Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 97 (1915)

Artikel: Discours d'ouverture du Président annuel

Autor: Pictet, Amé

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-90282

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Discours d'ouverture du Président annuel.

par

Amé Pictet

Monsieur le Président de la Confédération,
Messieurs les représentants des Autorités fédérales, cantonales et municipales,
Mesdames, Messieurs, chers Collègues,

La science suisse fête aujourd'hui l'événement le plus heureux de son histoire. Le 6 octobre 1815, le Dr Henri Albert Gosse, pharmacien à Genève, réunit dans sa propriété de Mornex quelques-uns de ses collègues et amis de Lausanne, de Berne et de Genève, et jeta avec eux les bases d'une association scientifique intercantonale qui prit le nom de Société helvétique des Sciences naturelles.

Nous célébrons en ce jour le centième anniversaire de ce fait mémorable; embrassant du regard le siècle écoulé, nous contemplons avec un juste orgueil l'œuvre accomplie, et le premier sentiment qui vient nous pénétrer est celui d'une profonde gratitude envers nos fondateurs. Nous nous rendons compte de tout ce que leur initiative a eu d'efficace et de précieux pour le développement de notre science nationale. Nous voyons quel essor l'étude de la nature, dans notre pays si riche en sujets d'observation, a reçu du fait que cette étude a pu être entreprise en commun par des savants de nos divers cantons. Nous savons tous, d'autre part, par expérience quel charme nos réunions annuelles ont donné à cette collaboration, en créant des

relations d'estime et d'amitié entre des hommes de races, de langues et de mentalités différentes. Du choc de leurs idées si diverses, quelles lumières ont jailli, qui sans cela n'eussent peut-être jamais brillé ! Qui sait si Venetz, le modeste ingénieur valaisan, eût jamais trouvé ailleurs qu'à la réunion du Grand St-Bernard en 1829, l'occasion d'exposer ses idées sur l'origine des blocs erratiques, et de les porter ainsi à la connaissance de l'illustre Agassiz, qui les fit siennes et, en les développant, établit sur leur base toute sa théorie des glaciers ? Qui sait si ce ne fut pas le discours que Schönbein prononça à la session de Bâle, en 1841, sur l'ozone, qui incita Marignac, et après lui Louis Soret, à entreprendre sur ce gaz nouveau et mystérieux les expériences qui devaient en dévoiler la véritable nature ? Qui sait si la carte géologique de la Suisse eût jamais pu être dressée, si les études sur la triangulation et le nivellement de notre pays, sur sa flore cryptogamique, sur le régime de ses glaciers, les seiches de ses lacs, sur ses tremblements de terre, sur vingt autres sujets, eussent pu être exécutées ailleurs qu'au sein des commissions nommées à cet effet par notre Société ?

Il est donc indéniable que c'est en bonne partie à la fondation de la Société helvétique que la Suisse doit d'avoir maintenu sa place dans le domaine scientifique, place qui n'est inférieure en rien à celles qu'occupent d'autres pays plus grands et plus riches. Bien au contraire, on peut hardiment affirmer que, toutes propositions gardées, aucune nation n'a mis en mouvement plus de forces que la nôtre au profit de l'étude de la nature. Notre société représente l'une de ces forces ; elle n'est pas la seule, car il va de soi que sans elle notre science eût continué à progresser, dans nos universités, dans nos sociétés locales, par le travail individuel de nos savants ; mais ces efforts isolés n'eussent pas trouvé la cohésion qui seule était capable d'en faire mûrir tous les fruits.

Puis, une fois constituée, notre petite confédération scientifique a pu se placer sous l'égide de la grande Confédération dont elle est l'image, et réclamer d'elle, en fille respectueuse et dévouée, l'appui dont elle avait besoin. Et cet appui ne lui a jamais fait défaut ; appui matériel, sous la forme d'importantes

subventions accordées à ses commissions; appui moral, qui fut toujours généreusement octroyé à toutes nos entreprises, et dont nous avons, aujourd'hui encore, une preuve manifeste et infiniment précieuse dans la présence, à notre jubilé, des premiers magistrats de notre pays.

Mais l'événement que nous commémorons n'intéresse pas que la Suisse; sa portée dépasse nos étroites frontières. En concevant comme il le fit l'organisation de la nouvelle Société, en faisant de celle-ci le lien destiné à grouper en un même faisceau l'ensemble des sociétés cantonales, en voulant qu'elle tint chaque année ses assises sur un point différent de notre territoire, Gosse fut un novateur; il créa un type d'association savante qui n'existait nulle part encore, celui des sociétés nationales et itinérantes. Idée heureuse et féconde, que l'étranger ne tarda pas à apprécier et à réaliser à son tour. On sait, en effet, que c'est sur le modèle de notre Société helvétique que se sont créées les associations semblables qui existent en Allemagne, en Angleterre et en France.

Nos collègues de l'étranger sont donc aussi redevables à Gosse que nous le sommes nous-mêmes. Ils l'ont du reste toujours reconnu, en entourant notre Société de leur unanime sympathie et en venant régulièrement nous la témoigner à chacune de nos réunions annuelles. Nous nourrissions donc depuis longtemps l'espoir de les voir accourir, plus nombreux encore, à notre session du Centenaire, et nous nous réjouissions de l'éclat que notre fête en eût ainsi reçu.

Les circonstances en ont, hélas, décidé autrement. Fondée à l'issue d'une longue période de guerres qui avaient ensanglanté l'Europe, notre Société célèbre son centenaire à une époque non moins troublée et au bruit des mêmes batailles. Ne nous arrêtons point aux réflexions attristantes que ce rapprochement suggère; bornons-nous à déplorer la cause qui retient loin de nous, en ce jour, nos amis étrangers, et surtout, Mesdames et Messieurs, exprimons hautement notre joie de pouvoir, malgré la guerre qui désole les pays voisins, célébrer entre nous, sur le sol neutre et respecté de notre patrie, la solennité qui nous rassemble. C'est là le sentiment qui doit, à mon sens, dominer

notre réunion de cette année, et je tenais à l'exprimer dès le début de cette première séance.

