occasion de reporter à Bernard l'honneur de ce qu'il peut y avoir de bon dans son manuscrit, en dégageant sa responsabilité pour ce

qu'il renferme d'incomplet et de défectueux, et à moi ils m'auraient évité le désagrément de voir mes travaux en apparence vivement attaqués, sans que je sache à qui m'en prendre.

Je dirai de nouveau, en terminant, que je suis toujours résolu à répéter les expériences de Claude Bernard en me plaçant dans le courant même de ses idées préconçues. Je suis décidé également à le faire sur une échelle et avec une ampleur de résultats dignes du sujet et du respect que nous devons à la mémoire de notre regretté confrère.

Je réunis dans les pages qui suivent diverses notes explicatives de quelques-unes des assertions de Claude Bernard et des expériences que j'ai faites pour réfuter sa doctrine.

Ce que j'appelle tubes, vases, ..., coton FLAMBÉS.

Pour se débarrasser des germes des organismes microscopiques que les poussières de l'air et l'eau dont on se sert pour le lavage des vases déposent sur tous les objets, le meilleur moyen consiste à placer les vases (leurs ouvertures fermées par des tampons de ouate) pendant une demi-heure dans un poêle à gaz qui chauffe l'air où plongent les objets à une température de 150 à 200 degrés environ. Les vases, tubes, pipettes, sont alors prêts pour l'usage. Pour flamber la ouate on l'enferme dans des tubes ou dans du papier buvard. Celle qui m'a servi avait été transportée en feuilles de Paris à Arbois et fut utilisée dans les serres pour recouvrir les grappes de raisin, au moment même où on la sortait de l'enveloppe de papier qui l'avait protégée pendant le flambage.

Sur la présence des germes des levûres et des mucédinées à la surface des raisins.

Dans sa Note II, Bernard recherche s'il est vrai qu'en lavant des grappes de raisin « avec un pinceau de blaireau, comme l'indique Pasteur », le liquide de lavage renferme des corpuscules organisés. Il n'en trouve pas : « Je ne découvre rien, dit-il, qui

puisse ressembler à des germes ou à quelque chose d'organisé. »

Je m'étonne du peu de soin que Bernard a mis à répéter l'observation que j'ai décrite à la page 151 de mes *Études sur la bière*. A cette page, j'insiste sur la grande différence qui existe entre les nombres des corpuscules organisés répandus à la surface des grains ou sur le bois même des grappes. Bernard ne cherche les corpuscules que dans l'eau de lavage de la surface des grains encore sur leur grappe et point du tout du bois de la grappe. Bien plus, il craint de détacher les grains, de sorte que son pinceau n'a même pas touché au bois des pédoncules des grains.

Quoi qu'il en soit, je me suis fait un devoir de contrôler par de nouvelles observations celles que j'ai exposées dans mes *Études sur la bière*, et il n'est pas possible de douter de l'exactitude des propositions suivantes :

Les grains avec portion de leur pédoncule, introduits dans du moût rendu préalablement stérile par la chaleur, peuvent le faire fermenter ; les cas de fermentation sont plus rares, toutes choses égales, qu'avec le bois des grappes. La levûre qui apparaît le plus ordinairement est la levûre apiculée.

Les grains privés de toute portion de pédoncule, arrachés un à un, entiers, avec le pouce et l'index qu'on vient de passer dans la flamme, font fermenter plus rarement encore.

La fréquence des germes sur les grains et principalement sur les bois des grappes est bien plus grande que sur les feuilles et les rameaux.

Ce qui ne fait jamais défaut sur les grains, sur les bois des grappes, sur les feuilles, sur les bois des rameaux, ce sont les germes des moisissures vulgaires, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas de fermentation alcoolique produite par les levûres dans le moût stérilisé. Des mycéliums apparaissent toujours à la surface des organes que je viens de nommer vingt-quatre ou quarante-huit heures après qu'on les a introduits dans le moût stérilisé.

Toute eau de lavage de grains d'une grappe et surtout du bois de cette grappe, après qu'on a détaché les grains, est troublée par des particules amorphes, terreuses ou autres, associées à un grand nombre de spores et de cellules organisées.

La fermentation dite *intracellulaire*, fermentation sans levûre et propre aux cellules du fruit, en dehors de toute participation du gaz oxygène libre, se manifeste également d'une manière invariable. On peut la reconnaître à un dégagement de bulles plus grosses que celles qui résultent de la fermentation par les levûres alcooliques ordinaires.

Je ferai observer incidemment que cette fermentation est fort importante à considérer et qu'elle entre pour une grande part dans les phénomènes de la vinification. A peine le raisin est-il dans la cuve, que l'oxygène qui entoure les grains est absorbé et que la vendange se trouve livrée à deux sortes de fermentations très-distinctes : celle que l'on a l'habitude d'envisager seule, qui accompagne le développement des levûres proprement dites, et celle que développent les cellules du parenchyme des grains plongés dans des gaz inertes ou entourés d'un moût privé d'oxygène en dissolution. J'ai déjà fait observer autrefois que c'est à cette seconde nature de fermentation qu'il faut attribuer le goût tout particulier de la vendange et des raisins mis en tas, goût si différent de celui des raisins cueillis sur le cep.

Il y aurait un grand intérêt à faire une étude attentive de ce mode de fermentation, des produits qui en résultent et de leurs proportions naturelles. N'est-ce pas cette fermentation qui modifie les acides pendant la fermentation vinaire? N'est-ce pas cette fermentation qui change les proportions de la glycérine et de l'acide succinique? N'est-ce pas cette même fermentation qui, à l'insu du praticien, fait la principale différence qui existe entre les vins de raisins et les vins des moûts de ces raisins pressés? Les vins de moûts de raisins pressés fermentent par les seules levûres alcooliques. Les vins des vendanges ordinaires sont le produit des deux sortes de fermentations. J'appelle sur ce point capital, aussi nouveau qu'intéressant, toute l'attention des œnologues.

Ce que Bernard appelle ALCOOSCOPE.

Je me souviens que dans le courant de l'année 1877, pendant une des séances de l'Académie, Bernard nous consulta, M. Berthe-

lot et moi, sur la manière de reconnaître la présence de petites quantités d'alcool. M. Berthelot lui indiqua la réaction de Lieben, par la formation de l'iodoforme, lorsque l'alcool est mis en contact de l'iode et d'un alcali. De mon côté, je lui parlai du moyen qui me sert habituellement, moyen qui consiste à porter à l'ébullition le liquide à éprouver dans une cornue à col assez long, et à observer l'aspect des premières gouttelettes qui se condensent sur les parois froides, au moment où l'ébullition vient de commencer. S'il y a de l'alcool en petite quantité dans le liquide, ces gouttelettes se montrent sous la forme de larmes ayant une queue allongée ou sous la forme de gouttes petites ou plus grosses, très rondes, larmes et gouttes d'un aspect huileux. Si la cornue est jointe à un réfrigérant de Liebig, et que le caractère dont je parle ne se manifeste pas, on recommence la distillation sur les premières portions qui ont passé à la distillation ; on répète ces distillations successives jusqu'à ce qu'on soit arrêté par l'insuffisance de la quantité de liquide de condensation. La plus faible proportion d'alcool peut être décelée par ces manipulations. Il est vrai que beaucoup de substances volatiles autres que l'alcool présentent dans les premiers produits de leur condensation le caractère indiqué ; mais Bernard avait affaire à des liquides aqueux plus ou moins alcooliques.

Bernard adopta le moyen dont je parle dans ses expériences de Saint-Julien, et je tiens de son préparateur, M. d'Arsonval, que, pour abrégé le discours, il appelait *alcooscope* la cornue ou le tube de condensation. Cette expression revient souvent dans ses Notes.

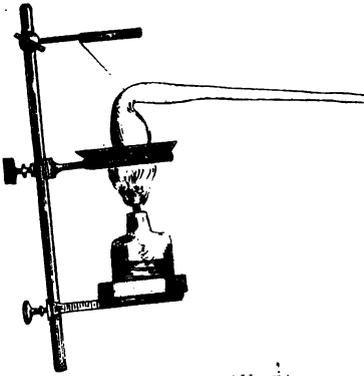
Jamais la vapeur d'eau pure ne donne par condensation de gouttes huileuses. Lorsqu'il y a de l'alcool en très-petite quantité, il peut arriver que, avant d'apercevoir dans les distillations successives le caractère alcooscopique accusé, il se manifeste quelque chose d'intermédiaire entre le caractère propre à l'alcool et celui de la vapeur d'eau dont les gouttes de condensation sont à bords frangés, irréguliers. Cet aspect intermédiaire, qui annonce que le caractère alcooscopique apparaîtra plus nettement dans des distillations nouvelles, est, je crois, ce que Bernard appelait des *striés plates*, voulant par cette expression brève désigner un vague indice de la présence des plus faibles quantités d'alcool.

La flèche adjointe représente, réduite au $\frac{1}{2}$, la cornue qui se trouve sur la figure. Elle représente également, à une échelle plus grande, les apparences de la condensation de l'eau pure et des liquides contenant des traces d'alcool : I représente le premier aspect de la condensation, puis de la pousse de la cornue; II représente l'aspect de la condensation lorsque le col est déjà un peu chauffé dans sa partie supérieure; III est l'aspect de la poussée des gouttelettes huileuses qui provoque la disparition du phénomène, au moment où l'on ne se peut plus distinguer de gouttelettes ni de larmes huileuses, parce que la quantité d'eau condensée et mêlée aux premières traces d'alcool est trop considérable et supprime le caractère physique des gouttes huileuses.

Bernard était devenu presbyte.

Lorsque je collationnai l'édition de la *Revue scientifique* avec le manuscrit original de Bernard, au moment où nous arrivâmes à cette phrase de la Note III, « Je dois ajouter que tous les liquides filtrés n'avaient pas la moindre trace de trouble, il n'y avait pas la moindre trace de ferment formé, il y avait seulement des cristaux déposés au fond des vases ». Je dis à M. d'Arsonval, qui m'aidait dans ce travail : Je gagerais que Bernard était presbyte. M. d'Arsonval me répondit : « Il l'était beaucoup, depuis une année principalement, à tel point que, dans les opérations de vivisection, c'était la connaissance profonde qu'il avait de l'Anatomie, bien plus que ses yeux, qui guidaient sa main. » En effet, si Bernard n'eût pas été presbyte, j'ai la conviction que dans toutes les expériences pareilles à celles dont il s'agit dans la Note III, où il constatait la présence d'un peu d'alcool formé dans des liquides filtrés, il aurait aperçu sur le fond des vases, outre les cristaux brillants de tartrate de chaux, une couche très mince, à peine sensible, de levûre apiculée, ou de petits tas de cette production qui lui auraient donné l'explication de la présence de traces d'alcool; il eût reconnu également que, toutes les fois qu'il n'y a pas de levûre formée, l'alcool est absent.

La présence de la levûre est plus facile encore à mettre en évi-



REDUCTION AU VIDE

DISTILLATION
DE
L'EAU



DISTILLATION DE L'ALCOOL



PELLET SCULP.

La Planche ci-jointe représente, réduite au $\frac{1}{10}$, la cornue qui m'a servi. Elle représente également, à une échelle plus grande, les apparences de la condensation de l'eau pure et des liquides contenant des traces d'alcool : I représente le premier aspect de la condensation, près de la panse de la cornue ; II représente l'aspect de la condensation lorsque le col est déjà un peu échauffé dans sa partie supérieure ; III est l'aspect de la poussée des gouttelettes huileuses qui précède la disparition du phénomène, au moment où l'on ne va plus distinguer de gouttelettes ni de larmes huileuses, parce que la quantité d'eau condensée et mêlée aux premières traces d'alcool est trop considérable et supprime le caractère physique des gouttes huileuses.

Bernard était devenu presbyte.

Lorsque je collationnai l'édition de la *Revue scientifique* avec le manuscrit original de Bernard, au moment où nous arrivâmes à cette phrase de la Note III, « *Je dois ajouter que tous les liquides filtrés n'avaient pas la moindre trace de trouble, il n'y avait pas la moindre trace de ferment formé, il y avait seulement des cristaux déposés au fond des vases* », je dis à M. d'Arsonval, qui m'aidait dans ce travail : je gagerais que Bernard était presbyte. M. d'Arsonval me répondit : « Il l'était beaucoup, depuis une année principalement, à tel point que, dans les opérations de vivisection, c'était la connaissance profonde qu'il avait de l'Anatomie, bien plus que ses yeux, qui guidait sa main. » En effet, si Bernard n'eût pas été presbyte, j'ai la conviction que dans toutes les expériences pareilles à celles dont il s'agit dans la Note III, où il constatait la présence d'un peu d'alcool formé dans des liquides filtrés, il aurait aperçu sur le fond des vases, outre les cristaux brillants de tartrate de chaux, une couche très mince, à peine sensible, de levûre apiculée, ou de petits tas de cette production qui lui auraient donné l'explication de la présence de traces d'alcool ; il eût reconnu également que, toutes les fois qu'il n'y a pas de levûre formée, l'alcool est absent.

La présence de la levûre est plus facile encore à mettre en évi-



Fig. 1. Apparatus for the experiment.

Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.

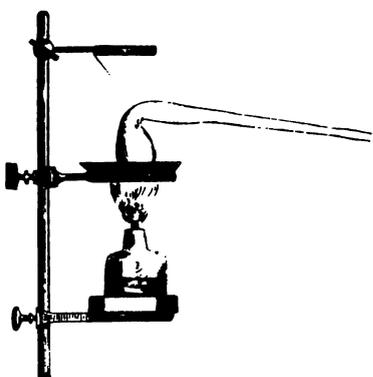


La Plaque ci-jointe représente, réduite au $\frac{1}{2}$, la cornue qui m'a servi. Elle représente également, à une échelle plus grande, les apparences de la condensation de l'eau pure et des liquides essenceux des traces d'alcool : I représente le premier aspect de la condensation, puis de la pause de la cornue, II représente l'aspect de la condensation lorsque le col est déjà un peu refroidi dans sa partie supérieure; III est l'aspect de la présence des gouttelettes huileuses qui précède la disparition du phénomène, ce moment où l'on ne se plus distingue de gouttelettes ni de traces huileuses, parce que la quantité d'eau condensée et mélangée prédomine sur l'alcool qui est trop considérable et supprime le caractère spécifique des gouttes huileuses.

Bernard était devenu positif.

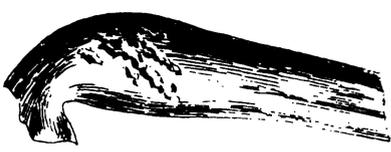
Lorsque je collationnai l'édition de la *Essai* avec le manuscrit original de Bernard, au moment où nous arrivâmes à cette phrase de la Note III. - *Je dis ensuite que toutes les gouttes filtrées n'avaient pas le même goût de sucré, et que j'avais pu le trouver dans de l'essence filtrée, et j'avais constaté des cristaux de sucre en fond des vases.* - Je dis à M. d'Arsonval que m'aidait dans ce travail : je dis que Bernard était positif, M. d'Arsonval me répondit : - Il était beaucoup, depuis une année principalement, à tel point que, dans les expériences de vivisection, c'était la connaissance profonde qu'il avait de l'anatomie, bien plus que ses yeux, qui guidait sa main. - En effet, si Bernard n'eût pas été positif, sur la conviction que dans toutes les expériences pareilles à celles dans il s'agit dans la Note III, on constatait la présence d'un peu d'alcool formé dans les liquides filtrés, il aurait aperçu sur le fond des vases, entre les cristaux de sucre, des cristaux de chaux, des cristaux très saumés, à peine sensibles, de levure épandus, ou de petites taches de cette substance qui auraient donné l'explication de la présence de traces d'alcool. On eût reconnu également que, toutes les fois qu'il n'y a pas de traces formées, l'alcool est absent.

La présence de la levure est plus facile à saisir à mesure qu'elle



REDUCTION AU VIDE

DISTILLATION
DE
L'EAU



DISTILLATION DE L'ALCOOL

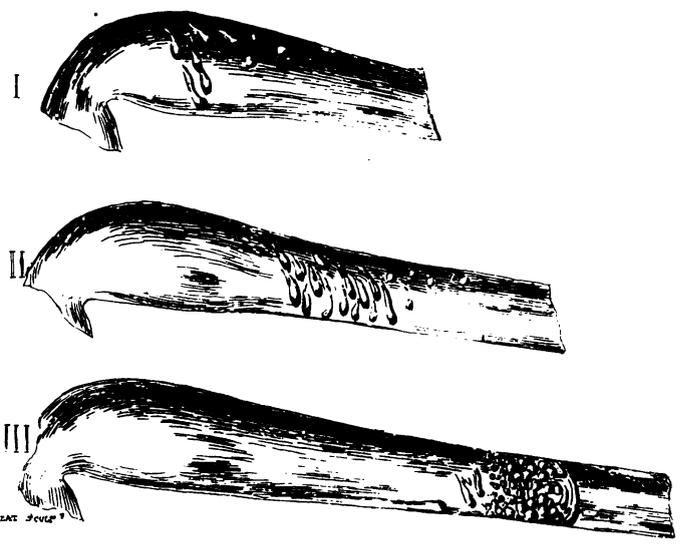


FIG. 225. — 2000

dence, en décantant le liquide limpide avec précaution, puis en agitant vivement les quelques gouttes restantes. Celles-ci, examinées au microscope, montrent la levûre apiculée. Le plus souvent même, la présence des cellules de la levûre trouble sensiblement la limpidité de ces quelques dernières gouttes, après qu'on a agité le vase.

Preuves que l'oxygène de l'air se fixe sur les grains de raisin écrasés et forme des produits alcooliques, mais que cet effet ne se produit pas avec les moûts limpides.

Le 22 octobre 1878, on écrase des grains séparés de grappes dont tous les grains avariés avaient été préalablement enlevés un à un. Avec la matière écrasée, prise tout venant, grains écrasés et jus, on remplit complètement une éprouvette d'un demi-litre et à moitié deux flacons de litre, qu'on bouche ensuite. On recouvre l'éprouvette d'une plaque de verre et on l'abandonne au repos, tandis que l'on agite un des flacons, au contact de l'air qui s'y trouve contenu, pendant trois heures, et l'autre flacon pendant sept heures. Le 23, on distille des portions égales des trois vases pour les comparer à l'alcooscope, après s'être assuré par une analyse rapide que l'air des flacons agités avait perdu beaucoup d'oxygène, le second assez pour éteindre une bougie qu'on y plongeait. L'alcooscope a montré que les grains écrasés de l'éprouvette ne contenaient que des traces douteuses d'alcool, que le flacon agité trois heures en montrait à la deuxième distillation, que le flacon agité sept heures en contenait sensiblement plus, quoique cet alcool ne fût visible également qu'à la deuxième distillation.

Je me suis assuré, par l'observation microscopique, que dans les flacons il ne s'était pas produit de levûres alcooliques.

Voici la preuve que la petite quantité des produits alcooliques formés était réellement un effet de l'absorption de l'oxygène par les matières des grains écrasés, à la suite de l'agitation, et non le produit d'un ferment soluble. Le 23, aussitôt après avoir fait à l'alcooscope la comparaison des raisins écrasés de l'éprouvette et des flacons, on presse dans un linge les contenus des flacons et l'on filtre

sur papier. La filtration a duré de midi à 5 heures. On distribue tout de suite le moût filtré, très limpide, dans des flacons flambés, élargis par le bas, contenant peu de moût et beaucoup d'air, qu'on abandonne à la température du laboratoire, qui était de 14-15 degrés. En même temps, on essaye à l'alcooscope le moût d'un de ces flacons, pour se faire une idée très nette du caractère alcooscopique après la filtration. Une première distillation, faite sur 10 centimètres cubes, ne montre ni gouttes huileuses rondes, ni larmes. On recueille 3 centimètres cubes, qu'on redistille. Cette fois on aperçoit, au moment de la condensation des premières parties, quelques gouttes rondes et quelques larmes huileuses, puis une poussée fugitive d'un groupe de gouttelettes qui disparaissent sur le col, à quelques centimètres du sommet de la cornue.

