
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://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

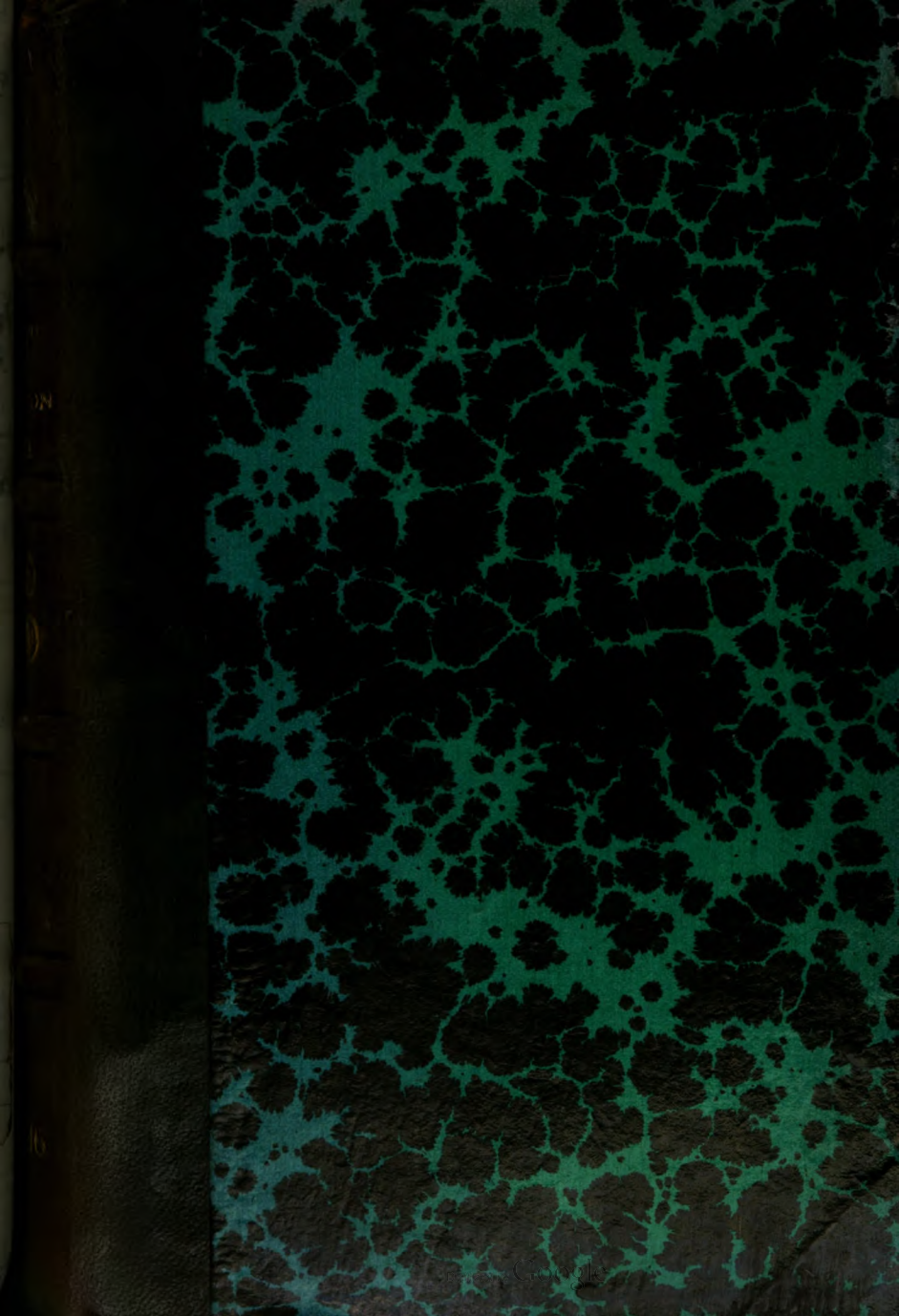
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit 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>





BIBLIOTHÈQUE
DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

LA

CIRCULATION
DE LA VIE

LETTRES SUR LA PHYSIOLOGIE
EN RÉPONSE AUX LETTRES SUR LA CHIMIE DE LIEBIG

PAR

JAC. MOLESCHOTT

Professeur à l'Université de Turin.

TRADUIT DE L'ALLEMAND, AVEC AUTORISATION DE L'AUTEUR

Par le D^r E. CAZELLES

Ancien interne des hôpitaux de Paris.

TOME PREMIER.

PARIS

GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR

Rue de l'École-de-Médecine, 17.

Londres

Hipp. Baillière, 219, Regent street.

New-York

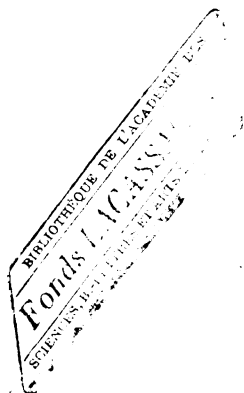
Baillière brothers, 410, Broadway.

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALVONSO, 16.

1866



LA
CIRCULATION
DE LA VIE



Paris.— Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.

LA
CIRCULATION
 DE LA VIE

LETTRES SUR LA PHYSIOLOGIE

EN RÉPONSE AUX LETTRES SUR LA CHIMIE, DE LIEBIG

PAR

JAC. MOLESCHOTT

Professeur à l'Université de Turin.

TRADUIT DE L'ALLEMAND, AVEC AUTORISATION DE L'AUTEUR

Par le D^r E. CAZELLES

Ancien interne des hôpitaux de Paris.

TOME PREMIER

PARIS

GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR

Rue de l'École-de-Médecine, 17.

Londres

Hipp. Baillière, 319, Regent street.

New-York

Baillière brothers, 440, Broadway.

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1866

Tous droits réservés.



A

JUSTUS LIEBIG



La personnalité de certains auteurs par rapport à la science s'élève au-dessus d'une individualité ordinaire. Je ne veux pas parler de ce ferme sentiment de l'inviolabilité personnelle qui sert de bouclier à tous ceux qui ne cherchent dans la science que la vérité, le plaisir d'observer et le bonheur de penser. Je ne songe pas non plus à la tranquille sécurité des écrivains qui ne prennent la plume que parce que la passion de la science les force à donner une forme à leurs idées. C'est à propos des adversaires des auteurs de cette espèce que Goethe écrivait à Schiller : « On a du plaisir à voir ce qui a particulièrement blessé ces individus, avec quoi ils croient blesser quelqu'un, de quelle façon, creuse, vide et commune, ils envisagent toute existence qui n'est pas la leur ; ils ne tirent que contre les ouvrages extérieurs, et ne se doutent même pas que l'homme habitué à considérer sa personne et les choses d'une

» façon sérieuse, est retranché dans une forteresse
» inaccessible. »

J'ai plutôt en vue le mérite littéraire par la grâce duquel un seul homme peut, à un moment donné, constituer avec ses propres idées une partie de la science. Il en est ainsi pour beaucoup d'opinions que vous avez exprimées dans vos *Lettres sur la chimie*; à l'abri de votre nom, elles forment un drapeau autour duquel viennent se grouper, avec conviction, un grand nombre des meilleurs soutiens de la science. Comme on sait que la science n'a qu'une manière d'exister, qu'elle n'est que le savoir des hommes d'un certain temps, on me permettra de dire que le drapeau sur lequel vous avez inscrit vos idées tient une des places les plus importantes dans la science.

Et moi aussi, ce drapeau m'a enthousiasmé, mais je le confesse ouvertement, je ne me mêle pas souvent à son cortège. Dans mes réponses à vos lettres, j'ai exprimé mes idées qui sont bien des fois radicalement opposées aux vôtres; en cela je ne crois pas avoir manqué à la modestie. Vous n'êtes pas physiologiste et je ne suis pas chimiste. Mais ce même sujet que vous avez su arranger d'une manière si intéressante, je l'ai embrassé avec le même amour et étudié de toute la force de ma pensée. J'envisage la matière autrement que vous, en conséquence il me vient d'autres idées. L'exposition que j'en fais a droit aussi à un examen affranchi de préjugés, parce que la science doit toujours être préservée de cette étiquette qui défend à certaines classes d'hommes d'entretenir librement des relations avec d'autres.

S'il fallait que la lutte fût mon moyen, elle n'était pas mon but. Écrivant pour le peuple, j'aurais volontiers évité de vous nommer, ainsi que d'autres, si je n'avais vu dans vos lettres une pièce scientifique respectable, dont nous voudrions tous nous servir, mais que nous ne pouvons employer sans examen.

Votre opinion est votre bien, elle est le produit d'un développement puissant. Vous n'êtes pas responsable de l'usage que vous en faites pour vous-même ; vous savez pourquoi vous préférez vos conclusions. Aussi suis-je loin de prétendre vous éclairer par mes réponses. Vous connaissez le sujet que j'entreprends en ce moment de mettre en œuvre et de placer autant que possible à la portée du peuple, et non plus uniquement à celle d'une aristocratie de l'intelligence. Je ne veux pour moi que le droit de tirer de ce sujet mes conclusions. Je ne me flatte pas de l'espoir que l'exposition que j'en fais puisse vous convaincre. Je ne vous adresse donc pas directement ces réponses.

Néanmoins, pour vous faire connaître l'impulsion que j'avais reçue de vos lettres, je ne pouvais choisir un autre titre. De plus, je voulais aussi dire mon mot au lecteur, qui aussi bien que moi considère vos idées comme un fragment de la science, sans comprendre nettement que la science est toujours comprise dans le devenir.

J'aurai, je le sais, des lecteurs qui, adversaires déclarés de mes opinions, adversaires absolus et âpres, seront ramenés à vos lettres par mes réponses que vos lettres ont fait naître. Qu'ils le fassent, qu'ils y ramassent des armes pour ruiner mon édifice. Mais puissent-ils,

c'est le vœu le plus ardent que j'adresse à tous mes lecteurs, chercher chez vous comme chez moi, non pas des opinions, mais des preuves. Des opinions on en trouve partout et sous toutes les formes. Je peux éviter la peine de me lire à ceux qui voudraient me juger sur mes opinions, quatre-vingt-dix-neuf sur cent me condamneront, j'y suis résigné. Mais parmi ceux qui prendront la peine de chercher dans mon livre des preuves, et d'examiner les rapports qui unissent maintenant la science positive aux idées qui remuèrent le monde dans la seconde moitié du XVIII^e siècle, neuf sur dix peut être se laisseront gagner.

JAC. MOLESCHOTT.

Mayence, vacances de Pâques, 1852.

PRÉFACE

L'épreuve que je tente en présentant au peuple allemand les pages suivantes, après avoir dédié ma physiologie de l'échange de la matière aux physiologistes, aux agronomes et aux médecins, n'est pas sans analogie avec celle que j'ai déjà faite quand j'ai donné mon traité populaire de l'alimentation après ma physiologie de l'alimentation, où je m'efforçais de placer dans la main des hommes spéciaux un fil qui pût les conduire à une diététique rationnelle.

Cependant ce qui distingue essentiellement ces lettres de mon traité de l'alimentation, c'est une forme plus libre qui m'a permis de développer plus complètement, et, si je ne me trompe, avec plus d'attrait une série d'idées sans me préoccuper de l'intégrité d'un ensemble de doctrines. L'enchaînement trop serré du sujet et son rapport immédiat avec des questions pratiques d'une haute importance ne me permettaient pas de le faire dans mon traité de l'alimentation.

a.

Dans toutes les questions que ne soulèvent pas les besoins journaliers de la vie, on a plus tôt, et peut-être mieux fait d'intéresser le peuple par le développement des idées générales, que de lui donner un enseignement complet. Le but de mes efforts était de montrer que ces développements d'idées n'ont de vie réelle que si l'image des faits leur donne une forme solide et corporelle. Puissé-je l'avoir fait d'une manière intéressante. Car je puis le dire sans arrière-pensée, j'ai voulu contribuer, suivant mes moyens, armé de la balance, de la machine pneumatique et du microscope, à détrôner les propositions sans valeur d'une tradition arbitraire.

Nous ne nous développerons librement que lorsque nous puiserons dans la réalité, mais alors nous serons aussi loin des mystères de l'Église que des rêves de ceux qui se nomment idéalistes, et pourtant ne sont pas assez familiarisés avec l'origine des idées pour les contempler dans la merveille éclatante de la nature qui vit dans la matière et les formes.

JAC. MOLESCHOTT.

PRÉFACE DU TRADUCTEUR

Un des signes les plus intéressants de notre temps, c'est l'attention passionnée qu'une partie du public français porte à l'étude et aux essais de solution des grands problèmes soulevés de nos jours par le développement prodigieux des sciences et l'application rigoureuse de la critique à l'histoire. C'est à cette partie du public que j'adresse la traduction du *Kreislauf des Lebens* de M. Jac. Moleschott. Mon but est de mettre dans son jour l'ouvrage d'un homme éminent, l'un des savants les plus distingués qui honorent la biologie, et ce que je me propose surtout c'est de combler une lacune oubliée par nos écrivains vulgarisateurs.

Aujourd'hui que les fréquents rapports des peuples ont mieux fait comprendre la solidarité qui les unit, il nous devient impossible de nous limiter au mouvement intellectuel de notre pays. Ce mouvement, en effet, n'est qu'une portion de celui qui entraîne toute la

civilisation occidentale. Les bornes de la patrie sont supprimées, et nous pouvons reconnaître nos pensées, nos aspirations et nos espérances dans les pensées qui se développent au sein de la vie intellectuelle d'un étranger, dans les aspirations qui l'animent au travail et les espérances qui soutiennent son courage. A travers les frontières politiques l'échange des idées se fait librement, les idées se fortifient, s'éclairent, se complètent les unes par les autres, et constituent en définitive un capital commun à l'humanité tout entière.

L'ouvrage dont je présente la traduction est marqué du signe du temps ; il tient par toutes ses parties au mouvement qui pousse les sciences à une synthèse philosophique. C'est un livre accessible à tous les esprits cultivés ; il n'est pas trop chargé de la partie technique, qui rebute dans les ouvrages spéciaux ; de plus, il s'inspire des idées qui dominent aujourd'hui la plupart des hommes pour lesquels la science est un but. Dans toutes les parties de cette œuvre on trouve l'emploi d'une méthode excellente et la conscience des difficultés qui hérissent les problèmes scientifiques. L'auteur y exprime la conviction que la philosophie et l'expérience ne sont pas séparables, que les faits sont la substance même des idées, que l'étude de l'homme doit être la base de toutes les sciences qui s'occupent de l'homme, de sa morale, de sa politique, et que c'est par elle seule que nous pouvons comprendre le passé et apprendre à maîtriser l'avenir.

Le *Kreislauf des Lebens* a eu sa première édition en 1852 et sa quatrième et dernière en 1863. Déjà, à plusieurs reprises, nos revues périodiques en ont entretenu leurs lecteurs ; cette œuvre a même été l'objet d'une attention spéciale dans un ouvrage publié dans la col-

lection dont cette traduction fait partie (1). Mais pour qu'un livre soit connu, suffit-il que des critiques modérées l'aient signalé comme une des pièces du grand procès qui se débat devant le public éclairé? Suffit-il, pour qu'il soit bien jugé, que d'autres critiques superficielles y aient relevé l'essence des pernicieuses erreurs qui doivent faire, dit-on, glisser le genre humain au fond de la plus abjecte dégradation? Suffit-il d'extraire d'un ouvrage des têtes de chapitre à tournure piquante, de citer quelques phrases courtes, serrées, taillées en apophthegmes, comme M. Moleschott les aime, pour éclairer la conscience d'un lecteur et le rendre capable de formuler un jugement équitable? Avec l'ouvrage de M. Moleschott, plus qu'avec tout autre, il était bien facile de remplir la tâche déjà si aisée que se donnent aujourd'hui certains critiques. L'auteur présente, avec une libéralité rare, de ces phrases ailées et aiguës qui renferment les conclusions anticipées de son livre. Mais ce qu'elles ne renferment point, c'est le déroulement des opérations intellectuelles qui a suscité les conclusions, et elles n'éveillent point dans l'esprit du lecteur l'enchaînement logique, qui seul peut leur conférer la force et la légitimité. Nous connaissons une critique *préventive* qui se considère comme commissionnée par la congrégation de l'Index. Elle a mission d'estampiller les livres, d'en autoriser ou d'en prohiber la lecture; elle semble se proposer pour but suprême de fulminer des réquisitoires fondés sur des aveux très-francs, de montrer l'auteur *reum confitentem* et d'obtenir d'un jury prévenu des verdicts passionnés; enfin elle juge, mais son jugement demeure stérile, car il n'instruit personne.

(1) P. Janet, *Le matérialisme contemporain*, 1864.

On nous dit que M. Moleschott est matérialiste, bien plus, qu'il est le chef du matérialisme allemand ! Que nous importe : Matérialisme, athéisme, *verba et voces*. Ce qui nous importe, c'est de savoir s'il y a dans les vérités d'observation, que l'auteur prend pour point de départ, la garantie de la vérité de ses conclusions. Quelle valeur peut-on reconnaître à un procédé critique qui consiste à essayer les idées d'un auteur sur la pierre de touche des croyances officiellement patronnées, comme si ces doctrines étaient des mesures étalonnées, authentiques et universellement acceptées ? Depuis Emmanuel Kant, l'actif de l'ontologie est réduit à néant, et la critique qui emprunte ses valeurs discréditées manque son but. Désormais une seule critique est recevable, la critique logique, et un auteur ne peut plus être condamné par la raison que ses conclusions heurtent des idées en faveur, mais seulement si elles sont arbitraires et si elles dépassent la portée de ses données expérimentales. Tous les livres, nous le reconnaissons, sont justiciables d'une critique ainsi comprise. Mais à celui qui veut l'entreprendre et l'exercer il faut d'autres qualités que l'aisance élégante et la grâce parfaite avec laquelle tant d'auteurs en renom manient les lieux communs philosophiques.

Parmi ces lieux communs il en est un dont on abuse. Il consiste à rattacher les idées d'outre Rhin au courant de pensée qui fit le caractère du XVIII^e siècle, afin de les envelopper dans une réprobation toute prête. Il est vrai qu'au milieu du siècle dernier Frédéric le Grand appela à sa cour un médecin français, l'auteur de *l'Homme machine*, le spirituel mais superficiel la Mettrie. Il voulait, écrivait-il à Maupertuis, « l'établir prédicateur » de son académie, imbue « de vieux préjugés, »

et comptait sur sa causticité bien connue pour obtenir des conversions. Mais la société raffinée qui se réunissait autour du despote philosophe aux petits soupers de Postdam, n'exerça point d'influence en Allemagne, et l'on ne peut en aucune façon rattacher à cette mission matérialiste de la Mettrie l'origine des idées qui, aujourd'hui, après un siècle, se manifestent au delà du Rhin. Le matérialisme français resta confiné à la France, où il inspira plusieurs générations de savants, dont le dernier et non le moins illustre fut Broussais. Quant à l'Allemagne, au moment où Frédéric affichait pour les doctrines philosophiques de ses sujets une sollicitude si étrange, elle était à l'aurore de sa renaissance et bientôt elle allait déployer dans les lettres, les arts, les sciences et la philosophie, une activité merveilleuse, et, rejetant l'influence française, tirer du fonds germanique des richesses immenses.

Si l'on prenait au mot le matérialisme allemand, en ne s'en tenant qu'à la qualification, on commettrait une lourde méprise. Né de la décomposition des synthèses d'Hegel, il a conservé dans ses formules l'empreinte du génie de ce grand penseur. C'est encore un panthéisme où la substance unique, qui fait le fonds du monde, qui persiste impérissable à travers toutes les transformations, dont les forces naturelles ne sont que des modes, a pour nom la Matière. A voir le respect, pour ainsi dire religieux, avec lequel l'auteur du *Kreislauf des Lebens* parle de cette « éternelle » substance, qui jouit seule de l'indestructibilité au milieu de la destruction de toutes les formes, de cette source de tous les êtres, au sein de laquelle tous les êtres se dissolvent, en sorte que leurs éléments peuvent déployer une activité nouvelle sous des formes nouvelles, on sent que l'on

n'a pas affaire au matérialisme de la Mettrie, et qu'au bout on trouvera une autre morale que celle du plaisir ou d'un mesquin intérêt personnel.

Au moment où éclata la banqueroute de l'idéalisme, où fut démontrée l'impuissance radicale de la spéculation à rien édifier sans l'appui de l'expérience, les esprits déçus par les rêves métaphysiques et altérés de réalités trouvèrent un refuge dans la science. Son vigoureux essor n'avait pas été ralenti; son puissant voisin, l'idéalisme, ne l'avait pas entravée; il lui faisait même l'honneur insigne de la mettre à contribution pour en utiliser les données et les faire rentrer de force dans ses formules à priori. Peu à peu d'immenses matériaux s'étaient rassemblés, et A. de Humboldt n'eut qu'à tracer le magnifique tableau du monde, pour montrer que les sciences de la nature offraient un champ où l'activité intellectuelle pouvait se déployer sans redouter le désenchantement. Il n'y eut pas jusqu'au dégoût que les agitations politiques de 1848-1849 inspirèrent pour la philosophie qui ne fût utile à la science. La réaction fut même poussée si loin qu'à ce dégoût se mêla le mépris de la pensée libre, et que l'on vit des savants se mettre en règle avec les doctrines de l'Église. Le livre de M. Moleschott fut une protestation énergique contre cette défaillance, mais l'enthousiasme « immense » (1) qu'il excita prouva que les excès de la spéculation n'avaient pas détruit pour toujours le goût de la pensée affranchie.