Il était naturel que la naissance de notre association fût commémorée aux lieux mêmes où elle reçut le jour. Aussi la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève s'est-elle empressée, en sa qualité de section locale, de revendiquer l'honneur de vous recevoir cette année. Notre Comité central a bien voulu, en votre nom, faire droit à cette requête, et je l'en remercie chaleureusement.

Je vous exprime aussi à vous tous, chers collègues et amis, notre joie de vous avoir vus répondre avec tant d'empressement à notre invitation, et je vous souhaite la plus cordiale bienvenue.

A l'expression de ces sentiments, que je vous transmets au nom de la Société de Physique et de tous nos amis genevois, je dois joindre mes remerciements personnels pour la haute marque de confiance que le Comité central, et vous-mêmes avec lui, m'avez donnée en me désignant pour préparer cette réunion et présider à vos délibérations. C'est un honneur que je me sens avoir très insuffisamment mérité, et je m'y serais soustrait si je n'avais eu le sentiment qu'il passait au-dessus de ma tête pour atteindre un plus digne. En fixant votre choix sur moi, vous avez eu égard, je le sais, beaucoup moins à ma personne qu'au nom que je porte; vous avez voulu faire de ce choix un hommage à la mémoire de l'un de nos plus illustres fondateurs, le professeur Marc Auguste Pictet, qui, après la mort de Gosse, survenue peu de semaines après la réunion de Mornex, prit en mains les intérêts de notre jeune société, en guida les premiers pas, en resta l'âme pendant de longues années et en présida la première assemblée générale à Genève. Vous avez voulu, à un siècle de distance, faire mieux revivre son souvenir au milieu de nous, en confiant à son arrière-neveu la mission de vous rappeler tout ce que notre société lui doit. Il n'a pas fallu moins que cette délicate pensée de votre part pour me décider à accepter des fonctions que bien d'autres auraient remplies mieux que moi, et qui m'imposent, comme premier devoir, de réclamer toute votre bienveillante indulgence.

Beaucoup d'entre vous, Mesdames et Messieurs, attendent

sans doute de ce discours, qui inaugure le second siècle de l'existence de notre Société, qu'il vous présente un aperçu de son activité et de son histoire pendant la période qui vient de se terminer. Ce serait là, en effet, un sujet captivant et digne d'être traité devant une assemblée comme la vôtre. Mais cette activité a été si considérable, cette histoire a été si féconde en faits de tous genres, que vouloir en faire tenir le résumé dans les limites du temps dont je dispose, serait une entreprise hérissée de difficultés. Je l'aurais tentée néanmoins si, par une heureuse inspiration, les organisateurs de notre réunion n'avaient trouvé une beaucoup meilleure solution du problème.

Ils ont estimé que l'histoire de notre vénérable société méritait mieux que quelques paroles hâtives prononcées par le Président annuel, et qu'un monument plus durable devait conserver le souvenir de notre séance du Centenaire. Sous les auspices de notre Comité central, une commission s'est constituée pour explorer nos archives, compulser la collection de nos « Actes » et de nos « Mémoires », en extraire tout ce qu'ils contiennent d'essentiel, et vous présenter, sous la forme d'une publication spéciale, et avec tous les détails d'une documentation rigoureuse, un historique complet de notre société.

Ce « Livre du Centenaire » vous a été distribué. Sa lecture, mieux que tout ce que je pourrais dire, vous renseignera abondamment sur le passé de notre association. Je m'abstiendrai même de le commenter. Je laisserai ce soin à mon collègue, M. le prof. Yung, qui en est l'un des principaux auteurs. Ayant été à la peine, il est juste qu'il soit à l'honneur. En vous présentant tout à l'heure le volume, il voudra bien vous en résumer le contenu, et vous ne perdrez rien à attendre quelques instants encore, d'une bouche mieux informée que la mienne, l'aperçu historique auquel vous avez droit.

Mon rôle, dès lors, ne consistera plus à vous parler du passé ; et vous me permettrez d'en profiter pour me conformer à un usage établi depuis longtemps parmi nous, et auquel je ne vois aucune raison de déroger en cette session du Centenaire. Cet usage, vous le savez, veut que, dans nos assemblées générales, une large place soit faite à la science, et que le discours du Pré-

sident soit consacré, aussi souvent qu'il est possible, à l'examen de quelqu'une des questions scientifiques qui sont à l'ordre du jour.

Cette tradition a été constamment observée dans les sessions qui ont été tenues jusqu'ici à Genève. Vous avez encore présent à l'esprit le bel exposé de la théorie des seiches que nous fit dans cette même salle, en 1902, notre dévoué Président central actuel, M. Edouard Sarasin. Dans la session précédente, en 1886, Louis Soret nous avait lu une savante étude sur les impressions réitérées. Enfin, en remontant plus haut encore dans le passé, et il y a encore parmi vous quelques privilégiés qui en gardent le lointain souvenir, en 1865, à l'occasion de notre cinquantenaire, c'est également un sujet scientifique, le rôle de la physique dans l'étude des glaciers, qu'Auguste de la Rive avait traité dans son allocution présidentielle.

Après de si illustres précédents, je serais mal venu de ne pas suivre la tradition en vous entretenant à mon tour d'un sujet se rattachent à la branche de la science à laquelle je me suis spécialement voué. Je le ferai d'autant plus volontiers que cette branche, la chimie, n'a point été jusqu'ici l'enfant gâtée de nos présidents annuels. Tandis que toutes les autres sciences ont fait tour à tour, et à plusieurs reprises, pendant les cent années qui viennent de s'écouler, le fond des discours de nos présidents successifs, cet honneur n'est échu, sauf erreur, qu'une seule fois à la chimie.

Ce n'est point que cette science ait été moins cultivée que toute autre au sein de notre société (les comptes rendus de nos sections de chimie en font foi), ni que des savants illustres dans cette discipline aient jamais fait défaut au milieu de nous, et il me suffira, pour vous en convaincre, de citer les grands noms de Schönbein, de Marignac, de Wislicenus, de Victor Meyer, Kopp, Schulze, Nencki, Kostanecki, pour ne parler que de ceux qui ne sont plus.