Le lendemain, le moût est resté limpide, et il n'y a pas encore de levûre apiculée formée sur le fond des vases, si ce n'est une trace presque insensible. On distille de nouveau 10 centimètres cubes, puis les 3 centimètres cubes de condensation. Or, les caractères alcooscopiques sont les mêmes que la veille.

En résumé, après quelques heures d'agitation à l'air, des grains de raisin écrasés donnent lieu à la formation d'une petite quantité de produits alcooliques éthers, dont la proportion est variable avec la quantité d'oxygène absorbée, tandis que le moût extrait limpide par la filtration de ces grains écrasés peut rester vingt-quatre heures au contact de l'air sans former d'alcool. C'est une preuve que les produits alcooliques nés pendant l'agitation au contact de l'air correspondent à l'oxydation de quelques matériaux des grains écrasés, et non à l'existence d'un ferment soluble tout fait dans les grains mûrs ou se formant dans le moût au contact de l'air. Notons que les grains écrasés des raisins noirs qui ont été agités au contact de l'air donnent par la filtration un moût coloré en rouge grenat plus ou moins clair, et que, quand il n'y a pas eu fixation d'oxygène, les mêmes grains fournissent un moût à peu près incolore ou de couleur blond pâle. L'oxydation paraît donc porter sur les matières colorables des pellicules.

J'ai vérifié dans maintes expériences que le moût de raisin filtré, agité au contact de l'air, ne forme pas du tout d'alcool; du moins il

n'en forme pas en quantité appréciable à l'alcooscope, même après plusieurs distillations successives.

Circonstance où Bernard paraît avoir été induit en erreur par les effets de l'oxydation de grains écrasés au contact de l'air.

Un passage du manuscrit de Bernard permet de penser qu'il a été induit en erreur, au moins dans une circonstance déterminée, par la formation de produits alcooliques sous l'influence d'une oxydation des grains de raisin écrasés. C'est dans la Note III :

« Mais il semblerait, dit-il, que le liquide filtré le dernier, c'est-à-dire resté en contact avec les débris de cellules sur le filtre, contient plus d'alcool, etc.... » Et, plus loin, dans la conclusion de cette même Note : « Seulement, il reste à décider si la prolongation du contact avec les débris de cellules augmente la quantité d'alcool, sans que pour cela il y ait formation de cellules de levûre. »

Il est certain que cette augmentation dans la quantité d'alcool a lieu, sans qu'il y ait formation de cellules de levûre, quand l'oxydation par l'air est possible. (*Voir à ce sujet la Note précédente*).

C'est une question de savoir si l'alcool prend normalement naissance pendant la maturation du raisin.

Bernard reproduit une question que je m'étais déjà faite antérieurement, savoir s'il se forme normalement de l'alcool pendant la végétation. Sur des feuilles de rhubarbe, cueillies dans le jardin de l'École Normale et tout de suite hachées et distillées, j'ai constaté la présence de l'alcool, et, à ce propos, j'ai fait observer qu'il y aurait lieu de rechercher si l'alcool n'est pas un produit normal de la végétation (*Études sur la bière*, p. 260). Les expériences suivantes sont un pas nouveau vers la solution de cette question.

Le 27 septembre 1878, on remplit d'eau aux deux tiers une bouilloire en fer battu de 3 litres de capacité; à la vigne même, on porte l'eau à 85 degrés environ, puis on laisse tomber dans cette eau chaude douze grappes de raisins mûrs, après avoir eu le soin d'enlever un à un tous les grains altérés, pourris.... Les douze grappes

pesaient, réunies, 700 grammes. Dans deux autres bouilloires pareilles, sans eau, on place également 700 grammes de grappes préparées de la même manière. Soient A la première bouilloire, B et C les deux autres.

Après avoir rapporté au laboratoire ces trois vases A, B, C, on écrase les raisins de A dans leur eau encore chaude, à l'aide d'un mandrin de bois à tête plate. Dans le vase B on fait arriver du gaz carbonique, où les grappes séjournent pendant cinq heures. Le vase C est laissé tel quel, abandonné à lui-même pendant vingt-quatre heures.

Aussitôt après l'écrasement des raisins dans la bouilloire A, on introduit toute la matière, eau et raisins écrasés, dans une cornue et l'on pratique des distillations successives pour concentrer l'alcool que les grappes pouvaient contenir, et dans l'espoir que la température élevée qu'elles ont subie au début aura empêché toute formation ultérieure de cette substance, et que la portion qu'elles pouvaient en contenir dans leurs grains est restée dans ceux-ci ou s'est mélangée à l'eau. Après cinq distillations successives, en recueillant environ un tiers du volume à chaque distillation, on n'a pas constaté trace d'alcool à l'alcooscope. La sixième distillation, portant sur 10 centimètres cubes, a manifesté la présence de gouttelettes huileuses dans la première moitié du col de la cornue.

On a distillé ensuite les grappes écrasées de B après cinq heures de séjour dans le gaz carbonique, et les grappes de C après vingt-quatre heures de séjour au fond de leur bouilloire.

En comparant à l'alcooscope les dernières portions des trois séries, on a jugé que toutes trois contenaient des traces d'alcool, mais que celle de B en contenait sensiblement plus que celle de C, qui en contenait plus que celle de A.

La conclusion qu'on est en droit de déduire de ces comparaisons, c'est que la production de l'alcool est immédiate dans des raisins mûrs lorsqu'on vient à les plonger dans le gaz acide carbonique, qu'elle a lieu même sans la présence de gaz carbonique lorsque des grappes se recouvrent au fond d'un vase, qu'enfin cette formation d'alcool est peut-être douteuse dans le grain, sur le cep, pendant la végétation.

Puisqu'il y a si peu d'alcool, en effet, dans douze grappes qu'on vient de cueillir et chez lesquelles, avant tout écrasement, on arrête la formation ultérieure possible de l'alcool par une élévation de température, qu'il faille six distillations successives pour manifester la présence de ce liquide, on peut se demander si réellement l'alcool est un produit de la végétation normale. Ne peut-on pas accuser des indices de sa présence la manipulation du broiement des grains et l'oxydation qu'elle entraîne forcément, malgré la précaution d'avoir fait tomber tout d'abord les grappes dans de l'eau chaude? Toutefois, je m'empresse d'ajouter que par des expériences directes j'ai constaté que l'oxydation n'a pas lieu, non plus que la formation de produits alcooliques, lorsqu'on agite plus ou moins longtemps au contact de l'air des grains de raisin écrasés, après qu'on a porté ceux-ci en vase clos, non dans de l'eau chaude, mais dans un bain-marie à 100 degrés.

Dans tous les cas, les expériences que je viens de faire connaître montrent que la constatation de la présence de l'alcool dans les raisins est entourée de causes d'erreur, puisqu'une foule de circonstances peuvent influencer sur la formation de ce produit : conservation des grappes en tas, portions de grappes enveloppées d'un gaz inerte, écrasement des grappes au contact de l'air, sont autant de circonstances qui peuvent amener la formation de l'alcool.

Les jus des fruits mûrs ne renferment pas de ferment soluble alcoolique et ne peuvent former spontanément de la levûre au contact de l'air.

Dès l'année 1872 j'ai décrit, devant l'Académie des Sciences, un dispositif à l'aide duquel il est facile d'extraire de l'intérieur d'un grain de raisin le jus qui y est contenu, et de montrer que ce jus est incapable de donner de la levûre ou de faire fermenter le moût de raisin (*voir également mes Études sur la bière*, p. 53 et suiv.). Quoique très-simple, ce dispositif peut être remplacé par un autre plus simple encore et également applicable, non-seulement à des grains de raisin, mais à des pêches mûres, ce qui permet, si l'on

utilise successivement plusieurs pêches pour une même épreuve, d'opérer sur une quantité quelconque de jus. Il suffit de prendre de belles et grosses pêches très-mûres et très-saines, de les fatiguer sur une partie de leur surface par la pression des doigts, puis, touchant un point de la pellicule en cet endroit, avec l'extrémité d'une baguette chauffée pour brûler les germes qui pourraient s'y trouver, de faire pénétrer l'extrémité effilée d'un tube de verre flambé, muni à son autre extrémité d'un tampon de coton. Par cette dernière extrémité on aspire le jus intérieur de la pêche qu'on laisse séjourner dans le tube à la température que l'on désire. On peut également porter le jus aspiré dans un vase flambé, passer à une autre pêche, à une troisième, etc., et recueillir ainsi beaucoup de jus. Si l'expérience est bien faite, le jus ne fermente pas et ne donne jamais ni levûres, ni moisissures quelconques.

*Sur la non-formation de la levûre dans les jus de grains
de raisin pourri.*

Claude Bernard paraît avoir attaché une grande importance au fait de la non-formation de la levûre dans le jus des grains pourris. Pourtant, dans les faits qu'il a observés, que de contradictions sur ce point ! Quoi qu'il en soit, au début, dans sa première Note, il ne doute pas du fait :

« *Le jus de raisin pourri, dit-il, quoique sucré, ne fermente pas : y ajouter ferment (c'est-à-dire de la levûre toute formée), il fermente.* »

A la fin, dans les conclusions de sa dernière Note, il n'est pas moins affirmatif :

« *... Dans les jus'aplasmiques ou inféconds (... jus pourris), le ferment ne se développe pas, quoiqu'ils soient sucrés. Si l'on y ajoute du ferment, alors ils fermentent.* »

Il est certain que les jus des grains pourris ne donnent pas lieu à une production de levûres aussi facilement, aussi promptement que les jus des grains sains. Quoi de plus naturel, quand on sait que les germes des levûres sont extérieurs aux grains et que la pourriture a pour cause un développement de moisissures à la surface

des grains? Ces moisissures, en se développant sur les grains, ne peuvent-elles pas altérer, détruire même les germes des levûres? Bien d'autres circonstances peuvent gêner la formation des levûres dans les jus de grains pourris : l'odeur de ces jus, due peut-être à des principes antiseptiques, leur concentration, plus grande que celle des grains sains, la présence d'un peu d'alcool dans ces jus....

Quant au fait en lui-même, il n'est rien moins que constant, et pour le prouver je n'ai qu'à citer quelques-unes des propres expériences de Bernard :

Note VI. — Le 11 octobre, il broie avec de l'eau des grains de raisin pourri secs.... Le 13, pas de ferment alcoolique formé; mais le 15 beaucoup d'alcool est formé, et au microscope il trouve des grains de ferment.

Note X. — Au commencement de la conclusion de la Note X, Bernard dit expressément :

« *Le jus de raisin pourri ne fermente pas alcooliquement, quoique exposé à l'air et à une température convenable.* »

A la fin de cette même conclusion il dit, au contraire :

« *Du jus de raisin pourri finit par fermenter à l'étuve. Seulement il ne se forme que très-peu de ferment. Quand on ajoute de l'eau, il se forme plus de ferment et plus vite....* »

Dans la Note XV, il dit encore :

« *Quand les grains de raisin pourri ont été écrasés et qu'ils pourrissent écrasés exposés à l'air, alors il y a toujours formation de levûre....* »

A propos des idées que Claude Bernard se faisait de la pourriture des grains de raisin.

« La pourriture n'est qu'une maturité avancée », disait Bernard.

Je relisais tout récemment, dans les *Bulletins de l'Académie de Médecine*, la discussion sur la septicémie qui eut lieu devant cette Compagnie en 1873. Quel ne fut pas mon étonnement en voyant le D^r Davaine raconter incidemment, au cours de cette discussion, à laquelle il prit une si large part, que, se trouvant à la maison de campagne de Claude Bernard, à Saint-Julien, pendant les vacances

de 1866, il étudia sur une grande échelle la pourriture des raisins, sous les yeux mêmes de Claude Bernard, et qu'il constata que ce phénomène était lié à la présence de moisissures à la surface des grains, comme je l'avais observé moi-même antérieurement !

Que Bernard eût oublié que, dans une Note présentée par moi à l'Académie, le 20 avril 1863, j'avais fait connaître la loi générale de ce genre d'altérations (*voir plus loin la reproduction textuelle de cette Note*), qu'il ne se fût pas souvenu davantage que dans une leçon que je fis à la Sorbonne au mois de février 1865 et publiée alors par la *Revue des Cours scientifiques*, j'avais pris pour exemple de la combustion des matières organiques mortes par les moisissures précisément la pourriture du raisin, je ne saurais en être trop surpris ; mais n'est-il pas étrange qu'il eût perdu de vue au mois d'octobre 1877 les expériences (postérieures aux miennes) de son ami le D^r Davaine, faites chez lui, sur le même sujet, en 1866 ?

Voilà pourtant jusqu'à quel point les systèmes sont décevants, même pour les esprits supérieurs !

Dans la fermentation des raisins sans levure, au sein d'une atmosphère de gaz acide carbonique, il ne se forme pas de ferment soluble alcoolique.

J'ai pu résoudre cette question avec une grande rigueur. Il m'a suffi de placer des grains de raisin mûrs, prélevés sur mes grappes recouvertes de coton, dans des flacons remplis de gaz acide carbonique, à 25-30 degrés. La fermentation sans levure s'est établie, et, quelques jours après, j'ai écrasé les grains et filtré. Le jus filtré, après qu'on eut reconnu ses caractères alcooscopiques, fut abandonné dans une étuve pendant quelques jours. La proportion d'alcool resta la même.

Cette expérience n'est pas aussi facile à faire qu'on pourrait l'imaginer tout d'abord, à moins qu'on n'ait recours pour les filtrations aux filtres de terre cuite avec emploi du vide, qui permettent de se débarrasser de tous les organismes microscopiques les plus ténus. Mais je n'avais pas, dans le Jura, cette ressource à ma disposition. En se servant de filtres de papier, l'expérience exige

presque l'emploi de ces raisins, sans germes extérieurs de levûre, que j'ai obtenus dans mes serres. En opérant sur des grains de raisin de grappes mûres *ordinaires*, placés dans le gaz acide carbonique, il s'est produit de la levûre après quelques jours de séjour à l'étuve. Cette formation anaérobie de levûre est très-gênante, parce qu'il est impossible que la levûre ne passe pas au filtre en quantité si minime qu'on puisse le supposer. Dès lors, elle se multiplie dans le jus filtré et rend toute conclusion à peu près illusoire. Avec des grains de grappes privées de tout germe de levûre, on n'a pas à craindre cette cause d'erreur et l'on peut laisser le moût filtré séjourner longtemps à l'étuve avant de l'éprouver pour la quantité d'alcool qu'il peut contenir.

A propos des actions de vie sans air : leur influence dans les phénomènes chimiques de la respiration.

Les effets de la respiration me paraissent devoir être envisagés d'une autre manière qu'on ne le fait communément. A maintes reprises, j'avais entretenu Claude Bernard de mes vues sur ce sujet, vues qui m'ont été suggérées par les propriétés des cellules de la levûre de bière.

Les cellules de la levûre reçoivent de la présence du gaz oxygène une vie, une activité extraordinaires, et dont les effets se prolongent au delà de l'instant d'absorption du gaz et des combustions qui en résultent. La vie de la levûre, quand elle est privée d'oxygène libre, est pénible, et lente est son action comme ferment. Si l'oxygène est présent, même en faible quantité, les cellules s'entretiennent dans un état de jeunesse et d'activité remarquable, dont les effets ne sauraient s'expliquer par une action chimique pure et simple, due à l'absorption du gaz oxygène : les cellules reçoivent de cette absorption comme une impulsion, une excitation. Je veux dire que les cellules de la levûre, par le contact et l'absorption du gaz oxygène, sont mises dans un état de vie et de santé qui leur permet de prolonger leur vie pendant un assez long temps, sans plus avoir besoin de gaz oxygène, et de façon à devenir des ferments énergiques. Une absorption répétée d'oxygène, quoique très

limitée en volume, donne aux cellules une sorte de jeunesse permanente qui leur permet de poursuivre leur nutrition, leur multiplication à l'abri de l'air, et qui entretient par suite à un haut degré l'activité de la fermentation qu'elles peuvent provoquer. On trouve dans mes *Études sur la bière* (p. 337) cette curieuse et décisive expérience : un moût sucré est-il en fermentation à l'abri de l'air, si l'on vient à soutirer tout ou partie du liquide pour le reverser immédiatement par le haut de la cuve, le seul fait du passage rapide du liquide dans l'air et du faible volume de gaz oxygène absorbé donne immédiatement à la fermentation une activité nouvelle remarquable et qui dure longtemps après l'absorption du gaz, laquelle a suffi pour rajeunir les cellules et leur permettre de continuer leur vie sans air, en reprenant plus d'énergie comme ferment.

Il est vrai que cette activité s'épuise si la soustraction de l'oxygène persiste. La fermentation, à son tour, se ralentit dans ces conditions. Il ne faut pas conclure de ces faits que l'oxygène intervient directement dans la propriété que possède la levûre de faire fermenter le sucre. J'ai donné de très bonnes raisons pour admettre que la levûre, si elle était entourée d'air, ne ferait plus fermenter le sucre, qu'elle ne ferait plus que le décomposer pour s'en nourrir, en dégageant de l'acide carbonique, comme font toutes les moisissures lorsqu'elles ont le sucre pour aliment (¹). Mais l'oxygène de l'air excite les cellules de la levûre, les rajeunit et les met en état de pouvoir vivre pour un temps en dehors de toute participation du gaz oxygène; c'est à ce moment que la cellule devient fer-

(¹) Ce serait se faire illusion que de croire qu'il est facile d'entourer d'air toutes les cellules de levûre dans une culture de cet organisme. Les cellules forment une poussière dont les grains, d'une ténuité extrême, se recouvrent les uns les autres. Ceux du dessus garantissent ceux du dessous du contact de l'oxygène, et, quoi qu'on fasse, les actions sont complexes. On n'atteint pas davantage le résultat désiré en faisant barboter de l'air dans le vase qui contient la levûre ou, comme je l'ai essayé dans des expériences inédites, à l'aide de flacons tournant sur leur axe. D'ailleurs, le mouvement et le contact de *beaucoup d'air* nuisent singulièrement à la vitalité de la levûre.

ment par excellence pour le sucre, soit qu'elle se multiplie, soit qu'elle continue seulement sa vie de cellule, c'est-à-dire d'individu qui ne se reproduit pas. La multiplication (à l'abri de l'air) correspond à un état jeune de la cellule ; l'absence de multiplication caractérise la cellule déjà vieille ou qui a vécu sur elle-même pendant un certain temps. Il y a là comme une image de la jeunesse et de l'âge adulte ou de la vieillesse dans l'organisation animale.

Je suis très porté à croire que dans l'économie animale il se passe des phénomènes du même ordre, c'est-à-dire que l'oxygène n'agit pas seulement comme source d'oxygène qui s'absorbe et qui opère des combustions, mais qu'il donne aux cellules une activité, une jeunesse, si l'on peut se servir de cette expression, d'où elles tirent la faculté d'agir ensuite et aussitôt après, en dehors de l'influence de l'oxygène libre, à la manière des cellules-ferments.