Si au moment de sa publication cette œuvre eût trouvé un traducteur en France, il est douteux que notre public lui eût fait un accueil sympathique. Les

(1) Büchner, *Aus Natur und Wissenschaft*, 1862, p. 41.

mêmes causes avaient agi sur les deux pays et y avaient fait naître des effets semblables ; seulement chez nous on les ressentit plus longtemps. Ce n'est pas qu'en France l'enseignement de la philosophie fût fait pour effrayer les esprits timides. Distribué avec une prudente parcimonie par des hommes qui, dans leurs plus grandes témérités, ne dépassaient pas les audaces de la philosophie cartésienne, il se réduisait à des exercices littéraires sur une métaphysique qui, au fond, n'était pas autre chose qu'un minimum de théologie révélée. Mais il faut avouer qu'en dehors du corps enseignant on philosophait à outrance. Depuis que le sensualisme était mort d'épuisement, les esprits étaient livrés à l'anarchie. « Sauf les deux premiers siècles de notre » ère, dit M. H. Taine, le bourdonnement des songes » métaphysiques ne fut ni si fort ni si continu, jamais on » n'eut plus d'inclination pour croire non sa raison mais » son cœur, jamais on n'eut tant de goût pour le style » abstrait et sublime qui fait la raison dupe du cœur(2). » Tout le monde s'en mêla, les poètes, les romanciers, les savants. Ceux que leur imagination ne servait pas assez bien, qui n'en pouvaient tirer un système qui leur fût propre, pour résoudre les problèmes de la nature, de l'homme, du mal, et pour guérir les misères sociales, en trouvaient un tout fait dans les croyances traditionnelles et s'y précipitaient, non sans en modifier pour leur compte les pratiques et les dogmes. Cette violente épidémie mentale enfanta des systèmes bizarres et des réveils religieux. Au milieu de la prospérité du dernier règne, on se laissait aller à ces rêves, on y trouvait une satisfaction réelle, on se croyait meilleur pour avoir

(4) H. Taine, *Les philosophes français du XIX^e siècle*, 1859, 293.

adhéré un instant à quelqu'une de ces chimères philosophiques de rénovation sociale, que le sens pratique du progrès ne contenait plus. Une seule barrière était debout, qui semblait les condamner à rester à jamais des rêves ; elle tomba le 24 février 1848, et l'on se trouva face à face avec ces fantômes qui voulaient prendre corps, aspirant tous à se réaliser, et à se réaliser à l'exclusion des autres.

L'effroi rétablit le jugement. On voulut en finir d'un seul coup avec les rêves ; on les proscrivit en bloc, au nom d'une société qui se croyait en péril et qui avant tout voulait vivre. Le nom de socialisme se trouva là fort à propos pour servir d'étiquette aux doctrines les plus opposées. Certes, la philosophie universitaire ne s'était mêlée qu'avec réserve à cet entraînement de la pensée et tout à fait sur la fin ; elle n'en fut pas moins enveloppée dans la proscription générale. Son nom la fit considérer comme la mère des utopies et le premier auteur des maux dont le danger venait de se révéler. Et quand le gouvernement raya ce nom du programme de l'enseignement secondaire, il ne fit que donner à l'aveugle sentiment de réprobation qui le frappait une satisfaction impérieusement exigée par un passé triomphant, qui n'aspirait pas à moins qu'à gouverner seul les jeunes générations. La religion apparaissait alors comme une métaphysique conservatrice, illustrée de quelques rites, et l'on put croire que ses doctrines, acceptées à l'égal d'un bienfait par les consciences alarmées des périls de la société, ne rencontreraient plus de contradicteur. La jeunesse qui entrait en ce moment dans les écoles n'y entendit plus que le sévère enseignement des sciences.

Elle en sortit positiviste. *O cæcas hominum mentes !*

Grâce à des mesures qu'on regardait comme des moyens de salut, en dix ans la face des choses a changé. La philosophie d'Auguste Comte, débarrassée des spéculations religieuses et sociales qui en avaient fait une secte, se trouvait là juste à point pour devenir le *Credo* d'une génération nouvelle. D'une part, elle rompt en visière aux prétentions de l'Église. « La philosophie » positive ne s'occupe ni des commencements de l'univers, si l'univers a des commencements, ni de ce qui » arrive aux êtres vivants, plantes, animaux et hommes » après leur mort ou après la consommation des siècles, s'il y a une consommation des siècles (1). » D'autre part, elle refuse de discuter avec les métaphysiciens sur l'espace, le temps, la matière, la force, le mouvement, le moi, choses inconnaissables en elles-mêmes. Mais si elle repousse ces deux ordres de spéculations, elle conserve un champ d'action immense, l'univers des phénomènes. Le but que le positivisme se propose, c'est d'une part la constitution « de l'ensemble » abstrait des notions qui concernent le monde, » l'homme et la société (2) », c'est-à-dire la philosophie des sciences particulières, et d'autre part la constitution de la science générale par la systématisation logique des sciences particulières. Dans les sciences particulières qui ont le monde pour objet, il atteint son but par l'expérience et l'observation, par l'induction et l'abstraction ; il trouve les séries naturelles de faits et les groupes naturels de faits et les traduit en lois et en types, symboles des séries et des groupes. Quand il prend l'homme pour objet il l'étudie dans son indivi-

(1) Littré, *Paroles de philosophie positive*, 1859, 33.

(2) Littré, *Aug. Comte et la philosophie positive*, 1863, 108.

dualité subissant l'action de son milieu physique et réagissant sur lui ; il l'étudie aussi dans sa vie collective, dans le milieu social ; de là, deux sciences : la biologie et l'histoire. La philosophie positive promet dans l'avenir l'établissement méthodique des règles de pratique qui peuvent assurer la satisfaction des besoins de ces deux parties de l'être humain, la satisfaction de ses besoins inférieurs de conservation organique, comme la satisfaction de ses besoins supérieurs de conservation et de développement intellectuel et moral ; elle doit donc aboutir à une hygiène positive et à une morale positive, et d'une façon plus générale à une médecine positive et une politique positive. Par l'exploration de la nature et la découverte laborieuse de ses lois, elle cherche les moyens d'agir rationnellement sur l'avenir et de mettre fin à l'exploitation de l'empirisme.

Vaste programme, et cependant, nous objecte-t-on, ce programme reste incomplet ! S'il délaisse systématiquement toute spéculation sur les causes premières et les causes finales, s'il refuse de s'enquérir de la nature de la personne humaine et de sa destinée au delà de cette vie terrestre, en un mot s'il renonce à poursuivre la solution de ces redoutables problèmes, que la curiosité et l'anxiété de l'homme ont toujours demandée à la métaphysique et aux religions, il ne peut supprimer du même coup cette soif de l'*inconnaisable*. Sans doute les spéculations à priori sur les causes premières sont stériles pour l'avancement des sciences ; sans doute les conceptions à priori des causes finales conduisent à des explications puériles et souvent bouffonnes, dont on ne trouve que trop d'exemples dans les livres de nos vulgarisateurs, et l'on ne citerait pas une découverte qu'elles aient préparée. Mais

malgré cela, est-il un savant qui se résigne à voir dans l'univers autre chose qu'un tout harmonique se développant dans un sens qu'on peut déterminer, et par conséquent évoluant vers un but, et qui ne cherche à l'expliquer par le jeu de quelque cause primordiale?

S'il est vrai que le positivisme ne mette fin à ces aspirations sans cesse renaissantes, que les plus éclatants échecs n'ont pu décourager et que les plus sublimes découvertes dans le champ des réalités ne sauraient satisfaire, cependant il leur oppose une limite et leur fait reconnaître ses lois. Les écoles métaphysiques et la théologie sont elles-mêmes soumises à l'influence prépondérante de notre temps. Depuis quelques années, des hommes décidés se dévouent à la tâche pénible de réformer les croyances religieuses ; ils veulent en élaguer tout ce qui les met en opposition absolue avec les données de la science positive, et prennent pour devise les paroles de Channing : « Nous refusons » d'admettre toute interprétation qui, après réflexion » sérieuse, nous semble inconciliable avec une vérité » démontrée (1). » Les attaques ardentes et hostiles du XVIII^e siècle, aussi bien que la critique froide et désintéressée de l'Allemagne contemporaine, ont travaillé à créer ce courant ; en sorte qu'aujourd'hui, aux yeux des hommes qui représentent le mouvement dans l'Église, la science a une autorité absolue qui n'a plus rien à craindre des affirmations dogmatiques.

D'un autre côté, on voit l'idéalisme renoncer à son arrogant mépris pour la recherche de la réalité. Il se borne à réclamer pour la métaphysique la fonction de couronner l'édifice de la philosophie générale. Il ne

(1) Channing, *Œuvres sociales*, trad. édit. Laboulaye, 1854, p. XLIII.

suffit pas, disent les plus éminents représentants de l'idéalisme, de rassembler en un tableau systématique les faits du monde réel ; il ne suffit pas encore de les traduire en formules abstraites, et d'écrire ainsi un symbole algébrique du monde. Cela fait on n'a encore parcouru que les deux premiers degrés de la connaissance : le scientifique et le philosophique ; il en reste un troisième, le métaphysique, « vue supérieure de la science » qui nous donne « la conception de l'être infini, » absolu, universel, principe, substance et fin de toute » chose ; qui ramène à leur principe les vérités déjà » perçues par la science et déjà comprises par la philo- » sophie (1). » Mais instruits par l'expérience de leurs devanciers, ils savent que si la raison peut les conduire à cette unité de principe, elle est incapable de leur faire découvrir à priori des réalités. Aussi proclament-ils que c'est « de la science positive, de la science de l'homme » que la pensée tire « sa substance (2). » « C'est parce qu'il » a été le plus grand observateur de son temps, qu'Aris- » tote en a été le plus grand philosophe. — Sur le vrai » terrain de la science, la physiologie et la psychologie, » la critique historique et l'histoire systématique, la » science de la nature et la théologie se rencontrent, » réunissent leurs efforts et mènent le genre humain » vers le temple de la Vérité, qui verra un jour dispa- » raitre toute contradiction dans la connaissance, toute » discordance dans la pratique, et par là toute disso- » nance immorale (3). » On voit donc que l'absolu de la

(1) Vacherot, *La métaphysique et la science*, 1858, p. 687.

(2) Id., *ibid.*, p. 692.

(3) Scholtén, *Manuel d'histoire comparée de la philosophie et de la religion*, trad. Alb. Réville, 1864, p. 180.

métaphysique, aussi bien que les besoins religieux, en prenant possession du terrain abandonné par la philosophie positive, renoncent à entraver son œuvre et à lui prescrire pour règles les déductions de la spéculation ou celles de la foi.

Mais il y a un parti nombreux et puissant, qui ne connaît pas d'autre idéal que le maintien des croyances traditionnelles et de la métaphysique *dualiste*. On se rappelle avec quel zèle passionné l'évêque d'Orléans dénonçait aux pères de famille quatre de nos plus illustres écrivains ; pour opposer plus d'obstacles à l'influence envahissante de l'école critique et positiviste, il appelait à la rescousse les philosophes spiritualistes et les adjurait de défendre leur *maison dévastée*. On a vu ces spiritualistes, si suspects naguère, oubliant leur humiliation imméritée, rentrer dans la lutte et tirailler sur le front de l'armée ecclésiastique. Écrivains élégants et corrects plutôt que logiciens, ils excellent dans l'argumentation négative. S'ils ont étudié les sciences c'est pour n'en voir que les lacunes ; ils affirment péremptoirement qu'elles ne seront pas comblées et qu'elles ne peuvent l'être ; ils ne voient que des théories indépendantes, destinées peut-être à se développer isolément, mais qui jamais ne se rassembleront pour former un tout continu à travers lequel on pourrait suivre l'évolution réelle du monde.

Oui, ces lacunes existent. Il y a des sciences qui ne sont nées que d'hier. Nous ne connaissons que quelques fonctions, que des savants animés d'un esprit philosophique cherchent à relier entre elles. Les sciences ne sont que des pièces séparées qui semblent bien étrangères les unes aux autres, et cependant, grâce aux efforts que l'on fait pour les rapprocher, on entrevoit

le lien qui les unit. Il est vraiment bien étrange qu'on choisisse le moment présent pour affirmer que les divers phénomènes de la nature sont de différentes espèces et que leurs caractères sont irréductibles. Qu'on regarde autour de soi, une notion nouvelle, née d'hier, prend peu à peu possession de la science, je veux parler de la *loi d'équivalence* des forces physiques. Les manifestations dynamiques partant du centre qui dépense sa force vive, et pour nous ce centre est le soleil, se répandent sur notre planète sous forme de lumière et de chaleur; mais ce n'est pas pour y cesser d'être. Toutes les forces que les êtres de la terre déploient ne sont que des transformations de la force solaire. En physique, on ne discute plus cette vérité. En biologie, le physiologiste anglais Carpenter a essayé de la faire entrer dans l'explication des phénomènes vitaux (1). MM. Béclard et Hirn, précisant davantage, ont évalué en unités de chaleur le travail musculaire de l'homme. La loi d'équivalence commence à éclairer les fonctions de la vie animale, et voici qu'un savant philosophe anglais, M. Herbert Spencer, poussant encore plus loin cet essai de généralisation, applique cette même loi aux forces mentales et sociales. « Toutes les impressions que » nos organes des sens reçoivent à chaque instant sont » en corrélation directe avec les forces physiques du » dehors. Les modes de conscience appelés pression, » mouvement, son, lumière, chaleur, sont tous des effets produits en nous par des forces, qui, si elles se » dépensaient d'une autre manière, mettraient en pièces » ou en poussière des morceaux de matière, engendrerait des vibrations dans les objets environnants,

(1) Carpenter, *Manual of physiology*, 1856, p. 37, 249.

» opéreraient des combinaisons chimiques ou feraient
» passer des substances de l'état solide à l'état liquide.
» Si donc nous regardons les changements de position
» relative, de cohésion ou d'état chimique, ainsi pro-
» duits comme des modifications transformées des causes
» qui les provoquent, nous devons aussi regarder les
» sensations que ces causes font naître en nous comme
» des formes nouvelles de ces mêmes forces. » Si, d'une
part, les forces vitales sont corrélatives des forces phy-
siques, d'autre part elles sont « la source de pensées
» et se dépensent à les produire. Il y en a diverses
» preuves. En voici quelques-unes. C'est un fait évident
» que l'activité mentale dépend de l'existence d'un cer-
» tain appareil nerveux, et qu'il y a une relation dissi-
» mulée sans doute sous le nombre des conditions et
» masquée par elles, mais qu'on peut suivre entre les
» dimensions de cet appareil et la quantité d'action
» mentale mesurée par ses résultats. » L'activité men-
tale a pour corrélatif l'activité de l'oxydation du cer-
veau. « Toutes choses égales, ce que nous appelons
» quantité de conscience est déterminé par les élé-
» ments constitutifs du sang; on le voit clairement
» dans l'exaltation qui survient quand on a introduit
» dans la circulation certains composés chimiques tels
» que l'alcool et les alcaloïdes végétaux.... Voici encore
» une autre preuve que la production des forces men-
tales dépend directement de changements chimiques:
» les produits usés que les reins séparent du sang
» changent de caractère suivant le travail cérébral. Une
» activité excessive de l'esprit est d'ordinaire suivie de
» l'excrétion d'une quantité de phosphates alcalins »
résultat de l'oxydation du phosphore qui entre dans la
composition de la substance cérébrale. M. H. Spencer

ne se borne pas à affirmer une corrélation d'après la qualité, mais encore il trouve un rapport de quantité entre la force dépensée et la nouvelle force produite. Mais ce n'est pas tout : « non-seulement les modes de conscience produits en nous par les forces physiques, » reparaissent sous forme de forces physiques dans les » mouvements musculaires, mais la même chose arrive » pour les modes de conscience qui n'ont pas été produits par des forces physiques... Quand les pensées » et les sentiments sont les premiers termes de la relation, le degré de réaction sur les forces du corps est » proportionné à la force de ces pensées ou sentiments ; » dans les cas extrêmes, la réaction aboutit à une prostration complète » (1).

M. Herbert Spencer ne s'arrête pas là, il applique la même loi d'équivalence aux forces sociales ; ainsi serait fermé le cercle des manifestations des forces naturelles.

Quelle est donc la vraie signification de la loi d'équivalence ? En langage ordinaire, elle veut dire que par l'effet d'une ignorance, dont notre langue scientifique est encore l'expression, nous avons bien pu classer les phénomènes de la nature dans des ordres différents, parce qu'ils nous semblaient différents, mais qu'en réalité les phénomènes de ces ordres ont des causes dans les autres ordres ; que les facultés nobles ont leur cause et leur garantie dans le fonctionnement des facultés inférieures, que la pensée a pour antécédent nécessaire la vie et un milieu physique. Bien que cette proposition puisse paraître arbitraire à ceux qui croient encore que les ordres de phénomènes existent séparés et seulement juxtaposés, qu'ils ne trouvent leur synthèse que dans

(1) Herbert Spencer, *First principles*, 1863, p. 274-282.

un Être absolu, cause de toutes les séries, la science nous montre partout sur la terre la superposition de ces ordres, et par la loi d'équivalence elle nous indique les chaînons qui les unissent. En emprisonnant dans des compartiments séparés les phénomènes de la nature, l'homme a fait une œuvre artificielle, utile sans doute pour l'étude, mais qui fausse l'idée de la nature.

Nul plus que M. Moleschott n'a eu le sentiment de l'unité de la nature. Dans le *Kreislauf des Lebens* il proteste contre les divisions arbitraires qui la désignent; en cela il a fait une œuvre éminemment philosophique, et contribué pour sa part à l'édification d'un système de la nature.

L'esprit de l'homme a toujours voulu ardemment un système de la nature et toujours aspiré à pénétrer le secret du monde. Dans son enfance il l'a demandé aux religions. Elles lui ont répondu, mais leurs réponses n'ont pu se maintenir devant le développement des sciences. Plus tard, l'homme s'est adressé aux philosophies, et la Grèce antique a épuisé pour le satisfaire des trésors de pensées. Aujourd'hui, après la chute de l'hégélianisme, la science est la seule autorité qui puisse répondre et reprendre avec ses méthodes et dans les limites de l'homme l'œuvre que les religions et les philosophies ont été impuissantes à accomplir. Une science générale s'élèvera-t-elle et tiendra-t-elle lieu de ces synthèses si longtemps cherchées? Nous l'espérons. Mais si notre espérance devait être déçue, si les sciences particulières arrivées à leur complet achèvement devaient rester condamnées à l'isolement, l'effort qu'on tente aujourd'hui ne serait pas pour cela frappé de stérilité. Tandis que les monuments des cosmologies religieuses et philosophiques se sont écroulés et jonchent

le sol de leurs débris, celui des sciences ne doit s'élever que sur de puissantes assises, sur les sciences particulières. Ne dût-il jamais s'achever, ces sciences formant à elles seules des édifices complets resteraient debout et prouveraient que, lorsqu'il se borne au domaine de la nature, le travail de l'homme ne se dépense jamais en vain.

E. CAZELLES,

Ancien interne des hôpitaux de Paris.

1^{er} novembre 1865.

LA
CIRCULATION
DE LA VIE

PREMIÈRE LETTRE.

LA RÉVÉLATION ET LES LOIS DE LA NATURE.

Le triple domaine de la société, de l'art et de la science est le théâtre de luttes qui bouleversent ce qu'il y a de plus intime dans notre vie, et sont lentes à se décider, parce qu'à ce conflit d'éléments contraires prennent part non pas seulement des principes diamétralement opposés, mais encore des tentatives de conciliation et des idées hybrides. C'est parce que ces idées hybrides font partie de l'évolution qu'elles sont nécessaires et légitimes, et qu'elles réclament l'attention du savant et de l'historien.

Dans le domaine de l'État, ces tentatives de conciliation, que, je le répète, l'historien ne doit pas dédaigner, parce qu'elles sont des degrés du développement, excitent également la haine des deux puissances qui se disputent la possession de l'humanité. D'un côté, les gouvernements d'aujourd'hui vivent et meurent avec la grâce de Dieu ; d'un autre côté, le peuple

combat pour ses idées humaines. Ni le peuple, ni le gouvernement ne croient plus qu'il soit possible de réconcilier la grâce avec l'esprit de l'homme, ils ne croient plus, en l'an 1852, ni à la sagesse, ni à la dignité d'un parti mort, qui promettait d'accorder les idées contradictoires d'une inspiration divine et de la liberté humaine.