Attribuons donc au hasard le fait que je vous signale, et permettez-moi de chercher à combler une lacune que rien ne justifie, en vous parlant, sinon précisément de chimie pure, au moins d'une question à laquelle est mêlée la chimie, et dont vous ne

contesterez sans doute ni l'importance ni l'actualité. Il s'agit, en effet, du grand mystère de la vie. Non point que j'aie la prétention de percer ce mystère, et de répondre à cette question : Qu'est-ce que la vie? Mon ambition est, vous le verrez, plus modeste ; elle se bornera à vous soumettre quelques idées personnelles sur un des caractères fondamentaux de la matière vivante. Ces idées sont sorties des recherches que j'ai faites, dans ces dernières années, sur les alcaloïdes végétaux d'une part, sur la houille d'autre part ; deux objets qui ne présentent à première vue que bien peu de rapports, soit entre eux, soit avec les phénomènes vitaux ; leur étude ne m'en a pas moins conduit à des résultats concordants, qui me paraissent pouvoir être utilisés pour l'interprétation de ces phénomènes. Si je voulais donner à mon exposé un titre précis, je choisirais le suivant :

La structure moléculaire et la vie.

De tous les problèmes de la nature, le plus passionnant est sans contredit celui de la vie. Sa solution est du ressort de toutes les sciences physiques et naturelles à la fois, et exigera la mise en œuvre de tous les puissants moyens d'investigation dont elles disposent actuellement. Toutefois, parmi ces sciences, c'est à la biochimie qu'incombe, dans l'œuvre commune, la tâche principale. Il n'est point douteux, en effet, que, sinon la vie elle-même, du moins les phénomènes qu'elle provoque au sein des êtres, ne soient avant tout d'ordre chimique.

Mais la biochimie repose elle-même sur la chimie organique pure. En effet, la condition fondamentale pour pouvoir interpréter sainement un phénomène, est d'avoir une connaissance exacte du milieu dans lequel il se déroule. Or c'est à la chimie organique à nous apporter, dans le cas particulier, cette connaissance, en établissant la nature des matériaux dont sont formés les êtres vivants.

Séparer, purifier, caractériser, analyser les innombrables composés que nous tirons des animaux et des plantes, tel a été le premier objet de la chimie organique. Mais elle ne s'en est

point tenue là ; elle a voulu aller plus loin et connaître ce qu'on appelle la *constitution* de ces corps, c'est-à-dire l'architecture intime de leurs molécules, les positions exactes qu'y occupe chacun de leurs atomes et les relations que ces atomes ont entre eux. Elle y est arrivée dans la très grande majorité des cas, accomplissant ainsi une œuvre immense, que l'on peut à bon droit regarder comme une des choses les plus remarquables que l'intelligence humaine aît produites jusqu'ici.

Je me hâte d'ajouter que la somme énorme de travail qu'ont coûté ces recherches n'a pas eu sa source unique dans l'intérêt spéculatif qui s'attache à toute connaissance nouvelle. Les chimistes qui ont ainsi disséqué toutes les molécules organiques, qui ont dressé les plans de ces édifices minuscules, ont été poussés par deux autres mobiles, d'ordre plus immédiat.

D'abord par l'attrait de la *synthèse*. Il est acquis que la reproduction artificielle d'un composé naturel n'a chance d'aboutir que si la constitution de ce dernier est connue jusque dans ses moindres détails. Toutes les fois que l'on a voulu procéder autrement, mettre, comme on dit, la charrue devant les bœufs, et opérer à tâtons, on n'a enregistré que des insuccès ; l'exemple le plus récent de ce fait nous est fourni par les essais infructueux de fabrication artificielle du caoutchouc.

Les chimistes ont, en second lieu, voué toute leur attention aux questions de constitution, parce qu'ils n'ont pas tardé à reconnaître ce fait fondamental, que toutes les propriétés des composés organiques, propriétés physiques, chimiques et physiologiques, sont en relation étroite avec cette constitution. Ce ne sont point la quantité ni la nature des matériaux employés à la construction d'un bâtiment qui font de celui-ci une église, un théâtre ou une gare de chemin de fer, c'est la seule disposition de ces matériaux ; ce n'est, de même, ni l'espèce ni le nombre des atomes de sa molécule qui font d'un composé organique une matière colorante, un antiseptique ou un parfum, c'est uniquement la manière dont ces atomes sont groupés les uns par rapport aux autres. Connaître ce mode de groupement, ce sera donc posséder le moyen de préparer, à volonté et à

coup sûr, tel composé nouveau donné, à propriétés déterminées d'avance.

Une foule de relations du plus haut intérêt ont ainsi été établies entre la constitution et certaines propriétés des corps, telles que la couleur, le pouvoir tinctorial, la densité, la saveur, le pouvoir rotatoire, l'action pharmacologique, etc. Mais il s'en faut que tous les domaines aient été explorés ; en particulier, aucune tentative n'a encore été faite pour rattacher à la structure des molécules les propriétés d'ordre *biologique.*

C'est ce sujet que je voudrais examiner. Je commence par le délimiter en posant les trois questions suivantes :

1. Existe-t-il une relation entre la constitution chimique d'un corps et le rôle qu'il joue au sein de l'organisme vivant ?

2. Existe-t-il une condition de structure moléculaire qui rende une substance utile, indifférente ou nuisible à l'entretien de la vie, qui en fasse un aliment ou un poison ?

3. Existe-t-il une condition semblable par laquelle la matière d'une cellule vivante se distingue de celle de cette même cellule morte, autrement dit la mort résulte-t-elle d'un changement dans l'architecture des molécules ?

Avant de répondre à ces questions, il me semble utile de préciser sur quel point spécial de la théorie de la constitution mes réponses porteront. Mais rassurez-vous, Mesdames et Messieurs, je me bornerai en cela au strict nécessaire. Il me suffira, du reste, pour les besoins de ma démonstration, de vous rappeler le principe même de la classification organique.

Il a été acquis par cinquante années de patientes recherches que les quelque 150,000 composés organiques que l'on connaît à cette heure, quelque grande que soit leur diversité, appartiennent, au point de vue de leur structure moléculaire, à deux types seulement :

Dans le premier type, les atomes dont ils sont formés, que ce soient des atomes de carbone, d'oxygène ou d'azote, en satisfaisant les unes par les autres tout ou partie de leurs affinités, s'unissent en chaînes plus ou moins longues et à peu près rectilignes. Ainsi se forme la partie centrale de la molécule, une

sorte de colonne vertébrale, sur laquelle viennent ensuite se greffer latéralement d'autres groupes atomiques.