L'oxygène porté par les globules du sang n'irait donc pas opérer par tout le corps des combustions, mais donner seulement aux cellules des organes une excitation, un état de vigueur et de santé propres à les faire fonctionner comme des cellules anaérobies, c'est-à-dire vivant en dehors de toute participation du gaz oxygène libre et provoquant des phénomènes de fermentation. Sans cesse, dans le temps d'une inspiration et d'une expiration, l'oxygène communiquerait aux cellules l'activité dont il s'agit, suivie du fonctionnement de ces cellules comme cellules-ferments. Les combustions directes seraient de peu d'importance, excepté peut-être dans l'état de croissance des individus, c'est-à-dire quand il y aurait multiplication des cellules.

La fermentation devient, dans cet ordre d'idées, un phénomène général, universel, propre à toutes les cellules vivantes, mais qui revêt un état habituel particulier dans les cellules des ferments, uniquement par cette circonstance que ces cellules peuvent vivre plus longtemps que les cellules des autres êtres en dehors de l'intervention du gaz oxygène libre. Mais tous les êtres seraient le siège de phénomènes de fermentation d'une durée variable avec les conditions et la durée de la vie sans air, succédant à l'excitation donnée par le gaz oxygène. Beaucoup de phénomènes physiologiques, inconnus ou mystérieux dans leurs manifestations, trouve-

ront, je l'espère, leur interprétation naturelle dans les vues que je viens d'exposer et dont je me plaisais à entretenir Bernard, soit dans nos conversations du lundi à l'Académie des Sciences, soit même par écrit, car je trouve dans mes Notes la minute d'une lettre datée du mois d'avril 1875 et qui montre jusqu'où j'allais dans les applications que je prétendais faire des idées qui précèdent à la Physiologie :

Mon cher maître, avez-vous lu ce que j'ai écrit dans le *Bulletin de l'Académie de Médecine, séance du 23 mars*, à l'occasion d'une discussion sur la fermentation, au sujet d'actions de fermentation dans l'économie par la vie continuée des cellules en dehors de la participation du gaz oxygène? Si ces vues ont le fondement que je leur accorde, une de leurs applications ne serait-elle pas de pouvoir rendre compte du fait physiologique si remarquable de l'élévation de la température d'un membre plongé dans le gaz acide carbonique? Ce gaz ne pourrait-il pas provoquer subitement des phénomènes de fermentation dans les cellules sous-jacentes de l'épiderme jusqu'à une profondeur variable avec la durée de l'exposition? De là peut-être le développement de la chaleur que l'on constate, et qui serait l'effet de la décomposition des matières fermentescibles. En suivant cet ordre d'idées, ne verriez-vous pas dans l'usage de bains répétés de gaz carbonique un moyen de détruire, au moins partiellement, le sucre dans le sang, et par une conséquence naturelle d'en diminuer la présence dans l'urine des diabétiques, peut-être de le supprimer? Je m'arrête : je ne serais pas digne de vous appeler mon maître si j'allais trop loin dans des déductions d'idées préconçues....

La Note suivante, que je trouve également dans mes papiers et que je copie textuellement telle que je l'ai écrite pendant une séance de l'Académie, montre jusqu'à quel point Bernard prenait en sérieuse considération les vues dont je parle :

Ce lundi 12 juin 1876, à la séance de l'Académie, Bernard m'apprend que dans l'asphyxie l'urée augmente beaucoup dans le sang, que c'est contraire aux idées qu'on se fait des combustions directes par l'oxygène des globules du sang et de leur influence supposée dans la formation de l'urée, et il a ajouté : « *Vos idées de ferments formés en l'absence de l'oxygène de l'air doivent trouver là des applications.* »

Combien ce dernier fait se trouve en harmonie avec la théorie nouvelle de la respiration que j'exposais tout à l'heure, et com-

bien, au contraire, il condamne les idées reçues et leur est même diamétralement contraire!

La plupart des phénomènes physiologiques devraient être revus à la clarté des vues que je viens d'exposer. Dans les applications qu'on en peut faire, je suis frappé de la simplicité des explications qu'elles suggèrent. Elles rendent compte des faits les plus obscurs pour la théorie de la combustion directe.

a. Un muscle en activité produit un volume d'acide carbonique supérieur au volume d'oxygène absorbé dans le même temps. La consommation d'oxygène n'est donc pas en rapport exact avec la production d'acide carbonique. Pour la théorie nouvelle, ce fait n'a rien que de naturel, puisque l'acide carbonique produit résulte d'actes de fermentation qui n'ont aucune relation nécessaire avec la quantité de gaz oxygène absorbée et fixée.

b. On sait que dans des gaz inertes, dans l'hydrogène, l'azote, l'acide carbonique, le muscle peut se contracter, et qu'il produit alors de l'acide carbonique. Ce fait est une conséquence obligée de la prolongation de la vie des cellules dans leur état anaérobie, sous l'influence de l'excitation qu'elles ont reçue antérieurement du contact du gaz oxygène apporté par les globules du sang. Il est inexplicable dans les théories des combustions respiratoires.

c. Les muscles ont, après la mort et dans l'asphyxie, une réaction acide. On le comprend aisément si des actes de décomposition et de fermentation s'accomplissent et se prolongent au delà de la vie dans toutes les cellules fonctionnant comme cellules anaérobies.

d. On asphyxie un animal et l'on constate que, sur l'heure, sa température augmente, tandis qu'elle devrait diminuer aussitôt par la suppression des combustions, si la chaleur était la conséquence de ces combustions. Quoi de plus naturel que ce fait, au contraire, si l'on considère que le corps de l'animal asphyxié est livré, sans travail musculaire quelconque, à des phénomènes de fermentation qui dégagent de la chaleur?

e. La fièvre elle-même, dont l'explication est si difficile aujourd'hui, ne sera-t-elle pas envisagée dans l'avenir comme un des effets d'un trouble survenu dans le fonctionnement des cellules

anaérobies du corps, d'où résulterait une exaltation des fermentations qu'elles provoquent?

Dans ses *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Bernard s'exprime ainsi (p. 171) :

Le rôle véritable de l'oxygène est inconnu. Il est bien certain que ce gaz est fixé dans l'organisme et qu'il devient ainsi un des éléments de la constitution et de la création organique. Mais ce ne serait point par sa combinaison avec la matière organique qu'il provoquerait le fonctionnement vital. En entrant en contact avec les parties, il les rend excitables; elles ne peuvent vivre qu'à la condition de ce contact. C'est donc comme agent d'excitation qu'il interviendrait immédiatement dans le plus grand nombre des phénomènes de la vie.

Plus loin, il ajoute :

La conclusion que nous avons exposée au début nous semble donc amplement justifiée; il n'est pas nécessaire de multiplier autrement les exemples pour prouver que la théorie de la combustion directe, qui a déterminé un si grand progrès quand son illustre fondateur l'a introduite dans la Science, n'a cependant pas été confirmée par les études physiologiques. La combustion n'est pas directe dans les organismes, et la production d'acide carbonique, qui est un phénomène si général dans les manifestations vitales, est le résultat d'une véritable destruction organique, d'un dédoublement analogue à ceux que produisent les fermentations. Ces fermentations sont d'ailleurs l'équivalent dynamique des combustions; elles remplissent le même but, en ce sens qu'elles engendrent de la chaleur et sont par conséquent une source de l'énergie qui est nécessaire à la vie.

Ne trouve-t-on pas dans ces passages comme un écho de nos conversations sur la théorie de la respiration dont je parlais tout à l'heure? Toutefois, la conclusion précédente de Bernard n'est formulée qu'à titre de négation de la théorie de la combustion directe, et elle ne serait qu'une négation de cette théorie si l'on n'y ajoutait ce complément, qui est le fondement même de la théorie nouvelle que je propose, à savoir que l'excitation des cellules des divers organes par le gaz oxygène permet à celles-ci, comme on l'observe dans le cas de la cellule de levûre de bière, d'agir ensuite comme cellules-ferments sur les matières fermentescibles présentes dès que l'oxygène est supprimé ou fait défaut. Bernard ne paraît pas

m'avoir suivi jusque-là. Et cependant rappelons-nous cette parole de lui que je soulignais tout à l'heure : « *Vos idées de ferments formés en l'absence de l'oxygène de l'air doivent trouver là des applications.* »

Les deux Communications suivantes sont empruntées aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. Elles datent des années 1861 et 1863. Je les reproduis ici parce qu'elles jettent de la clarté sur les discussions qui font l'objet du présent Opuscule.

Expériences et vues nouvelles sur la nature des fermentations.

(*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 juin 1861.)

Dans les diverses Communications que j'ai eu l'honneur d'adresser à l'Académie au sujet des fermentations proprement dites, encore bien que j'eusse appliqué tous mes efforts à démontrer qu'elles étaient corrélatives de la présence et de la multiplication d'êtres organisés, distincts pour chaque fermentation, je m'étais gardé de toute opinion sur la cause de ces mystérieux phénomènes. Mieux étudier qu'on ne l'avait fait les produits de ces fermentations, isoler les ferments, découvrir des preuves expérimentales de leur organisation, tel a été jusqu'ici le but de mes recherches.

En ce qui concerne l'idée principale que les ferments sont organisés, si des doutes pouvaient exister encore dans l'esprit de quelques personnes, ils ont dû être levés par les résultats que j'ai eu l'honneur de faire connaître récemment à l'Académie au sujet de la fermentation butyrique. J'ai annoncé, en effet, que le ferment butyrique était un animalcule infusoire, ou, si l'on ne veut pas préjuger la question de la limite des deux règnes organiques, que le ferment butyrique était un être organisé se mouvant et se reproduisant à la manière de ceux que les naturalistes appellent des *vibrions*. Mais ce que je veux faire remarquer en ce moment,

c'est que ce ferment butyrique porte en lui-même dans ses mouvements et dans son mode de génération la preuve évidente de son organisation.

Il y a donc, à côté de la levûre de bière, des ferments organisés. Malgré l'opposition que cette idée rencontra au début, j'ose espérer qu'on peut la regarder aujourd'hui comme acquise à la Science.

Il se présente maintenant une question non moins importante à résoudre : comment agissent les êtres organisés dans la fermentation ?

Je viens de rappeler que le ferment butyrique est un être organisé du genre vibrion. Si l'on étudie, comme je l'ai fait par des expériences directes, le mode de vie des vibrions décrits jusqu'à ce jour par les naturalistes, on reconnaît qu'ils enlèvent à l'air atmosphérique des quantités considérables de gaz oxygène et qu'ils dégagent de l'acide carbonique. Il en est exactement de même, d'après mes expériences, des mucédinées, des torulacées, des mucors. Ces petites plantes ne peuvent pas plus se passer de gaz oxygène que les animalcules infusoires. En outre, de même que les animalcules infusoires ordinaires, ces plantes n'ont pas le caractère ferment, c'est-à-dire que les phénomènes chimiques qu'elles déterminent dans leurs aliments sont de l'ordre des phénomènes de nutrition où le poids de l'aliment assimilé correspond au poids des tissus transformés par son influence. Les choses se passent bien différemment pour le vibrion de la fermentation butyrique, car j'ai constaté que ce vibrion d'une part vivait sans gaz oxygène libre et d'autre part était ferment. Que le progrès de la Science, en ce qui touche la limite des deux règnes, fasse de ce vibrion une plante ou un animal, peu importe présentement : vivre sans air et être ferment sont deux propriétés qui le séparent de tous les êtres inférieurs ordinaires des deux règnes. C'est un point essentiel qu'il faut bien comprendre.

Le rapprochement de ces faits conduit à se demander s'il n'existe pas une relation cachée entre la propriété d'être ferment et la faculté de vivre sans l'intervention de l'air atmosphérique, puisque nous voyons le caractère ferment exister chez le vibrion butyrique qui vit sans gaz oxygène, tandis que ce même caractère

est absent chez les vibrions et les mucorées ordinaires, où la vie n'est pas possible en l'absence de ce gaz.

Je viens d'exposer fidèlement la suite des faits qui m'ont suggéré les expériences et les vues nouvelles dont il me reste à parler.

Dans un ballon de verre de la capacité d'un quart de litre, je place environ 100^{cc} d'une eau sucrée mêlée à des matières albuminoïdes. J'étire à la lampe le col du ballon, dont l'extrémité effilée ouverte est introduite sous le mercure; puis je fais bouillir le liquide du ballon, de manière à chasser totalement l'air qu'il renferme et celui que dissout le liquide. Pendant le refroidissement, le mercure rentre dans le ballon. Alors, après avoir brisé par un choc au fond de la cuve à mercure la partie étirée du col, sans laisser rentrer la moindre parcelle d'air, je fais arriver dans le ballon une très-petite quantité de levûre de bière fraîche. L'expérience montre que les globules semés se multiplient, quoique d'une manière pénible, et que le sucre fermente. Dans ces conditions, 1 partie en poids de levûre décompose 60, 80 et 100 parties de sucre. En conséquence, la levûre de bière peut se multiplier en l'absence absolue du gaz oxygène libre, et elle jouit alors à un haut degré du caractère ferment (1).

Cela posé, reproduisons la même expérience, cette fois en présence de beaucoup d'air, comme source d'oxygène. A cet effet, dans une cuve de verre peu profonde et d'une grande surface, je place de l'eau sucrée albumineuse en couche d'une faible épaisseur, puis j'y sème une petite quantité de levûre de bière, la cuve étant à peu près découverte et librement exposée à l'air atmosphérique. Dans le cas où l'on veut analyser les gaz et étudier l'altération de l'air, il faut opérer dans une grande fiole à fond plat, dont on ferme le col à la lampe, en l'étirant de manière à pouvoir briser ultérieurement la pointe sous le mercure et recueillir le gaz qui s'échappe pour y déterminer le rapport des volumes de l'oxygène et de l'azote.

(1) Voir PASTEUR, t. LXXX des *Comptes rendus*, p. 452, ou mes *Études sur la bière*, p. 237, un meilleur dispositif pour répéter cette expérience.

(Note ajoutée à la rédaction.)

On observe dans les expériences ainsi conduites que la levûre se multiplie avec une activité des plus remarquables, inconnue jusqu'à présent dans la vie de cette petite plante. L'expérience dans la fiole prouve, en outre, qu'en se multipliant les globules de levûre enlèvent à l'air une quantité considérable d'oxygène. Il n'y a aucune comparaison à établir entre la rapidité du développement des cellules de levûre dans ces conditions particulières et dans les circonstances examinées en premier lieu où le gaz oxygène libre est absent. Il n'y aurait pas d'exagération à dire qu'elles se multiplient cent fois plus vite dans un cas que dans l'autre.

Il résulte de là que la levûre de bière a deux manières de vivre essentiellement distinctes. Le gaz oxygène libre peut être totalement absent, comme il peut être présent en volume quelconque. Dans le second cas il est utilisé par la plante, dont la vie est singulièrement exaltée. La petite plante vit donc alors à la façon des plantes inférieures; et, comme j'ai reconnu antérieurement que, sous le rapport de l'assimilation du carbone, des phosphates et de l'azote, la levûre de bière n'offrait pas de différence essentielle avec les mucédinées, il est bien établi que la levûre, placée dans les circonstances où elle respire le gaz oxygène libre, a un mode de vie de tous points comparable à celui des plantes et des animalcules inférieurs. Or, l'expérience prouve que l'analogie va plus loin et qu'elle s'étend au caractère ferment. En effet, si l'on détermine le pouvoir fermentant de la levûre, alors qu'elle assimile du gaz oxygène libre, on trouve que ce pouvoir fermentant de la levûre a presque complètement disparu.

Je ne doute pas que je n'arrive à le supprimer entièrement; mais ce qui est certain, c'est que je l'ai déjà rendu près de vingt fois moindre qu'il n'est dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire que, pour un développement de levûre égal à 1 partie, il n'y a que 6 à 8 parties de sucre transformées. Remarquons, en outre, que la levûre de bière qui vient de se développer au contact de l'air en absorbant du gaz oxygène, et qui, sous cette influence et par ce mode de vie spécial, perd son caractère ferment, n'a pas pour autant changé de nature. Bien au contraire, car si on la transporte dans de l'eau sucrée, à l'abri de l'air, elle y provoque aussitôt la fer-

mentation la plus énergique. Je n'ai jamais connu de levûre alcoolique plus active, sans doute parce que tous les globules sont bourgeonnés et turgescents. Il est impossible de voir une levûre plus homogène et plus remarquable de formes et de santé, si je puis m'exprimer ainsi (1).

En résumé, la petite plante cellulaire appelée vulgairement *levûre de bière* peut se développer sans gaz oxygène libre, et elle est ferment : double propriété qui la sépare alors de tous les êtres inférieurs ; ou bien, elle peut se développer en assimilant du gaz oxygène libre, et avec une telle activité que l'on peut dire que c'est sa vie normale, et elle perd son caractère ferment : double propriété qui la rapproche au contraire alors de tous les êtres inférieurs. Mais n'oublions pas de remarquer que si la levûre perd son caractère ferment pendant qu'elle se multiplie sous l'influence de l'oxygène de l'air, elle se constitue néanmoins dans l'état le plus propre à agir comme ferment, si l'on vient à supprimer le gaz oxygène libre.

Voilà les faits dans toute leur simplicité. Maintenant quelle est leur conséquence prochaine ? Faut-il admettre que la levûre, si avide d'oxygène, qu'elle l'enlève à l'air atmosphérique avec une grande activité, n'en a plus besoin et s'en passe lorsqu'on lui refuse ce gaz à l'état libre, tandis qu'on le lui présente à profusion sous forme de combinaison dans la matière fermentescible ? Là est tout le mystère de la fermentation, car, si l'on répond à la question que je viens de poser en disant : « Puisque la levûre de bière assimile le gaz oxygène avec énergie lorsqu'il est libre, cela prouve qu'elle en a besoin pour vivre, et elle doit conséquemment en prendre à la matière fermentescible si on lui refuse ce gaz à l'état de liberté », aussitôt la plante nous apparaît comme un agent de décomposition du sucre. Lors de chaque mouvement de respiration de ses cellules, il y aura des molécules de sucre dont l'équilibre sera détruit par la soustraction d'une partie de leur oxygène. Un phénomène

(1) Dans cet état, la levûre est très propre à se multiplier à l'abri de l'air, en présence des matières azotées et du sucre, qu'elle fait alors fermenter avec énergie.

(Note ajoutée à la rédaction.)

de décomposition s'ensuivra, et de là le caractère ferment, qui, au contraire, fera défaut lorsque la plante assimilera du gaz oxygène libre.

En résumé, à côté de tous les êtres connus jusqu'à ce jour, et qui, sans exception (au moins on le croit), ne peuvent respirer et se nourrir qu'en assimilant du gaz oxygène libre, il y aurait une classe d'êtres dont la respiration serait assez active pour qu'ils puissent vivre hors de l'influence de l'air en s'emparant de l'oxygène de certaines combinaisons, d'où résulterait pour celles-ci une décomposition lente et progressive. Cette deuxième classe d'êtres organisés serait constituée par les ferments, de tout point semblables aux êtres de la première classe, vivant comme eux, assimilant à leur manière le carbone, l'azote et les phosphates, et comme eux ayant besoin d'oxygène, mais différant d'eux en ce qu'ils pourraient, à défaut de gaz oxygène libre, respirer avec du gaz oxygène enlevé à des combinaisons peu stables.

Tels sont les faits et la théorie qui paraît en être l'expression naturelle, que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie, avec l'espoir d'y joindre bientôt de nouvelles preuves expérimentales (1).