Les dignitaires de l'art et de la science n'en sont pas encore là. Dans la science et l'art, il y a de vastes, et gardons-nous de le méconnaître, de fertiles régions où règne un désir passionné, mêlé d'espérance et de crainte, d'enchaîner l'observation qui se fait par les sens à l'inspiration qui se passe d'eux. Nous vivons dans un temps où les rois et les prêtres disputent aux citoyens la possession des matériaux, que l'art et la science ont rassemblés pour la construction du nouvel ordre de choses. Entre les deux partis engagés se tiennent les individus qui ne voudraient se brouiller ni avec l'un ni avec l'autre.

Et cependant dans le domaine de la science comme dans celui de la politique, il y a une contradiction aussi absolue entre la révélation et les connaissances acquises au moyen des sens dont le libre examen peut tout contrôler, et ne relève que des lois de la nature. Dans la science comme dans la politique, il faut choisir avec conviction entre la droite et la gauche, si nous voulons nous assurer la confiance que partout on n'accorde qu'à une fidélité absolue aux idées et aux principes.

Le point de départ de la révélation, c'est la grâce de Dieu... « Quant à nous, dit Luther, c'est par la grâce de Dieu que nous commençons à reconnaître ses miracles et ses œuvres, même dans la petite fleur, quand nous songeons qu'il est tout-puissant et bon. »

Envisagé de ce point de vue, le monde est pour nous la révélation de la grandeur et de la sagesse de son Créateur. Le monde est l'histoire de la toute-puissance, de la sagesse impénétrable d'un être infiniment supérieur.

Le monde est une école pour l'homme. « L'histoire du monde perfectionne l'esprit de l'homme, elle élève l'âme immortelle à la conscience de la dignité et du rang qu'elle occupe dans le monde (1). »

A cette conception correspond parfaitement cette pensée, que la sagesse du Créateur « destine à l'usage » de l'homme (2) les principes immédiats des plantes, « le sucre et l'albumine. » Nous apprenons « qu'une » sagesse infinie a pris ses dispositions pour que les « aliments fussent très-inégaux dans leur richesse en » carbone (3). » Nous n'avons pas besoin de chercher avec ardeur une cause première du monde; le monde est produit « par des causes providentielles (4). »

Telle est l'idée au fond de laquelle des milliers d'âmes puisent la ferveur de leurs prières. La révélation conduit à la prière et non à la recherche scientifique, car la sagesse de la Providence est « insondable ».

C'est là qu'aboutit la logique la plus rigoureuse dans cet ordre d'idées beaucoup moins chrétiennes que païennes. Les païens n'adressaient pas leurs prières aux forces brutales de la nature, comme le croit Liebig (5), ils priaient des causes providentielles. Toute force in-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, Heidelberg, 1851, p. 28.

(2) Id., *ibid.*, p. 703.

(3) Id., *ibid.*, p. 400.

(4) Id., *ibid.*, p. 618.

(5) Id., *ibid.*, p. 28.

connue de la nature était un dieu ou un génie qu'on pouvait gagner ou fléchir par des sacrifices ou des prières.

Les idées que je viens d'emprunter aux lettres sur la chimie de Liebig n'indiquent pourtant pas suffisamment le point de vue où se place le plus grand chimiste de l'Allemagne. Car Liebig a formellement déclaré que par la révélation seule l'homme n'acquiert aucune idée de la toute-puissance de Dieu.

« La science de la nature est la voie par laquelle nous » arrivons au perfectionnement intellectuel (1). Sans la » connaissance des lois et des phénomènes de la nature, » l'esprit humain échoue dans la tentative de se faire une » idée de la grandeur et de la sagesse insondable du » Créateur. Car tout ce que peuvent représenter l'ima- » gination la plus riche, l'esprit le plus élevé, n'est en » comparaison avec la réalité qu'une bulle de savon » bariolée, miroitante et vide (2). »

Maintenant si le lecteur croit que Liebig ait aussi nettement que possible mis la science expérimentale au-dessus de la croyance aux miracles et à la révélation, et qu'après ces citations il ne reste plus rien à dire, qu'il lise avec moi le passage suivant : « La simple connais- » sance expérimentale de la nature nous impose, avec » une force irrésistible, la conviction : que ce quelque » chose (l'esprit humain) n'est pas la limite, en dehors » de laquelle il n'existe plus rien qui lui ressemble ou » qui soit plus parfait que lui. Notre perception n'at- » teint que les degrés inférieurs. Cette vérité, comme » toutes les autres, dans les sciences physiques, établit

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, Heidelberg, 1851, p. 31.

(2) Id., *ibid.*, p. 28.

» l'existence d'un être supérieur, dont nos sens ne peuvent donner l'idée ni la connaissance, que le perfectionnement des instruments de notre esprit peut seul nous faire concevoir dans sa grandeur et sa sublimité (1). »

Ainsi donc, « la connaissance des lois de la nature » rend l'homme capable de comprendre un être « dont les sens ne peuvent lui donner l'idée ni la connaissance ».

Cela veut dire : la recherche par les sens rend l'homme capable de comprendre ce qu'on apprend sans le secours des sens, ou bien la connaissance de la nature perfectionne les instruments au moyen desquels on perçoit la vérité révélée.

Je ne puis que faire ressortir cette contradiction, il ne m'est pas possible de qualifier ce mariage de la science expérimentale avec la révélation. Lisons encore dans Liebig : « La haute valeur et la sublimité de la science » consiste précisément en ce qu'elle sert d'intermédiaire » au vrai christianisme. La divinité de l'origine de la » doctrine chrétienne consiste en ce que nous ne sommes pas redevables de la possession de ses vérités, ni » de l'idée juste d'un être dont la grandeur dépasse tous » les mondes, au procédé tout humain de la recherche » empirique, mais à une lumière d'en haut (2). »

Certes on ne peut s'exprimer plus sincèrement, mais aussi on ne peut pas s'exposer plus justement aux anathèmes des deux partis. Le lecteur conviendra avec moi, qu'on n'aurait que faire d'apôtres, si la science de la nature servait d'intermédiaire au vrai christianisme. Christ a changé de l'eau en vin et ressuscité des morts.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, p. 31.

(2) Id., *ibid.*, p. 29.

Loin de nous la pensée de jeter l'anathème sur qui que ce soit. Mais cette idée hybride à laquelle un savant comme Liebig s'est laissé conduire par son besoin de conciliation, personne ne la laissera passer, parce qu'elle blesse profondément la raison par la contradiction inévitable dans laquelle s'est embarrassé un homme du plus haut mérite.

Si nous ne pouvons nous représenter le Créateur sans connaître les lois de la nature, à quoi nous sert la révélation? Si nous ne pouvons recevoir les vérités les plus sublimes que d'une lumière d'en haut, invisible à nos sens, à quoi donc nous sert l'étude des phénomènes et des lois de la nature? Si Christ, avec un petit nombre de pains et un nombre encore plus petit de poissons, a rassasié des milliers d'affamés, la vérité révélée l'emporte sur la vérité naturelle; au contraire, si nous ne pouvons arriver à la vérité suprême, sans la connaissance des lois de la nature, ces milliers d'hommes n'avaient pas faim. L'une de ces hypothèses exclut l'autre irrévocablement.

L'hybridité de cette conciliation conduit au mensonge l'homme qui manque de sincérité, et à l'inintelligible l'homme de bonne foi.

Du moment que Liebig parle des lois de la nature en face du Créateur, n'est-il pas inintelligible? Les lois de la nature sont l'expression la plus rigoureuse de la nécessité; mais la nécessité exclut la création; donc ce n'est pas au moyen des lois de la nature qu'on peut comprendre le Créateur, et si quelqu'un croit de bonne foi le comprendre, un bon nombre d'hommes le tiendront, avec raison, pour inintelligible.

Ne nous étonnons donc pas que Liebig ne fasse pas dépendre le développement de l'humanité de la loi du

progrès, mais de l'arbitraire et de la grâce, sans cela il accorderait que l'esprit de l'homme le plus cultivé ne peut rien imaginer de contraire à la nature, et que la pure création du génie de l'homme ne peut pas être comparée à une bulle de savon vide. D'après Liebig, sir Robert Peel n'aurait été que l'instrument dont la Providence s'est servie pour supprimer en Angleterre les droits d'entrée sur les céréales (1).

La science et la foi, ces deux modes d'activité de l'homme tâchent d'expliquer la dépendance de l'individu, de l'espèce et du cours du monde.

Ce qui distingue le point de vue de la révélation de celui de la science, c'est qu'il relie un effet à une cause à laquelle on n'arrive qu'en passant par d'innombrables intermédiaires *inconnus*. Cette cause fut diversement appelée, suivant les degrés de civilisation, les Grecs et les Romains l'appelèrent autrement que les chrétiens, la Bible l'appelle autrement que le savant. Mais ce qui les a tous poussés, c'est le même besoin de se reporter en arrière, c'est le même sentiment de dépendance, à l'aide duquel Schleiermacher et Feuerbach expliquent la religion. Seulement le savant ne se contente pas d'une cause lointaine, dont il ne peut se faire aucune idée; pour chaque phénomène, il cherche l'origine la plus voisine, pour chaque origine une raison, il remonte toujours en arrière aussi loin que les sens peuvent le porter.

Le rapport logique de la cause à l'effet est sa loi, et cette loi, il ne se la laisse pas imposer par la révélation, il veut la trouver par la science expérimentale.

La recherche exclut donc la révélation. Toute tenta-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 646.

tive de conciliation échoue devant les contradictions. Nous avons vu Liebig y perdre sa clarté.

Accumuler des exemples pour démontrer qu'une contradiction inconciliable sépare les lois de la nature de l'idée de la toute-puissance d'un créateur du monde, et cela dans le pays même où Louis Feuerbach a écrit son immortelle critique de l'essence du christianisme, n'est-ce pas porter de l'eau à la rivière? On ne peut qu'admirer ou l'abnégation profonde, ou la singulière obscurité de ces savants qui ne se lassent pas de chercher une mesure ou une règle pour ce monde, qu'un fait de la volonté toute-puissante qu'ils supposent peut affranchir subitement de la loi de causalité la marche incertaine des phénomènes.

DEUXIÈME LETTRE.

ORIGINES DES CONNAISSANCES DE L'HOMME.

Tant que la science de la nature, chez les Grecs, ne s'étendit pas au delà de l'observation des trois états de la matière, que nous appelons solide, liquide et gazeux, les sages de la Grèce enseignèrent qu'il existait quatre éléments. A la terre, à l'air et à l'eau, ils ajoutaient le feu, qui a le pouvoir de transformer la glace en eau et l'eau en vapeur.

Plus tard, dans la chimie moderne, on conçut l'élément sous l'idée d'un corps que nos moyens artificiels ne peuvent décomposer en des substances de propriétés différentes. Le nombre des éléments, c'est-à-dire des corps simples, s'accrut. Il y a quelques années on en connaissait cinquante. On en compte aujourd'hui plus de soixante.

Il en fut de même du nombre des planètes; chaque jour il en est de même pour les plantes et les animaux. A mesure que se multiplient les observateurs, on voit s'accroître le nombre des corps, des éléments, des étoiles, des plantes, des animaux qui tombent dans le domaine des sens de l'homme.

Chose étrange et pourtant vraie, il y a des hommes versés dans les sciences qui font à la philosophie un reproche de ce que le flambeau des idées générales, qu'elle allume au centre du cercle des connaissances positives d'une époque donnée, ne projette pas sa lumière au delà du rayon de ce cercle.

Ce reproche est étrange, surtout de la part d'une école qui se donne avec complaisance le nom d'école historique. Comme s'il n'était pas tout naturel, autant que nécessaire, que la philosophie n'ait pas été autre chose que l'expression abstraite de la somme des faits conquis par les sens de l'homme dans le temps correspondant. C'est naturel et nécessaire, puisque l'histoire de tous les siècles nous le démontre d'une manière frappante.

Pour quelle raison porte-t-on si fréquemment cette accusation contre la philosophie? Il n'y en a pas d'autre que celle-ci : c'est qu'il est encore des savants qui séparent la philosophie de la science.

Tout le monde sait avec quelle rapidité l'humanité grandissante est sortie de cet âge d'or classique dans lequel la pensée la plus profonde était indissolublement liée au savoir le plus étendu. Philosopher, c'est penser; savoir, c'est connaître des faits dans le domaine de la nature, de l'art et de la politique. L'union de la philosophie et de la science ne s'est réalisée qu'une fois dans Aristote, qui donna à la science un système, à l'art des règles, à l'état des principes. Aristote pouvait accomplir cette triple tâche, parce qu'il avait appris à connaître à la fois les œuvres d'art, les hommes et les animaux par une étude personnelle, et qu'il avait converti le fruit de cette étude en idées générales.

Par la suite, la philosophie resta si longtemps serve

des observations des prêtres et des adeptes de la magie, qu'il n'y a rien d'étonnant qu'on ait voulu en retour lui asservir l'expérience.

C'est la séparation des deux tendances dont l'union peut seule satisfaire les besoins d'un homme mûri, qui explique cette accusation, d'ailleurs si absurde, que la philosophie ne peut sauter par-dessus son ombre.

Au moyen âge, quand on délaissa la nature pour pousser jusqu'à l'extrême le délire de l'intelligence réduite à elle-même, les sens et la pensée se rabougrirent. La rigueur des prétentions ecclésiastiques et l'arbitraire des jeux de l'école régnèrent en maîtres sur la raison. Aussi ce fut un signe de rétablissement des esprits malades, quand on les vit tourner fièrement le dos à la tradition des anciens pour s'abandonner, avec toute la chaleur d'une fécondité nouvelle, aux affinités mystérieuses qui unissent la nature révélatrice aux sentiments de l'homme.

« Les vrais professeurs, disait Paracelse, ce sont les yeux qui se plaisent à l'expérience. » Il donnait en ces termes le mot d'ordre d'une époque, qui estima comme son Luther le grand anatomiste de Bruxelles, Vésale, et sonda le cœur et les reins de l'homme.

Mais la route de l'expérience est longue, et nous ne savons pas jusqu'à quel point on l'a déjà frayée. Ne soyons pas trop étonnés si ceux qui la parcourent regimbent contre l'idéaliste qui lui obscurcit la lumière des faits.

D'un autre côté il était aussi naturel que la philosophie cherchât longtemps à esquiver le courant de l'expérience grossière pour tenter, à l'aide d'un fonds donné de faits constatés, de déterminer à elle seule les lois de la pensée.

Alors se formèrent l'alchimie et l'astrologie, et cette médecine qui, durant tant de siècles, a mis au jour beaucoup de symptômes et de remèdes, je l'accorde, mais à peine une seule loi. Alors naquit cette logique, formulaire de la philosophie scolastique, dans laquelle les meilleures têtes de l'Allemagne reconnaissent un chemin détourné et plein d'épines qui ne les a conduits qu'à travers bien des obstacles à leur développement intellectuel.

Heureux si cette déclaration mettait fin à l'antagonisme et si je pouvais dire simplement qu'on comprend le sens de la séparation de la philosophie et de l'expérience, et que, par conséquent, leur réconciliation est assurée.

Beaucoup de savants de notre ère, dont Vésale et Luther furent les initiateurs, séparent la philosophie de l'expérience parce qu'ils croient aux idées innées.

Depuis Kant, on s'est complu à considérer la mathématique comme une science pure. Elle serait à priori une manifestation de la pensée humaine indépendante de l'expérience.

On enseigne aux enfants qu'ils peuvent s'élever au sommet le plus élevé de la pensée affranchie des sens, s'ils veulent partir de quelques prémisses, qui seraient venues au monde avec eux en qualité de propriétés de leur entendement, et n'auraient besoin que d'être réveillées.

Le mathématicien les appelle axiomes, et il persuade les enfants et les hommes avec des propositions comme celles-ci : Le tout est plus grand qu'une partie; le tout est égal à la somme de ses parties. Et pourtant l'enfant ne connaît pas ces vérités, à moins d'avoir vu cent fois disparaître une pomme quand on la coupe en

quatre et qu'on en distribue les morceaux à quatre petits garçons.

L'espace et le temps ne sont rien moins que des idées indépendantes des sens. Pour Kant, ce seraient des concepts qui relèvent de la sensibilité. C'est trop peu dire. L'espace et le temps font plus que de relever de la sensibilité, ce ne sont pas de purs concepts. L'espace et le temps sont des notions, et des notions qu'on n'aurait jamais trouvées sans le secours des perceptions faites par les sens du *simultané* et du *consécutif*. Bien plus, on a dû percevoir un changement dans l'espace avant de concevoir une différence de temps. C'est en suivant le mouvement du sable dans le sablier et en comptant les oscillations du pendule qu'on a trouvé le moyen de mesurer le temps, en se servant des changements opérés dans l'espace. Et réciproquement, on mesura l'écartement de deux endroits par le temps, c'est-à-dire, encore et comme toujours, par la perception sensible du mouvement de l'aiguille d'une horloge, ou de l'ombre du cadran, ou du sable dans le sablier. Il fallait toutes ces perceptions des sens pour qu'on pût s'élever aux notions d'espace et de temps.

Pourtant Liebig parle des « sens bornés de l'homme » (1) et fait grand bruit de l'idée, parce que « personne ne sait d'où elle vient » (2).

Tant que cette opinion trouvera des défenseurs du génie et de la science de Liebig, il faudra que le monde nouveau travaille pour la conquête d'un principe élémentaire qu'Aristote possédait déjà, à savoir : que toute vérité vient des sens. Il n'y a rien dans notre entendement qui ne soit entré par la porte de nos sens.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, p. 482.

(2) Id., *ibid.*, p. 71.

Celui qui peut se reporter effectivement en arrière, au temps de l'enfance, y rencontre facilement une époque caractérisée par un impatient désir de penser. L'enfant mûrit. L'œil et l'oreille cherchent avec plus d'avidité à saisir les êtres nouveaux qui prêtent à la terre leur charme et leur fraîcheur. Mais cette pensée, dont on nous parle d'un air inspiré, ne veût pas se montrer. L'enfant croit n'avoir pas de pensée, parce qu'il s'imagine que c'est quelque chose de tout particulier, parce qu'il ne sait pas encore que tout travail qui se fait sur une sensation est une idée, qui l'exerce et en fait un penseur. Sans doute cette soif ardente qu'on a de penser ne provient pas seulement de cette ignorance. A cette période de la vie, les pensées nous paraissent pauvres, parce qu'il y manque cette plénitude de faits qui engendre l'idée.

Tous les faits, l'observation d'une fleur ou d'un insecte, la découverte d'un monde ou l'examen des caractères de l'homme, que sont-ils, sinon des rapports des objets à nos sens? Si le rotifère a un œil composé d'une simple cornée, ne recevra-t-il pas d'autres images que l'araignée, qui nous présente un cristallin et un corps vitré? Voilà pourquoi le savoir de l'insecte, ou la connaissance des effets qui composent le monde extérieur pour l'insecte, n'est pas le savoir de l'homme. La connaissance de ces rapports avec les instruments de sa propre perception, voilà la limite qu'aucun homme, aucun dieu ne peut franchir.

De la sorte, nous savons, à vrai dire, tout pour nous, nous savons comment le soleil brille pour nous, comment la fleur exhale son parfum pour l'homme, comment les vibrations de l'air frappent une oreille humaine. On a appelé cela un savoir borné, un savoir humain

produit par les sens, un savoir qui ne connaît l'arbre que comme il est pour nous. C'est peu, dit-on, il faut savoir comment l'arbre est en soi, pour ne pas conserver plus longtemps la folie de croire qu'il soit tel qu'il nous paraît être.

Mais où est-il, cet arbre en soi qu'on cherche? Tout savoir ne suppose-t-il pas un sujet, et par conséquent un rapport entre l'objet et l'observateur? que l'observateur soit un ver, un scarabée, un homme, un ange même, s'il y en a. Du moment où il y a deux choses telles que l'arbre et l'homme, il faut nécessairement pour l'arbre aussi bien que pour l'homme, que le premier soit avec le second dans un rapport qui se manifeste par l'impression sur l'œil; sans un rapport avec l'œil, dans lequel il envoie ses rayons, il n'y a pas d'arbre; c'est précisément par ce rapport que l'arbre est en soi.

Tout être est un être par ses propriétés, mais il n'y a pas de propriété qui soit autre chose qu'un rapport.

L'acier n'est dur que parce qu'on l'oppose au beurre qui est mou, la glace n'est froide que pour la main chaude, l'arbre n'est vert que pour un œil sain.

Le vert n'est qu'un rapport de la lumière avec notre œil; donc la feuille verte est en soi par la raison qu'elle est verte pour notre œil.

Mais alors il n'y a plus de différence entre la chose telle qu'elle est pour nous et la chose en soi. Si un objet n'est que par son rapport avec d'autres objets, par exemple, par son rapport avec l'observateur, si la connaissance d'un objet se réduit à celle de ses rapports, toute notre science n'est qu'une science objective.

Sans doute il ne faut pas oublier que l'impression produite sur les sens peut n'être qu'apparente et erro-

née. Un enfant croit qu'on peut prendre la lune avec les mains, et cependant la valeur du savoir humain n'en est pas amoindrie, car le savoir humain n'est pas le savoir d'un enfant, celui de tel homme ou de telle femme, c'est le savoir de l'humanité.