Dans le second type, ces mêmes atomes s'unissent sous l'influence des mêmes forces attractives, mais en formant des chaînes qui sont fermées sur elles-mêmes. Le squelette de la molécule n'est dès lors plus un chapelet d'atomes, c'est un anneau. Et sur cet anneau peuvent venir s'appliquer les mêmes groupements périphériques, comme la chair d'un fruit s'applique sur son noyau.

De là la distinction entre *composés à chaînes ouvertes* et *composés cycliques*. Cette distinction est aujourd'hui à la base même de la classification organique. Elle correspond à ce qu'est, par exemple, en zoologie la division en vertébrés et en invertébrés, et n'est pas sans analogie avec elle, puisqu'elle est basée comme elle sur la conformation du squelette et sur le système de symétrie de l'être, animal ou molécule.

Les deux grandes classes des composés organiques sont séparées, au point de vue théorique, par un large fossé. Mais celui-ci n'est pas infranchissable. Il est possible, dans beaucoup de cas, par des réactions appropriées, d'agir sur les molécules des corps de manière à fermer sur elle-même une chaîne ouverte (c'est la *cyclisation*) ou de rompre une chaîne fermée (opération qu'on pourrait appeler la *cyclolyse*). On peut ainsi passer expérimentalement d'un type à l'autre.

Il est vrai que ce passage est incomparablement plus facile dans un sens que dans l'autre. Un des caractères des chaînes fermées est leur stabilité et il faut un travail chimique toujours considérable pour en disjoindre les chaînons. En revanche, la cyclisation s'opère plus aisément ; elle exige cependant un certain apport d'énergie, nécessité par l'inflexion de la chaîne rectiligne et la soudure de ses deux atomes terminaux. Quelles sont les formes de l'énergie qui pourront fournir ce travail ?

C'est en premier lieu la chaleur. Berthelot l'a montré le premier en faisant passer dans des tubes chauffés au rouge toute une série de substances à chaînes ouvertes. Il a obtenu ainsi de nombreux composés cycliques et, en particulier, la plupart de ceux qui forment par leur mélange le goudron de houille,

ce sous-produit de la fabrication du gaz dont la chimie moderne a su tirer tant de précieux dérivés. Berthelot a même établi sur la base de ces expériences sa fameuse théorie de la formation du goudron. Selon cette théorie, la houille se décomposerait entièrement, au cours de sa distillation, en produits gazeux très simples et à squelette linéaire, produits qui se cycliseraient après coup au contact des parois chaudes des cornues. Nous verrons plus loin ce qu'il faut penser de cette explication.

Mais les composés cycliques ne se trouvent point seulement dans le goudron de houille. On les rencontre dans des matières qui n'ont jamais subi l'action d'une forte chaleur, telles que le pétrole. Ils se trouvent surtout en abondance dans les organismes vivants et, en particulier, dans les végétaux. Ici, l'agent qui a provoqué la cyclisation n'est plus l'énergie calorifique ; il faut le chercher ailleurs et nous l'y trouverons dans un instant.

Mais auparavant, permettez-moi encore une observation. D'après ce que je vous disais tout à l'heure, il semblerait que les propriétés d'un composé organique dussent varier du tout au tout suivant que ce composé appartiendra à la classe des corps à chaînes ouvertes ou à celle des corps cycliques. Or, les observations enregistrées jusqu'ici montrent qu'il n'en est rien. On trouve dans les deux classes des alcools, des acides et des bases, des substances sapides ou odorantes et d'autres qui ne le sont pas, des poisons et des substances inoffensives. L'industrie chimique va puiser indifféremment dans l'une et l'autre classe ses parfums et ses explosifs, et la thérapeutique ses médicaments. Seule la couleur paraît être en rapport avec la structure cyclique, mais dans une certaine mesure seulement.

Il faut en conclure que ces propriétés ne sont que peu ou pas influencées par la conformation du squelette de la molécule ; elles dépendent essentiellement de la nature des groupements périphériques qui entourent ce squelette, et qui peuvent être les mêmes dans les deux cas. C'est là un fait qui paraît étrange ; on comprend difficilement qu'un caractère aussi essentiel, au point de vue théorique, que la structure du squelette n'aît pas

sa répercussion dans l'une des propriétés fondamentales de la matière.

Or, et c'est ici qu'interviennent mes observations personnelles, cette anomalie, qui serait inexplicable, n'existe pas en réalité. Je me crois en mesure d'affirmer, au contraire, qu'il y a tout un ensemble de propriétés fondamentales de la matière qui sont régies par la nature, cyclique ou linéaire, du squelette moléculaire. Ces propriétés sont celles qui entrent en jeu dans toutes les manifestations de la *vie*. C'est ce que je vais essayer de démontrer.

Si l'on veut étudier les phénomènes vitaux dans leur plus grande simplicité, il faut les aller observer, non point chez l'animal, mais chez le végétal. Considérons donc la plante verte, l'organisme auquel est dévolue la tâche de transformer les matériaux minéraux du milieu en matériaux organiques, et finalement en matière vivante, que l'animal n'aura plus ensuite qu'à démolir et à brûler pour utiliser l'énergie qu'ils renferment à l'état potentiel.

Quel est le mécanisme de cette merveilleuse synthèse ? Nous ne le savons encore que très imparfaitement. Mais nous connaissons les produits intermédiaires par lesquels elle passe. Ce sont les aldéhydes formique et glycolique, les sucres et l'amidon, les nombreux acides végétaux, l'asparagine, la glycérine, les matières grasses, les lécithines.

Ces substances existent dans toutes les plantes. On constate leur présence dans chaque cellule vivante, à côté des protéines qui sont les constituants essentiels du protoplasma. Elles apparaissent donc bien comme les aliments de cette cellule.

Or, si l'on considère la constitution de ces corps, on est frappé de ce fait, que leurs molécules ne renferment que des chaînes d'atomes ouvertes. Aucun d'eux ne présente la structure cyclique. On constate ainsi une première relation entre la constitution et le rôle des substances végétales. Toutes celles que l'on peut légitimement considérer comme les produits directs et successifs de l'assimilation, toutes celles qui contribuent à l'édification et à l'entretien du protoplasma vivant,

appartiennent à la première classe des composés organiques.