(1) Dans des travaux récents sur la fermentation alcoolique et sur les propriétés de la levûre, je remarque une tendance à admettre que la levûre ne peut se passer de gaz oxygène libre pour vivre, surtout pour se multiplier, quoique, après une discussion contradictoire approfondie, j'aie déjà réfuté les objections qui ont été produites antérieurement sur ce point délicat de la vie de la levûre et de l'histoire de la fermentation. On paraît revenir à l'opinion que la fermentation peut se produire en dehors de la vie des cellules par la décomposition de la levûre, que le sucre pourrait même fermenter en ne faisant que traverser, pour ainsi dire, les cellules. Ces théories nous ramèneraient aux opinions de Liebig. Liebig savait fort bien que la levûre est une production cellulaire vivante, mais il ne voulait pas que la propriété qu'elle possède de provoquer la fermentation fût liée à son organisation. Entre autres arguments, il invoquait la possibilité de la fermentation de l'eau sucrée pure. « Si la fermentation, disait Liebig, était une conséquence du développement et de la multiplication des globules, ils n'exciteraient pas la fermentation dans l'eau sucrée pure, qui manque des conditions essentielles à la manifestation de l'activité vitale. Cette eau ne renferme pas la matière azotée nécessaire à la production de la partie

Examen du rôle attribué au gaz oxygène atmosphérique dans la destruction des matières animales et végétales après la mort.

(*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 avril 1863.)

L'observation la plus vulgaire a montré de tout temps que les matières animales et végétales, exposées après la mort au contact de l'air ou enfouies sous la terre, disparaissent à la suite de transformations diverses.

azotée des globules. Dans ce cas les globules déterminent la fermentation, non parce qu'ils continuent de se développer, mais par suite de métamorphoses de leur partie interne azotée, qui se décompose en ammoniaque et en d'autres produits, c'est-à-dire par suite d'une décomposition chimique qui est tout l'opposé d'un acte organique. »

Dès l'année 1857 (*Comptes rendus de l'Académie*, t. XLV, p. 1032), j'ai fait observer que Liebig se rendait un compte très inexact de ce qui se passe dans l'expérience précédente de la fermentation de l'eau sucrée pure par la levûre lavée. J'ai montré que la levûre augmentait de poids, qu'elle assimilait les éléments du sucre, que l'azote de la levûre ne passe pas à l'état de sel ammoniacal, que les globules de la levûre peuvent se multiplier et vivre à l'aide de leur propre matière azotée, à tel point, qu'en provoquant l'organisation, en présence du sucre, de la partie soluble d'une certaine portion de levûre, on peut faire fermenter un poids de ce sucre qui approche du poids de sucre que peut faire fermenter une égale portion de cette levûre. Aujourd'hui j'interpréteraî mieux encore ces résultats, en montrant la part que l'oxygène peut prendre dans ces phénomènes. Avec la levûre des brasseries et l'eau sucrée pure, l'oxygène n'intervient qu'au début et dans de faibles limites, et la levûre n'est pas assez jeune pour bourgeonner et se multiplier beaucoup. Dans ces conditions, la vie de la levûre consiste principalement en une vie poursuivie des globules les plus jeunes, aux dépens de leurs propres matériaux ou des matériaux des globules plus épuisés. Dans le cas, au contraire, où l'on sème une trace de globules dans une eau sucrée tenant en solution la partie soluble de la levûre, comme dans l'une de mes expériences de 1857 que je rappelais tout à l'heure, l'oxygène dissous à l'origine dans la liqueur sucrée intervient puissamment dans l'organisation et la multiplication des nouveaux globules, dont le poids est notable, ainsi qu'on peut s'en assurer par les nombres que j'ai donnés, notamment dans mon Mémoire de 1860 sur la fermentation alcoolique (*Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. LVIII).

Note ajoutée à la rédaction (avril 1879).

La fermentation, la putréfaction et la combustion lente sont les trois phénomènes naturels qui concourent à l'accomplissement de ce grand fait de destruction de la matière organisée, condition nécessaire de la perpétuité de la vie à la surface du globe.

Dans mes travaux de ces dernières années, et plus particulièrement dans une Communication récente, j'ai indiqué avec précision quelles étaient, suivant moi, les vraies causes des fermentations, et j'ai annoncé le principal résultat de recherches que je poursuis sur la putréfaction proprement dite.

Partout, la vie, se manifestant chez les productions organisées les plus infimes, m'apparaît comme l'une des conditions essentielles de ces phénomènes, mais la vie avec une manière d'être inconnue jusqu'à ce jour, c'est-à-dire sans consommation d'air ou de gaz oxygène libre.

La matière morte qui fermente ou qui se putréfie ne cède donc pas, uniquement du moins, à des forces d'un ordre purement physique ou chimique. Il faut bannir de la Science cet ensemble de vues préconçues qui consistaient à admettre que toute une classe de matières organiques, les matières plastiques azotées, peuvent acquérir, par l'influence hypothétique d'une oxydation directe, une force occulte, caractérisée par un mouvement intestin, prêt à se communiquer à des substances organiques prétendues peu stables.

Je vais essayer d'établir aujourd'hui expérimentalement que les combustions lentes dont les matières organiques mortes sont le siège lorsqu'elles sont exposées au contact de l'air ont également, dans la plupart des cas, une étroite liaison avec la présence des êtres les plus inférieurs. Nous arriverons ainsi à cette conséquence générale, que la vie préside au travail de la mort dans toutes ses phases, et que les trois termes, dont je parlais tout à l'heure, de ce retour perpétuel à l'air de l'atmosphère et au règne minéral des principes que les végétaux et les animaux en ont empruntés, sont des actes corrélatifs du développement et de la multiplication d'êtres organisés.

L'exposition de quelques expériences et analyses suffira pour faire comprendre à l'Académie les faits et les conséquences dont je me propose de l'entretenir.

Le 25 mai 1860, j'ai brisé en plein air, dans un jardin, la pointe effilée et fermée d'un ballon de 250 centimètres cubes, vide d'air, renfermant 80 centimètres cubes d'eau de levûre sucrée qui avait été portée à l'ébullition. Aussitôt après la rentrée de l'air, j'ai refermé la pointe du ballon à la lampe. Si l'on se rappelle l'un des procédés d'expérimentation de mon Mémoire sur les générations dites spontanées, on verra que cet essai est l'un de ceux que j'ai employés pour démontrer qu'il n'y a pas continuité dans l'atmosphère de la cause de ces générations. Il arrive, par exemple, très-souvent, que le liquide du ballon ne donne naissance ultérieurement ni à des infusoires ni à des mucédinées, et qu'il conserve toute sa limpidité première, bien que le ballon ait reçu, au moment de son ouverture, de l'air commun ordinaire. Tel a été précisément le cas, en ce qui concerne le ballon dont je viens de parler. Son liquide était encore intact le 5 février 1863, jour où j'ai analysé l'air qu'il renfermait. Cet air contenait :

Oxygène.....	18,1
Acide carbonique.....	1,4
Azote par différence.....	80,5
	<hr/>
	100,0

On voit donc que, dans l'espace de trois années, les matières albuminoïdes de l'eau de levûre de bière, associées à de l'eau sucrée et exposées à l'air ordinaire, mais dans des conditions où il ne s'est pas développé d'animalcules ou de mucédinées, ont absorbé 2,7 pour 100 de gaz oxygène qu'elles ont rendu en partie à l'état d'acide carbonique. L'oxydation directe, la combustion lente de ces matières organiques a donc été à peine sensible. Néanmoins, dans cet intervalle de trois années, le ballon avait été pendant dix-huit mois dans une étuve chauffée de 25 à 30 degrés.

Le 22 mars 1860, j'ai rempli d'air, privé de germes par une température élevée, un ballon de 250 centimètres cubes, renfermant 60 à 80 centimètres cubes d'urine bouillie en suivant la méthode indiquée au Chapitre III de mon Mémoire sur les générations dites spontanées, inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique*, pour l'année 1862. Le liquide avait encore une parfaite lim-

pidité au mois de janvier 1863. Sa couleur tirait un peu sur le rouge brun très-clair. Une poussière cristalline, sablonneuse, formée d'acide urique, s'était déposée en très petite quantité sur les parois du ballon. Il y avait en outre quelques groupes aiguillés que j'ai reconnus être du phosphate de chaux cristallisé. L'urine était encore acide, mais cette acidité avait plutôt diminué qu'augmenté. Son odeur rappelait exactement celle de l'urine fraîche après ébullition. L'air du ballon renfermait :

Oxygène.....	11,4
Acide carbonique.....	11,5
Azote par différence.....	<u>77,1</u>
	100,0

Ainsi, après trois années environ, il restait encore 11 à 12 pour 100 de gaz oxygène. En outre, tout l'oxygène qui a été absorbé se retrouve exactement dans l'acide carbonique produit, moins la différence toutefois qui peut résulter des coefficients de solubilité des deux gaz dans le liquide en expérience.

Quoi qu'il en soit, on voit combien est lente et difficile l'oxydation directe des matériaux de l'urine par l'air atmosphérique, lorsque cet air a été placé dans des conditions où il est impropre à provoquer le développement des êtres organisés inférieurs.

Le 17 juin 1860, j'ai rempli d'air porté à une température rouge un ballon de 250^{cc}, renfermant 60 centimètres cubes de lait qui avait été tenu en ébullition deux ou trois minutes à 108 degrés. J'ai étudié le lait de ce ballon et analysé l'air en contact le 8 février 1863. Le lait était presque neutre aux papiers réactifs, avec tendance non douteuse à l'alcalinité. Il avait la saveur du lait ordinaire, mais rappelant un peu celle du suif. Par le repos, sa matière grasse se séparait sous forme de grumeaux. Il fallait agiter le lait dans le ballon pendant quelques instants pour qu'il reprît l'aspect du lait frais. Du reste, ce lait n'était nullement caillé. L'air du ballon renfermait :

Oxygène.....	3,1
Acide carbonique.....	2,8
Azote par différence.....	<u>94,1</u>
	100,0

Cette analyse nous montre que la matière grasse du lait a absorbé une forte proportion d'oxygène, comme dans les expériences de de Saussure sur les huiles. Mais, malgré cette oxydation directe, et réputée très-facile, des matières grasses, on voit qu'il reste encore, après un intervalle de trois années environ, plusieurs centièmes de gaz oxygène dans l'air du ballon.

Si l'on répète, au contraire, toutes les expériences précédentes, dans les mêmes conditions, mais sous l'influence du développement des germes des organismes les plus inférieurs de nature végétale ou animale, tout l'oxygène de l'air des ballons est absorbé dans l'espace de quelques jours seulement, avec dégagement simultané en proportions variables de gaz acide carbonique.

Je citerai encore deux expériences comparatives très dignes d'attention. Le 26 février dernier, j'ai rempli d'air, privé de ses germes par une température rouge, un ballon de 250 centimètres cubes, renfermant 10^{es} de sciure de bois de chêne, qui avait été portée à la température de l'ébullition avec quelques centimètres cubes d'eau. Un mois après, le 27 mars, l'air du ballon renfermait :

Oxygène.....	16,2
Acide carbonique.....	2,3
Azote par différence .	81,5
	<hr/>
	100,0

Par conséquent, dans l'espace d'un mois (à la température constante de 30 degrés), de la sciure de bois de chêne exposée au contact de l'air n'a absorbé que quelques centimètres cubes de gaz oxygène.

Au contraire, ayant placé, le 21 février 1863, 20 grammes de sciure de bois de chêne humide dans un grand ballon de 4 litres, sans prendre aucune précaution pour éloigner les germes disséminés dans l'air ou dans la sciure, et ayant analysé l'air du ballon quatorze jours après, j'ai trouvé qu'il renfermait déjà 7,2 pour 100 d'acide carbonique, et que près de 300 centimètres cubes de gaz oxygène avaient été consommés. Cette combustion facile de la sciure de bois exposée au contact de l'air atmosphérique ordinaire

a été signalée depuis longtemps par Th. de Saussure, dans des essais bien connus sur la formation du terreau.

D'où provient la différence considérable entre les résultats des deux expériences que je viens de rapporter? Au premier aperçu, rien ne met sur la voie; mais si l'on examine à la loupe et au microscope la surface de la sciure de bois dans le cas où l'on n'a pris aucune précaution pour éloigner les germes des mucédinées, c'est-à-dire dans l'essai fait à la manière de de Saussure, on voit que la sciure est couverte d'un duvet léger et à peine sensible de sporanges et de mycéliums de mucédinées diverses.

En résumé, si l'on étudie la combustion lente des matières organiques mortes sous l'influence seule de l'oxygène de l'air atmosphérique, on trouve que cette combustion n'est pas douteuse et qu'elle varie d'intensité et de manière d'être suivant la nature des substances organiques, à peu près comme on rencontre des métaux que l'air n'oxyde pas, tels que l'or et le platine, d'autres médiocrement oxydables, tels que le cuivre et le plomb, d'autres enfin très-oxydables, tels que le potassium et le sodium.

Mais ce qui est digne de remarque, et c'est précisément le fait principal sur lequel je désire aujourd'hui appeler l'attention, la combustion lente des matières organiques après la mort, quoique réelle, est à peine sensible lorsque l'air est privé des germes des organismes inférieurs. Elle devient rapide, considérable, sans comparaison avec ce qu'elle est dans le premier cas, si les matières organiques peuvent se couvrir de mucédinées, de mucors, de bactéries, de monades. Ces petits êtres sont des agents de combustion dont l'énergie, variable avec leur nature spécifique, est quelquefois extraordinaire, témoin l'exemple saisissant de la combustion de l'alcool, de l'acide acétique, du sucre, par les mycodermes que j'ai fait connaître, il y a une année, à l'Académie.

Les principes immédiats des corps vivants seraient en quelque sorte indestructibles si l'on supprimait de l'ensemble des êtres que Dieu a créés les plus petits, les plus inutiles en apparence, et la vie deviendrait impossible, parce que le retour à l'atmosphère et au règne minéral de tout ce qui a cessé de vivre serait tout à coup suspendu.

Cependant, si je m'étais borné aux expériences précédentes, une objection sérieuse aurait pu m'être présentée. Dans les essais dont je viens d'entretenir l'Académie, j'ai opéré constamment sur des matières organiques non-seulement mortes, mais qui avaient été en outre préalablement portées à la température de l'ébullition. Or il n'est pas douteux que les matières organiques sont profondément modifiées par une température de 100 degrés. Il fallait donc étudier, s'il était possible, la combustion lente des matières organiques naturelles, non chauffées préalablement, telles, en un mot, que la vie les constitue.

Par un procédé expérimental assez simple, mais dont la description allongerait outre mesure cette Communication (1), j'ai réussi à exposer au contact de l'air, privé de ses germes, des liquides frais, putrescibles à un très-haut degré : je veux parler du sang et de l'urine.

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie des ballons renfermant de l'air pur et du sang veineux (ou artériel) recueilli sur un chien en bonne santé le 3 mars dernier. Ces ballons ont été exposés depuis le 3 mars dans une étuve constamment chauffée à 30 degrés. Le sang n'a éprouvé aucun genre de putréfaction. Son odeur est celle du sang frais.

Mais ce que je veux surtout faire observer présentement, c'est le peu d'activité de la combustion lente, de l'oxydation directe des principes du sang. Si l'on analyse l'air des ballons après une exposition d'un mois à six semaines à l'étuve, on ne constate encore qu'une absorption de 2 à 3 pour 100 de gaz oxygène, qui est remplacé par un volume égal de gaz acide carbonique.

Je dépose également sur le bureau de l'Académie des ballons pareils aux précédents, mais renfermant de l'urine fraîche, naturelle, telle qu'elle existe dans la vessie. Elle est intacte. Sa coloration s'est un peu avivée, et quelques cristaux lenticulaires, probablement d'acide urique, se sont déposés. L'oxydation directe

(1) Je dirai seulement, afin que l'on soit bien assuré des bonnes dispositions des expériences, que M. Claude Bernard a eu l'extrême obligeance de présider lui-même à la prise du sang.

des matériaux de l'urine est également insensible. Après quarante jours, j'ai trouvé dans un des ballons :

Oxygène.....	19,2
Acide carbonique.....	0,8
Azote	80,0
	<hr/>
	100,0

Les conclusions auxquelles j'ai été conduit par la première série de mes expériences sont donc applicables dans tous les cas aux substances organiques, quelles que soient les conditions de leur structure.

Je ne puis passer sous silence, en terminant, un résultat bien curieux, qui est relatif à ces *cristaux du sang* dont on a fait le sujet de beaucoup de travaux dans ces dernières années, particulièrement en Allemagne.

Dans les circonstances dont je viens de parler, où le sang de chien exposé au contact de l'air pur ne se putréfie pas du tout, les *cristaux du sang* se forment avec une remarquable facilité. Dès les premiers jours de son exposition à l'étuve, plus lentement à la température ordinaire, le sérum se colore peu à peu en brun foncé. Au fur et à mesure que cet effet se produit, les globules du sang disparaissent, et le sérum et le caillot se remplissent de cristaux aiguillés très-nets, teints en brun ou en rouge. Au bout de quelques semaines, il ne reste pas un seul globule sanguin ni dans le sérum ni dans le caillot. Chaque goutte de sérum renferme par milliers ces cristaux, et la plus petite parcelle de caillot écrasée sous la lame de verre offre de la fibrine incolore, très-élastique, associée à des amas de cristaux en nombre incalculable, sans que l'on puisse nulle part découvrir la moindre trace des globules du sang.

Il sera superflu sans doute de faire remarquer que les expériences dont je viens d'entretenir l'Académie au sujet du sang et de l'urine portent un dernier coup à la doctrine des générations spontanées, aussi bien qu'à la théorie moderne des ferments.

DISCUSSION AVEC M. BERTHELOT.

La réfutation que je fis des Notes posthumes de Claude Bernard, devant l'Académie des Sciences, donna lieu, de la part de M. Berthelot, à des critiques qui amenèrent, entre lui et moi, une discussion si étroitement liée à l'objet même du présent Ouvrage, qu'il m'a paru utile de reproduire intégralement les observations de mon savant confrère et les réponses dont je les ai fait suivre.

Première critique de M. Berthelot

(16 décembre 1878).

Je lis, dans le *Compte rendu* de la séance de l'Académie du 25 novembre, une Note de notre confrère M. Pasteur qui me paraît de nature à donner lieu à quelques observations.

En parlant d'un ferment alcoolique soluble, susceptible de se consommer au fur et à mesure de sa production et dans l'acte chimique même qu'il détermine, j'avais pris soin d'ajouter que, pour démontrer cette hypothèse, il était nécessaire de découvrir les conditions dans lesquelles ce ferment se produirait suivant une dose plus considérable que la quantité détruite dans la fermentation.

C'étaient ces conditions que Cl. Bernard paraissait avoir rencontrées, dans des expériences dont le récit nous est parvenu malheureusement d'une façon incomplète; j'ai cru cependant utile à la Science de les publier telles quelles, parce qu'il ne s'agissait point, dans ma pensée, d'ouvrir une polémique, mais de signaler une voie nouvelle de recherches, ouverte par Cl. Bernard.