Il n'est ni dans Aristote ni dans Galien, pas davantage dans Newton ou Cuvier, il n'est pas dans le dix-neuvième siècle, il n'est pas dans une période de temps isolée du reste.

Pourquoi? par une raison bien simple. D'abord la force des sens de l'enfant se développe, il apprend à voir et à prendre; de même pour l'espèce, l'humanité apprend à comparer la terre et l'air suivant leurs caractères les plus grossiers, puis l'animal avec l'animal et l'animal avec la plante; elle s'arrête longtemps aux formes extérieures, elle est toute heureuse de savoir par quels signes on peut distinguer sûrement le cheval de l'âne, et même l'âne le plus grand du cheval le plus petit.

Mais dès que l'œil est armé d'instruments, l'homme mesure l'éloignement des étoiles et examine les cellules et les fibres les plus déliées des viscères du cheval.

En un mot, le perfectionnement des sens est la base du progrès de la science.

Nous possédons d'excellents ouvrages sur l'histoire des batailles et des gouvernements, des journaux exacts des faits et gestes des rois, des catalogues minutieux des créations des poètes; mais les matériaux qui serviraient le plus à une histoire de la civilisation de l'homme dans l'acception la plus complète du mot, personne ne les a encore rassemblés. Il nous manque une histoire du développement des sens. Et quelle superbe récompense ne serait pas le partage d'un auteur qui, avant

tout, réunissant la connaissance de la nature, dont on ne peut se passer, et la faculté d'exposer avec vigueur et clarté, pourrait dépeindre comment le télescope a chassé la terre de la place privilégiée qu'elle occupait au centre du monde (1), comment le microscope a déduit la parenté de l'homme, des animaux, et des plantes de la parenté de leurs germes, comment la balance a démontré que la matière est impérissable, comment un appareil électrique nous apprend à voir dans l'homme une émanation des lois de la nature.

Je viens de laisser voir involontairement pourquoi nous n'avons pas d'histoire du développement des sens. Elle doit nécessairement nous manquer, puisque c'est à présent même que l'humanité accomplit, plus énergiquement que jamais, les faits de cette histoire. La conscience ne vient qu'après l'action.

En conséquence on ne devrait pas se plaindre de l'extrême division des sciences. De notre temps les conquêtes des sens se précipitent avec la même impétuosité dans le domaine des sciences que dans le torrent de la vie. D'une part le courant électrique du télégraphe nous transmet avec la rapidité de l'éclair à travers la Manche la pensée des Anglais, et nos relations incessantes par les chemins de fer tournent les obstacles opposés à la presse et à la liberté de l'enseignement. D'autre part le savant découvre dans les rapports de la lumière avec les cristaux, un auxiliaire raffiné des yeux et des organes du toucher. Par ce moyen il pénètre aussi profondément dans l'arrangement des molécules

(1) Voyez Karl Snell, *Newton und die mechanische Naturwissenschaft*, Dresde et Leipzig, 1843, p. 21, 43, ou, mieux encore, tout le livre que devraient lire tous ceux qui veulent connaître la tendance dominante de la manière actuelle de considérer le monde.

d'un corps régulier, qu'avec le courant électrique dans la texture délicate des nerfs, ces organes du mouvement, de la sensibilité et de la pensée de l'homme (1).

Nous connaissons des corps dont les formes cristallines présentent à peine une différence, mais qui ne se comportent pas de la même manière avec le rayon de lumière polarisée. Cette différence nous apprend positivement que leurs molécules sont arrangées autrement dans les deux cristaux (2).

Les procédés les plus délicats d'observation des phénomènes électriques démontrent que dans chaque mouvement qu'un nerf de notre corps produit, il se fait un changement dans le courant électrique de ce nerf. Ce fait a été découvert pour la première fois le 18 novembre 1847 (3).

Le perfectionnement des moyens d'observation, et

(1) « La connaissance de la statique et de la dynamique des nerfs que nous pouvons acquérir par le moyen de simples opérations, en les piquant, coupant, pinçant, brûlant, liant, se complète par celle que nous révèle le courant électrique, à peu près comme la connaissance de la nature du cristal, qui résultait de la simple exposition de ses plans de clivage, s'est complétée par l'immensité de rapports subtils, que nous a dévoilés une exploration très-délicate, au moyen des molécules de l'éther en vibration. » — Du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Electricität*. Berlin, 1848, I, 407.

(2) Ainsi, par exemple, le malate acide d'ammoniaque qu'on peut extraire de l'asparagine et le malate acide d'ammoniaque que Desaignes nous a appris à préparer avec le fumarate acide d'ammoniaque, ces deux combinaisons cristallisent en prismes réguliers à base rhomboïdale, mais la première dévie le rayon de lumière polarisée et la dernière ne le dévie pas. — Pasteur, *Comptes rendus*, t. XXXIII, 218, 219.

(3) Du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Electricität*. Berlin, II, 512.

en particulier celui des instruments de mesure, opère en silence ses créations dans le laboratoire du savant ; tandis que la locomotive soufflante et mugissante qui dévore l'espace peut faire sentir aux yeux et aux oreilles des gens les plus incapables d'attention, la puissance croissante avec laquelle l'homme embrasse le monde.

La multiplication des instruments d'observation est au moins aussi utile que l'accroissement de leur finesse et de leur précision qui se rapproche toujours plus de la perfection. Il n'y a pas encore bien longtemps que de bonnes balances, de bons microscopes étaient la propriété rare de quelques privilégiés qui souvent se prévalaient de leur mystérieux trésor, et annonçaient au monde des oracles d'une profonde sagesse, que bien peu de gens vérifiaient. Aujourd'hui les microscopes sont partout en activité. Quand un observateur d'Europe se trompe, un observateur d'Amérique le redresse et réciproquement. Et comme il y a plus de cinquante chimistes qui, au moyen de leurs balances de précision, pèsent le même corps desséché au même degré de température, et traitent de même les éléments qu'ils en extraient en le décomposant, nous ne pouvons pas douter qu'un petit nombre d'années ne nous fasse faire plus de progrès dans la connaissance de la composition intime de la matière que les plus hardis penseurs des siècles passés n'ont osé l'espérer.

Doit-on se plaindre de l'extrême division des sciences quand, grâce à ce perfectionnement de la force de préhension des sens, les faits s'accumulent au point qu'un individu en est trop souvent réduit à ne pouvoir, malgré ses efforts, rester maître, même dans un espace restreint, de ce mouvement sans relâche ? Ou bien doit-on bâtir tranquillement sur l'idée unitaire qui tire tout

savoir du rang de connaissance pour l'élever à celui de la philosophie et voir se préparer l'avenir dans lequel les gigantesques provisions de matériaux que rassemble la génération nouvelle s'agrègeront pour former un chef-d'œuvre organique?

Le développement des sens est la base du développement de l'intelligence humaine.

Dès que l'homme aura découvert toutes les propriétés de la matière qui peuvent faire impression sur ses sens développés, il aura embrassé l'essence des choses. Il possédera sa science, c'est-à-dire la science absolue de l'humanité. Pour l'homme il n'y en a pas d'autre (1).

En démêlant le général dans les propriétés des corps, dans les caractères des divers phénomènes, nous arrivons à la loi.

D'après les vieilles idées des philosophes qui ne voyaient qu'un côté des choses, la loi serait un principe premier de l'entendement, l'observation des sens en procéderait. La loi serait une mesure indépendante que l'esprit, avec l'aide des sens, appliquerait aux phénomènes. C'est la vérification qu'on a pris pour la découverte des lois.

En dégageant d'une série de faits ce qu'il y a de général, je traduis les faits en une idée, les rapports des objets avec les sens en un rapport avec le cerveau. Le caractère d'une pensée, c'est qu'elle est la création du cerveau humain. Mais le principe fécondant est avant tout la perception par les sens.

Quand j'ai extrait l'idée générale des détails, j'examine ses titres au nom de loi. Si toutes les observations

(1) Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels in Pflanzen und Thieren*. Erlangen, 1851. Introduction, p. 12.

que je fais ensuite sont d'accord avec cette idée, la loi est trouvée. Souvent je vais de la sorte, armé d'une idée, à la recherche de nouveaux faits, j'éprouve par l'expérience la loi présumée, je la soumets à diverses conditions. Mais à la base de cette idée générale, de cette loi présumée, il y a toujours eu une série d'observations.

Ainsi on ne peut trouver de loi que par l'expérience. Mais, dira-t-on, l'explication de la loi est cependant un pure acte de la raison, sans aucune intervention des sens. Nullement. Une bonne explication ne fait que nous ramener à la description d'un fait déjà connu. J'explique la loi de l'amour en décrivant la loi de l'affinité. L'explication est juste quand l'une des descriptions concorde avec l'autre.

Quand toutes les lois seront décrites sans qu'il reste en arrière une seule contradiction, le monde sera expliqué pour l'homme.

Une fois pour toutes, il résulte de là que la loi est une idée générale induite des caractères sensibles. On ne pense, on ne trouve la loi qu'après des expériences. C'est donc à tort que Liebig s'écrie : « C'est la loi qui » construit le tout (1). »

Liebig et les philosophes de la nature, en prenant ce mot dans sa plus mauvaise acception, partent du même point de vue, qu'on a condamné justement, mais qu'on a trop souvent méconnu. Tant qu'on croira que la loi construit le monde au lieu d'en être le résultat et d'en recevoir sa lumière, l'esprit humain dormira dans les ténèbres et l'on opposera l'idée à l'expérience.

Parmi les savants qui croient à cette opposition, il

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, p. 32.

en est qui s'imaginent faire une grande concession en adhérant à l'opinion, que la philosophie a besoin de l'expérience et qu'en revanche l'expérience ne peut exister sans la pensée.

Mais c'est peu. Pourvu qu'on accorde que la pensée n'est que la page sur laquelle viennent s'inscrire les faits, et qu'elle n'ait d'autre privilège que celui de les raconter, privilège qui relève de l'observation et des sens, la gloire de la science est fondée. Dès que l'observation est en même temps une idée, dès que l'entendement voit avec conscience, l'opposition entre la philosophie et la science est détruite.

Bref, il n'est pas ici question d'assistance mutuelle fondant la nouvelle alliance de la philosophie et de l'expérience. L'expérience doit se réduire à la philosophie, la philosophie à l'expérience.

On ne nous appellera donc plus avec dédain des manœuvres qui entassent comme des fourmis; mais en revanche qu'on ne flagelle pas du nom de rêverie philosophique la pensée qui vit partout dans la matière.

TROISIÈME LETTRE.

INDESTRUCTIBILITÉ DE LA MATIÈRE.

Le 8 mai 1790 on entreprit à Paris, sur la proposition de Talleyrand, un travail dont les générations à venir apprécieront de plus en plus l'influence, parce qu'il a enrichi les sens de l'homme d'un moyen d'investigation qui n'a encore été surpassé par aucun autre, et qui ne peut l'être pour la généralité de son application. La fin du siècle dernier a doté le monde d'une unité de poids basée sur un fondement si solide, que la destruction de tous les poids et de toutes les mesures, qui existent aujourd'hui, ne pourrait nous causer un embarras durable. Pour trouver cette unité on a mesuré la dix-millionième partie d'un quart du méridien terrestre. Cette mesure de longueur est le mètre. Sa précision a pour garants les noms des Coulomb, des Lagrange, des Laplace et des Lavoisier. Avec l'unité de mesure on avait l'unité du poids. On appela le poids d'un décimètre cube d'eau pure : kilogramme.

La longueur du mètre vaut un peu plus de 3 pieds du Rhin. Le kilogramme vaut 1 litre d'eau, 2 bonnes livres de Prusse, exactement 2 livres en Suisse, dans le

grand-duché de Bade et dans la Hesse, et la nouvelle livre hollandaise qui est double de l'ancienne.

De la précision dans les mesures et les poids dépendait également le perfectionnement de la chimie, de la physique et de la physiologie. La mesure et le poids sont des juges inflexibles placés au-dessus de toutes les opinions qui ne s'appuient que sur une observation imparfaite.

Avant que Lavoisier eut appliqué ce guide fidèle à l'étude de la combustion, on croyait qu'un *phlogistique* habitait l'intérieur des corps combustibles, et que c'était l'expulsion de ce phlogistique qui constituait la combustion. Lavoisier démontra que les produits de la combustion sont toujours plus pesants que le corps consumé. Quand du bois brûle il se forme de l'acide carbonique, de l'eau, de l'ammoniaque et de la cendre. L'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque et la cendre ensemble sont plus lourds que n'était le bois. Leur poids est augmenté exactement du poids d'un élément de l'air avec lequel le bois se combine pendant la combustion. La combustion n'est pas autre chose qu'une absorption d'oxygène, le poids de l'oxygène augmente le poids du corps qui brûle. Tous les corps doivent donc devenir plus lourds par la combustion.

Le poids seul a fourni cette preuve au génie créateur de Lavoisier; dès lors le phlogistique de Stahl, qui aurait dû rendre les corps plus légers avant la combustion, fut irrévocablement renversé.

L'opinion surannée de Stahl ne venait pas d'une erreur de la pensée, mais de l'insuffisance de l'observation. Mais cette idée d'un poids négatif qui devait succomber sous l'effort d'une observation perfectionnée, n'avait d'ailleurs aucune raison d'être. Une matière

qui rend un corps plus léger par sa présence, était en contradiction avec toutes les perceptions de l'homme ; un phlogistique qui, en quittant un corps, en augmenterait le poids, serait une force sans matière, ce qui, dans la réalité, n'a jamais rien signifié.

On se plaint que la médecine reste en arrière de toutes les autres sciences ; la raison de ce fait reconnu, c'est qu'on n'y emploie pas les mesures et les poids. Il est vrai qu'il faut d'abord connaître la matière qu'on doit peser. Il faut donc avant tout que les savants physiiciens et chimistes viennent en aide aux médecins : seuls ils méritent le blâme, ces savants dédaigneux qui estiment peu l'action de la médecine, et, satisfaits de la certitude de leurs recherches sur la pierre et l'acier, esquivent les difficultés que le corps vivant oppose à l'expérimentation. Les médecins qui ne font pas usage consciencieusement du progrès de la chimie et de la physique, méritent plutôt le nom d'infirmiers que celui de médecins ; ils n'appartiennent pas à la science et ne sont pas capables de rendre compte de leurs actes devant son tribunal.

Au contraire, en tous temps, la médecine a plutôt mérité le reproche d'avoir, avec trop d'enthousiasme, vanté et exploité les découvertes des sciences physiques, que celui d'être restée, plus qu'il ne fallait, en arrière de son but élevé.

La médecine n'en serait pas là aujourd'hui si les médecins avaient pu, depuis cinquante ans seulement, expérimenter avec la balance une matière connue, au lieu de rêver des systèmes. Celui qui connaît les travaux de Liebig, de Mulder, de Regnault, d'Andral sait que ces cinquantes années ont déjà commencé. Et certainement le temps s'avance où un savant, aussi éloquent que

Liebig, imitant ce qu'il a fait pour la pierre philosophale, donnera la vie et la lumière aux efforts que font aujourd'hui les médecins, et méritera la reconnaissance de la postérité (1).

Au moyen de la balance, on obtient la quantité des produits volatils de la combustion aussi exactement que celle de la cendre. La balance nous apprend que l'acide carbonique, qui représente le produit principal de la combustion, augmente le poids des plantes, fait pousser comme par enchantement la verdure dans les champs, au printemps, et change un rameau de quelques feuilles en une forêt. Si nous brûlons le bois accumulé dans la forêt, un nouveau courant d'acide carbonique affluera vers les fruits de nos champs. Le fruit nourrira l'homme, et l'urine fumera le champ. A travers ces milliers de changements, la balance suit la piste de la matière.

La forêt n'amasse pas une plus grande quantité de carbone que l'air et la terre ne lui en présentent; l'air ne contient qu'une quantité limitée d'oxygène, de là une limite à la combustion. A l'étendue de la combustion correspond la quantité de l'acide carbonique, à celle-ci le poids de l'herbe, et cette herbe nous la retrouvons dans les excréments de la vache, dans son urine et ses autres sécrétions. Il ne se perd pas la plus petite parcelle de matière.

Les excréments de l'homme nourrissent la plante, la plante transforme l'air en principes immédiats solides et nourrit l'animal; les carnivores vivent d'herbivores, eux-mêmes deviennent la proie de la mort et répandent sur le monde végétal de nouveaux éléments de vie.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, p. 62.

C'est ce qu'on appelle l'échange de la matière. Ce mot est juste, et on ne le prononce pas sans un sentiment de respect, car, de même que le commerce est l'âme des relations entre les hommes, de même la circulation éternelle de la matière est l'âme du monde.

Dans un système où toutes les choses attirent et sont attirées réciproquement, rien ne peut se perdre. La quantité de matière reste toujours la même (George Forster) (1).

Puisque la quantité de matière ne peut augmenter ni diminuer, les propriétés de la matière sont de toute éternité. C'est encore la balance qui a démontré définitivement qu'aucune substance d'un corps vivant ne possède une propriété qui ne lui ait été apportée du dehors avec la matière. Les plantes et les animaux ne transforment les matières que par les matières qu'ils empruntent au monde extérieur. Toute l'activité que déploie l'arbre dans sa croissance, et le lion dans le combat tire sa source des combinaisons et des décompositions de la matière qui leur vient du dehors.

Aucun élément digne de ce nom ne peut être transformé en un autre. Le fluor est, de tous les corps simples qui se rencontrent à l'état normal dans le corps humain, celui qui y est contenu sous la plus petite quantité, mais il ne peut manquer ni dans les os, ni dans les dents, ni dans le sang. Nous savons, par les recherches les plus récentes, que nous puisons ce fluor dans les semences des céréales et dans le lait qui, sans fluor, ne serait pas un aliment complet pour le nourrisson (2).

(1) George Forster, *Ein Blick in das Ganze der Natur. Samml. Schr.*, IV, p. 314.

(2) James Müller et Blake ont, il y a quelques années, démontré,

Le mouvement des éléments, la combinaison et la séparation, l'absorption et l'élimination, voilà le contenu de toute activité sur la terre. L'activité s'appelle la vie, quand un corps maintient sa forme et son état général de composition en dépit des modifications continues des molécules matérielles qui le composent(1).

Voilà pourquoi nous parlons de l'échange de matière dans les êtres vivants. Le corps brut, le rocher tombe en poussière, perd de sa matière, et partant, change de forme. L'échange des matières qui entretient la conservation de la forme d'une part, et de l'autre la destruction de la forme par l'effet de l'usure de la matière, voilà les caractères qui distinguent les êtres vivants des corps morts.

Livrées sans relâche à l'action de l'acide carbonique, de l'eau et de l'oxygène, les montagnes sont destinées à tomber en poussière. Le protoxyde de fer est une combinaison de fer et d'oxygène qui contient moins d'oxygène que le peroxyde; quand le protoxyde se transforme en peroxyde en absorbant de l'oxygène, il devient rouge. C'est ce que nous voyons tous les jours, quand la terre des champs prend, après avoir été retournée, une couleur gris rougeâtre. L'eau dissout le gypse; l'eau chaude, sous une haute pression, dissout le feldspath; l'eau associée à l'acide carbonique dissout le quartz.

Tous ces effets se produisent avec une extrême len-

sous la direction de Will, l'existence du fluor dans l'orge. Wilson l'a trouvé dans le sang et le lait. — *Froriep's Notizen*, 1850, n° 215.

(1) Voyez mon article « *Nahrungsmittel* », publié dans le recueil *Gegenwart* de Brockhaus. Voyez aussi *Physiologisches Skizzenbuch* von Jac. Moleschott; Giessen, 1861, 1. Die Kraftquellen des Menschen.

teur, mais la rapidité de l'effet est compensée par la durée de l'action. Si dans une écurie ou au-dessus du fumier les fenêtres se ternissent, si le granit perd son brillant c'est que les mêmes puissances de dissociation sont partout en activité.

On connaît le poids de l'oxygène, qui transforme le protoxyde de fer en peroxyde, celui de l'eau, qui enlève au feldspath son silicate de potasse, celui de l'acide carbonique, qu'il faut pour ravir au sable une partie de sa chaux. Le chimiste a pesé la faux du temps.

Le granit tombe en poussière parce qu'il se combine avec la faux du temps; l'acide carbonique, l'eau, l'oxygène sont des puissances qui pulvérisent les plus durs rochers, et les entraînent dans le courant dont la circulation produit la vie. Le feldspath s'effleurit et la plante trouve plus tard dans le champ le silicate de potasse soluble qui lui permet de croître. C'est par la décomposition de l'apatite, si riche en phosphate de chaux et qui contient en outre une quantité considérable de fluor, que l'acide phosphorique et le fluor parviennent à l'orge, à notre sang, à nos os (1).

La destruction sert de base à la construction; donc le mouvement ne sera pas interrompu; c'est la garantie de la vie.

L'immutabilité de la matière, de sa masse et de ses propriétés et l'affinité réciproque des éléments, c'est-à-dire le penchant à se combiner entre eux en vertu de l'opposition de leurs propriétés, tels sont les fondements sur lesquels repose l'éternité de la circulation.