Mais ces substances sont loin d'être les seules que nous fournisse le règne végétal. A côté d'elles, la plante en produit une infinie variété d'autres, que l'industrie humaine a été de tout temps y chercher, non plus pour les utiliser comme aliments, mais pour tirer profit de quelqu'une de leurs autres propriétés. C'est, par exemple, la grande famille des huiles essentielles, des terpènes et des camphres, dont plusieurs représentants constituent nos parfums ou nos condiments les plus appréciés. C'est ensuite la longue série des colorants et des pigments végétaux, depuis la chlorophylle jusqu'à cet intéressant groupe des anthocyanes, ou pigments des fleurs, dont l'étude systématique vient d'être entreprise par notre ancien collègue Willstätter. Ce sont les différentes résines, les caoutchoucs, les tannins, les glucosides, les divers principes amers ou astringents. Ce sont enfin tous ces nombreux composés azotés et basiques que l'on réunit sous le nom d'alcaloïdes et qui, doués pour la plupart d'une action physiologique remarquable sur l'organisme animal, sont devenus nos médicaments les plus précieux.

Le rôle que ces substances jouent dans la plante est-il le même que celui des composés de la première catégorie ? On le croyait généralement autrefois. Beaucoup de physiologistes l'admettent encore aujourd'hui et voient dans ces matériaux des réserves de nourriture, que la plante utilisera, le moment venu, pour l'entretien de ses tissus.

Je ne suis point de leur avis, et cela pour les raisons suivantes : Ces substances ne me semblent point, comme les premières, être indispensables au développement des plantes, puisque beaucoup d'entre elles en sont dépourvues. On ne les trouve pas, comme les autres, emmagasinées dans les semences ou les racines. On ne les rencontre jamais dans la cellule vivante, dont elles semblent exclues, mais bien dans des tissus ou réceptacles spéciaux où elles sont localisées et comme mises à l'écart de la grande voie de la protéinogenèse. On ne les voit pas disparaître, mais au contraire s'accumuler, au cours de la vie de la plante. Ce ne sont donc certainement pas des produits

intermédiaires de l'édification du protoplasma vivant. On doit chercher ailleurs que dans un processus d'assimilation la genèse de ces composés qui, sans valeur nutritive pour la plante, sont cependant engendrés par elle en quantités souvent considérables. Quelles sont donc leur origine et leur signification ?

J'ai, il y a quelques années, émis à ce sujet une hypothèse relative spécialement aux alcaloïdes. Cette hypothèse ayant été accueillie avec quelque faveur, je l'étends aujourd'hui à tous les composés du même ordre. J'admets que, loin d'être des produits d'assimilation, ce sont des produits de dénutrition. Ils représentent les déchets du métabolisme végétal. Ils correspondent à ce que sont chez l'animal l'urée, l'acide urique, le glycocolle, les pigments biliaires, etc. Il n'est pas concevable, en effet, que la synthèse biologique des protéines, pas plus que toute synthèse opérée *in vitro,* se fasse avec un rendement théorique et sans laisser des produits accessoires, des résidus qui ne peuvent plus être utilisés. D'autre part, l'usure des tissus, tous les phénomènes de désassimilation et de combustion doivent engendrer, chez la plante comme chez l'animal, des déchets semblables, azotés ou non.

Tous ces produits sont non seulement inutiles, mais nuisibles à l'entretien de la vie. Ce sont des *poisons* dont l'organisme, dans les deux règnes, doit se débarrasser à tout prix sous peine d'intoxication. L'animal y pourvoit en les rejetant au dehors, mais la plante, qui est dépourvue d'organes excréteurs, ne peut que très imparfaitement le faire. Elle doit donc se résigner à vivre avec eux, et se borner à les rendre inoffensifs en les maintenant en dehors du circulus vital et en les empêchant de pénétrer de nouveau dans la cellule vivante dont ils sont sortis et d'y exercer leur action nocive sur le protoplasma. Et nous voyons qu'elle y réussit, puisque les composés en question ne se trouvent en réalité jamais dans l'intérieur de cette cellule. Sa paroi fait donc un triage entre les substances utiles et les substances nuisibles ; elle est perméable aux premières, imperméable aux secondes. Peut-on se faire une idée du mécanisme qui préside à ce triage ?

Aucun caractère physique (tel que la solubilité, l'ionisation,

l'état colloïdal ou cristallin) ne distingue l'une de l'autre les deux catégories de substances. Aucune différence de composition chimique n'existe davantage entre elles ; elles sont formées des mêmes éléments, qui sont ceux du protoplasma lui-même. Il ne resterait donc plus, à mon avis, qu'une différence de structure moléculaire qui pût expliquer leur allure opposée. Voyons donc ce que l'on sait de leur constitution.

Les recherches à ce sujet ont conduit à ce résultat remarquable, mais dont les conséquences n'ont pas encore été mises en lumière, que tous ces produits sont des composés cycliques. Les atomes de carbone des terpènes, des camphres et des tannins, les atomes de carbone et d'oxygène des anthocyanes, les atomes de carbone et d'azote de la chlorophylle et de tous les alcaloïdes, sont uniformément unis en chaînes fermées.

Nous avons vu qu'il en est exactement l'inverse pour les substances nutritives de la cellule. Je vois donc dans cette disposition différente des atomes la raison pour laquelle les molécules d'une espèce pénétreront dans la cellule vivante, celles de l'autre espèce seront consignées à la porte. Un fil de fer pénétrera à travers une ouverture étroite si on l'y introduit par son extrémité, il ne passera plus si on le roule en cerceau. De même les méats intermoléculaires des parois cellulaires laisseront passer les chapelets flexibles des chaînes ouvertes, tandis qu'ils s'opposeront à l'entrée des anneaux massifs et rigides qui forment les molécules cycliques.

Mais les déchets du métabolisme sont primitivement des corps à chaînes ouvertes, comme les substances dont ils sont issus. Ce n'est donc qu'après coup qu'ils acquièrent la structure cyclique qui les rend inoffensifs. Il y a réaction de la plante vivante contre les principes toxiques qu'elle produit, et cette réaction consiste en une modification de la structure intime de ces principes ; la plante se défend contre les poisons en les cyclisant.