M. Pasteur me semble être resté étranger à cet ordre d'idées. Il n'a vu

dans ces Notes qu'un texte à réfuter; il a recherché aussitôt et trouvé, avec son habileté ordinaire, les conditions dans lesquelles aucun ferment alcoolique ne se produit et où, par conséquent, il n'y a point fermentation. Cependant, pour avoir quelque chance de découvrir le ferment soluble, il faudrait d'abord se placer dans les conditions où ce ferment peut exister, c'est-à-dire en pleine fermentation alcoolique, sauf à réaliser, en outre, cette condition inconnue qui en exagérerait la production relative. Le problème subsiste donc tout entier, la démonstration donnée par M. Pasteur ne lui étant pas applicable.

Si l'on entre plus profondément dans la discussion générale des causes de la fermentation, qui est au fond de cette question particulière, peut-être sera-t-il permis d'observer que M. Pasteur n'a pas davantage démontré cette antithèse séduisante par laquelle il oppose les êtres aérobies, qui consomment l'oxygène libre, et les êtres anaérobies, qui consommeraient l'oxygène combiné : une telle fonction est purement hypothétique. Jusqu'ici elle échappe même à la discussion, parce qu'on n'a jamais cité le moindre fait chimique pour la prouver. Précisons : si la levûre de bière prenait au sucre de l'oxygène combiné, on devrait retrouver dans les liqueurs le résidu désoxydé, par exemple $C^{12}H^{12}O^{11}$ ou $C^{12}H^{12}O^{10}$, ou les produits de sa décomposition. Ce qu'on retrouve en réalité, c'est de l'alcool et de l'acide carbonique, dont les poids réunis représentent à peu près le poids du sucre; ils le représentent avec le même degré d'approximation que l'on est accoutumé d'accepter comme démonstratif dans les équations ordinaires de la Chimie organique, et en négligeant de même les produits accessoires des métamorphoses secondaires. Si la levûre avait pris de l'oxygène au sucre, on aurait dû obtenir, au lieu d'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, ou bien, au lieu d'alcool, de l'hydrure d'éthylène. Aucun fait connu ne nous autorise donc à dire, ni même à supposer, que les ferments aient la propriété chimique singulière d'enlever au sucre une portion de son oxygène combiné.

En tout cas, la Science m'a toujours paru, comme à Cl. Bernard, tendre à réduire l'action des ferments à des conditions purement chimiques, c'est-à-dire relativement simples, mais indépendantes de la vie, qui répond à un ensemble de phénomènes plus compliqués. C'est, en effet, ce qui a été réalisé successivement pour presque toutes les fermentations, comme le prouvent l'histoire de la fermentation glucosique de l'amidon dans l'orge germée, celle des corps gras dans l'intestin, celle de l'amygdaline dans les amandes, celle du sucre de canne s'intervertissant sous l'influence de la levûre, celle de l'urée dans l'urine, etc., etc. Deux ou trois cas seulement demeurent encore obscurs. Aussi, si la genèse des ferments figurés relève de phénomènes biologiques, comme les travaux de M. Pasteur l'ont démontré, d'autre part, on ne saurait méconnaître que la tendance générale de la Science moderne ne soit de ramener l'étude des métamorphoses matérielles produites dans les fermentations à des explications purement chimiques.

Je demande la permission de citer maintenant une expérience nouvelle, qui, si elle ne résout pas la question de la transformation du sucre en alcool par des agents inorganiques, semble cependant de nature à y apporter quelque lumière. Voici l'hypothèse dont il m'a paru intéressant de suivre les conséquences. Supposons que l'action du ferment consiste à dédoubler le sucre en deux produits complémentaires, l'un plus oxygéné, l'autre plus hydrogéné, mode de dédoublement dont la réaction de la potasse sur les aldéhydes (corps comparables au glucose) nous fournit précisément l'exemple; ces deux produits exerceraient ensuite une action réciproque. Mais, l'énergie consommée dans le premier dédoublement ne pouvant être reproduite, on ne saurait régénérer le sucre primitif. Dès lors, en son lieu et place, apparaîtraient les produits d'une décomposition nouvelle et plus profonde, tels que l'alcool et l'acide carbonique.

J'ai cherché à réaliser ces conditions d'hydrogénation et d'oxydation simultanées du sucre par l'artifice suivant. J'ai disposé une pile de 6 à 8 éléments Bunsen, dont les deux pôles étaient en relation avec un commutateur oscillant, de façon à rendre tour à tour positifs et négatifs, douze à quinze fois par seconde, deux cylindres de mousse de platine jouant le rôle d'électrodes. Cet appareil, plongé dans de l'eau acidulée, développe, à chacun des deux pôles, tour à tour de l'hydrogène et de l'oxygène. En réglant convenablement l'appareil, aucun gaz ne se dégage, l'eau s'y reformant incessamment aussitôt après sa décomposition. C'est cet appareil, ainsi réglé, que j'ai plongé dans des solutions aqueuses de glucose, tantôt neutres, tantôt légèrement acides ou alcalines : j'espérais provoquer ainsi le dédoublement du sucre. J'ai obtenu en effet de l'alcool, mais en très petite quantité (quelques millièmes), la majeure partie du glucose ayant résisté. Une transformation aussi limitée n'autorise pas de conclusion définitive, car la limite peut résulter aussi bien de l'inexactitude de l'hypothèse fondamentale que de l'imperfection des conditions destinées à la réaliser : cependant le fait seul d'une production d'alcool, réalisée à froid et au moyen du sucre soumis à l'influence de l'électrolyse, m'a semblé digne d'être communiqué à l'Académie.

Première réponse à M. Berthelot.

(30 décembre 1878).

La réfutation que j'ai faite devant l'Académie des Notes posthumes de Claude Bernard a donné lieu, de la part de notre confrère M. Berthelot, dans la séance du 16 décembre, à une critique que je vais examiner.

Après avoir fait, au début de sa Note, une confusion non

justifiée et inexacte, entre ses hypothèses personnelles et celles de Bernard, au sujet de l'existence d'un ferment alcoolique soluble, M. Berthelot ajoute :

M. Pasteur me semble être resté étranger à cet ordre d'idées. Il n'a vu dans ces Notes qu'un texte à réfuter; il a recherché aussitôt et trouvé, avec son habileté ordinaire, les conditions dans lesquelles aucun ferment alcoolique ne se produit et où, par conséquent, il n'y a point fermentation. Cependant, pour avoir quelque chance de découvrir le ferment soluble, il faudrait d'abord se placer dans des conditions où ce ferment peut exister, c'est-à-dire en pleine fermentation alcoolique, sauf à réaliser en outre cette condition inconnue qui en exagérerait la production relative. Le problème subsiste donc tout entier, la démonstration donnée par M. Pasteur ne lui étant pas applicable.

Peut-être aurais-je pu prévoir que, derrière l'obstacle dressé inopinément contre mes travaux par la publication du manuscrit posthume de Claude Bernard, je trouverais notre confrère M. Berthelot; mais jamais je ne me serais attendu aux appréciations que je viens de reproduire.

Par quel artifice de dialectique subtile M. Berthelot peut-il produire des assertions, suivant moi, aussi contraires à l'évidence? La chose mérite d'être contée, parce que dans les discussions scientifiques il y a un intérêt particulier à dégager les questions de méthode et de logique. Je crois l'avoir fait avec impartialité pour le manuscrit de Bernard; je vais tenter de le faire également pour la Note de M. Berthelot.

Notre confrère est l'auteur de trois hypothèses concernant l'existence possible d'un ferment alcoolique soluble dans la fermentation alcoolique proprement dite; les voici :

1° Dans la fermentation alcoolique il se produit peut-être un ferment alcoolique soluble.

2° Ce ferment soluble se consomme peut-être au fur et à mesure de sa production.

3° Il y a peut-être des conditions dans lesquelles ce ferment hypothétique se produirait en dose plus considérable que la quantité détruite.

Ces hypothèses de M. Berthelot sont absolument gratuites;

jamais, à ma connaissance, notre confrère ne s'est donné la peine de les présenter avec honneur au public, c'est-à-dire en les accompagnant d'observations et d'expériences personnelles. N'aurais-je pas été singulièrement naïf en donnant à ces hypothèses de notre confrère, à ces vues de l'esprit si habilement conçues qu'elles déjouent toute contradiction expérimentale, en leur donnant, dis-je, une considération que lui-même ne leur a jamais accordée ? Eh bien, c'est précisément cette naïveté que je n'ai pas eue que M. Berthelot dénonce dans l'étrange alinéa que je viens d'extraire de sa Note. Quoique dans cet alinéa l'écrit posthume de Bernard soit mentionné, il n'en est question, à vrai dire, que pour donner le change au lecteur. M. Berthelot ne peut ignorer que dans ma réfutation du 25 novembre j'ai suivi Bernard dans ses idées et dans ses expériences. Dès lors, lorsque M. Berthelot dit : *M. Pasteur est resté étranger à cet ordre d'idées*, ce n'est pas des idées de Bernard qu'il s'agit, comme on peut le croire ; il s'agit de ses idées à lui, M. Berthelot, c'est-à-dire des trois hypothèses que je viens de rappeler. Lorsque M. Berthelot dit : *Le problème subsiste donc tout entier*, ce n'est pas du problème posé par Bernard qu'il s'agit, et que Bernard croyait avoir résolu, c'est de son problème à lui, M. Berthelot, problème imaginé par ses hypothèses personnelles.

Claude Bernard a fait, lui aussi, des hypothèses sur l'existence d'un ferment alcoolique soluble : elles remplissent son écrit posthume ; mais, à la différence de M. Berthelot, Bernard a institué des expériences nombreuses pour vérifier l'exactitude de ses vues. J'ai donc pu prendre corps à corps les expériences de Bernard et démontrer qu'il s'était trompé. Lorsque, à l'exemple de Claude Bernard, M. Berthelot aura tenté d'appuyer par l'expérience ses hypothèses, aujourd'hui sans valeur parce qu'elles sont toutes gratuites, s'il découvre un ferment alcoolique soluble, j'applaudirai à sa découverte, qui sera des plus intéressantes et ne me gênera aucunement ; mais s'il arrive à des conclusions contraires aux principes que j'ai établis, je l'assure ici que je m'empresserai de faire pour son travail ce que j'ai fait pour celui de Bernard, c'est-à-dire que je m'efforcerai d'en montrer les défaillances et l'impuissance. Jusque-là je n'ai pas à me préoccuper de ses vues pré-

conçues, qui ne sauraient atteindre des faits et des conclusions que je crois avoir rigoureusement démontrés.

» Je passe à un second ordre d'arguments de M. Berthelot :

Si l'on entre, dit-il, plus profondément dans la discussion générale des causes de la fermentation, qui est au fond de cette question particulière, peut-être sera-t-il permis d'observer que M. Pasteur n'a pas davantage démontré cette antithèse séduisante par laquelle il oppose les êtres aérobies, qui consomment l'oxygène libre, et les êtres anaérobies, qui consommeraient l'oxygène combiné : une telle fonction est purement hypothétique ; jusqu'ici elle échappe même à la discussion, parce qu'on n'a jamais cité le moindre fait chimique pour la prouver.

» M. Berthelot parle ensuite de produits désoxydés, d'équation de la fermentation, etc. A lire ce passage, ne dirait-on pas que, dans ce que j'ai écrit sur l'existence et l'opposition de propriétés d'êtres qui consomment de l'oxygène libre et d'êtres qui font leurs matériaux oxygénés à l'aide de combinaisons oxygénées toutes faites, je n'ai produit que des hypothèses gratuites, un système séduisant par l'antithèse qui s'y trouve mêlée, et que je n'aurais eu le droit de poser des conclusions que si j'avais découvert dans les liquides de fermentation des corps se représentant par du sucre, moins 1 ou 2 équivalents d'oxygène, que si dans la fermentation l'oxyde de carbone apparaissait au lieu d'acide carbonique, l'hydrure d'éthylène au lieu de l'alcool?...

Ces extraits de la Note de M. Berthelot ne me surprennent pas moins que le passage que j'ai rappelé tout à l'heure. M. Berthelot me somme, en quelque sorte, de faire connaître la physiologie des êtres que j'ai appelés *anaérobies*. Ce serait merveilleux vraiment que de la posséder, et M. Berthelot sait très-bien que je n'ai jamais eu cette prétention. Connait-on l'équation de la nutrition des êtres aérobies grands ou petits ? Et depuis quand, demanderai-je à notre confrère, un progrès acquis peut-il être compromis par un progrès qui ne l'est pas encore ? Le progrès acquis, le progrès que je revendique, le progrès considérable à mes yeux, dans l'histoire de la fermentation, c'est d'avoir prouvé qu'il existe des êtres anaérobies, des êtres vivant sans air, et que ces êtres sont des ferments ; c'est d'avoir prouvé que les fermentations

proprement dites sont corrélatives d'actes de nutrition, d'assimilation et de génération accomplis en dehors de toute participation du gaz oxygène libre. N'est-il pas évident que, dans ces conditions, tous les matériaux qui composent le corps de ces êtres sont empruntés à des combinaisons oxygénées? L'être aérobie fait la chaleur dont il a besoin par les combustions résultant de l'absorption du gaz oxygène libre; l'être anaérobie fait la chaleur dont il a besoin en décomposant une matière dite *fermentescible* qui est de l'ordre des substances explosibles, susceptibles de dégager de la chaleur par leur décomposition. A l'état libre, l'être anaérobie est souvent si avide d'oxygène, que le simple contact de l'air *le brûle* et le détruit, et c'est dans cette affinité pour l'oxygène, j'imagine, que réside le premier principe d'action de l'organisme microscopique sur la matière fermentescible. Avant de pouvoir donner de la chaleur par leur décomposition, il faut bien que ces matières soient provoquées à se décomposer.

Jamais on n'est entré plus profondément, ce me semble, dans la cause des fermentations proprement dites, et je ne ferai pas à notre confrère M. Berthelot l'injure de croire qu'il ne saisit pas toute la portée des faits que je viens de rappeler.

Voici un troisième ordre d'arguments de M. Berthelot :

La Science, dit-il, m'a toujours paru, comme à Claude Bernard, tendre à réduire l'action des ferments à des conditions purement chimiques, indépendantes de la vie, qui répond à un ensemble de phénomènes plus compliqués.

Je comprends mal le second membre de cette phrase, mais je saisis assez le sens de l'alinéa dans son ensemble pour affirmer que cette appréciation historique de notre confrère est tout à fait contraire, suivant moi, à la vérité. En effet, lorsque, il y a vingt et un ans, j'ai présenté à l'Académie mon premier travail sur une des fermentations proprement dites, la doctrine chimique de ces phénomènes régnait pour ainsi dire sans partage. Les actions de diastases étaient déjà nombreuses, et, quant aux fermentations proprement dites, bien plus nombreuses aujourd'hui qu'à l'époque que je rappelle, on se plaisait à les expliquer par des actions chi-

miques. On disait : Les ferments sont des matières albuminoïdes altérées au contact de l'air. La levûre de bière elle-même n'agissait pas comme corps organisé, mais comme matière albuminoïde qui avait commencé à s'altérer au contact de l'air. Seul peut-être, au milieu de l'entraînement général, M. Dumas professait la doctrine plus ou moins vitaliste de Cagniard-Latour. La doctrine de Liebig était tellement en honneur, que Gerhardt venait de la développer de nouveau très-longuement dans son *Traité de Chimie organique*, et, quelques années auparavant, notre confrère M. Fremy croyait se conformer aux faits en disant que la caséine, par une altération progressive au contact de l'air, est tantôt ferment alcoolique, tantôt ferment lactique, tantôt ferment butyrique.

Toutes ces opinions sont aujourd'hui abandonnées ou impossibles à soutenir, et dans la patrie même de Liebig elles n'ont plus un seul représentant. Il est admis généralement, en conformité des résultats de mes études, que les fermentations proprement dites doivent être considérées comme liées à des actions de nutrition accomplies dans des conditions particulières, notamment en dehors de la participation du gaz oxygène libre.

J'ajoute, en terminant, que c'est toujours une énigme pour moi que l'on puisse croire que je serais gêné par la découverte de ferments solubles dans les fermentations proprement dites ou par la formation de l'alcool à l'aide du sucre, indépendamment des cellules. Certainement, je l'avoue sans hésitation, et je suis prêt à m'en expliquer plus longuement si on le désire, je ne vois présentement ni la nécessité de l'existence de ces ferments ni l'utilité de leur fonctionnement dans cet ordre de fermentations. Pourquoi vouloir que les actions de *diastases*, qui ne sont que des phénomènes d'hydratation, se confondent avec celles des ferments organisés, ou inversement ? Mais je ne vois pas que la présence de ces substances solubles, si elle était constatée, puisse rien changer aux conclusions de mes travaux, et moins encore si de l'alcool prenait naissance dans une action d'électrolyse.

On est d'accord avec moi lorsque : 1° on accepte que les fermentations proprement dites ont pour condition absolue la présence d'organismes microscopiques ; 2° que ces organismes ne sont

pas d'origine spontanée; 3° que la vie de tout organisme qui peut s'accomplir en dehors de l'oxygène libre est soudainement concomitante avec des actes de fermentation, qu'il en est ainsi de toute cellule qui continue de produire des actions chimiques hors du contact de l'oxygène.

M. Berthelot peut-il, oui ou non, contredire l'un ou l'autre de ces trois points, non par des vues *a priori*, mais par des faits sérieux? Si oui, que notre confrère veuille bien le dire; si non, il n'y a pas d'objet de discussion entre nous.

Deuxième critique de M. Berthelot

(6 janvier 1879).

Entre mon éminent ami et confrère M. Pasteur et moi, la discussion générale me paraît épuisée : si nous sommes d'accord sur la plupart des questions d'origine et de genèse des ferments figurés, nous cessons de l'être sur les problèmes de Chimie biologique soulevés par la décomposition des principes fermentescibles; mais la diversité de nos points de vue est suffisamment manifestée, et je n'ai pas coutume de caractériser moi-même la méthode et la logique de mes contradicteurs : ce sont là des sujets que je préfère laisser au jugement du public compétent. Deux points seulement me paraissent devoir être relevés.

Il s'agit d'abord des Notes posthumes de Claude Bernard. M. Pasteur continue à rester étranger à l'ordre d'idées qui nous a conduits à regarder comme utile la publication des derniers essais de notre cher et regretté confrère. Ces Notes renfermaient seulement les commencements d'une série d'expériences, poursuivies ultérieurement pendant les deux derniers mois de sa vie, et dont la suite l'avait confirmé de plus en plus dans ses opinions. En cet état de choses, il ne s'agissait point, et j'avais pris soin de l'indiquer nettement dès l'origine, d'ouvrir une polémique sur un travail interrompu par la mort de son auteur, mais d'en conserver la trace dans la Science. On signalait ainsi une direction nouvelle et un sujet de recherches aux personnes qui auraient confiance dans les vues de notre illustre confrère; quant à celles qui ne partageraient pas ses opinions, elles étaient libres de ne pas s'en occuper, ou tout au plus de marquer brièvement leur dissidence.

J'arrive à la question des êtres qui emprunteraient au sucre, d'après M. Pasteur, de l'oxygène combiné, au lieu et place de l'oxygène libre que

l'atmosphère leur fournit dans les conditions ordinaires de leur existence. C'est là une conjecture qui ne repose, pour reproduire le langage de notre confrère, sur aucun fait sérieux; mais c'est à l'auteur de cette théorie hypothétique qu'il incombe de la prouver, et non à ses contradicteurs. J'ai rappelé précédemment que la composition chimique des produits de la fermentation lui était opposée; j'ajouterai aujourd'hui que la composition chimique des principes immédiats du ferment ne paraît pas la confirmer davantage. Étant admis, en effet, que la levûre est un végétal qui se nourrit et se développe aux dépens de l'oxygène du sucre pendant la fermentation, la levûre ainsi formée devrait être plus riche en oxygène que la levûre initiale. Rien de pareil n'est signalé, ni dans les analyses de M. Pasteur, ni dans celles des nombreux savants qui se sont occupés de la composition chimique de la levûre. Ce qui paraît acquis, c'est que la levûre se nourrit et se multiplie, comme les autres végétaux, en formant de la cellulose, des matières grasses et des corps protéiques.