(1) G. Rose, *Erdmann's Journal für praktische Chemie*, LIII, 150; voyez aussi Bromeis, dans *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXIX, 6-7.

L'indestructibilité de la matière se manifeste dans le rocher qui tombe en poussière.

Ainsi donc, la faux du temps n'est rien moins qu'une puissance destructive. L'artiste lui-même ne devrait pas se désespérer quand il voit de siècle en siècle tomber en poussière le bloc de marbre d'un temple que l'art avait revêtu d'un caractère sacré. Le marbre demeure, et avec lui l'étincelle de Prométhée qui créera un nouveau chef-d'œuvre, car la matière est impérissable.

QUATRIÈME LETTRE.

CROISSANCE DES PLANTES ET DES ANIMAUX.

On trouve en quelques endroits, chez les nègres montagnards de la Guinée, une plante qu'on conserve dans des pots pleins d'eau auprès de la porte des habitations (1). Cette plante nage sur l'eau à la manière des lentilles de mer et recouvre en grande abondance les eaux tranquilles, en particulier à Cuba, Saint-Domingue et les parties du continent américain qui en sont voisines. Par cette précaution on se procure de la fraîcheur comme dans l'Inde par l'arrosement du sol. L'eau s'évapore extrêmement vite par les feuilles; Isert, médecin danois, a trouvé qu'un vaisseau plein d'eau contenant cette plante laisse dégager dans l'air, dans un même temps, six fois autant de vapeur d'eau qu'un autre qui n'en contient pas.

Cette évaporation est une des causes les plus puissantes de l'absorption que les racines des plantes font des matières dissoutes.

C'est une idée très-répondue parmi les gens du

(1) Pistia stratiotes, L. Forster, *Stimmml. Schr.*, V, 349.

monde, que les racines des plantes pompent comme le ferait une éponge, les sucS répandus autour d'elles dans la terre; cependant dans les plus fines fibres radicales, il n'y a pas trace de conformation spongieuse. Les matières dissoutes passent dans les racines en vertu d'une propriété générale des membranes tirées des corps vivants. Ces membranes, même quand elles séparent entièrement l'un de l'autre deux liquides, permettent qu'il s'opère entre eux un échange.

Si on prend un tube de verre ouvert à ses deux extrémités, si, après avoir fixé à l'un des bouts l'épiderme d'une feuille de cactus, d'aloès ou de n'importe quelle autre plante, on verse dans l'intérieur du tube, par l'autre extrémité, une solution de sel de cuisine, et qu'ensuite on suspende le tube librement, le sel ne traverse pas la membrane si elle est convenablement attachée. Mais si l'on place le tube dans un verre d'eau distillée, en peu d'instants le sel de cuisine passe du tube dans l'eau pure extérieure, et en même temps la colonne de liquide augmente dans le tube, car l'eau remonte vers l'eau salée, contre la direction de la pesanteur, plus vite que le sel ne traverse la membrane de séparation pour aller dans l'eau du vase.

Ainsi, au moyen de l'eau qui est dans le tube, on peut, en un temps relativement court, élever jusqu'au bout supérieur du tube une partie du sel qui d'abord n'allait pas plus haut que la moitié. L'eau passant plus vite à travers la membrane de séparation dans le sens de l'eau salée, le tube se remplit bientôt jusqu'à son bout supérieur; si l'on incline le tube, une goutte d'eau salée déborde sur l'orifice supérieur, l'eau s'évapore et il reste une croûte de sel. Sur cette croûte une nouvelle goutte coule, puis une autre et ainsi de suite;

l'eau continue à s'évaporer et en quelques jours, l'un des côtés du tube est recouvert d'une efflorescence de sel.

Supposons maintenant que le bout supérieur du tube soit fermé par un épiderme de feuille, et qu'il soit rempli d'eau pure au lieu d'eau salée. Si l'on plonge l'une de ses extrémités dans une solution de sel de cuisine, le sel pénètre dans le tube à travers la membrane de séparation. D'autre part, au haut du tube, l'eau peut bien s'évaporer à travers l'épiderme, mais l'eau salée ne la traverse pas. Par suite de cette évaporation, il se formerait après quelque temps, dans le tube, au-dessous de l'épiderme qui ferme le bout supérieur, un espace rempli seulement de vapeur d'eau, si la pression de l'atmosphère sur l'eau salée ambiante ne poussait celle-ci dans le tube. L'évaporation et la pression atmosphérique, réunies font l'effet d'une pompe.

Rien n'est plus facile que de se représenter la tige des plantes avec son prolongement inférieur, la racine, comme un tube fermé en haut et en bas, et de plus entouré sur les côtés par un épiderme. La racine est l'extrémité qui plonge dans la solution saline. La tige s'élève librement dans l'air, et c'est de sa surface que s'évapore l'eau. Et c'est non-seulement l'affinité existante entre les sucs des racines et les liquides de la terre, mais aussi l'évaporation aidée de la pression atmosphérique, qui favorise le passage de ces liquides dans la racine (1).

L'absorption ne se fait pas uniquement aux radicules les plus déliées; la racine tout entière est couverte d'un épiderme qui permet l'action réciproque des solutions

(1) Liebig, *Untersuchungen über einige Ursachen der Stoffbewegung*. Braunschweig, 1848, p. 60-80.

qu'elle sépare. On comprend donc qu'une plante peut faire passer d'un vase plein d'eau dans l'air, 625 grammes, pendant le même temps qu'un vase dans lequel il n'y a pas de plante, ne perd que 125 grammes. Dans le premier cas, la surface de l'eau et les feuilles de la plante ensemble ont dégagé 750 grammes de vapeur d'eau.

Par la même raison qu'on peut faire déborder le sel par l'extrémité supérieure d'un tube restée ouverte, au moyen de l'eau que contient le vase dans lequel plonge l'autre extrémité du tube, on trouve des efflorescences de sel sur les feuilles des plantes. On les observe surtout sur les larges feuilles des cucurbitacées, quand après une forte averse le beau temps revient subitement (Ville) (1). L'eau de pluie pauvre en sels, qui mouille les feuilles, attire les sels de leur intérieur, et quand cette eau s'évapore, le sel qu'elle abandonne reste effleuré.

On a souvent l'occasion d'observer sur des plantes conservées dans des pots que les feuilles inférieures se flétrissent quand on n'arrose pas, ou qu'une ouverture au fond du pot permet à l'eau de s'écouler tout de suite. Liebig nous apprend le fait intéressant, que dans ce cas les sels manquent dans les feuilles inférieures; par suite de l'évaporation des parties supérieures, le suc salin monte toujours plus haut dans la tige; ainsi, les feuilles du haut sont encore en bon état, quand celles d'en bas sont réduites à périr. « Les feuilles flétries ne contiennent que des traces de sels solubles, tandis que les bourgeons et les pousses en contiennent plus qu'à l'ordinaire (2). »

(1) Ville, *Comptes rendus*, XXXV, 653.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 638-640,

Ces faits démontrent que l'accroissement est surtout le produit de l'échange réciproque de liquides qui sont séparés par une membrane végétale ou animale.

Le corps entier des plantes et des animaux est rempli de petits utricules ou cellules et de tubes ou vaisseaux. La solution saline qu'une cellule des racines du végétal a enlevée au champ, entre immédiatement en action réciproque avec le contenu d'une cellule située plus avant dans l'intérieur de la plante. Celle-ci correspond aux limbes des feuilles et des corolles par une suite ininterrompue de cellules et de vaisseaux.

Dans le corps de l'homme, ces tubes finissent par être si ténus, qu'on les appelle vaisseaux capillaires, bien que le plus gros de ces vaisseaux capillaires atteigne à peine le diamètre du plus fin poil de duvet (1). Les vaisseaux capillaires charrient du sang ; les liquides qui transsudent par les parois des vaisseaux capillaires à l'intérieur du corps, deviennent les sucs nourriciers des parties solides, des tissus de nos organes. Les tissus se nourrissent de sang. L'accroissement est un excès de nutrition des tissus.

Le sang est un mélange d'albumine et de graisse, de sucre et de sels. Parmi ces matières, la graisse et une partie des sels sont contenues dans de petits disques en forme de lentilles déprimées à leur centre sur les deux faces. La substance de ses corpuscules, que les battements du cœur poussent dans toutes les régions, est

(1) Les plus fins poils du duvet ont un diamètre d'environ un centième de ligne ; les plus gros vaisseaux capillaires atteignent à peine ce diamètre. Cependant il y a dans les os des vaisseaux capillaires dont le diamètre est presque de un centième de ligne. Voy. Kölliker, *Handbuch der Gewebelehre*, 3^e Aufl. Leipzig, 1859, 130, 580, 581.

dans une action réciproque constante avec le liquide dans lequel ils nagent.

De tous les sels contenus dans le sang le plus abondant est le sel de cuisine. C'est pour cela qu'il est indispensable à l'alimentation. Cependant malgré l'échange qui s'opère, sans interruption entre les corpuscules du sang et le plasma, ceux-là ne contiennent que peu de sel de cuisine (C. Schmidt), ce qui démontre clairement que cet échange est subordonné à la nature des substances. L'affinité des globules du sang pour le sel de cuisine est faible : ils laissent entrer peu de sel. Nous savons que dans le sang toute la vie repose sur des attractions et des répulsions de matières; si le sang ne contenait pas de matières organiques qui, en proportion des autres éléments du sang, n'ont qu'une affinité très-faible pour le sel de cuisine, les corpuscules du sang ne pourraient pas se former.

Ce que les corpuscules sont dans le sang, les vaisseaux capillaires le sont dans les tissus. Les fins canalicules sanguins de la membrane qui recouvre le poumon laissent transsuder l'albumine plus vite que les vaisseaux capillaires du péritoine, ceux-ci plus vite encore que les membranes du cerveau. D'après la moyenne des recherches faites jusqu'ici la synovie est de toutes les exsudations aqueuses normales, celle qui contient le plus d'albumine. Puis viennent comme termes d'une série décroissante, l'eau du péricarde, l'eau de l'amnios, l'humeur aqueuse des chambres de l'œil, et enfin le liquide encéphalo-rachidien le plus pauvre de tous. Le liquide articulaire chez l'homme et les animaux contient environ quarante-cinq fois autant d'albumine que celui qu'on trouve dans les cavités du cerveau, et sous l'arachnoïde du cerveau et de la moelle épinière.

L'albumine, la graisse et les sels sont contenus dans le sang à l'état de solution aqueuse. Tous traversent la paroi des vaisseaux capillaires, sous la pression normale que supporte le sang en circulant dans les vaisseaux. Mais parmi ces matières c'est l'eau qui abandonne le sang le plus vite, après l'eau viennent les sels, et bien plus lentement encore l'albumine et la graisse (1).

Pourtant les tissus, si l'on en excepte le cerveau et le corps vitré de l'œil, sont plus pauvres en eau que le

(1) On n'a pas pu jusqu'ici obtenir le suc nourricier pur hors des tissus. Mais nous pouvons comparer le liquide nourricier avec les épanchements aqueux qui s'amassent dans les cavités du corps, avec l'eau du péricarde, la synovie, le liquide céphalorachidien, l'eau de l'amnios, et l'humeur aqueuse des chambres de l'œil. J'ai calculé la moyenne des nombres trouvés par von Gorup Besanez, Lassaigne, Kletzinsky, Frerichs, John, Vogt, Mack, Scherer, Berzelius et Lohmeyer, et je les confronte dans le tableau suivant avec les moyennes correspondantes des parties constitutives du sang.

Dans 1000 parties :

	Sang.	Épanchements aqueux.
Albumine	67	
Fibrine	2	
Globuline	120	
	<hr/>	
Corps albuminoïdes	189	14
Graisse	3,7	0,27
Sels	7,7	8,15
Eau	789	970

Une simple comparaison de ces nombres suffit à démontrer que l'eau sort plus vite que les sels; les sels plus vite que l'albumine, et enfin l'albumine plus vite encore que la graisse. (Voy. von Gorup Besanez, *Prager Vierteljahrschrift*, 1851, t. III, p. 84; *Valentin's Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 2^e Aufl., II, Abth. 2, p. 446; *Kletzinsky Heller's Archiv*, 1852, 423; Scherer, dans *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, I, 89, 92; Lohmeyer, *Zeitschrift für rationnelle Medizin*, neue Folge, V, 58, 59. 62).

sang. En effet, l'épiderme, les poumons, les reins et les glandes sudoripares enlèvent toujours de l'eau au corps. Le liquide qui filtre à travers la paroi des vaisseaux capillaires est épaissi à la consistance de chair et d'os par l'évaporation, la sueur, la respiration et la sécrétion urinaire.

Mais la formation des tissus avec le suc nourricier n'est pas un simple épaississement ; cette solution d'albumine, de graisse et de sels très-divers, contient toutes les conditions nécessaires pour provoquer les différences de formes les plus variées.

Dans une solution d'albumine, de graisse et de sels, on voit bientôt se détacher de petites granulations ; ces granulations s'agglomèrent en un petit grumeau, duquel naît une vésicule dont l'attraction s'exerçant sur les couches environnantes, les condense autour d'elle sous forme d'enveloppe. Voilà comment la vésicule s'enferme dans une cellule et en représente le noyau. C'est dans une cellule déjà formée que s'opère de préférence ce phénomène de genèse, et dans la plupart des cas, les nouvelles cellules se forment par la division du noyau d'abord et ensuite par celle de la paroi. Dans ce cas, on ne doit considérer le noyau et la paroi des cellules filles, que comme des formes de développement des parties correspondantes de la cellule mère.

Cette genèse de cellules est le procédé le plus général qui organise la matière organique, c'est-à-dire qui donne à la matière la forme des éléments anatomiques. Des cellules proviennent les tubes et les fibres, et de la combinaison des différents éléments prennent naissance des tissus, dont la structure serrée se dévoile à l'œil de l'observateur armé d'un microscope.

Les cellules sont ordinairement des vésicules fermées de toute part, remplies en partie d'un liquide qui effectue à travers la paroi un échange continuels avec les liquides et les gaz ambiants. En observant cet échange dans des cellules et des séries de cellules, nous épions le mécanisme primordial et mystérieux des échanges de matières, dont la science a à peine commencé l'exposition. Tant que la matière est à l'état amorphe, elle peut bien être organique, elle peut dans sa composition affecter un plus haut degré de complication et une plus grande tendance à la décomposition que le sel de cuisine, le salpêtre et d'autres substances inorganiques; mais elle ne devient organisée que par la constance avec laquelle la forme des cellules se reproduit dans une solution de matières organiques.

La forme des cellules change suivant la matière. Le tissu composé de vésicules, de tubes et de fibres dépend de la conformation des cellules dont il dérive.

Mais les substances inorganiques ne sont pas moins importantes que l'albumine et la graisse, pour la production des formes. Les globules du sang ne peuvent se développer qu'avec le secours du fer.

Voilà pourquoi les feuilles se flétrissent quand elles manquent de sels solubles, et pourquoi quand on prive les poules de terre calcaire, leurs os deviennent fragiles. Chossat a même vu des pigeons mourir en sept ou huit mois quand il leur donnait leur nourriture sans gravier (1).

Dans la plupart des cas, sans sels il n'y a pas de genèse de cellules. Il n'y a que des champignons déliés,

(1) Voyez Jac. Moleschott, *Physiologie der Nahrungsmittel, ein Handbuch der Diätetik*. Darmstadt, 1850, p. 150.

tels que la mère du vinaigre décrite par Mulder, qui se développent sans matière inorganique.

Les cellules meurent quand elles sont séparées du terrain nourricier qui contient le suc avec lequel leur contenu liquide est en action réciproque. Les cellules meurent « parce que des parties de matières vivantes, » séparées à dessein, ne peuvent conserver leur état de » composition sous les mêmes conditions extérieures » qu'auparavant » (Alexandre de Humboldt) (1).

Sans échange de matière il n'y a pas de vie pour la cellule, sans cellule vivante qui puise dans le liquide fécond qui l'entourne, l'accroissement est impossible.

L'évaporation qui permet aux racines des plantes d'absorber les matières de la terre végétale, et fait des vaisseaux déliés de l'intestin des animaux autant de racines qui puisent dans le chyle, et l'affinité élective des liquides agissant à travers les parois des cellules qui les séparent, voilà les facultés maîtresses de la matière qui effectuent l'accroissement.

Mais le sens de l'accroissement dépend de la matière que fournit le monde extérieur. L'eau est comme la terre qui la filtre, et par conséquent la plante est comme l'eau et la terre. C'est pourquoi il y a pour les plantes, les animaux et les hommes une géographie à laquelle l'air et le soleil impriment des caractères encore plus évidents.

(1) Alexandre de Humboldt, *Ansichten der Natur*. Stuttgart und Tübingen, 1849, 3^e Aufl., II, 311.

CINQUIÈME LETTRE.

LA TERRE EST L'ORGANE DE LA CRÉATION DES PLANTES ET DES ANIMAUX.

Quand on brûle avec précaution une plante, il n'est pas rare qu'on obtienne pour résidu un squelette qui correspond à la forme primitive de la tige. Ce squelette se compose de parties constituantes inorganiques qui appartenaient jadis à l'écorce de la terre. Une prêle brûlée laisse pour résidu une cendre presque entièrement formée de silice, l'élément principal du sable.

Nous avons vu que l'humeur nourricière d'un animal, d'une plante, faisait naître tantôt une forme de cellules, tantôt une autre, suivant sa propre composition. La nature des sels est aussi une condition fondamentale d'où dépend le bon état et même au moment de la première dissémination des plantes, la production d'une espèce végétale déterminée. Ainsi la vigne a pour caractère de contenir de la chaux, le froment des phosphates, la rave de la magnésie, substance analogue à la chaux. On trouve dans le chou-fleur et les feuilles de thé, du manganèse, métal qui ressemble beaucoup au fer et qui accompagne presque toujours, par des

traces au moins, le minéral de fer. Le tabac, le noyer, les feuilles de céleri contiennent du salpêtre. Ce corps peut être si abondant dans le tabac, que si l'on en croit Schoepf, au siècle dernier, pendant la guerre, on se serait servi, en Virginie, d'une espèce de tabac qui croît dans les terres basses pour en extraire ce composé d'acide nitrique et de potasse. Cent grammes des tiges les plus grossières, impropres à tout autre usage, réduites à l'état sec, auraient donné plus de 4 grammes de cristaux de salpêtre; souvent dans les nervures des feuilles de tabac la quantité de salpêtre s'élève même jusqu'à 11 pour 100 de résidu sec (Schlœsing) (1).

Ce n'est pas seulement dans la betterave qu'on trouve de la magnésie ou terre amère, on la trouve aussi dans les pommes de terre et le froment. Il y a de la chaux dans le trèfle et les pois aussi bien que dans le cep de vigne. Au premier abord on est amené à voir dans le rapport de ces terres avec l'espèce végétale, bien moins une affinité élective limitée qu'une relation plus générale, dont l'essence ne se réduit pas à la différence des matières. Il fut un temps où l'homme se croyait assez sage pour expliquer le plan de la nature par des idées de finalité. On faisait alors passer le silice du sable dans la prêle ou les tiges des graminées, pour donner à la plante cette solidité, grâce à laquelle l'épi peut se balancer au-dessus du chaume. Puis comme il fallait accorder cette destination supposée avec cette seconde hypothèse, que la nature prend le chemin le plus court pour atteindre son but, on inclinait à croire que la

(1) Forster, *Sämmtl. Schr.*, V, 451. Schlœsing dans *Journal für praktische Chemie*, von Erdmann und Werther, LXII, 465, 466,

plante prenait de la chaux quand il y avait de la chaux, et dans le cas contraire, au lieu de chaux, du talc ou de l'oxyde de fer ou quelque autre corps que ce fût.

Mais alors, comment se fait-il que le lycopode, cette plante qui fournit le soufre végétal, avec lequel on saupoudre les replis excoriés de la peau des enfants, contienne une si grande quantité d'alumine, tandis que cette combinaison chimique, en général moins abondante dans les plantes, manque totalement dans les chênes, les pins, les bouleaux qui croissent dans le même sol (Ritthausen, Aderholdt). Nous trouvons dans les cellules superficielles de quelques espèces du genre *Chara*, un élément excessivement répandu, le carbonate de chaux, et nous en remarquons l'absence dans d'autres espèces du même genre (Payen). De même, une espèce de violette jaune (*Viola lutea, calaminaria*) qui croît sur les monticules de calamine, aux environs d'Aix-la-Chapelle, semble devoir son existence au zinc contenu dans le sol (Bellingrodt). D'après les recherches les plus nouvelles, dans toutes les circonstances, et quand même on aurait ajouté au sol autant de composés de soude qu'on aurait voulu, il y a dans l'orge une quantité de potasse qui surpasse de plus du triple celle de la soude (Daubény).

Une petite bruyère (*Erica carnea*) qui foisonne dans la vallée du Lech, est excessivement riche en chaux, tandis qu'une autre bruyère d'une espèce différente, mais voisine (*Calluna vulgaris*), qui pousse dans les bois, sur les collines près du Lech et de la Wertach, se distingue encore plus sensiblement par sa richesse en silice (Roeth).