Il y a donc, dans l'organisme végétal, deux processus de synthèse parallèles, l'un qui, réunissant les atomes par simple juxtaposition, forme les longues chaînes ouvertes qui finiront par constituer la molécule complexe des protéines, l'autre qui,

opérant un véritable travail de voirie, nettoie l'organisme de tous les détritus laissés par la première synthèse, en fermant sur eux-mêmes tous les fragments qui ne peuvent plus concourir à la construction de l'édifice, ou qui s'en détachent lorsque cet édifice tombe en ruines.

Cette hypothèse une fois émise, il restait à la vérifier par l'expérience et à montrer comment la cyclisation s'opère dans la plante. C'est ce que je me suis appliqué à faire, au moins en ce qui concerne les alcaloïdes. Partant de l'idée que, dans la synthèse organique, le meilleur moyen d'atteindre le but est d'imiter la nature, j'ai toujours cherché, dans mes essais de reproduction artificielle d'alcaloïdes végétaux, à opérer dans des conditions aussi voisines que possible de celles qui sont réalisées dans la plante vivante. C'est cette idée qui a présidé aux récents travaux exécutés dans mon laboratoire par MM. Gams, Spengler, Kay, Malinowski et par Mlle Finkelstein, travaux qui ont conduit à la synthèse de la berbérine et de plusieurs alcaloïdes de l'opium.

Nous avons toujours choisi comme points de départ de nos opérations, d'un côté des substances que l'on sait se former dans les plantes par désagrégation des protéines, de l'autre des composés, tels que l'aldéhyde formique, qui y prennent naissance à partir de l'acide carbonique de l'air. En les condensant les unes avec les autres, nous avons obtenu des alcaloïdes cycliques, et ceux-ci se sont trouvés identiques à ceux qui se produisent dans les tissus végétaux. J'ai même réussi, en collaboration avec M. Chou, à obtenir directement des alcaloïdes en hydrolysant *in vitro* les albumines elles-mêmes en présence d'aldéhyde formique.

Il semble donc bien prouvé que les alcaloïdes prennent naissance, dans le végétal, par cyclisation des produits de décomposition des protéines ; et par analogie on est en droit d'attribuer la même origine à tous les composés semblables.

En résumé, nous observons un parallélisme complet entre les deux grandes divisions des composés organiques, basées sur la structure de leur squelette moléculaire, et le rôle qu'ils jouent dans l'organisme végétal. Seuls les composés à chaînes ouver-

tes sont propres à entretenir la vie de cet organisme, tandis que les composés à chaînes fermées, que nous rencontrons en abondance dans certaines plantes, ne sont que des déchets sans valeur nutritive, rendus inoffensifs par le fait même de leur cyclisation. La plante idéale n'en contiendrait point.

Mais à cette conclusion, une grave objection s'oppose immédiatement. Chaque chimiste, chaque botaniste me la fera. Il me dira : Dans l'énumération des substances qui, dans la plante, ne contribuent pas à la formation de son protoplasma, vous avez omis la plus importante de toutes, la *cellulose,* cette matière essentielle au point de vue morphologique qui, dans toute l'étendue du règne végétal, forme les parois des cellules et des vaisseaux, et joue un rôle fondamental de protection mécanique du protoplasma, en lui procurant l'enveloppe nécessaire pour lui permettre de s'organiser en tissus plus ou moins rigides et résistants.

Il semble indispensable, continuera mon contradicteur, que la substance à laquelle est dévolue cette fonction possède une stabilité chimique suffisante pour résister aux actions multiples qui entrent en jeu dans le végétal. Il faut qu'elle reste en dehors du métabolisme général. Si les idées que vous avez développées sont justes, cette indifférence doit résulter de sa structure moléculaire, et la cellulose doit posséder, comme tout autre composé que la plante écarte du circulus vital, la structure cyclique. Or tous les traités de chimie placent la cellulose, à côté de l'amidon, parmi les composés à chaînes ouvertes, et ce fait suffit à lui seul à renverser tout l'échafaudage de votre théorie.

Cette objection serait, je le reconnais, sans réplique, si elle reposait sur une base solide, c'est-à-dire sur la connaissance exacte de la constitution de la cellulose. Or cette constitution n'a pas été déterminée jusqu'ici, et l'analogie avec l'amidon ne suffit pas à l'établir. Je crois, au contraire, que la cellulose doit être éloignée de l'amidon dans la classification, et placée parmi les composés de structure cyclique. Une série d'expériences, que j'ai effectuées avec MM. Ramseyer et Bouvier,

me permettent d'apporter la preuve de ce que j'avance. Ces expériences sont sorties des considérations suivantes :

Les phénomènes chimiques qui provoquent la décomposition de la plante après sa mort, sont différents suivant les conditions dans lesquelles ils se déroulent. Si le végétal est abandonné à lui-même à l'air libre, ses matières azotées subissent d'abord une rapide putréfaction, avec formation d'ammoniaque, qui est absorbée par le sol, et d'acide carbonique, qui retourne à l'atmosphère. Les matières non azotées, et en particulier la cellulose, résistent plus longtemps, mais elles finissent aussi par disparaître, et cela grâce à une combustion lente, dont l'agent, direct ou indirect, est l'oxygène de l'air.

Si la plante morte, au lieu de rester à l'air libre, est plus ou moins enfouie dans le sol, cette action de l'oxygène est ralentie, et l'on assiste à la formation des *matières humiques*, substances fort mal définies encore au point de vue chimique, mais dont on sait cependant qu'elles sont des produits d'oxydation incomplète de la cellulose, et qu'elles présentent des caractères de phénols, c'est-à-dire de composés cycliques.