Or, la cellulose diffère du sucre uniquement par les éléments de l'eau : elle ne lui a donc pas emprunté un excès d'oxygène.

Les matières grasses sont moins oxydées que le sucre : leur formation ne saurait donc être attribuée qu'à une action réductrice, ce qui est le contraire d'une oxydation.

Enfin, les principes protéiques contenus dans la levûre, d'après les analyses de Mulder et de Schlossberger (citées dans le remarquable Ouvrage de M. Schützenberger sur *les Fermentations*, p. 56), s'ils dérivent du sucre, ne sauraient résulter que d'une réduction, car, en retranchant de leur composition l'oxygène à l'état d'eau, l'azote à l'état d'ammoniaque, il reste du carbone et un excès d'hydrogène, tandis que le sucre a la composition d'un hydrate de carbone (1).

Ce sont là des faits sérieux, positifs, acquis à la Science d'aujourd'hui. Aucune fraction d'oxygène ne semble donc avoir été empruntée au sucre par la levûre, *de préférence aux autres éléments*, pendant la fermentation alcoolique. La nutrition de ce végétal, de même que celle des autres plantes, résulte d'un ensemble complexe de transformations chimiques, ensemble qu'il serait, je crois, prématuré et même nuisible aux progrès de la Science de simplifier par la clarté apparente d'une pure supposition, fondée sur

1) La matière protéique de la levûre renferme :

	Schlossberger.	Mulder.
C.....	55,5	53,3
H.....	7,5	7,0
Az.....	13,9	16,0
O.....	23,1	23,7
Hydrogène correspondant à l'oxygène.	2,9	3,0
» » à l'azote....	3,0	3,4
Excès d'hydrogène.....	1,6	0,6

une antithèse physiologique. Assez de belles découvertes ont fondé la renommée de M. Pasteur, pour qu'il puisse renoncer sans dommage à une théorie si peu justifiée par les faits.

Deuxième réponse à M. Berthelot

(13 janvier 1879).

Je terminais ma première réponse à mon éminent ami et confrère M. Berthelot en signalant parmi les conclusions de mes études trois points principaux, et j'ajoutais que, si M. Berthelot ne pouvait les contredire ensemble ou séparément, non par des vues *a priori*, mais par des observations sérieuses, il n'y avait entre lui et moi aucun objet de discussion.

La seconde Note de M. Berthelot est muette sur ces trois points. Je pourrais donc me borner à exprimer ma satisfaction que le débat soit clos. Malheureusement, sur d'autres points que ceux auxquels je viens de faire allusion, M. Berthelot me prête des opinions et m'oppose des raisonnements que je ne saurais accepter. Cela m'oblige à une nouvelle réponse.

Assez de belles découvertes ont fondé la renommée de M. Pasteur, dit obligeamment mon cher confrère, pour qu'il puisse renoncer sans dommage à une théorie si peu justifiée par les faits.

Il s'agit ici des êtres anaérobies et de leur mode d'action sur les matières fermentescibles.

Lorsqu'en 1861 j'ai opposé, pour la première fois, l'existence et les propriétés de deux sortes d'êtres en les désignant par l'expression d'*aérobies* et d'*anaérobies*, ce n'est pas une théorie que j'ai faite. J'ai dit : Il existe des êtres qui ne peuvent vivre, qui ne peuvent se nourrir sans assimiler de l'oxygène libre; ce sont les aérobies : ils ne sont pas ferments. Il existe une autre classe d'êtres pouvant vivre, se nourrir en dehors de toute participation du gaz oxygène libre, par conséquent en empruntant forcément tout l'oxygène de leurs principes immédiats à des combinaisons,

notamment à la matière fermentescible qui est toujours oxygénée : dans ces conditions, ces êtres sont ferments. Mon travail sur ce sujet, son originalité, sont là tout entiers ⁽¹⁾.

Tout cela n'a rien de théorique; c'est une situation physiologique nouvelle, c'est l'expression des faits. Mais quel est le premier principe de l'action décomposante de la matière fermentescible par l'être microscopique anaérobie? M'appuyant encore sur un fait, et que j'avais grandement contribué à mettre en évidence, à savoir l'affinité de ces êtres pour l'oxygène libre qui peut les tuer et même les détruire, j'ai conjecturé que dans cette affinité pouvait bien résider le principe d'action du ferment vivant par rapport à la matière fermentescible. Refuser à un observateur qui est arrivé par l'expérience au point où j'en étais, lui refuser, dis-je, le droit d'une induction intimement liée à des faits indiscutables, c'est vouloir vraiment couper les ailes à l'induction la plus légitime. Encore faudrait-il que M. Berthelot eût des observations ou des raisonnements à m'opposer. Des faits, il n'en a pas. Quant à ses raisonnements, j'en fais juges nos confrères :

Étant admis, dit-il, que la levûre est un végétal qui se nourrit et se développe aux dépens de l'oxygène du sucre pendant la fermentation, la levûre ainsi formée devrait être plus riche en oxygène que la levûre initiale.....

Comment notre confrère ne s'est-il pas dit que la levûre, après avoir pris l'oxygène, pourrait bien le rendre aussitôt à l'état d'acide carbonique, qui est un produit constant des fermentations proprement dites? Et pourquoi M. Berthelot ne demande-t-il pas à la levûre vivant au contact de l'atmosphère, qui dans ce cas prend, à n'en pas douter, de l'oxygène à l'air et le porte sur ses aliments, pourquoi, dis-je, ne demande-t-il pas à cette levûre des produits plus oxygénés que les principes immédiats qui lui sont propres? Le raisonnement de M. Berthelot est donc de tous points inacceptable. Ce qui doit plus étonner encore, c'est que, au

(1) L'eau pourrait intervenir, mais le résultat définitif n'en serait point changé.

moment où M. Berthelot se refuse à la plus analogique des conjectures, il se livre, lui, à une conjecture tout à fait gratuite, à savoir que l'être microscopique agit sur la matière fermentescible par la sécrétion d'un produit chimique de la nature des *diastases*.

J'arrive au deuxième point traité par M. Berthelot :

M. Pasteur, dit-il, continue à rester étranger à l'ordre d'idées qui nous a conduit à regarder, comme utile la publication des derniers essais de notre cher et regretté confrère.... Il ne s'agissait point d'ouvrir une polémique sur un travail interrompu par la mort de son auteur, mais d'en conserver la trace dans la Science.... Les personnes qui ne partageraient pas les opinions de notre illustre confrère étaient libres de ne pas s'en occuper ou tout au plus de marquer brièvement leur dissidence.

Quoique M. Berthelot se défende « d'avoir la coutume de caractériser lui-même la méthode et la logique de ses contradicteurs », qu'il me permette de lui dire que c'est ce qu'il fait ici de la manière la plus directe. C'est son droit, comme c'était le mien vis-à-vis de Bernard et de lui-même ; je ne l'en blâme donc aucunement, mais je dois faire observer qu'il en use dans des termes qui ne sont pas du tout conformes à la vérité de l'Histoire, car c'est d'Histoire qu'il s'agit.

L'utilité, en effet, de la publication des derniers essais de Bernard m'a toujours paru parfaitement justifiée, et je suis le premier à remercier M. Berthelot de l'avoir faite. Il doit savoir pertinemment que je ne me suis pas associé aux regrets de ceux qui auraient désiré qu'il me donnât connaissance du manuscrit avant de le mettre au jour. C'était là, suivant moi, affaire d'appréciation personnelle, et je n'ai pas coutume de caractériser la conduite de mes amis, si ce n'est pour leur prêter des intentions élevées. Ce que j'ai reproché à notre confrère, ce que je lui reproche encore, parce qu'il s'agit ici d'un principe scientifique d'ordre supérieur, c'est d'avoir fait cette publication sans l'accompagner d'un commentaire expérimental, afin « de reporter à Bernard, ainsi que je le disais devant l'Académie au mois de juillet dernier, l'honneur de ce qu'il pouvait y avoir de bon dans son manuscrit, en dégageant sa responsabilité pour ce qu'il pouvait renfermer d'incomplet et de défectueux ».

Qui donc oserait blâmer un ami de publier un écrit trouvé dans les papiers d'un confrère illustre? La vérité, je parle de la vérité scientifique, ne doit jamais être placée sous le boisseau; toutefois, c'est à la condition qu'elle soit la vérité, car, si l'écrit posthume n'est qu'erreur, la publication qui en est faite n'est plus qu'une atteinte gratuite à l'honneur scientifique d'une mémoire respectée.

M. Berthelot, comme je l'ai rappelé tout à l'heure, ajoute qu'il n'avait pas l'intention, par cette publication, d'ouvrir une polémique. Mais pouvais-je, moi, me dispenser de m'y livrer en présence des conclusions de Bernard, qui sont la condamnation absolue et sans réserve de celles que j'ai déduites de mes travaux? C'était mon devoir d'agir comme je l'ai fait, et je puis ajouter sans présomption que j'y ai mis une certaine vaillance. Jamais, peut-être, dans ma carrière déjà longue, je n'avais fait tant d'efforts que pendant l'année 1878 : nos *Comptes rendus* en font foi; jamais, par suite, je n'avais eu un besoin aussi impérieux de repos. Or, j'ai consacré toutes les vacances dernières au contrôle expérimental de l'écrit posthume de Bernard, et j'en éprouve encore une extrême fatigue. J'ai fait ce qu'aurait dû faire M. Berthelot avant de mettre au jour les Notes de notre cher et regretté confrère.

Troisième critique de M. Berthelot

(20 janvier 1879).

Je n'avais pas l'intention de poursuivre la discussion sur les fermentations, commencée avec M. Pasteur, au delà du terme où chacun de nous aurait produit son opinion et les faits positifs sur lesquels elle lui parait appuyée. Je pensais avoir distingué suffisamment entre les belles découvertes biologiques de mon savant ami, relatives à l'origine, au développement et à la multiplication des êtres microscopiques qui propagent les fermentations, découvertes sur lesquelles il n'y a point de discussion entre nous, et les suppositions chimiques peu vraisemblables qu'il a exposées trop souvent comme des faits certains et vérifiés au même degré que ses observations biologiques. Rien n'est moins fondé, à mon avis : je n'insisterais point, s'il ne pouvait résulter un grave dommage pour la Science de

cette confusion perpétuelle et presque inconsciente entre ce qui est prouvé et ce qui ne l'est pas.

La deuxième réponse de mon éminent ami débute en effet par une déclaration qui m'oblige à rentrer dans le débat; il a la prétention d'interpréter mon silence sur trois propositions, auxquelles il attache une importance spéciale, et de le traduire par un assentiment: or je n'accepte ni cette interprétation ni les cadres absolus que M. Pasteur voudrait imposer à la controverse.

Je me suis déjà expliqué très-nettement sur les théories chimiques de M. Pasteur. Sa dernière Note montre une fois de plus et il reconnaît lui-même qu'elles ne reposent point sur des faits positifs. Jusqu'à ce jour, M. Pasteur avait affirmé d'ordinaire comme des vérités acquises ce qu'il est obligé maintenant de reconnaître pour de simples conjectures, tout à fait analogues à celles qu'il veut interdire à ses contradicteurs. La conjecture et l'hypothèse sont légitimes, sans aucun doute, dans la Science, mais à la condition de ne pas les imposer au lecteur et d'en maintenir le véritable caractère, ce que j'ai toujours pris soin de faire d'abord. Les affirmations catégoriques sont moins conformes à la vraie méthode, quels que soient les avantages qu'elles procurent dans la polémique. Précisons l'état actuel de la question.

Notre savant confrère déclarait naguère que la levûre de bière est un être anaérobie, capable d'enlever au sucre de l'oxygène combiné à défaut d'oxygène libre. Il reconnaît aujourd'hui que cette propriété n'est point démontrée; je n'ai jamais dit autre chose, mais je me suis gardé d'annoncer à l'avance que j'attaquerais les expériences qu'il pourrait faire plus tard, si elles ne confirmaient pas mes opinions. Aujourd'hui, sans produire aucun fait positif, il suppose que la levûre *pourrait* prendre de l'oxygène au sucre, pour le rendre aussitôt à l'état d'acide carbonique.

C'est encore là une simple hypothèse, dont la démonstration, je ne cesserai de le répéter, incombe à celui qui la produit dans la Science. S'il est vrai que la levûre soumise à l'action de l'oxygène libre fournisse de l'acide carbonique, rien ne prouve et même rien ne rend vraisemblable qu'elle doive en dégager encore en l'absence de l'oxygène libre; les changements profonds qui surviennent alors dans son mode d'existence rendent cette supposition fort douteuse. Fût-il même établi que la levûre dégage de l'acide carbonique dans ces conditions, il n'en résulterait nullement qu'elle prit au sucre de l'oxygène, *de préférence aux autres éléments*.

Cette démonstration ne pourrait résulter que de la connaissance précise de l'équation chimique en vertu de laquelle l'acide carbonique serait formé, équation que M. Pasteur ne nous a point fait connaître; cependant elle peut être telle que le sucre cède à la fois tous ses éléments⁽¹⁾, ou même qu'il cède à la levûre de l'hydrogène de préférence.

(1) Par exemple, s'il se formait en même temps de l'alcool; ce qui a lieu, en effet, avec la levûre prise isolément.

Quant à présent, tout ce qu'il est permis de dire, c'est que les faits connus ne sont pas favorables à la supposition de M. Pasteur.

En effet, les relations chimiques qui existent, et que j'ai rappelées précédemment, entre le sucre et les principes immédiats constitutifs d'une levûre qui se multiplie, montrent qu'aucun de ces principes ne résulte d'une oxydation, mais que plusieurs sont plus riches en hydrogène que le sucre : il semble donc que la levûre enlève au sucre, aux dépens duquel elle se développe, *non de l'oxygène, mais, au contraire, de l'hydrogène combiné*, de préférence aux autres éléments, ce qui est d'ailleurs plus conforme à ce que nous savons en général de la physiologie des végétaux.

Il ne me paraît pas non plus établi que « les fermentations proprement dites aient pour condition absolue la présence d'êtres microscopiques ». Mes doutes à cet égard ne sont pas fondés sur des vues *a priori*, mais sur les faits acquis à la Science par l'étude expérimentale des fermentations glucosique, amygdalique, uréique, acétique, etc., etc. L'expérience a prouvé que la condition déterminante de chacune de ces fermentations est chimique, loin d'être essentiellement vitale ou physiologique. On ne saurait échapper à cette conclusion, à moins de définir les fermentations proprement dites par les organismes microscopiques eux-mêmes, ce qui est un pur cercle vicieux.

Réciproquement, la coïncidence entre la vie des organismes qui se développent en dehors de la présence de l'oxygène libre et les actes de fermentation qu'ils sont censés produire ne me paraît pas davantage ni démontrée d'une manière générale ni nécessaire, à moins de définir fermentation toute « action chimique accomplie hors du contact de l'oxygène » dans les êtres vivants, ce qui est encore un pur cercle vicieux.

En fait, la plupart des liquides contenus dans l'épaisseur des tissus végétaux sont exempts d'oxygène libre, parce qu'ils renferment des principes immédiats très-oxydables, lesquels absorbent rapidement l'oxygène de l'air dissous dans les régions superficielles ou dans les lacunes, soit en vertu de leur action propre, soit avec le concours des conditions complexes réalisées par les cellules vivantes. Tel est notamment le cas du jus de raisin, du jus de betterave et de presque tous les jus sucrés contenus dans les cellules végétales. La vie de la plupart des cellules végétales, et même animales, s'accomplit donc dans des milieux privés d'oxygène libre. Cependant le sucre n'y fermente point, par le simple fait de la vie des cellules accomplies en dehors du contact de l'oxygène; il n'y fermente point tant que des conditions chimiques toutes spéciales ne viennent pas à être réalisées.

Inversement, la transformation du sucre en alcool (ou en acide lactique) s'effectue également soit dans un milieu exempt d'oxygène libre, soit dans un milieu qui en renferme. Le fait est bien connu depuis longtemps et M. Pasteur en a fourni lui-même de nouvelles preuves. Sans examiner si les milieux non oxygénés seraient plus favorables à la multiplication de la levûre, comme M. Pasteur a cherché à l'établir ⁽¹⁾, mais ce qui est une ques-

(1) C'est l'inverse que j'ai établi pour la levûre de bière. (Note ajoutée par M. Pasteur.)

tion toute différente, il n'en est pas moins vrai que ce milieu n'est nullement indispensable pour l'accomplissement de l'acte chimique de la fermentation elle-même (1). Si cet acte résultait de l'absorption par la levûre d'une certaine dose d'oxygène combiné, pris au sucre à défaut de l'oxygène libre indispensable à la vie des cellules de levûre, on ne comprendrait pas pourquoi les cellules qui trouvent autour d'elles de l'oxygène libre iraient provoquer la fermentation alcoolique en s'emparant de l'oxygène combiné. Ce n'est donc pas là la condition déterminante de la fermentation.

D'après ces faits acquis à la Science, et quelle que soit la difficulté que présente, dans une discussion, la vague et élastique généralité des assertions relatives à la vie sans air et à ses relations avec la fermentation, il me paraît cependant permis d'affirmer qu'en général la vie sans air n'est pas la fermentation, pas plus que la fermentation en général n'est la vie sans air. Il n'existe point de corrélation chimique nécessaire entre ces deux ordres de phénomènes. Cl. Bernard le déclarait, et je partage son opinion.

Troisième réponse à M. Berthelot

(27 janvier 1879).

Mon savant confrère M. Berthelot écrivait le 6 janvier :

.... Je n'ai pas coutume de caractériser moi-même la méthode et la logique de mes contradicteurs : ce sont là des sujets que je préfère laisser au jugement du public compétent.

Malheureusement, l'homme est ondoyant et divers, car voici le jugement que M. Berthelot porte sur ma méthode et ma logique au commencement de sa dernière Note, à laquelle je répons :

.... Je n'insisterais point, s'il ne pouvait résulter un grave dommage pour la Science de cette confusion perpétuelle et presque inconsciente entre ce qui est prouvé et ce qui ne l'est pas.

Il y a à ce jugement, qui donne un si gros démenti à la solennelle déclaration du 6 janvier, une contre-partie piquante :

(1) Déjà M. Schützenberger a fait sur ce point des remarques qui me semblent parfaitement fondées.

... La conjecture, dit-il, et l'hypothèse sont légitimes, sans aucun doute, dans la Science, mais à la condition de ne pas les imposer au lecteur et d'en maintenir le véritable caractère, ce que j'ai toujours pris soin de faire d'abord.

Voilà donc nos mérites respectifs bien et dûment appréciés : moi, je confonds perpétuellement et inconsciemment ce qui est prouvé et ce qui ne l'est pas; M. Berthelot a toujours pris soin de ne pas commettre cette faute. Voyons si cette double appréciation, ramenée aux dimensions de la vérité, ne se transformerait pas dans celle de cette vieille et toujours jeune histoire de la paille et de la poutre.