S'il faut attribuer cet effet à la combinaison inorganique qui se trouve la plus proche, et non point à l'es-

pèce de la matière, comment se fait-il que tant de plantes, les pommes de terre, les haricots, les épinards, l'orge, l'avoine, le cresson, souffrent d'une manière si évidente sous l'action de la soude, tandis qu'elles se trouvent très-bien de celle de la potasse (Chatin) ?

De tels faits nous prouvent péremptoirement que la racine de la plante absorbe, d'après des lois fixes d'affinité, les éléments inorganiques qui l'entourent dans la terre.

Liebig ne pouvait s'arrêter à une explication grossière de la solidité de la tige. Le premier il mit en évidence, comme il le fallait, la relation nécessaire d'échange entre les espèces de plantes déterminées et les matières inorganiques du sol. Et pourtant Liebig a formulé une loi d'après laquelle il serait indifférent que la plante contienne telle ou telle combinaison inorganique, pourvu que leurs bases jouissent de la même affinité pour les acides; en d'autres termes, pourvu qu'elles contiennent seulement la même quantité d'oxygène, et puissent par conséquent saturer la même quantité d'acide.

Mais les corps les plus analogues qu'on réunit sous le nom de bases, à cause de leur affinité pour les acides, ne peuvent se remplacer que d'une manière très-restreinte. Ainsi, dans le chou-fleur, deux terres qui présentent beaucoup de ressemblances, la chaux et la magnésie, conservent à peu près l'équilibre; dans d'autres cas, au contraire, le chou-fleur ne contient presque que de la chaux et très-peu de magnésie. Une grande portion de la magnésie est effectivement remplacée par la chaux. Dans d'autres cas beaucoup plus rares, un élément se trouve remplacé sous l'influence du sol par une substance singulièrement différente. Naguère Roethe a

trouvé dans la bugle rampante (*Ajuga reptans*) qui poussait sur un sol calcaire, une grande quantité de chaux, tandis que dans les plantes de la même espèce qui poussaient sur un sol argileux, la chaux était en grande partie remplacée par de la silice (1). Sur un sol calcaire, la prêle d'hiver (*Equisetum hiemale*) peut remplacer une grande partie de sa silice par du carbonate de chaux (2). Les ingénieux rêveurs de causes finales regarderont sûrement la solidité qui rend ces deux matières analogues, comme la raison de la substitution. A la vérité ces exemples ne s'accordent pas du tout avec la prétendue loi de saturation de Liebig, puisqu'un acide faible est remplacé par une base énergique.

D'autre part, la potasse et la soude ne se ressemblent pas moins entre elles que la chaux et la magnésie, et pourtant le hêtre et le chêne ne contiennent qu'une très-petite quantité de soude en comparaison de la potasse,

(1) Les dernières recherches d'Aderholdt (*Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXXII, 117, 118) et de Ritthausen (*Journal für praktische Chemie*, von Erdmann und Werther, LVIII, 133, 135), qui rectifie ses affirmations précédentes, s'accordent à montrer que diverses espèces de lycopodes contiennent une quantité notable d'alumine. Voyez encore Payen, *Comptes rendus*, XXXVIII, 243, 244; Bellingrodt, dans *Journal für praktische Chemie*, LXI, 319, 320; Daubeny, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XXI, 437; Roethe, dans *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXVII, 118, 120; Chatin, *Comptes rendus*, XXXVIII, p. 270, 272; Roethe, dans *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XC, 255.

(2) Struve a trouvé dans la cendre de l'*Equisetum hiemale* 97 centièmes d'acide silicique; Brock, qui a recueilli la même plante sur un lieu riche en chaux, a trouvé que la cendre contenait 83 centièmes d'acide silicique, mais en outre aussi 13 centièmes de carbonate de chaux (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVII, 349, 350).

même alors qu'ils croissent dans un terrain qui renferme cinq fois plus de soude que de potasse (K. Bischof). De même, il y a des plantes d'eau qui contiennent plus de magnésie que de chaux, bien que dans le sol des ruisseaux d'où on les a retirées, il se trouve dix fois plus de chaux que de magnésie (1). Dans les parties les plus différentes du marronnier, jamais la soude ne remplace la potasse, ni la potasse les terres (E. Wolff Staffel).

Ces exemples et bien d'autres ont invinciblement démontré qu'il ne faut pas penser à une loi générale de substitution, en tant qu'elle n'exigerait que la saturation des acides par un poids déterminé des bases.

Entre chaque espèce végétale et les éléments du sol, il y a une loi d'affinité qui, ici comme partout, exclut toute idée d'un jeu de hasard.

Ce rapport intime entre les masses organiques du corps végétal et les sels que présente la terre est si constant, qu'alors même qu'un sol contient des substances qui ne font partie de la plante que par exception, certains corps organiques les retiennent. Récemment, les cas de découverte de l'arsenic dans les végétaux se sont multipliés. Les tubercules de la pomme de terre, les raves blanches, les feuilles extérieures du chou pommé, la paille de seigle, peuvent contenir des traces d'arsenic, puisque cet élément existe, d'après Walchner, dans toutes les terres riches en fer. Mais, dans toutes ces plantes, l'arsenic est combiné n'importe comment avec la cellulose, substance très-peu soluble qui, dans la plante, forme les parois des jeunes cellules. De là vient

(1) Ainsi le *Stratiotes aloides* contient pour 100 parties en poids de cendre : magnésie, 14,35 et chaux 10,73 seulement. (Schulz-Fleeth, dans *Poggendorff's Annalen*, LXXXIV, 98, 100, 101.)

qu'on a trouvé dans les excréments d'une vache, de l'arsenic avec une grande quantité de la cellulose de l'herbe non digérée (Stein) (1).

A mesure que l'observation la plus attentive considère plus rigoureusement ces éléments inorganiques que, dans les études qu'on faisait autrefois des corps organisés, on avait coutume d'entasser dans un appendice insignifiant, les rapports qui unissent la nature des plantes à la terre et à ses eaux, deviennent plus intimes et plus nombreux. Ainsi, il y a peu de temps, Schulz-Fleeth a trouvé plus de potasse que de soude dans beaucoup de plantes aquatiques, tandis que dans d'autres plantes ramassées dans les mêmes ruisseaux, la soude l'emportait sur la potasse. Bien qu'on doive éviter avec prudence, à l'exemple du savant que je viens de nommer, d'ériger les faits instructifs en lois générales, il est juste de remarquer que les plantes distinguées par leurs belles et fraîches couleurs vertes étaient riches en potasse, tandis que la couleur sombre tirant sur le brun des autres plantes correspondait à la richesse en soude (2).

La relation qui unit une espèce végétale à la terre est la même pour les parties de la plante. La potasse,

(1) Stein, dans *Journal für praktische Chemie*, LI, 305, 309, et LIII, 41, 43. En traitant simplement les matières par l'eau bouillante, il ne m'est jamais arrivé, dit Stein, d'extraire de l'arsenic ; les liqueurs de lavage acides ou alcalines du coton n'en contenaient pas non plus, et cela me confirme dans l'idée qu'il se trouve mêlé aux éléments de la cellulose, en qualité d'éléments (*loc. cit.*, p. 43).

(2) Le *Typha angustifolia*, le *Nymphæa lutea*, le *Stratiotes aloides*, l'*Arundo phragmitis*, étaient verts et riches en potasse ; le *Scirpus lacustris*, le *Nymphæa alba*, le *Hottonia palustris*, étaient bruns et riches en soude. (Schulz-Fleeth, *loc. cit.*, p. 104).

la magnésie et l'acide phosphorique prédominent dans la semence ; le chlore, la chaux et la silice dans la tige. Les feuilles ont pour caractère de contenir de l'acide silicique, du sulfate de potasse et du carbonate de chaux (1). Si donc nous voyons que cette distribution se reproduit toujours la même à l'intérieur de la plante, nous sommes bien forcés de conclure que la production de la semence est attachée à la potasse et à l'acide phosphorique, comme celle de la tige à la chaux et au chlore, et celle des feuilles au sulfate de potasse.

Envisagé à ce point de vue, tout ce qu'on peut apprendre de positif sur les sels d'une certaine partie de la plante acquiert une importance dont on ne se doutait pas, il n'y a pas encore longtemps. Une lumière bienfaisante se répand sur tous les faits particuliers, à mesure que le nombre des parties du végétal explorées s'accroît, et qu'en même temps la notion de la dépendance qui lie le développement de la plante aux petites pierres et à la chaux du champ et du jardin devient plus féconde.

Cette vérité doit frapper même la personne la plus ignorante, quand on lui dit que le carbonate de chaux qu'il se fatigue souvent à rejeter de son jardin, est un corps aussi essentiel aux parties vieilles des plantes que la combinaison de la chaux et de l'acide phosphorique l'est aux parties jeunes. Plus il y a d'albumine dans une partie d'un végétal, plus la quantité de phosphate de chaux est grande ; c'est ce sel qui la distingue des tissus végétaux pauvres en albumine. On comprend donc

(1) Voyez Berthier, *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXXIII, p. 254, et E. Wolff, *Journal für praktische Chemie*, XLIV, 456, 459.

pourquoi la graine, où s'emmagasine la provision d'albumine des plantes, enlève l'acide phosphorique à la tige. La quantité de l'acide phosphorique de la paille est singulièrement réduite après la production d'un poids considérable de grains (1).

La plante fabrique la masse principale de son corps avec l'acide carbonique de l'air. Une partie de l'oxygène de cette combinaison, formée de carbone et d'oxygène, est exhalée par la plante, tandis que le carbone et le restant de l'oxygène entrent dans la composition des substances végétales les plus importantes.

On peut, jusqu'à un certain point, mesurer l'activité de l'accroissement de la plante par la quantité d'oxygène qui se dégage dans ce phénomène. Or, dans les plantes d'eau, l'élimination d'oxygène, la décomposition de l'acide carbonique dans les parties vertes, cesse si les sels qui se trouvent dans les eaux naturelles font défaut (2). Ces sels sont les combinaisons inorganiques du sol. Sans ces matières inorganiques, la formation des principes organiques de la feuille et de la tige est donc une chose impossible.

Les animaux eux-mêmes sont, sous ce rapport, tout le portrait des plantes. Ni le sang de l'homme ni celui des vertébrés ne pourrait se développer si la terre ne lui fournissait le fer, et si la plante n'enlevait ce fer à la terre pour le lui transmettre. Sans le phosphate de chaux, les parties du corps de l'animal qui sont riches en albumine n'existeraient pas plus que celles des

(1) E. Wolff, *Journal für praktische Chemie*, LII, 108, 109, 117. Voyez Garreau, *Annales des sciences naturelles*, 3^e série, XV, 28, 31.

(2) Cloëz et Gratiolet, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XX, p. 42; *Erdmann's Journal*, LIII, 203, 204.

plantes. Le phosphate de chaux constitue presque la moitié de nos os, il est généralement connu sous le nom de terre d'os.

Le cuivre joue, dans le sang de l'escargot des vignes, le même rôle que le fer dans celui de l'homme (Harless et von Bibra). Dans le sang de l'anodonte, le carbonate de chaux tient la même place que le phosphate de chaux dans le sang des vertébrés (C. Schmidt). Aussi trouvons-nous le carbonate de chaux dans les parties douées d'une dureté osseuse, les aiguillons, les coques, les étuis des échinodermes, des polypes et des mollusques, tandis que chez l'homme et les vertébrés, les os et les dents doivent leur solidité au phosphate de chaux. Le sulfate de soude (sel de Glauber) est le caractère des os des poissons et des amphibiens, le phosphate de magnésie existe en grande quantité dans les dents des pachydermes (von Bibra).

Pour l'animal comme pour la plante, l'espèce et le genre, le développement de chaque tissu est lié par une nécessité absolue à l'absorption de sels tout à fait déterminés.

C'est dans la croûte solide de la terre que sont déposées les conditions de la diversité des habitants de notre monde. L'écorce de notre terre contient en abondance les matières inorganiques qui forment la plus grosse moitié des éléments de la terre de nos champs. Ces matières sont concentrées dans le sein des montagnes et des rochers, tantôt molles et amorphes, tantôt roidies en cristaux.

Ces montagnes rocheuses ne nous donnent pas seulement des marteaux et des tenailles pour nos forges, du marbre et de l'or pour les ateliers de nos artistes, leurs éléments inorganiques sont aussi les instruments

qui combinent les matières organiques sous la forme des plantes et des animaux qui animent le globe.

Les transitions du froid et du chaud font éclater le rocher. Le poids glacé d'un manteau de neiges éternelles fend la montagne et en disperse les blocs. Le glacier qui glisse, les cours d'eau qui se précipitent et les cascades sont autant de systèmes de marteaux qui disloquent le rocher et en broient les angles. Dans la nature, ni trêve ni repos. Ces puissances de destruction l'emportent sur la force de la goutte d'eau qui, à force de tomber, fouille le grès; l'eau qui mugit éternellement, les montagnes de glace qui craquent, les avalanches qui grondent comme le tonnerre pulvérisent le granit. Le roc lui-même ne peut braver l'éternité.

La montagne éclate en morceaux, les morceaux deviennent de la poussière; les fleuves emportent la poussière dans les plaines, ils en engraisent les champs, car ils leur apportent la nourriture dont les plantes ne peuvent se passer.

Dans la Wetteravie, à Logrosan en Estramadure, à Redwitz près du Fichtelgebirge, se trouvent des dépôts immenses de phosphate de chaux, de ce qu'on appelle la pierre d'os ou la terre d'os (Bromeis, Daubeny, Fikentscher) (1).

Au moment où le mineur, en Wetteravie et en Estramadure, tire de la terre du phosphate de chaux, il extrait plus que de l'or, il extrait du froment, il extrait des hommes. Nous retournons les entrailles de la terre pour accroître la puissance des sens appliquée à l'observa-

(1) Bromeis, *Annalen* von Liebig, Wöhler und Kopp, LXXIX, 1 et seq.

tion et des pensées qui s'en nourrissent. Le mineur fait donc sortir de la terre le trésor de l'esprit que le laboureur met en circulation, imprimant à la roue des temps sa première impulsion. Le mineur gagne sa vie à la sueur de son front, au péril de ses jours, et il ignore que c'est peut être la matière de la meilleure tête qui passe par ses mains; par son travail obscur, il met peut-être des siècles en mouvement.

SIXIÈME LETTRE.

CIRCULATION DE LA MATIÈRE.

Il y a un procédé dont le cerveau de l'homme fait un grand usage; il consiste, dans un cas donné, à fonder une proposition générale sur une série bornée d'observations. Nous souffrons tous de ce défaut particulier, et nous ne pouvons nous en affranchir que plus ou moins. Voilà ce qui explique les classifications inflexibles au moyen desquelles nous cherchons à étendre la portée de notre esprit. Il serait absurde de vouloir donner à de pareilles classifications le droit de bourgeoisie dans la science. Pourtant il est certain que ces tentatives essayées en vue d'endiguer absolument dans des compartiments étroits les phénomènes qui s'enchaînent partout les uns avec les autres, pour former le courant de la nature vivante, sont justement les causes qui provoquent de nouvelles observations, et par suite des idées nouvelles. Telle a été la destinée du principe qu'a posé pour la première fois Ingenhousz, à savoir, que les plantes ne vivent que de substances inorganiques.

Quand le génie investigateur de Senebier eut montré que les plantes décomposent à la lumière l'acide carbonique que leurs feuilles enlèvent continuellement à l'air, et plus tard quand on eut déterminé l'augmentation du poids de la plante causé par le carbone qui reste en elle, une proposition d'une grande valeur fut trouvée. Non-seulement les plantes vivent en partie de l'air, mais encore elles tirent de cette source nourricière la plus grande portion de leur corps. C'est pour cela que depuis longtemps on appelle le carbone *phytogène*.

Il est vrai que la plante ne contient pas seulement la cellulose et le sucre, l'amidon, la graisse et la cire, qui ne sont composés que de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, mais encore de l'albumine qui renferme de l'azote combiné avec ces éléments.

Mais l'air aussi contient de l'azote, et non pas seulement à l'état libre, mais encore combiné avec de l'hydrogène sous forme d'ammoniaque. La rosée et la pluie apportent cette ammoniaque à la terre, la racine de la plante l'absorbe.

La plante trouve dans le sol ses sels et son eau, voilà pourquoi—c'est un fait établi positivement—les plantes peuvent, dans certaines circonstances, vivre exclusivement de matières inorganiques. L'eau, l'acide carbonique, l'ammoniaque, les sels, sont, sans exception, des substances d'une composition simple; leurs combinaisons, en se décomposant, reproduisent les mêmes substances simples dont ils provenaient. Ces caractères les opposent, en qualité de corps inorganiques, aux combinaisons organiques qu'on extrait artificiellement des plantes ou des animaux.

Les lichens qui poussent sur des murailles dépour-

vues de terre, vivent en effet de matières inorganiques ; ils se nourrissent d'air et de sels.

Au contraire, l'expérience la plus vulgaire nous apprend que l'homme ni aucun animal supérieur quel qu'il soit, ne peut vivre d'air et de sels.

C'est avec raison qu'on a vanté la nouveauté et l'importance du fait que : la plante fait passer l'air et la terre à l'état organique. Et les idées préconçues d'une finalité dans la nature entretenant toujours cette tendance à distinguer par des oppositions, on n'assigne aux plantes qu'une seule tâche : prendre les matières inorganiques dans le sol et dans l'air, et les transformer en aliments organiques pour l'usage de l'animal. La plante vit de substances inorganiques, tandis que l'animal a besoin d'une nourriture organique ; telle était la distinction. En assignant aux plantes la propriété de s'assimiler exclusivement l'air et les sels, on augmentait encore la portée de la classification.

Mais la combustion que subissent les plantes et les animaux vivants et morts, sous l'action permanente de l'oxygène qui les enveloppe de tous côtés, n'aboutit pas directement à la formation d'acide carbonique et d'eau. Les feuilles tombées, les chaumes, les produits des jachères, le fumier des écuries et les cadavres contribuent à former le terreau. Ils imprègnent le sol de matières organiques. L'acide humique, l'acide crénique et l'acide apocrénique sont tous des corps composés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène qui ne manquent dans aucun bon terrain.

Dans le sol, ces acides sont combinés avec l'ammoniaque. Le crénate d'ammoniaque est un corps qui contient de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Ces éléments existent dans l'apocrénate

d'ammoniaque à peu près dans les mêmes proportions que dans l'albumine (Berzelius, Mulder) (1).

Par conséquent, on peut comprendre que le lichen, pauvre en azote, prospère sur les rochers nus, tandis que le froment, riche en albumine, réclame la forte nourriture du fumier.

Cependant Ingenhousz et Liebig n'attribuaient l'action fertilisante qu'aux matières inorganiques de l'engrais. Puisque l'engrais et le terrain sont des mélanges, il fallait donner une preuve immédiate à l'opinion que l'acide humique et l'acide crénique tels qu'ils sont, sont des aliments pour la plante. Cette preuve, de Saussure l'a fournie. Il a déterminé par des pesées la quantité d'humate de potasse qui passe dans une plante en bon état. J'ai observé moi-même le passage de l'humate de potasse dans les oignons et dans les fibres radicales du safran. Malaguti a pesé la quantité d'ulmate d'ammoniaque que la cressonnette (*Cardamine pratensis*) tire du sol, et a déterminé le poids acquis par ces petites plantes, sous l'influence favorable de l'ulmate d'ammoniaque, par rapport à d'autres à la disposition desquelles il n'avait pas mis cette substance alimentaire (2). Mulder et Soubeiran ont découvert, par l'expérimentation, que les solutions des matières organiques du terreau ont une influence favorable sur la végétation.

Il est donc tout naturel que ces petits végétaux pululants que nous appelons des moisissures, et dont les parents, dans le règne végétal, sont très-riches en azote,

(1) Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels*. Erlangen, 1851, 99.

(2) Malaguti, *Comptes rendus*, XXXIV, p. 112, 114.

se plaisent sur un sol organique. Dans la pourriture sèche du bois, les matières organiques qui, dans le principe, formaient les cellules du bois, se transforment en cellules d'un champignon, dont les filaments prennent petit à petit la place du bois. Dans la maladie bien connue des vers à soie, la terrible muscardine, un champignon pousse sur les corpuscules du sang de la chenille. Une végétation de champignons peut détruire le sucre. La couche rouge qu'on trouve quelquefois sur le sucre avarié se compose d'espèces d'un nouveau genre de ces petits végétaux pullulants (1).

Plus une plante produit d'albumine, moins elle peut se passer des acides du terreau. Nous savons par Mulder que ces acides se distinguent par une très-grande affinité pour l'ammoniaque, laquelle cède son azote à l'albumine.

Cependant Liebig persiste si fermement depuis des années dans son idée, que le fumier n'agit que par ses parties inorganiques (2), qu'il a l'illusion de croire qu'on a abandonné l'opinion défendue naguère encore par Mulder, Johnston, Soubeiran, Malaguti et tant d'autres, c'est-à-dire, que le terreau est utile aussi par ses parties organiques (3).