Si enfin ces mêmes matières végétales se trouvent entièrement soustraites à l'action de l'air, soit par suite de leur immersion dans l'eau, soit parce qu'elles auront été recouvertes par des masses importantes de terrain, ainsi que cela eut lieu lors des grandes dislocations géologiques, elles n'en subissent pas moins une lente transformation. Mais celle-ci n'est plus une oxydation, c'est une décomposition d'un genre spécial, dont nous ignorons les lois et les agents, mais dont nous connaissons parfaitement les produits ultimes ; ce sont nos combustibles fossiles d'âges divers, le lignite, la houille, l'anthracite. Il n'y a pas de doute que ce ne soit la cellulose qui fournisse la matière essentielle de ces *charbons de terre*. Elle perd, dans cette transformation, une partie de son oxygène et de son hydrogène, et s'enrichit par conséquent en carbone. Mais cette décomposition, ayant lieu à basse température, n'intéresse que la périphérie de sa molécule ; le squelette carboné n'en est pas affecté. On doit donc admettre que la structure de ce squelette est la même dans la houille que dans la cellu-

lose, et qu'en la déterminant chez la première on la fixera du même coup chez la seconde.

Malheureusement, si depuis deux siècles on utilise la houille comme combustible, si depuis une centaine d'années on en tire, par distillation, ces trois produits d'une si grande importance industrielle, le gaz d'éclairage, le goudron et le coke, on ignore, chose étrange, à peu près tout de sa nature chimique. Peut-on la déduire de l'étude des produits de cette distillation ? On sait, et je l'ai rappelé plus haut, que le goudron est exclusivement formé de composés cycliques. Il en est de même du coke ; le fait qu'il fournit par oxydation des acides aromatiques nous assure que les atomes de carbone qui le composent sont unis en chaînes fermées. Est-ce à dire que l'on puisse attribuer la même structure aux matériaux dont ils proviennent ? Une pareille déduction serait absolument injustifiée, car ces matériaux ont été soumis, lors de la distillation de la houille, à des températures de 800 à 1000°, et nous savons par les expériences de Berthelot que ces températures sont amplement suffisantes pour provoquer la cyclisation de toutes les chaînes ouvertes.

Pour se mettre à l'abri de cette objection, il faudrait pouvoir éliminer l'action cyclisante de la chaleur pendant la décomposition de la houille. C'est ce que j'ai cherché à réaliser avec mes deux excellents collaborateurs. En opérant la distillation de la houille dans le vide, ce qui permet de ne pas élever la température au-dessus de 450°, nous avons obtenu un goudron spécial et un coke d'un nouveau genre. Or, en étudiant ce *goudron du vide* et ce *coke du vide*, nous avons pu nous assurer que l'un et l'autre sont, comme le goudron et le coke ordinaires, de nature exclusivement cyclique. Nous en concluons que les composés cycliques préexistent dans la houille et en forment certainement la majeure partie. De ces résultats expérimentaux découlent à notre avis, les trois conséquences suivantes :

1. La théorie de Berthelot sur la formation du goudron ne peut plus être considérée comme interprétant exactement les faits. Tous les dérivés du goudron, que l'industrie chimique a

utilisés de si brillante façon, ne sont plus, comme on le croyait, des produits de pyrogénation. Ce n'est point à la chaleur des cornues à gaz qu'ils doivent leur fameux *noyau aromatique* si riche en propriétés précieuses. Ce noyau existait déjà, quoique à l'état plus hydrogéné, chez les plantes de l'époque carbonifère. Toute la chimie aromatique devient ainsi une dépendance de la chimie végétale.

2. Le goudron du vide n'est, en réalité, pas autre chose que du *pétrole* ; il en possède l'odeur, la densité, la fluorescence, le faible pouvoir rotatoire. Tous les corps définis que nous en avons retirés se sont trouvés être identiques à d'autres corps que l'on a isolés des pétroles du Canada, de Californie et de Galicie. Nous constatons ainsi, pour la première fois, une relation d'ordre chimique entre ces deux produits naturels de si haute importance, la houille et le pétrole. Cette relation implique-t-elle une communauté d'origine et peut-elle servir d'argument à ceux qui prétendent que le pétrole est, comme la houille, d'origine végétale ? Je le crois pour ma part, mais entreprendre une discussion sur ce point, serait sortir par trop de mon sujet.

3. Si la houille, ainsi que nous croyons l'avoir démontré, est formée d'un mélange de substances cycliques, on ne peut guère ne pas attribuer la même structure à la cellulose, qui est, de toutes les substances contenues dans les végétaux, celle qui a certainement pris la plus grande part à la formation de la houille. L'objection qu'on me faisait à son égard tombe donc, et mon hypothèse trouve au contraire un nouvel exemple à son appui.

Franchissons maintenant d'un seul bond toute la distance qui sépare les premiers produits de l'assimilation végétale et son produit ultime, qui est la *matière vivante*. Et qu'il soit d'emblée entendu que je n'emploie ce terme de matière vivante que par abréviation et pour éviter de longues circonlocutions. On ne saurait, en effet, attribuer la vie à la matière elle-même ; il n'y a, il ne peut y avoir, de molécules vivantes et de molécules mortes. La vie nécessite une organisation, qui

est celle de la cellule, et reste par cela même en dehors du domaine de la chimie pure.

Il n'en est pas moins vrai que le contenu d'une cellule vivante doit différer, par sa nature chimique, du contenu d'une cellule morte. C'est à ce seul point de vue que le phénomène de la vie appartient à mon sujet ; c'est aussi à ce point de vue qu'il me reste à examiner si les idées que je vous ai soumises peuvent être utilisées pour son interprétation.

Une cellule vivante est, aussi bien dans sa composition chimique que par sa structure morphologique, un organisme extraordinairement complexe. Le protoplasma qu'elle renferme est un mélange des substances les plus diverses. Mais si l'on fait abstraction, d'une part de celles de ces substances qui sont en voie d'assimilation, et d'autre part de celles qui sont les résidus de la nutrition et qui se trouvent en voie d'élimination, on reste en présence des seules *matières protéiques* ou *albuminiques* que l'on doit considérer, sinon comme le facteur essentiel de la vie, du moins comme le théâtre de ses manifestations. Elles seules possèdent, en effet, ces deux facultés éminemment vitales, d'édifier leurs molécules avec celles du milieu et de réagir aux moindres impulsions d'ordre physique, chimique ou mécanique. Elles se rangent donc parmi les composés organiques les plus labiles que nous connaissions, et c'est leur labilité même qui en fait le support des phénomènes vitaux. Elles sont, pendant la vie de la cellule, en état de perpétuelle transformation et ne trouvent un état d'équilibre stable que lors de la mort de cette cellule ; ou plutôt, devrait-on mieux dire, cette mort n'est que le résultat de la stabilisation des molécules protéiques.