L'Académie sait, à n'en pas douter, de quoi il s'agit. La discussion porte sur la question des êtres *anaérobies* et sur la manière dont ils se comportent vis-à-vis des substances fermentescibles. C'est sur ce point que M. Berthelot nous assure qu'il sépare toujours nettement pour le lecteur ce qui est prouvé de ce qui ne l'est pas. Mais comment pourriez-vous faire autrement? dirai-je à mon savant ami. Vous avez fait des hypothèses sur le point en litige, et non des observations ou des expériences qui vous soient personnelles; aussi la séparation que vous vous targuez d'avoir toujours faite entre ce qui est prouvé et ce qui ne l'est pas était chose inutile ou tout accomplie. Vos hypothèses étant seules, vous n'aviez pas à les séparer de ce que vous aviez prouvé.

Considérons d'autre part le jugement porté par mon savant confrère sur la manière dont j'interprète les résultats de mes propres recherches.

Il y a près de vingt-deux ans que j'ai commencé l'étude des fermentations proprement dites, puisque mon Mémoire sur la fermentation lactique a été lu à l'Académie le 30 novembre 1857. Il y a dix-huit ans, le 25 février 1861, que j'ai annoncé l'existence d'êtres *anaérobies* et leur caractère de ferments animés. Qu'on me permette d'insister, en passant, sur ces deux intervalles de vingt-deux ans et de dix-huit ans de travaux ininterrompus, et de faire remarquer que mes contradicteurs actuels, MM. Trécul et Berthelot, en sont, le premier à rechercher des preuves que j'ai pu me contredire, ce à quoi il ne parvient qu'en

altérant des textes et en changeant l'acception vulgaire des mots, le second, M. Berthelot, à discuter sur une pointe d'aiguille les déductions les plus légitimes. Quel bon point, ajouterai-je en conséquence, donné par mes savants contradicteurs à la rigueur de mes études, et quels services ils rendent à celles-ci en prétendant les affaiblir!

Quoi qu'il en soit, le jugement de M. Berthelot existe : *je confonds perpétuellement et presque inconsciemment ce qui est prouvé et ce qui ne l'est pas*. Je l'avoue avec empressement : à l'exemple de mes maîtres et de tous ceux qui ont le souci de la dignité du travail scientifique, à l'exemple, par conséquent, de mon éminent ami M. Berthelot, je ne crois pas avoir jamais produit une recherche quelconque sans la faire suivre de déductions ou d'inductions. M. Berthelot dit dans sa dernière Note : « *La conjecture et l'hypothèse sont légitimes dans la Science...* » Je suis complètement de cet avis, mais je préférerais qu'il eût dit *l'induction* au lieu de *l'hypothèse*. La signification de ces deux expressions n'est pas du tout la même. L'hypothèse est toujours plus ou moins loin des faits, l'induction les touche et leur est enchaînée. Or, que M. Berthelot me permette de le lui dire avec courtoisie, c'est ici que s'établit nettement, dans le débat actuel, la grande différence de nos méthodes respectives et de notre logique. J'ai la prétention de faire des inductions, tandis que mon confrère fait des hypothèses. Précisons ce double caractère.

En 1861, je découvre que :

- 1° Le ferment de la fermentation butyrique est un vibrion ;
- 2° Ce vibrion peut vivre dans un milieu purement minéral qui tient en dissolution du sucre ou du lactate de chaux ;
- 3° Ce vibrion vit, se nourrit, se multiplie, s'engendre en dehors de toute participation du gaz oxygène libre ;
- 4° Le contact de l'air le tue. En faisant passer un courant de gaz acide carbonique dans la liqueur où il va, vient, se divise par scission..., il continue de vivre, de se mouvoir, de s'engendrer. Au contraire, un courant d'air le fait tomber sans vie au fond des vases et arrête la fermentation qu'il déterminait auparavant.

Ce sont là des résultats d'une grande valeur à mon sens, qui

ont inauguré une Physiologie nouvelle et je suis surpris que, après dix-huit années de développements et d'exemples nouveaux d'êtres anaérobies, Claude Bernard paraisse en avoir méconnu la vérité, et que notre confrère M. Berthelot nous assure, à la fin de sa Note, qu'il est bien près d'en faire autant.

En présence des beaux phénomènes que je rappelle, pouvais-je ne pas y voir une lumière inattendue sur le mystérieux phénomène de la fermentation? Pouvais-je ne pas tirer de ces faits une induction? Je dis *induction*, et non pas *hypothèse*. Oui, j'ai mis en rapport, dans une induction très-légitime, bien plus, obligée, le caractère de vie sans air et le caractère ferment, et je crois en avoir donné des preuves. N'y aurait-il d'ailleurs que les preuves de fait et de coïncidence, reconnues depuis lors, que mon induction me paraîtrait inattaquable dans l'état actuel de la Science. Ces preuves de fait et de coïncidence, les voici : toutes les fois qu'il y a vie sans air, il y a fermentation proprement dite; toutes les fois qu'il y a fermentation proprement dite, on peut constater l'existence de la vie sans air, même dans le cas où l'oxygène libre intervient pour compliquer le phénomène, comme dans le cas de la fermentation alcoolique par la levûre, au contact de l'air.

En résumé, la vie sans air, dans le cas des vibrions butyriques et chez tous les anaérobies qui ont été découverts jusqu'à présent, se montrant associée à la fermentation, c'est là qu'il faut chercher, suivant moi, l'explication du mystère des fermentations proprement dites. Sans avoir jamais eu la prétention d'entrer dans l'intimité des phénomènes, je remarque que, dans les cas de fermentation d'une matière fermentescible dans un milieu minéral, en dehors de toute participation du gaz oxygène libre et avec semence des germes de l'être anaérobie, celui-ci emprunte forcément tout le carbone et tout l'oxygène de ses matériaux au carbone et à l'oxygène de la matière fermentescible. L'organisme, tant qu'il vit, tant qu'il n'est pas transformé en corpuscules-germes et que ceux-ci n'ont pas repris leur vie active, tant qu'il y a de la matière fermentescible à décomposer, l'organisme touche à celle-ci incessamment et lui enlève les éléments carbone et oxygène. Il les réunit ensuite à sa manière par cette chimie vivante dont le secret

nous échappe, il les réunit avec l'azote, le phosphore, le soufre, le potassium, etc. J'en conclus, et voici toute mon induction, que là est le principe de l'action décomposante qu'exerce le ferment vivant. Dans les faits que j'énumère, rien d'hypothétique, rien de donné à l'imagination. Quant à l'induction, n'est-elle pas enchaînée à ces faits?

Veut-on traduire cette induction dans le langage nouveau de la théorie de la chaleur? on dira : L'être aérobie fait la chaleur dont il a besoin par les combustions résultant de l'absorption du gaz oxygène libre; l'être anaérobie fait la chaleur dont il a besoin en décomposant une matière dite *fermentescible* qui est de l'ordre des substances explosibles, susceptibles de dégager de la chaleur par leur décomposition. A l'état libre, l'être anaérobie est souvent si avide d'oxygène, que le simple contact de l'air le brûle et le détruit, et c'est dans cette affinité pour l'oxygène que doit résider, sans doute, le premier principe d'action de l'organisme microscopique sur la matière fermentescible. Avant de pouvoir donner de la chaleur par leur décomposition, il faut bien que ces matières soient provoquées à se décomposer.

Voyons maintenant ce qu'est l'hypothèse. C'est M. Berthelot qui va nous en fournir l'exemple. Cet exemple, vous le connaissez déjà; je l'ai rappelé dans ma première réponse à M. Berthelot (séance du 30 décembre dernier). M. Berthelot n'a rien observé au sujet des anaérobies; mais, guidé par le fait de l'existence de *diastases* dans des phénomènes qui, dès le début de mes recherches, ont dû être distingués des fermentations que j'ai appelées *proprement dites*, qui sont aujourd'hui toutes les fermentations avec vie sans air, il fait les suppositions suivantes :

1° Dans la fermentation alcoolique il se produit peut-être un ferment alcoolique soluble.

2° Ce ferment soluble se consomme peut-être au fur et à mesure de sa production.

3° Il y a peut-être des conditions dans lesquelles ce ferment hypothétique se produirait en dose plus considérable que la quantité détruite.

Voilà le caractère de l'hypothèse, de l'hypothèse sans lien obligé avec les faits, de l'hypothèse revêtant toutes les formes,

comparable à une cire molle dont on fait ce que l'on veut, à laquelle on ajoute ou l'on retranche à volonté, parce qu'elle n'est qu'une production de l'imagination.

Des hypothèses comme celles-ci, ah ! qu'elles donnent peu de peine, qu'elles coûtent peu d'efforts ! Tous tant que nous sommes, chercheurs du vrai, et qui ne pouvons nous livrer à cette tâche ardue que par les idées d'expérimentation que nous suggère notre imagination, de telles hypothèses, pardonnez-moi la vulgarité de l'expression, nous les brassons à la pelle dans nos laboratoires, elles remplissent nos registres de projets d'expériences, elles nous invitent à la recherche, et voilà tout. Entre M. Berthelot et moi il y a cette différence qu'à cette nature d'hypothèses jamais je ne fais voir le jour, si ce n'est lorsque j'ai reconnu qu'elles sont vraies et qu'elles permettent d'aller en avant. M. Berthelot, lui, les publie.

Quatrième critique de M. Berthelot

(3 février 1879).

Dans la nouvelle Note de notre savant confrère, je relèverai seulement la partie scientifique, toute controversée sur les mérites comparés de l'induction et de l'hypothèse et sur nos droits respectifs d'y recourir étant sans intérêt pour l'Académie. Je rappellerai cependant, afin de justifier ma qualité dans le débat, que mon éminent ami m'avait sommé de produire mon opinion sur les questions mêmes pour lesquelles il récuse aujourd'hui ma compétence. Mais passons, et bornons-nous à résumer la discussion, de façon à marquer les points acquis et ceux qui réclament un nouvel éclaircissement.

1° Aucun fait positif n'a été produit pour démontrer que le sucre cède à la levûre de l'oxygène, de préférence aux autres éléments.

2° Aucun fait positif n'a été produit pour démontrer que la levûre se développe en prenant au sucre de l'oxygène, de préférence aux autres éléments. Au contraire, elle paraît prendre de l'hydrogène de préférence, ce qui est le contre-pied des affirmations de M. Pasteur.

3° Par conséquent, aucun fait positif ne prouve que la métamorphose chimique du sucre soit corrélative d'un mode exceptionnel de nutrition des êtres microscopiques, ce mode étant tel qu'ils onlèvent au sucre de l'oxygène combiné à défaut d'oxygène libre.

4° Aucun fait positif n'a été produit pour démontrer que la fermentation alcoolique ait pour condition essentielle l'absence de l'oxygène libre. Au contraire, l'expérience prouve que la fermentation alcoolique s'accomplit très-bien en présence de l'oxygène libre.

5° Aucun fait positif n'a été produit pour démontrer que le sucre fermente « toutes les fois qu'il y a vie sans air ». Au contraire, l'observation courante prouve que le sucre circule sans altération à travers les cellules et tissus végétaux vivants, dans des milieux absolument privés d'oxygène libre.

6° Par conséquent, aucun fait positif ne prouve qu'il y ait en général coïncidence, et *a fortiori* corrélation, soit entre la vie sans air et la fermentation, soit entre la fermentation et la vie sans air.

C'est donc une assertion gratuite que de supposer en général que « le premier principe d'action de l'organisme microscopique sur la matière fermentescible... » doit « résider dans son affinité pour l'oxygène ». *A priori*, on peut imaginer qu'il y a des cas de ce genre; on peut imaginer encore des cas contraires, aussi bien que des cas étrangers à cette double vue systématique; mais rien n'est prouvé à cet égard.

Le doute relatif à l'existence réelle d'êtres organisés doués de la propriété de prendre l'oxygène combiné au sucre, en vertu d'une affinité spéciale, est d'autant plus autorisé, que nous ne connaissons aucun principe immédiat formé de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote qui puisse enlever à froid l'oxygène au sucre. Il s'agit donc d'une propriété exceptionnelle, contraire aux analogies chimiques, et qui réclamerait dès lors les démonstrations expérimentales les plus péremptoires pour être admise : or M. Pasteur n'a fourni, je le répète, aucune preuve pour l'établir.

Une seule assertion nouvelle, produite dans la dernière Note de notre savant confrère, mérite de nous arrêter. Il suppose que « l'être anaérobie fait la chaleur dont il a besoin en décomposant une matière fermentescible susceptible de dégager de la chaleur par sa décomposition ». C'est encore là une affirmation sans preuves, et même sans probabilités, comme je vais l'établir.

La question est grave et délicate; elle réclame quelques développements.

Que les fermentations dégagent de la chaleur, le fait est vulgaire depuis bien des siècles. J'ai moi-même, il y a une quinzaine d'années, pendant mes études sur les réactions endothermiques et exothermiques, appelé l'attention sur cette circonstance et sur sa nécessité théorique dans les fermentations, comme dans toutes les réactions développées sans le concours d'une énergie étrangère. Loin d'être exceptionnelle, c'est au contraire une condition fondamentale qui doit se retrouver dans la plupart des phénomènes de digestion et de nutrition des êtres vivants, sauf les réactions pour lesquelles intervient l'énergie de la lumière ou celle de l'électricité atmosphérique; elle doit servir de contrôle aux équations par lesquelles on représente l'assimilation des aliments au sein des tissus organisés.

Ainsi le cycle des transformations chimiques qui se produisent au sein

des êtres vivants répond, en général, à un dégagement de chaleur, non-seulement dans le cas des oxydations, mais aussi dans le cas des hydratations et des dédoublements : l'importance de cette seconde source thermique pour l'étude de la chaleur animale avait été longtemps méconnue, ou tout au plus vaguement entrevue ; je l'ai mise en évidence, depuis 1865, par des calculs et des observations précises, relatifs aux amides, aux éthers, aux sucres, aux corps gras neutres, etc.

Or le développement des êtres anaérobies aurait lieu seulement en vertu de la seconde classe de réactions ; il s'agit de savoir s'il ne se suffit pas à lui-même, sans le concours d'une fermentation simultanée. Par exemple, dans le cas de la fermentation alcoolique, la chaleur résulte de la métamorphose chimique du sucre. Maintenant, quelque fraction de la chaleur produite par la transformation chimique du sucre en alcool et en acide carbonique est-elle réellement absorbée pendant le développement simultané de la levûre, de façon à devenir la source de l'énergie consommée dans ce développement ? Il y a là une question préalable, qui fait tout l'intérêt de la discussion, et que M. Pasteur semble ne pas soupçonner.

Précisons cette question, en nous conformant à la marche correcte des raisonnements thermo-chimiques rigoureux. Un certain poids de sucre est donné et mis en présence d'un certain poids de levûre : voilà l'état initial. De certains poids d'alcool, d'acide carbonique, etc., et de levûre sont produits : voilà l'état final. Les relations de poids qui existent entre ces diverses matières, aussi bien que les quantités de chaleur dégagées, sont indépendantes de toute hypothèse relative à la nature et à la connexion des transformations intermédiaires. Or, dans la métamorphose accomplie, le poids primitif du sucre peut être partagé en deux portions : la principale a fourni ses éléments à l'alcool et à l'acide carbonique, dont les poids réunis la représentent sensiblement ; cette réaction dégage de la chaleur ; d'autre part, une faible portion du sucre a cédé quelques-uns de ses éléments à la levûre, en vertu de réactions mal connues. Ces réactions mal connues absorbent-elles de la chaleur, empruntée à celle que développe la métamorphose simultanée du sucre, laquelle serait ainsi la source de la chaleur dont l'être anaérobie a besoin ? ou bien dégagent-elles elles-mêmes de la chaleur, qui vient, au contraire, s'ajouter à la précédente, auquel cas la nutrition des êtres anaérobies n'aurait rien qui la distingue, sous le rapport thermique, de celle des êtres aérobies ? C'est ce que l'état présent de la Science ne permet pas de décider.

L'assertion de M. Pasteur est donc sans preuves.

J'ajouterai qu'elle est contraire aux probabilités, c'est-à-dire aux données qui ont cours aujourd'hui dans la Chimie physiologique. En effet, la levûre, en se développant, donne naissance à trois groupes de principes immédiats, savoir : la cellulose, les matières grasses et les substances albuminoïdes. Évaluons la chaleur mise en jeu par la transformation du sucre en ces divers principes.

La chaleur de combustion de 1 gramme de sucre de raisin pouvant être

évaluée, d'après les observations, à un chiffre voisin de 3960 calories, le calcul montre que :

1 gramme de sucre de raisin, en se changeant en cellulose, dégagerait environ 706 calories, d'après la chaleur de combustion de la cellulose, mesurée par M. Scheurer-Kestner.

1 gramme de sucre de raisin, en se changeant en matière grasse, avec production d'eau et d'acide carbonique (1), dégagerait environ 823 calories, d'après la chaleur de combustion de l'huile d'olive, mesurée par Dulong; on aurait un chiffre notablement plus fort, d'après la chaleur de combustion de la graisse de bœuf, mesurée par M. Frankland. La formation des matières grasses ne porte d'ailleurs que sur une dose fort petite de matière.

1 gramme de sucre de raisin, en se changeant en albumine, eau et acide carbonique (2), avec le concours d'un sel d'ammoniaque à acide organique, dégagerait environ 871 calories, d'après la chaleur de combustion de l'albumine, mesurée par M. Frankland.

On voit que toutes ces quantités de chaleur sont positives et considérables. Sans nous arrêter plus qu'il ne convient à leurs valeurs absolues, à cause de l'état d'imperfection de nos connaissances sur les équations chimiques véritables qui président aux transformations effectuées pendant la nutrition, peut-être sera-t-il permis de penser que les chiffres précédents indiquent au moins le sens des réactions réelles. Il n'est donc pas probable que le développement vital de la levûre aux dépens du sucre exige l'intervention d'une énergie étrangère, empruntée à la métamorphose simultanée d'une autre portion du sucre en alcool et acide carbonique.

Ainsi nous n'avons affaire qu'à de pures imaginations dans toute cette Physiologie nouvelle, que M. Pasteur déclare aujourd'hui avoir inaugurée (*Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 135, au milieu; 27 janvier 1879), après avoir assuré avec plus de vérité, il y a quelques semaines (*Comptes rendus*, t. LXXXVII, p. 1055, au bas; 30 décembre 1878), qu'il ne la connaissait nullement. Quoi qu'il en soit, la discussion actuelle me semble épuisée, car toutes les données scientifiques du problème ont été abordées. Puisse-t-elle avoir eu pour résultat utile de poser nettement les questions, ce qui constitue le commencement de leur solution !

(1) 1 gramme de sucre de raisin renferme les éléments nécessaires pour former 0,318 d'oléine, 0,420 d'acide carbonique et 0,262 d'eau; ces nombres étant complètement déterminés par la seule connaissance de la composition centésimale des corps, dans l'hypothèse d'une transformation qui ne donne naissance à aucun autre produit.

(2) 1 gramme de sucre de raisin exigerait 0,133 d'ammoniaque et donnerait naissance à 0,706 d'albumine, 0,073 d'acide carbonique et 0,354 d'eau; ces nombres étant complètement déterminés par les mêmes conditions que les précédents.

Le calcul thermique établi sur ces données indique un dégagement de 964 calories; il convient d'en retrancher 93, pour tenir compte de l'état initial de l'ammoniaque, qui n'est pas libre, mais unie avec un acide organique. Dans ces calculs, le sucre est supposé solide et l'acide carbonique gazeux; mais l'état de dissolution de ces deux corps accroîtrait encore la chaleur dégagée, soit de 65 calories dans le cas des corps gras, et de 19 calories dans le cas des albuminoïdes.