« Nous savons », dit Liebig, « que pour les plantes » marines, il ne peut être question d'une nourriture tirée » de l'humus (terreau) par les racines (4). » Pourquoi ? Est-ce que les conditions de putréfaction qui transfor-

(1) *Glyphiphila erythrospora* et *G. elæospora*, Montagne. (Voy. la communication faite, en octobre 1851, par Payen, *Comptes rendus*, XXXIII, 393, 397.)

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 240, 672, 682.

(3) Id., *ibid.*, 661. *Im Sinne der jetzt verlassenen Humus-Theorie.*

(4) Liebig, *Chemische Briefe*, 630.

ment les plantes mortes en acide humique, en acide crénique et en acide apocrénique, manquent dans la mer? Mais j'admets qu'elles manquent, le varech géant et d'autres plantes marines s'adjoindront au lichen qui vit sans humus. En résulte-t-il que l'acide humique ne contribue pas à la nourriture d'autres plantes? A ce compte, il ne serait pas vrai que nous mangeons de la viande, parce que le Groënlandais vit de poisson, et que les habitants des îles de la mer du Sud se nourrissent du fruit de l'arbre à pain.

» Mais, » objecte encore Liebig, « la chaux est utile, » et elle ne pourrait pas l'être si l'acide humique servait » à quelque chose, puisqu'elle décompose l'acide humique (1). » Il est clair qu'ici Liebig prend une probabilité pour une preuve, et que sa conclusion s'en ressent. De ce que la chaux est, dans certaines circonstances, plus utile que l'acide humique, faut-il conclure que l'acide humique soit sans action?

D'ailleurs la chaux laisse l'humate d'ammoniaque intact. Bien plus, la chaux peut se combiner avec l'acide humique. Liebig lui-même a essayé de déterminer à peu près la quantité d'acide humique qui peut passer dans les plantes, et se sert pour cela de la quantité de chaux que ces plantes contiennent. Donc, la chaux ne doit pas détruire tout à fait l'acide humique. Le sel de chaux serait même, d'après Liebig, le sel le plus répandu, et celui qui contient le plus d'acide humique (2).

Pour mettre le comble à ses contradictions, Liebig se prononce contre l'utilité de l'acide humique, par la

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 661.

(2) Liebig, *Agriculturchemie*, 6^e Aufl. Braunschweig, 1846, 18.

raison que la quantité de chaux contenue dans la plante est trop faible, et ne peut lui procurer une quantité considérable de cet acide humique qu'elle doit détruire.

L'humate de chaux, ajoute plus loin Liebig, est une combinaison à laquelle il faut pour la dissoudre une telle quantité d'eau, que toute la pluie qui tombe sur un champ ne parviendrait pas à donner aux plantes beaucoup de carbone sous forme d'acide humique.

Cette objection serait certainement d'une très-grande valeur, si l'assertion de Liebig, que l'humate de chaux est le sel le plus répandu de tous les humates, était vraie. Mais il n'en est pas ainsi : non-seulement l'humate d'ammoniaque se trouve en plus grande abondance dans la terre végétale que l'humate de chaux, mais cette combinaison a une fixité telle, que l'un des acides les plus énergiques, l'huile de vitriol ou acide sulfurique, n'est pas en état de la décomposer complètement (Mulder). De plus, l'humate d'ammoniaque est aussi soluble dans l'eau que l'humate de chaux l'est peu. Le premier est deux mille fois plus soluble que le second.

Pour augmenter le nombre de ses raisons probables, Liebig fait une nouvelle objection à la vertu fertilisante du terreau. Nous pouvons, dit-il, augmenter le produit des plantes en carbone jusqu'à un certain point en leur fournissant des matières qui ne contiennent pas de carbone (1). Le fait est vrai, mais l'objection ne vaut rien. D'après les recherches intéressantes de Cloëz et Gratiolet, il est indubitable que la plante ne peut décomposer l'acide carbonique de l'air ni en fixer le carbone, s'il ne se trouve dans la

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 683.

terre des sels convenables. Ces sels servent, dit Liebig, donc l'acide humique ne sert pas. D'après la même logique, l'acide carbonique ne sert pas. Je vais plus loin, les sels eux-mêmes ne servent pas, à l'exception d'un seul, qu'on peut choisir à volonté parmi les éléments inorganiques de la plante pour lui faire jouer ce rôle.

Tels sont les détours où l'on se perd quand on s'engage à soutenir une théorie avec des probabilités au lieu de preuves. C'est aussi pour cela que cette erreur est tenace, car les probabilités poussent comme des champignons.

Jusqu'ici j'ai sans doute réfuté les considérations les plus importantes de Liebig, mais non pas toutes celles qu'il a parées du charme entraînant d'une exposition qui bien souvent brille comme l'éclair. Il nous faut encore tenir compte d'une objection capitale. Le rendement en carbone d'une prairie ou d'une même surface de forêt est indépendant d'une addition de fumier riche en carbone (1). Que serait-ce donc si dans l'addition d'humate d'ammoniaque il s'agissait bien plus de la présence d'une combinaison très-utile d'azote, de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, que de l'augmentation du produit en carbone qui, sans doute, en est le résultat indirect ?

Ce n'est pas seulement parce que le fumier augmente ou complète les sels du sol, que nous sommes dans la nécessité de lui faire honneur des fruits de nos champs ; mais parce que les combinaisons ammoniacales des acides organiques de la terre activent avec la plus grande énergie la production d'albumine, composé

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 683 ; voyez encore 680, 681.

riche en azote, et c'est là le but que nous poursuivons dans l'agriculture.

Personne, aussi longtemps que cette question est restée en suspens et qu'on l'a discutée d'une manière scientifique, absolument personne n'a cru que la plante fût redevable d'une grande partie de son carbone à l'acide humique. De Saussure, défenseur autorisé de la nourriture organique des végétaux, a déjà fait ressortir que les plantes dans une fertile terre de jardin, ne peuvent tirer des matières organiques du sol plus du vingtième de leur poids (1). Mais si la plante en réalité ne tire que la plus petite partie de son carbone des acides humique, crénique et apocrénique, cela démontre-t-il que la plante ne tire pas du tout de carbone de ces acides? Liebig lui-même, vaincu par la force des faits, reconnaît une action au terreau, par la raison même qu'il fournit du carbone aux plantes. « L'action de l'humus consiste en un développement accéléré de la plante, c'est un gain de temps. » Dans tous les cas le produit en carbone s'accroît sous l'influence de l'humus. Dans l'art de l'agriculture il faut porter en ligne de compte l'opportunité du temps. » A ce point de vue l'humus a une importance singulière pour la culture des espèces potagères (2). » Et pourtant on veut que le produit en carbone d'une prairie ou d'une même surface de forêt soit indépendant de l'addition d'un fumier riche en carbone.

C'est clair : en dépit de sa thèse générale, Liebig ne peut nier logiquement que le terreau ne soit une source

(1) Hugo Mohl, dans *Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, die Vegetalische Zelle*, 237.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 689; voyez 637, 661, 678, 679, 685, 703, 704.

de carbone. Cependant il n'abandonne pas pour cela sa proposition que les matières organiques ne peuvent contribuer à la nourriture des plantes. Liebig fait d'abord décomposer entièrement l'acide humique par une décomposition progressive en acide carbonique et en eau, avant de le faire absorber par les racines. L'acide carbonique du sol complétera celui de l'air, dissoudra les phosphates du sol, formera des bicarbonates, transformera les combinaisons insolubles de silice en composés solubles. C'est par ce moyen que les fibres des racines augmentent, et par suite les feuilles et avec elles l'absorption de l'acide carbonique de l'air (1).

Une partie des acides organiques se consume par une décomposition graduelle et se réduit en eau et en acide carbonique, c'est un fait incontestable. Mais c'est précisément parce que la décomposition se fait par une combustion très-lente que les sels ammoniacaux des acides organiques se trouvent si abondamment dans la terre végétale. Qu'ils passent en cet état dans les plantes, c'est démontré par l'observation directe; qu'ils servent aussi par l'addition de carbone, Liebig, au milieu même de ses assertions contradictoires, l'a établi énergiquement. Quant à la proposition, que tout l'acide humique doit préalablement se décomposer en acide carbonique et en eau, on n'a pas même essayé de la démontrer. Au contraire, pour écarter tous les doutes, Wiegmann et Mulder ont démontré par des expériences que ni l'acide carbonique ni l'ammoniaque ne peuvent remplacer l'action de l'acide humique (2).

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 677, 679.

(2) Mulder, *Proeve eener Algemeene physiologische Scheikunde* 746, 756, 757.

« Donnons au sol de l'ammoniaque et les phosphates » qui sont indispensables aux céréales, s'il n'en contient » pas, et nous aurons rempli toutes les conditions que » réclame une bonne récolte, car l'atmosphère est un » magasin inépuisable d'acide carbonique (1). » Voilà la raison favorite de Liebig : l'air fournit du carbone en abondance inépuisable. Pourquoi donc le terreau donnerait-il aussi du carbone? Par conséquent l'acide humique n'en fournit pas. C'est toujours le point de vue suranné des idées de finalité, avec lesquelles on peut rendre tout probable, sans rien prouver. Il suffit d'exposer ces arguments dans leur nudité et leur simplicité. Si l'on s'adresse à un homme de bon sens on n'a plus besoin d'ajouter un mot de réfutation.

J'ai combattu les arguments spécieux de Liebig, qui se répètent sans devenir meilleurs. Je leur ai consacré plus de détails qu'il ne convient d'en donner dans un livre fait pour le peuple. Mais Liebig a dit dans un ouvrage destiné non-seulement aux hommes spéciaux qui font des recherches eux-mêmes, mais encore à tout le monde éclairé, que la théorie de l'humus était *abandonnée*. Ce n'est pas là ce qui fera triompher ses idées sur les sources de la nutrition des plantes. De Saussure, et le premier chimiste agricole qu'ait possédé le pays le plus avancé dans la pratique, Johnston, Mulder, Soubeiran, Malaguti et beaucoup d'autres ont défendu et défendent encore l'action de l'humate d'ammoniaque, non pas avec le poids de leur nom, ni avec une pression dictatoriale, mais avec des faits qui ne se laissent pas gouverner.

Si les acides humique, crénique, apocrénique, com-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 662.

binés de préférence avec l'ammoniaque, passent dans les racines des plantes; si, d'autre part, l'apocrénate d'ammoniaque contient de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène à peu près dans les mêmes proportions que l'albumine, l'ammoniaque doit avoir dans la terre végétale, pour la prospérité des productions des champs, au moins autant d'importance que ces acides organiques. Oui, l'ammoniaque est encore plus importante, car on ne peut révoquer en doute que la plante ne doive la principale partie de son azote à l'ammoniaque, de la même manière qu'elle doit tirer de l'acide carbonique la plus grande partie de son carbone.

C'est pour cela que Liebig a rendu un service éminent en faisant connaître que l'air et la pluie contiennent de l'ammoniaque. La quantité de ce corps dans l'air est soumise à des variations très-étendues, parce que l'eau absorbe cette combinaison d'azote et d'hydrogène avec tant d'avidité, que chaque pluie emporte hors de l'atmosphère à peu près toute l'ammoniaque qui s'y trouvait. De la sorte, chaque pluie, et encore mieux chaque pluie d'orage ajoute au champ la combinaison d'azote la plus fertilisante, qui sert aux plantes de nourriture. Les effets bienfaisants de la pluie ne sont donc pas bornés à la dissolution des corps contenus dans le sol. Avec la pluie, les champs et les jardins reçoivent une des plus importantes substances alimentaires des végétaux.

Mais il y a une autre source d'ammoniaque plus abondante encore qui jaillit de la terre végétale elle-même. On en doit la découverte aux savantes recherches de Mulder, et c'est à tort que Liebig en a nié l'existence (1).

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 184.

Il s'agit d'une des propriétés les plus intéressantes de l'hydrogène; quand il se dégage de ses composés, il entre avec l'azote condensé dans une nouvelle combinaison qui n'est autre que l'ammoniaque. Le fer est un corps simple, l'eau un composé d'hydrogène et d'oxygène. Quand on met en contact l'eau et le fer, celui-ci enlève de l'oxygène à l'eau, il se forme de la rouille, combinaison d'oxyde de fer avec l'eau, et de l'hydrogène se dégage. Tous les mélanges pulvérulents peu tassés condensent les corps gazeux, par exemple l'azote. La limaille de fer est un de ces corps. Quand nous ajoutons de l'eau à la limaille de fer, il ne se forme pas seulement de la rouille : l'hydrogène qui se dégage de l'eau se combine avec l'azote condensé dans la limaille pour former de l'ammoniaque. La terre végétale joue à la fois le rôle de l'eau et de la limaille de fer; elle condense l'azote dans ses pores, et les matières du terreau, en voie de décomposition, sont des sources d'hydrogène; celui-ci en se dégageant se combine avec l'azote condensé.

Dans une bonne terre l'humate d'ammoniaque ne peut donc pas manquer. Dans l'humate d'ammoniaque l'air et la terre et les débris des plantes et des animaux s'unissent ensemble pour produire la substance alimentaire la plus nécessaire à la réussite du fruit. L'air donne la cause de la décomposition dont il s'agit ici; car elle n'est qu'une combustion lente, et l'oxygène est la cause que, dans les corps en voie de putréfaction, l'hydrogène se dégage. C'est encore de l'air qui provient l'azote que l'hydrogène naissant doit rencontrer; la terre condense l'azote dans ses pores. Enfin l'acide humique résulte des animaux et des plantes en décomposition.

L'humate d'ammoniaque est la substance nutritive la plus nécessaire au froment et aux pois, c'est-à-dire aux aliments les plus riches de l'homme, parce qu'il se change avec la plus grande facilité en albumine, combinaison très-complexe d'azote, de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, qui occupe un rang élevé parmi les composés organiques et imprime la première impulsion à la vie de la plante. Par la vie j'entends l'échange de matières.

L'albumine soluble ou des substances qui présentent le plus de ressemblance avec elle, font passer l'amidon de la semence et des racines à l'état de dissolution, c'est-à-dire qu'elles le mettent en mouvement. Ce mouvement produit la germination.

Déjà sortent de la terre les premières petites feuilles vertes, et déjà commence l'absorption de l'acide carbonique de l'air, qui, avec l'aide de l'ammoniaque, de l'eau et des sels, peut métamorphoser ces folioles imperceptibles en un buisson, en une forêt.

La décomposition de l'acide carbonique, qui rend possible l'extrême multiplication des plantes, s'opère dans toutes les parties vertes qui sont exposées à la lumière. Et même elle n'est pas limitée exclusivement aux parties purement vertes; car les feuilles jaunes verdâtres du gui de chêne, qui vit en parasite sur les arbres fruitiers, peuvent décomposer l'acide carbonique (Luck) (1).

Quant à l'acide carbonique, il provient des animaux qui respirent, du bois et de la houille que nous brûlons. La plante ramène le carbone dans le cercle de la vie. Pourtant le carbone n'est fixé que si la plante

(1) Luck, *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXVIII, 86.

trouve en même temps des sels dans le sol et de l'oxygène dans l'air. Quand l'oxygène manque, les feuilles vertes ne peuvent pas, même à la lumière, décomposer l'acide carbonique (Théod. de Saussure) (1). L'air et la terre doivent rendre productif l'acide carbonique, qui sans cela s'accumulerait et deviendrait un tourment et un péril pour la vie des hommes et des animaux.

Après que l'ammoniaque et l'acide carbonique ont été transformés en albumine, le bétail qui pait dans les pâturages la rassemble et lui donne la forme la plus convenable pour la nourriture de l'homme. Dans l'agriculture comme dans l'élevage des bestiaux, le but principal est la production d'albumine, de graisse et de sels.

Le même acide carbonique, le même azote que les plantes tirent de l'air, de l'acide humique et de l'ammoniaque, deviennent successivement herbe, trèfle, froment, animal et homme, pour redevenir enfin de l'acide carbonique, de l'eau, de l'acide humique et de l'ammoniaque.

C'est en cela que consiste le miracle naturel de la circulation de la matière. Liebig trouve miraculeux que le carbone de notre cœur et l'azote de notre cerveau aient, autrefois peut-être, appartenu à un Égyptien ou à un nègre. La plaisanterie est à mon avis triviale pour ne pas dire de mauvais goût. Cette espèce de métempsychose serait la conséquence la plus mesquine de la circulation de la matière. Le miracle est dans l'éternité de la matière à travers le changement de forme, dans le passage de la matière d'une forme à une autre, dans l'échange de la matière, le premier fondement de la vie terrestre.

(1) Voyez Robin, *Comptes rendus*, XXXIII, 38.

Tout le labeur de l'homme s'effectue sur des voies qui aboutissent, comme autant de rayons, au cercle que la matière doit parcourir. La lutte se rapproche ou s'éloigne du centre suivant les degrés de notre savoir. Plus nous concevons clairement que nous travaillons au plus haut développement de l'humanité, par une judicieuse association d'acide carbonique, d'ammoniaque et de sels, d'acide humique et d'eau, plus aussi deviennent nobles la lutte et le travail au moyen desquels nous cherchons à fixer sur le plus court chemin au dedans du cercle, la rotation des éléments.

Ainsi donc, la sublime création dont nous sommes chaque jour témoins, qui ne laisse rien vieillir, ni rien se perdre, c'est que l'air et les plantes, les animaux et les hommes se tendent partout la main, se purifient, se rajeunissent, se développent et s'anoblissent perpétuellement ; c'est que l'individu qui tombe n'est qu'un sacrifice à l'espèce ; c'est que la mort même n'est que l'éternité de la circulation de la matière.

SEPTIÈME LETTRE.

LA PLANTE ET LE SOL.

Quand on brûle des feuilles de thé desséchées, on peut à la couleur de la cendre distinguer si l'on avait affaire à du thé de la Chine ou à du thé de Java. La cendre de ce dernier est beaucoup plus colorée en rouge, parce qu'elle contient une plus grande quantité d'oxyde de fer. Aussi l'infusion de thé de Java est-elle plus foncée que celle du thé de la Chine, parce que l'oxyde de fer s'engage avec l'acide tannique des feuilles de thé dans une combinaison d'une couleur bleu noirâtre (Mulder). Il est clair que c'est parce qu'il y a du fer dans cette île fertile que le thé de Java ne peut être estimé à l'égal du thé de la Chine. Dans le sud des États-Unis de l'Amérique du Nord, dans l'Alabama, la Géorgie, la Caroline du Sud, et même dans le Brésil, la culture de thé ne peut acquérir que petit à petit la prospérité et la supériorité qui sont le partage de la Chine. La raison en est en grande partie dans le sol. La fine rave de Teltow ne quitte les sables de la Marche de Brandebourg que pour perdre son goût. Dans le sol fertile de la province du Rhin elle se change en un tubercule informe dans

lequel le Berlinois ne reconnaît plus son mets favori. Il en est pour le tabac et la vigne comme pour le thé et les raves. Le Havane s'abâtardit graduellement à Java, et c'est en vain qu'on a essayé d'obtenir en Amérique avec des vignes d'Europe un cru égal à celui du Rhin (1).

Tous ces faits trouvent l'explication la plus satisfaisante dans le rapport normal qui lie les principes organiques des plantes avec les sels du sol.

Si un amandier produit des amandes douces ou des amères, c'est le lieu où il est planté qui en est la seule cause. Liebig nous apprend que, dans quelques cas, il a suffi de déplacer un arbre qui produisait des amandes amères, pour lui faire produire des amandes douces. Il manque dans ces dernières la substance caractéristique des amandes (l'amygdaline), qui se change en huile d'amandes amères et en acide prussique sous l'action d'un ferment que toutes les amandes renferment.

La nourriture une fois changée imprime une autre direction à la désassimilation dans l'amandier, à tel point que tantôt l'amygdaline se produit, et tantôt ne se produit pas. C'est la même chose pour l'homme : avec une nourriture exclusivement animale, son urine contient de l'acide urique comme d'habitude ; mais si les végétaux prédominent dans le régime, elle contient au contraire de l'acide hippurique.

Les pommes de terre qui germent dans les caves, contiennent un corps vénéneux caractérisé par son affinité pour les acides. Au lieu des bases alcalines et terreuses que les tubercules gisant sur le sol ne pouvaient

(1) Fleischmann, *Froriep's Tagesberichten*, 1851, sept., nos 373, 212, 213.

absorber, apparaît un alcali organique qui se développe au sein même de la plante. Moins le quinquina rencontre de chaux dans la terre, plus il renferme de quinine combinée avec l'acide quinique. De même dans le suc du pavot, l'acide méconique peut être remplacé par l'acide sulfurique.

Dans ces derniers temps on a fait la remarquable observation que les vins contiennent de l'iode. Parmi les vins français ceux qui renferment le plus de ce corps simple, sont les vins des collines granitiques du Beaujolais et du Maconnais; celui qui en contient le moins, c'est le champagne qui vient sur la craie blanche. Le vin de Bordeaux des terrains tertiaires de la Gironde est plus pauvre en iode que celui qu'on récolte sur la craie verte, depuis Cahors jusqu'à la Rochelle (Chatin) (1).