Cette stabilisation est-elle d'ordre chimique, en ce sens qu'elle provient d'une modification dans la structure moléculaire ? Pour savoir si tel est le cas, et quelle est cette modification, il faudrait connaître la constitution de l'albumine vivante et celle de l'albumine morte. Or, la chimie ignore tout, ou presque tout, de la première, car ses procédés d'investigation ont pour premier effet de tuer toute cellule vivante ; la moindre élévation de température, le contact de n'importe quel dis-

solvant, à plus forte raison des réactifs même les plus bénins, opèrent la transformation qu'il faudrait éviter, et le chimiste n'a plus entre les mains que l'albumine morte.

Ce n'est donc que cette dernière qu'il a pu étudier. Grâce aux travaux d'une pléiade de savants éminents, on connaît aujourd'hui, sinon dans tous ses détails, du moins dans ses grandes lignes, la constitution des albumines. On sait en particulier, au point de vue spécial qui nous occupe, que la molécule extrêmement complexe de ces corps est formée de l'assemblage d'un très grand nombre de chaînes, dont les unes sont formées d'atomes de carbone seulement, les autres d'atomes de carbone et d'azote, mais qui toutes sont des chaînes fermées. Les albumines, retirés des tissus morts, sont de structure cyclique.

En est-il de même de ces albumines lorsqu'elles font encore partie intégrante du protoplasma vivant, et comment le savoir?

A ces questions, une très intéressante observation de Lœw va nous donner un commencement de réponse. Lœw a remarqué que tous les réactifs chimiques qui, *in vitro,* sont susceptibles d'attaquer les aldéhydes et les bases primaires, soit d'agir sur les groupes aldéhydiques et aminogènes qui les caractérisent, que tous ces réactifs sont invariablement des poisons du protoplasma vivant. Ces mêmes réactifs sont, en revanche, sans influence aucune sur l'albumine morte. Lœw en conclut logiquement que la molécule de l'albumine vivante renferme les dits groupes, tandis que la molécule de l'albumine morte ne les possède plus.

Ces deux groupes d'atomes possèdent, dans toute l'étendue de la chimie organique, des fonctions très actives, mais opposées, qui les incitent à réagir l'un sur l'autre par l'échange de leurs éléments. Cet échange n'a pas lieu dans l'albumine vivante, puisque les deux groupes y coexistent ; il s'opère lors de la mort de la cellule, puisqu'aucun des deux groupes ne peut plus être décelé dans l'albumine morte.

La stabilisation de la molécule protéique serait donc dûe, selon Lœw, à la saturation l'un par l'autre de ces deux groupements. Cette observation me paraît capitale ; mais son auteur

n'en a point, ce me semble, poursuivi jusqu'au bout les conséquences théoriques. Je vais essayer de le faire à sa place.

Par le fait de leur nature même, les groupes d'atomes dont je parle ne peuvent en aucun cas faire partie intégrante d'une chaîne fermée. Etant tous deux monovalents, ils ne peuvent faire partie que de chaînes ouvertes. Leur existence dans l'albumine vivante y implique donc nécessairement la présence de ces chaînes.

Or l'union de deux groupements atomiques faisant partie d'une chaîne ouverte, ne saurait se faire sans qu'il y ait fermeture de cette chaîne ; en même temps la disparition de deux groupes actifs entraîne tout aussi nécessairement l'abolition d'une partie de l'activité du complexe. Tel un homme qui joint les mains ou se croise les bras ; il perd ainsi la meilleure partie de ses moyens d'action.

La stabilisation de l'albumine vivante entraîne donc une cyclisation. En fermant sur elles-mêmes ses chaînes ouvertes, l'albumine du protoplasma cellulaire entre dans l'équilibre et le repos. Sa période d'activité se termine de la même manière que celle de toutes les substances qui concourent à son entretien. Pour les unes et les autres, *la cyclisation est la mort.*

Mort momentanée, bien entendu, et destinée à être suivie, à plus ou moins bref délai, d'une résurrection qui remettra en circulation les atomes provisoirement immobilisés. Il est clair, en effet, que si toutes les molécules cyclisées devaient persister indéfiniment dans cet état, toute vie disparaîtrait bientôt de la surface de notre globe.

Aussi, tout ce que j'ai dit ne s'applique-t-il qu'aux composés organiques qui font partie de la plante *vivante.* Dès qu'ils en sont sortis, d'autres agents interviennent, qui procèdent plus ou moins rapidement à la démolition de toutes les molécules et à une décyclisation générale. La plante morte se trouve immédiatement aux prises avec les microbes de la putréfaction qui s'attaquent à ses albumines et avec les ferments oxydants qui brûlent sa cellulose. Ou bien l'on voit intervenir les ferments digestifs des animaux herbivores qui sont également cyclolyti-

ques. Ici comme ailleurs, les deux règnes se complètent et s'entr'aident, et ce sont les mêmes atomes qui, passant de l'un à l'autre en des agrégats de structures diverses, entretiennent l'existence éternelle de tous deux.

Telles sont les considérations que j'ai cru pouvoir vous soumettre sur les relations qui existent entre la structure moléculaire et la vie. Je n'ai soulevé qu'un très petit coin du voile qui recouvre le mystère, mais je crois avoir répondu aux trois questions que je posais au début, en montrant: que les phénomènes vitaux sont liés à une structure spéciale de la molécule organique ; que seule la disposition des atomes en chaînes ouvertes permet l'entretien et les manifestations de la vie ; que la structure cyclique est celle des substances qui ont perdu cette faculté; et qu'enfin la mort résulte, au point de vue chimique, d'une cyclisation des éléments du protoplasma. Le serpent qui se mord la queue, symbole de l'éternité chez les anciens, mériterait de devenir, pour le biochimiste moderne, le symbole de la mort.

Je ne vous ai parlé que de chimie végétale. Il resterait à examiner si mon interprétation peut s'appliquer aussi aux phénomènes qui se passent dans l'organisme animal. Mais je ne puis ni ne veux abuser plus longtemps de votre patience, que j'ai déjà mise trop longtemps à l'épreuve, et je me hâte de terminer en vous remerciant, Mesdames et Messieurs, de la bienveillante attention que vous m'avez prêtée.