Quatrième réponse à M. Berthelot

(10 février 1879).

L'Académie n'a pas oublié l'origine de cette discussion. Soudainement surpris, au mois de juillet dernier, par une publication posthume de Claude Bernard, j'ai montré, dans des expériences nouvelles dont les résultats n'ont pas été contestés, que cette publication avait été non-seulement inopportune, mais en quelque chose nuisible à la mémoire de notre illustre confrère. Contredit par des faits d'expérience, et les faits seuls comptent dans la discussion scientifique, M. Berthelot a tenté de reprendre celle-ci, en la faisant porter cette fois sur des inductions propres à mes travaux. Enfin, M. Berthelot s'est présenté, dans ce nouveau débat, armé seulement d'hypothèses gratuites. Comment oser cependant tenter de renverser des inductions autrement que par des faits démontrés ?

Au début de sa critique, il dit « que je l'ai sommé de produire son opinion sur les questions » en litige. M. Berthelot se méprend sur mes paroles. Je ne lui ai jamais demandé *des opinions*, mais *des faits sérieux*. Suivent six affirmations magistrales que je vais parcourir. Mais je présenterai d'abord quelques observations préalables.

Le 25 février 1861, j'annonçais à l'Académie la découverte d'êtres anaérobies, c'est-à-dire pouvant vivre sans air et possédant le caractère ferment.

Le 17 juin suivant, dans une nouvelle Communication, je démontrerais que la levûre de bière a deux manières de vivre, qu'elle est tout à la fois aérobie et anaérobie, suivant les conditions de milieu dans lesquelles on la cultive.

Ultérieurement, j'ai fait connaître l'existence d'autres êtres microscopiques ayant la propriété de se nourrir et de s'engendrer en dehors de toute participation du gaz oxygène libre, ces êtres se montrant toujours, dans ces conditions, des ferments plus ou moins énergiques.

Avant les découvertes que je rappelle, Berzélius, Mitscherlich, Liebig, Gerhardt, M. Fremy, M. Berthelot et beaucoup d'autres observateurs plaçaient la cause probable des décompositions par fermentation dans des actions de présence, *catalytiques*, pour employer le mot de Berzélius, ou dans un mouvement communiqué par des matières mortes en voie d'altération. En un mot, le mystère était si grand, qu'on avait recours, pour l'expliquer, à de véritables forces occultes. Lorsque je fus en possession des faits inattendus que je rappelais tout à l'heure, savoir que les ferments des fermentations proprement dites sont, non des matières mortes, mais des êtres vivants, qu'en outre ces êtres avaient un mode de vie inconnu jusqu'alors, puisqu'ils pouvaient vivre sans air, je rejetai ces forces occultes, et des faits dont je parle je tirai les déductions suivantes :

Voilà, disais-je le 17 juin 1861. t. LII de nos *Comptes rendus*, voilà les faits dans toute leur simplicité. Quelle est maintenant leur conséquence prochaine? Faut-il admettre que la levûre, si avide d'oxygène, qu'elle l'enlève à l'air atmosphérique avec une grande activité, n'en a plus besoin quand on lui refuse ce gaz à l'état libre, tandis qu'on le lui présente à profusion sous forme de combinaison dans la matière fermentescible? Là est tout le mystère de la fermentation; car, si l'on répond à la question que je viens de poser en disant : Puisque la levûre de bière assimile le gaz oxygène avec énergie lorsqu'il est libre, cela prouve qu'elle en a besoin pour vivre, et elle doit conséquemment en prendre à la matière fermentescible quand on lui refuse ce gaz à l'état de liberté : aussitôt la plante nous apparaît comme un agent de décomposition du sucre...

.... En résumé, à côté de tous les êtres connus jusqu'à ce jour, et qui, sans exception (au moins on le croit), ne peuvent respirer et se nourrir qu'en assimilant du gaz oxygène libre, il y aurait une classe d'êtres dont la respiration serait assez active pour qu'ils puissent vivre, hors de l'influence de l'air, en s'emparant de l'oxygène de certaines combinaisons, d'où résulterait pour celles-ci une décomposition lente et progressive. Cette deuxième classe d'êtres organisés serait constituée par les ferments de tout point semblables aux êtres de la première classe, vivant comme eux, assimilant à leur manière le carbone, l'azote et les phosphates, et comme eux ayant besoin d'oxygène, mais différant d'eux en ce qu'ils pourraient, à défaut de gaz oxygène libre, respirer avec du gaz oxygène enlevé à des combinaisons peu stables. Tels sont les faits et la théorie qui paraît en être l'expression naturelle que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie, avec l'espoir d'y joindre bientôt de nouvelles preuves expérimentales.

Telles ont été mes inductions, présentées, j'en fais juge l'Académie, avec la réserve, avec la circonspection que peut réclamer une logique sévère. Aurais-je, depuis dix-huit ans que le passage que je viens de citer est écrit, forcé la note dans l'expression de ces inductions ? Bien au contraire : trouvant que ces mots, *respiration avec l'oxygène de combinaison*, étaient trop particuliers, je me suis borné à dire que la levûre prenait son oxygène à des combinaisons oxygénées, ce qui est le fait lui-même, et que son affinité pour ce gaz devait constituer le principe premier de son action décomposante. Voilà pourtant les inductions auxquelles se refuse obstinément M. Berthelot.

Première affirmation de M. Berthelot :

Aucun fait positif, dit-il, n'a été produit pour démontrer que le sucre cède à la levûre de l'oxygène, de préférence aux autres éléments.

Ce qui signifie que, M. Pasteur ayant fait une induction, je lui demande gratuitement une preuve, afin de paraître plus profond. Ce premier alinéa des affirmations de M. Berthelot, je le lui renvoie en ces termes :

Aucun fait positif n'a été produit pour démontrer que le sucre NE CÈDE PAS à la levûre de l'oxygène, de préférence aux autres éléments.

Deuxième affirmation :

Aucun fait positif n'a été produit pour démontrer que la levûre se développe en prenant au sucre de l'oxygène, de préférence aux autres éléments.

Ce sont, pour ainsi dire, rigoureusement les mêmes expressions que celles de la première affirmation. Qu'importe, cela fait nombre. Il y a, toutefois, une addition à cette seconde affirmation : c'est que « la levûre paraît prendre de l'hydrogène au sucre, de préférence à l'oxygène » ; or, c'est là une assertion tout à fait gratuite.

Troisième affirmation :

Aucun fait positif ne démontre que la métamorphose du sucre soit corrélatrice d'un mode exceptionnel de nutrition des êtres microscopiques,

ce mode étant tel qu'ils enlèvent au sucre de l'oxygène combiné à défaut d'oxygène libre.

Si dans la pensée de M. Berthelot cette affirmation, qui a peut-être deux sens, n'est pas identique aux deux premières, c'est-à-dire introduite encore pour faire nombre, je déclare qu'elle est erronée, parce que tout l'oxygène provient réellement de l'oxygène combiné si les conditions sont convenables.

Les quatrième, cinquième et sixième assertions de M. Berthelot sont contraires aux observations les plus simples et les mieux établies; je le démontrerai s'il m'y oblige, quoique cela résulte déjà très-clairement de mes réponses précédentes, ou bien je démontrerai qu'il confond, pour le besoin de sa cause, les mots *coïncidence de fait* et *coïncidence obligée*, *corrélation de fait* et *corrélation nécessaire*.

En m'arrêtant aujourd'hui à ces preuves, je craindrais d'allonger trop cette Communication, d'autant plus que j'ai grande hâte d'arriver au corps principal de la nouvelle réplique de mon savant confrère, à sa dissertation thermo-chimique, qui n'occupe pas moins de deux pages et demie des *Comptes rendus*. M. Berthelot se trouve ici sur un terrain qu'il déblaye depuis nombre d'années par des travaux persévérants et fort distingués. C'est encore d'une induction qu'il s'agit. M. Pasteur, dit-il, suppose que :

L'être anaérobie fait la chaleur dont il a besoin en décomposant une matière fermentescible susceptible de dégager de la chaleur par sa décomposition.

Cette induction est, suivant moi, non-seulement légitime, mais la traduction même des faits. M. Berthelot, néanmoins, la repousse, et, fidèle à cette méthode que je lui reprochais dans la dernière séance, qui le porte à mettre à la place d'inductions naturelles les hypothèses les plus éloignées des faits, M. Berthelot cherche à établir que le développement des êtres anaérobies se suffit à lui-même sans le concours d'une fermentation simultanée, sans le concours des hydratations et des dédoublements, et il conclut en ces termes :

Il n'est donc pas probable que le développement vital de la levûre aux dépens du sucre exige l'intervention d'une énergie étrangère, empruntée à

la métamorphose simultanée d'une autre portion du sucre en alcool et acide carbonique.

Afin d'établir cette conclusion, M. Berthelot fait « l'évaluation de la chaleur mise en jeu dans la transformation du sucre dans les divers principes de la levûre : la cellulose, les matières grasses et les substances albuminoïdes ». A cet effet, et à l'aide de déterminations numériques qu'il emprunte soit à M. Frankland, soit à M. Scheurer-Kestner, soit à Dulong et à lui-même, il cite les chaleurs de transformation :

De 1 gramme de sucre de raisin en cellulose;

De 1 gramme de sucre de raisin en matière grasse;

De 1 gramme de sucre de raisin en albumine, avec le concours d'un sel d'ammoniaque à acide organique.

Il trouve que la quantité d'énergie chimique nécessaire pour former 1 gramme de levûre est déjà contenue dans 1 gramme de sucre additionné d'une petite quantité d'un sel organique ammoniacal. J'aurais donc, moi, le plus grand tort de m'adresser à la chaleur de décomposition du sucre pour donner à l'être anaérobie la chaleur dont il a besoin.

Oui, répondrai-je à mon savant confrère, en acceptant l'exactitude de vos nombres, on peut admettre que 1 gramme de sucre, additionné d'une petite quantité d'un sel ammoniacal, contient déjà l'énergie nécessaire pour former 1 gramme de levûre. Oui, vous êtes autorisé à dire que 1 gramme de sucre environ se suffit à lui-même pour la formation de 1 gramme de levûre. Mais vous oubliez la vie. Lorsque l'on considère un être vivant quelconque, une minime partie de l'énergie empruntée aux aliments est employée à la formation du *cadavre*; le reste de cette énergie, *reste que vous oubliez*, a été dépensé pendant la vie. Il n'y a aucune relation entre le poids considérable des aliments exigés pour la vie d'un animal pendant son existence et le poids de son corps. Vous considérez seulement l'épargne d'énergie chimique accumulée dans l'organisme; vous considérez, si l'on peut ainsi dire, l'énergie utilisée pour construire le corps et vous laissez de côté l'énergie dépensée pendant la vie, qui n'a fait que traverser le corps, qui se retrouve tout entière et sous forme de chaleur dégagée et sous forme d'énergie

chimique contenue dans les produits excrétés. Vous dites, par exemple : avec tant de minerai et tant de houille, je puis construire une locomotive, mais vous oubliez que, si vous voulez faire fonctionner la locomotive, la faire marcher, ou seulement la tenir sous pression, il faudra lui fournir encore bien d'autres quantités de houille. De même, et en conséquence, pour entretenir la vie de la levûre, il faudra bien d'autres quantités d'aliments que celle que vous considérez. Celle que vous considérez ne correspond qu'à la formation de la levûre.

Il y a un autre passage de la Note de M. Berthelot dans lequel mon savant confrère oublie encore la vie : c'est celui où, parlant de la levûre qui ne peut prendre de l'oxygène au sucre, il dit que « nous ne connaissons aucun principe immédiat qui puisse enlever à froid l'oxygène du sucre ». Est-il donc permis de comparer une cellule et l'action possible de son protoplasma vivant à un principe immédiat, à un produit chimique ?

Après avoir établi les raisonnements suivant moi très-défectueux dont je viens de parler, M. Berthelot continue dans ces termes :

Ainsi, nous n'avons affaire qu'à de pures imaginations dans toute cette physiologie nouvelle, que M. Pasteur déclare aujourd'hui avoir inaugurée (*Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 135, au milieu ; 27 janvier 1879), après avoir assuré avec plus de vérité, il y a quelques semaines (*Comptes rendus*, t. LXXXVII, p. 1055, au bas ; 30 décembre 1878), qu'il ne la connaissait nullement.

Je cherche, mais en ayant peur de la deviner, la signification de ce soin puénil, puénil parce que le lecteur est parfaitement informé, je cherche, dis-je, la signification de ce soin avec lequel M. Berthelot dénonce à l'Académie que j'ai déclaré à *telle page, à tel tome, à telle ligne, et tel jour* avoir inauguré une physiologie nouvelle, lorsque *page, tome, ligne et jour* font partie de la discussion actuelle. En signalant des faits qui ont » inauguré une physiologie nouvelle », aurais-je donc fait à l'amour-propre de notre confrère une blessure vive ? Pourquoi chez lui ce vain désir de me trouver en contradiction avec moi-même, parce que le 30 décembre dernier, ayant écrit que je ne connaissais pas la physiologie des êtres

anaérobies, j'ai déclaré le 27 janvier suivant que l'existence de ces êtres inaugurerait une physiologie nouvelle? A qui M. Berthelot espère-t-il donner le change sur le sens de mes paroles dans les deux séances qu'il rappelle? Qui mieux que lui doit savoir que le 30 décembre, lorsque j'ai parlé de la physiologie des êtres anaérobies comme l'ignorant entièrement, il s'agissait de cette physiologie dans ce qu'elle a de plus intime, c'est-à-dire, et je le mentionnais même tout aussitôt, de la connaissance de l'équation de la nutrition, inconnue même chez les êtres aérobie de grande taille? Qui mieux que lui doit savoir que le 27 janvier, au contraire, quand j'ai parlé de physiologie nouvelle, je venais d'énumérer les faits, les grands faits qui en sont la base essentielle?

Et maintenant, pour passer à un autre point du débat, je me hâte de reconnaître avec empressement qu'il y a un passage de la Note de mon savant confrère sur lequel je suis tout à fait de son avis : c'est que la discussion actuelle est épuisée. Bien plus, j'ose dire qu'elle a eu ce caractère avant même de naître. Je n'ai pas encore compris qu'après la réfutation que j'avais faite de l'écrit posthume de Bernard, écrit qui m'avait si hardiment provoqué, notre confrère, quelque peu meurtri par cette réfutation, pût aborder une lutte nouvelle sans autre arme que l'hypothèse, arme proscrite dans le sein de l'Académie des Sciences depuis qu'elle existe. Comment mon savant ami n'a-t-il pas senti que les inductions qui remplissent les travaux de chacun de nous ne peuvent servir d'objet de discussion, à moins qu'on n'apporte des faits nouveaux qui les renversent? Comment M. Berthelot n'a-t-il pas senti que le temps est le seul juge en cette matière et le juge souverain? Comment n'a-t-il pas reconnu que du verdict du temps je n'ai pas à me plaindre? Ne voit-il pas grandir chaque jour la fécondité des inductions de mes études antérieures, et, dans le sujet même qui nous occupe, n'a-t-il pas entendu dans la dernière séance une lecture remarquable de notre jeune confrère M. Van Tieghem, qui apporte à mes vues sur les fermentations en général et sur les êtres anaérobies des confirmations précieuses, en même temps qu'une condamnation nouvelle de la doctrine des générations dites spontanées? Enfin, comment ne s'est-il pas souvenu qu'à

maintes reprises déjà l'Académie a vu les plus illustres de ses membres juger favorablement les déductions de mes travaux ? Sans affecter une vaine modestie, je tiens à rappeler une de ces circonstances. Le Rapport auquel je fais allusion mériterait d'être reproduit intégralement ; je viens de le relire avec la plus profonde émotion. Toutefois, je me bornerai à en citer les dernières lignes :

C'est en examinant d'abord les recherches de M. Pasteur dans l'ordre chronologique, et en en considérant ensuite l'ensemble, qu'on peut apprécier LA RIGUEUR DES JUGEMENTS DU SAVANT DANS LES CONCLUSIONS QU'IL EN DÉDUIT, et la perspicacité d'un esprit pénétrant qui, fort des vérités qu'il a trouvées, se porte en avant pour en établir de nouvelles.

Quelle est la date du Rapport dont il s'agit ? 25 décembre 1861, c'est-à-dire de l'année même où j'avais reconnu l'existence d'êtres anaérobies dont ce Rapport fait mention, ainsi que de beaucoup d'autres découvertes qui me sont personnelles et que le temps a respectées. Et quel est celui de nos confrères qui s'exprimait ainsi en 1861 ? Est-ce un homme qui ne mesure point ses paroles ? Est-ce un homme inhabile dans la propriété des termes ? Est-ce enfin un homme habitué à l'indulgence dans l'éloge ? Sur ces trois points, l'Académie tout entière répondra non, lorsque j'ajouterai que ce confrère est l'illustre doyen de l'Institut et de cette Académie, M. Chevreul.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
DÉDICACE A M. JACOBSEN.....	v
INTRODUCTION.....	vii à xxiv
NOTES POSTHUMES DE CLAUDE BERNARD ET EXAMEN CRITIQUE.....	1 à 80
APPENDICE.....	81
I. — Note à l'Académie, du 22 juillet 1878.....	81
II. — Note à l'Académie, du 29 juillet 1878.....	84
III. — Ce que j'appelle tubes, vases, ..., coton <i>flambés</i>	88
IV. — Sur la présence des germes des levûres et des mucédinées à la surface des raisins.....	88
V. — Ce que Bernard appelle <i>alcooscope</i>	90
VI. — Bernard était devenu presbyte.....	92
VII. — Preuves que l'oxygène de l'air se fixe sur les grains de raisin écrasés et forme des produits alcooliques, mais que cet effet ne se produit pas avec les moûts limpides.	93
VIII. — Circonstance où Bernard paraît avoir été induit en erreur par les effets de l'oxydation des grains écrasés au con- tact de l'air.....	95
IX. — C'est une question de savoir si l'alcool prend normale- ment naissance pendant la maturation du raisin.....	95
X. — Les jus des fruits mûrs ne renferment pas de ferment alcoolique soluble et ne peuvent former spontanément de la levûre au contact de l'air.....	97
XI. — Sur la non-formation de la levûre dans les jus de grains de raisin pourri.....	98
XII. — A propos des idées que Claude Bernard se faisait de la pour- riture des grains de raisins.....	99
XIII. — Dans la fermentation des raisins sans levûre, au sein d'une atmosphère de gaz acide carbonique, il ne se forme pas de ferment soluble alcoolique.....	100

XIV. — A propos des actions de vie sans air : leur influence dans les phénomènes chimiques de la respiration.....	101
XV. — Expériences et vues nouvelles sur la nature des fermentations	107
XVI. — Examen du rôle attribué au gaz oxygène atmosphérique dans la destruction des matières animales et végétales après la mort.....	113
XVII. — DISCUSSION AVEC M. BERTHELOT.....	121
Première critique.....	121
Première réponse.....	123
Deuxième critique.....	129
Deuxième réponse.....	131
Troisième critique.....	134
Troisième réponse.....	137
Quatrième critique.....	142
Quatrième réponse.....	146



PLANCHES.

<i>Pl. I.</i> — Pied de vigne dans une serre, avec grappes libres ou enveloppées de coton	68
<i>Pl. II.</i> — Condensation de la vapeur de l'eau pure comparée à la condensation de la vapeur de l'eau qui contient de très-petites quantités d'alcool	92