C'est surtout à titre de remède qu'on recherche le cresson de fontaine qui pousse dans les eaux courantes. Il doit une partie de sa vertu salutaire à l'iode que l'eau courante ajoute continuellement à sa composition, et qui, par conséquent, s'y trouve en plus grande abondance que dans le cresson de fontaine des eaux stagnantes (Chatin).

L'utilité des jachères, des assolements, des engrais minéraux, du gypse, de la marne, des os, démontre d'une manière éloquente la relation matérielle qui lie la plante au sol. Elle avait dans la pratique la valeur d'un fait positif, avant que la science moderne en eût donné la théorie.

Le sol le plus fertile s'épuise à la fin. On sait que les vignobles demandent de la potasse. Nous savons depuis

(1) Chatin, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XVIII, p. 243.

peu par Berthier (1), que cette potasse ne passe dans les raisins qu'en très-faible quantité et qu'au contraire elle entre pour sa plus grande partie dans le bois et les feuilles. Mais le raisin suppose la souche. Et quoique Boussingault, un des hommes les plus savants et les plus expérimentés dans les questions de science agricole, ait démontré que les pommes de terre, le froment, la betterave enlèvent au sol plus de potasse que ne fait la vigne (2), la présence de la potasse dans le sol est néanmoins nécessaire à la vigne. Il est probable que ce n'est pas seulement par ce que la vigne contient de la potasse. Les carbonates alcalins des excréments de la vache sont, d'après Liebig, la cause de l'augmentation de la quantité de sucre dans les raisins.

Puisque les pommes de terre enlèvent au sol la potasse, on abîmerait un vignoble en y plantant des pommes de terre. Une source nourricière qui doit couler pour la vigne serait ainsi tarie.

Sur une surface égale et dans le même temps, le froment tire cinq fois plus de potasse et d'acide phosphorique que les hêtres, et les sapins se contentent d'un peu plus de la moitié de ce que les hêtres consomment de ces substances. C'est là une des différences les plus curieuses qui caractérisent l'opposition de l'agriculture à l'économie forestière. L'agriculture épuise le sol, surtout en potasse et en acide phosphorique. Le régime forestier lui enlève plus particulièrement la chaux (Fresenius) (3).

(1) Berthier, *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXXIII, 259.

(2) Boussingault, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XVIII, 425.

(3) Heyer, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXII, 188.

Salm-Horstmar a fait voir que l'avoine qui manque de fer perd sa couleur verte, devient pâle et ne peut produire de fleurs ni de fruits (1). Le fluorure de calcium nuit à l'avoine (2), tandis qu'il se trouve dans l'orge. Le sel de cuisine agit d'une manière désavantageuse sur le sarrasin, tandis qu'il est utile à l'orge et à l'avoine, quand on fume en même temps avec du terreau (E. Wolff) (3). D'après Isidore Pierre, les engrais minéraux les plus fertilisants pour le trèfle sont le gypse brut, le nitrate de potasse, le nitrate d'ammoniaque et le sulfate de soude, et, malgré le prix élevé des nitrates, ils sont en même temps les plus économiques eu égard aux produits (4).

Le carbonate de potasse est un engrais excellent pour les betteraves, parce qu'il augmente leur rendement de sucre, tandis que l'engrais animal abaisse la quantité de ce sel et, en revanche, augmente celle des nitrates (Herth) (5).

Voyant que nos graines de céréales sont si riches en gluten azoté, en acide phosphorique et en magnésie, Pierre a recherché s'il n'y aurait pas un sel double, réunissant en soi l'acide phosphorique, la magnésie et l'azote sous la forme de l'ammoniaque, qui agirait d'une manière fertilisante sur les récoltes. Il le trouva dans ce fait qu'une quantité de 150 à 500 kilogrammes de phosphate ammoniac-magnésien par hectare dé-

(1) Salm-Horstmar, *Erdmann's Journal*, LII, 335.

(2) Id., *ibid.*, 32.

(3) Émile Wolff, *id.*, LI, 55.

(4) Isidore Pierre, *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXX, 429.

(5) Herth, *Journal für praktische Chemie*, von Erdmann und Werther, LXIV, 145.

ploie une action extraordinairement avantageuse, le grain de froment y gagnant trois pour cent en poids et le rendement de sarrasin devenant six fois plus grand (1).

Les diverses espèces de plantes demandent donc à la terre des éléments déterminés; et quand ils manquent, il faut les ajouter artificiellement.

En conséquence, l'agriculteur a deux choses à faire. Dans un cas, considérant le champ comme donné, il doit faire choix du fruit en se conformant à la nature du sol. Dans l'autre, au contraire, il veut une certaine récolte, et alors il faut qu'il subordonne l'engrais à la nature du sol. Par exemple, d'après Boussingault, les pommes de terre et les betteraves tirant du sol une quantité extraordinaire de potasse, on ne devra pas planter des betteraves dans un champ dont les pommes de terre ont épuisé la potasse. Il faut choisir, d'après la nature du sol, un autre produit qui n'ait pas besoin de beaucoup de potasse, ou bien améliorer le sol par des jachères qu'on laboure avant la floraison. Les produits de la jachère communiquent aux couches supérieures de la terre les sels, que les racines ont absorbés dans les profondeurs. D'ailleurs, pendant la jachère, l'efflorescence des sels s'opère, et de nouvelles quantités de silicate de potasse viennent se mettre à la disposition des nouvelles récoltes.

C'est dans cette connaissance des besoins de chaque plante que git tout le secret des assolements et des jachères. Liebig recueillera un honneur impérissable pour avoir appuyé sur des principes scientifiques les propositions empiriques obscures qui réglaient cette

(1) Isidore Pierre, *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXXVI, 60, 61.

matière, et avoir franchement substitué au mystère une loi de la nature.

Dans le vignoble, le rapport est renversé; chaque année il faut qu'il produise des raisins. Le choix de la plante n'est pas subordonné au sol, il faut donc que le fumier réponde aux besoins de la vigne. Voilà pourquoi nous apportons à la vigne des carbonates alcalins, sous forme d'excréments du bétail; car si ces carbonates manquent au point que le vignoble n'en puisse absorber la quantité nécessaire aux sarments et aux pampres, il n'y a pas de soleil qui fasse produire une bonne année. Sans sarments et sans feuilles, pas de raisins.

Néanmoins, il est souvent très-important de savoir que tel élément est utile à la tige et tel autre au fruit. Ainsi, d'après Wolff, le carbonate de potasse favorise l'accroissement de toutes les parties qui contiennent principalement de la cellulose, c'est-à-dire les feuilles et la tige, tandis que les phosphates sont la cause de la récolte du fruit (1). On sait que, dans tous les cas, ce qui caractérise le fruit, c'est sa richesse en acide phosphorique et en albumine. C'est à cause des phosphates et des corps albumineux qu'aucune autre partie de la plante ne peut soutenir la comparaison avec le fruit du froment ou les graines des légumineuses. L'agriculture, tant qu'elle s'occupe des premiers besoins de l'homme, de sa nourriture, n'a pas de plus grande tâche à remplir que de préparer de l'albumine et d'amasser du phosphate de potasse et des combinaisons d'acide phosphorique avec la chaux et la magnésie.

On comprend donc pourquoi les efforts qu'on fait de notre temps sont toujours dirigés vers la solution de ce

(1) Émile Wolff, *Erdmann's Journal*, LII, 73.

problème, dont on comprend de plus en plus l'importance : connaître pour chaque cas le fumier qu'il convient d'appliquer. Et si nous réfléchissons que par suite de l'accroissement constant de la population, le phosphate de chaux, la terre d'os, peut venir à manquer, c'est alors que nous sentons l'immense valeur de la découverte des champs de phosphate de chaux, d'ostéolithe, en Estramadure et en Wetteravie.

Pourtant, ce n'est pas seulement en passant dans la plante que les sels de l'engrais minéral rendent des services.

Le carbonate de chaux, les carbonates terreux en général et les carbonates alcalins abandonnent leur acide carbonique par l'effet de la chaleur. Sous l'action des rayons solaires, le carbonate de chaux de la marne perd d'abord de l'eau, ensuite de l'acide carbonique qui est entraîné par la vapeur d'eau. Ainsi, petit à petit, naissent des combinaisons qui contiennent plus de chaux que les précédentes, un sel de chaux où la chaux l'emporte sur l'acide, un sel basique de chaux (Jacquelain) (1). En hiver, le sel basique absorbe de nouveau plus d'acide carbonique et devient par là une nouvelle source de cet acide pour l'été.

L'influence qu'exerce sur la végétation la marne et les autres corps contenant des carbonates, augmente avec la chaleur. Il faut en tenir compte quand on considère la croissance exubérante des plantes entre les tropiques.

C'est aussi ce qui explique l'action d'un engrais connu dans le nord de l'Allemagne sous le nom de *post*. C'est une plante du genre *Chara* qui, d'après Schulz-Fleeth (2),

(1) Jacquelain, *Erdmann's Journal*, LIII, 305, 306.

(2) Schulz-Fleeth, *Poggendorff's Annalen*, LXXXIV, 94.

a pour caractère une richesse extraordinaire en carbonate de chaux. En automne, on porte ces débris de végétaux sur les champs, et on les laisse se décomposer pendant l'hiver. Or, comme le sol ne manque pas de carbonate de chaux, ce n'est pas par son sel de chaux qu'agit le post : il est, comme la marne, une source d'acide carbonique qui contribue au développement des principes organiques des plantes.

Si l'on fait abstraction des effets immédiats de leurs éléments inorganiques, et aussi de la propriété par laquelle le carbonate de chaux, dissous dans de l'eau contenant de l'acide carbonique, attaque les alcalis et l'acide silicique, et leur donne une forme grâce à laquelle ils peuvent pénétrer dans les racines des plantes ; la marne et le post et les autres combinaisons qui contiennent du carbonate de chaux sont encore utiles en été en dégageant de l'acide carbonique, car l'acide carbonique est un moyen d'opérer la dissolution du carbonate de chaux et d'autres corps qui sont par eux-mêmes insolubles dans l'eau.

C'est ainsi que le sol lui-même devient une source d'acide carbonique. Mais il faut considérer l'ammoniaque de la terre autant et encore plus que l'acide carbonique.

Tous les engrais animaux, et l'urine en particulier, accroissent la richesse du sol en ammoniaque. Les plantes les plus importantes de l'agriculture, les céréales, qui suivent l'homme plus fidèlement, ou au moins aussi fidèlement que les plus fidèles des animaux domestiques, les pois, les haricots, les lentilles, contiennent tant d'azote sous forme d'albumine, qu'il nous faut fournir de l'ammoniaque d'une manière artifi-

cielle pour que ces plantes puissent suffire à nos besoins. On dira que les pommes de terre donnent peu d'azote, même après qu'elles ont reçu beaucoup de fumier (1). Cela ne prouve rien contre les effets du fumier, mais seulement que la plante à pommes de terre n'a pas la faculté de produire dans ses racines une grande quantité d'albumine. Sans fumier, le blé ne peut préparer cette abondance qui fait bénir les bonnes années. Aussi, tous les moyens qui peuvent fixer dans la terre l'ammoniaque volatile par elle-même méritent notre attention. Liebig nous a fait remarquer l'influence du gypse dans ce sens : le gypse est une combinaison de chaux et d'acide sulfurique qui change le carbonate d'ammoniaque en carbonate de chaux et en sulfate d'ammoniaque non volatil. Mène, qui croit avoir découvert cette propriété, a montré que le gypse peut être remplacé par d'autres sulfates, par l'acide sulfurique libre, les sels acides et l'acide nitrique (2). C'est tout naturel, puisque tous ces acides peuvent également fixer l'ammoniaque.

L'acide humique et l'acide crénique valent beaucoup mieux que le gypse; l'acide sulfurique lui-même ne décompose pas entièrement l'humate d'ammoniaque. Ce sel n'offre pas seulement de l'azote à la plante, il lui offre de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène combinés en des proportions qui s'accordent presque avec celles de l'albumine.

C'est par cette raison que le rendement d'une prairie est plus grand, quand elle est arrosée par une eau riche en crénates et apocrénates d'ammoniaque, que lors-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 692.

(2) Mène, *Comptes rendus*, XXXI, 803, 804.

qu'elle reçoit une même quantité d'eau, mais d'une provenance moins pourvue de ces sels (1).

Le sol est la première des grandes influences terrestres qui gouvernent les plantes, les animaux et l'homme. Sur les plaines élevées des Andes, il y a des champs de blé qui depuis deux cents ans donnent chaque année de riches récoltes. On cultive au Pérou et même dans le midi de l'Europe, le maïs sans interruption et avec les meilleurs résultats. Chez nous le blé ne réussit qu'au moyen d'un système intelligent d'assolement. En Virginie la terre est épuisée, on n'y peut produire ni froment, ni tabac.

A cause de la grande variété des mélanges des éléments inorganiques qui tiennent place dans la charpente de la plante, chaque sol a la végétation qui lui est particulière, et comme un anneau rattache l'homme à la terre. C'est par les plantes que nous tenons à la terre; elles sont nos racines, par elles nous suçons dans les champs l'albumine de notre sang et le phosphate de chaux de nos os. C'est ainsi que ces mots: «l'homme attaché à la glèbe» acquièrent un sens profond et matériel. La civilisation est une dépendance de ces actions du sol auxquelles on fait rarement attention, tantôt par orgueil, parce que l'on ne veut pas regarder derrière la cause la plus prochaine, tantôt par humilité, parce qu'on se contente de la plus lointaine de toutes.

(1) Chevandier et Salvétat, *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXXIV, 320.

HUITIÈME LETTRE.

LES PLANTES ET LES ANIMAUX.

« Les herbivores vivent de la même nourriture que les
» carnivores, les uns et les autres consomment de l'albumine ; les premiers de l'albumine des végétaux ; les seconds de celle des animaux, mais l'albumine est la même pour les uns et pour les autres (1). »

C'est en ces termes pleins de simplicité que Mulder fit connaître en 1838 une des lois les plus importantes qu'ait trouvées le XIX^e siècle, une loi qui a acquis une autorité générale sans que Mulder ait sonné la trompette pour lui procurer des adhésions. Depuis lors la science de l'alimentation est entrée dans une ère nouvelle, la plus intéressante de toutes.

Par suite de la propriété qu'elles ont de préparer, avec de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, de l'eau et de quelques sels, l'albumine, c'est-à-dire le corps organique dont la composition est la plus compliquée, les plantes entraînent sans relâche dans le tourbillon

(1) Mulder, in *Natuur-en Scheikundig archief uitgegeven door Mulder en Wenckebach*. Leyd, 1838, p. 128,

de la vie terrestre la zone d'air qui enveloppe notre globe. Les plantes font de l'albumine avec de l'acide carbonique, de l'eau, et de l'ammoniaque, de l'amidon et du sucre avec de l'acide carbonique et de l'eau, et de la graisse avec de l'amidon. L'albumine, le sucre et la graisse sont les matières qui jouent le plus grand rôle dans l'alimentation des animaux. De sorte qu'on peut dire que les animaux et l'homme, au moyen des plantes, proviennent de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, de l'eau de l'atmosphère et de quelques sels du sol.

Telle est la part essentielle que prend l'air dans l'acte créateur de la terre. En changeant l'acide carbonique et l'eau en sucre et en graisse, la plante amène la résurrection de la vie animale, qui provient toute entière de l'air et de la terre, comme l'enseigne le mythe biblique, mais par l'aide toute-puissante des végétaux. Mais la plante crée l'air à son tour. L'acide carbonique qui mérite son nom de phytogène à cause du rôle prépondérant que son carbone joue dans la formation de la plante, celle-ci le décompose sous l'influence de la lumière et exhale son oxygène. De plus elle élimine aussi de l'azote. Des plantes d'eau qui poussent dans une eau privée d'azote, en dégagent néanmoins; elles le tirent de leurs parties azotées (1). Et l'oxygène et

(1) Cloëz et Gratiolet ont trouvé dans l'air dégagé par le potamogeton dans une eau sans azote 57,50 pour 100 d'azote. Dans ce cas, l'azote contenu dans la plante diminue, sur 100 parties de la plante desséchée, de 5,23 à 3,74. (*Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XX, p. 42, 43.) Déjà auparavant, de Saussure et Draper ont appelé l'attention sur le dégagement d'azote par les plantes. Draper le regarde comme étant positivement une élimination. Ad. et W. Knopp ont trouvé, il y a peu de temps, qu'une espèce de myrio-

l'azote sont les deux gaz principaux du mélange que nous appelons l'air atmosphérique.

Cet oxygène agit sans interruption dans la combustion des végétaux et des animaux. C'est tout à fait sans raison et parce qu'il se plaît à faire des catégories que Liebig prétend que l'influence de l'oxygène n'a absolument rien à faire dans la vie des plantes (1). C'est précisément au moment de la plus haute activité vitale, pendant la germination de la graine et pendant la floraison, qu'il se fait la plus grande absorption d'oxygène (Boussingault, de Vriese). Vogel, à Munich, a fait voir que pendant la germination il se forme de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'eau (2). Il y a beaucoup de champignons qui absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique, ainsi que Liebig lui-même le rapporte dans ses lettres.

Dans tous les cas, il est incontestable que l'intervention de l'oxygène dans la vie des bêtes est bien plus puissante. La respiration des animaux et de l'homme est une combustion incessante. L'oxygène que nous inspirons, brûle le sang pour former les tissus, et brûle les tissus pour former de l'acide carbonique, de l'eau et de l'urée. La lumière favorise cette combustion, de même que dans la plante la décomposition de l'acide carbonique est un effet de lumière. J'ai trouvé dans mes expériences sur des grenouilles, que le corps de ces

phyllum remplit d'azote en dix heures un espace plus grand que celui que la plante occupe elle-même. (*Froriep's Tagesberichte*, sept. 1851, Botanik, 220.)

(1) Liebig, *Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, Braunschweig, 1846, 6^{te} Aufl., 29.

(2) Vogel, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XXV, 256, 257.

animaux, pour le même poids et dans le même temps, fournit plus d'acide carbonique à la lumière que dans l'obscurité (1). Nous exhalons de l'acide carbonique et de l'eau. Beaucoup d'infusoires font cependant exception à cette règle générale du règne animal, comme nous avons vu que des champignons en font une dans le règne végétal. Ils absorbent de l'acide carbonique et expirent de l'oxygène (Wœhler, les Morren). Malgré cette exception, l'influence de l'oxygène étend sa domination sur les végétaux et les animaux, et se manifeste sous la forme de combustion.

Ainsi tombe une distinction de nos jours trop bien accueillie, d'après laquelle on voulait opposer d'une manière absolue les plantes aux animaux. Les plantes prépareraient les matières par voie de réduction, les animaux les consommeraient par voie d'oxydation.

L'oxygène est si destructeur que les animaux et les plantes, les uns comme les autres, succombent sous son action, et pourtant si nous ne voyions dans l'oxygène qu'une force destructive des animaux, nous donnerions la preuve que notre vue n'a qu'une faible portée. La condition indispensable de la transformation des substances albumineuses du sang en tissus, en os, en cartilages, en muscles, est une absorption d'oxygène, tout aussi bien que dans le cas où le muscle se change en acide carbonique, en eau et en urée. Le corps de

(1) Jac. Moleschott, *De l'influence de la lumière sur la quantité d'acide carbonique éliminée du corps de l'animal* (*Wittelshöfer's Wiener medicinische Wochenschrift*, Jahrgang 1855, 681). Voyez *Licht und Leben*, Discours d'ouverture du cours public de physiologie à l'Université de Zurich, prononcé le 21 juin 1856 par Jac. Moleschott, 2^e Aufl., Frankfurt a. M., 1856.

l'homme ne prospère qu'à la lumière par la même raison que des grenouilles exposées à son action exhalent plus d'acide carbonique que celles qu'on a placées dans l'obscurité. Dans l'obscurité l'économie met en réserve une plus grande quantité de graisse qui, sous l'influence de la lumière, se décompose plus promptement en acide carbonique et en eau. C'est ce qui explique que les oies s'engraissent plus facilement dans l'obscurité. Mais si l'on peut, avec l'aide de l'obscurité, réussir à faire de gras rôtis d'oie, avec elle on ne fera jamais d'hommes robustes.

La recombposition et la décomposition se donnent la main, elles ont toutes les deux besoin d'oxygène, c'est le signe de leur parenté. Ce serait donc ne voir qu'un côté des choses, que de faire un caractère général, absolu, de l'opinion que les plantes préparent ce que les animaux consomment. D'ordinaire ces divisions faites à l'emporte-pièce sont filles de l'idée préconçue, que la nature marche vers un but. C'est en vertu d'un seul et même principe étroit, d'un penchant enfantin de l'intelligence que l'on conçoit la nature sous la forme d'un établissement destiné à être distribué dans les cases du cerveau humain, et qu'après l'avoir rabaisée en la personnifiant, on lui attribue ces idées de finalité, et on lui fait créer les plantes afin qu'elles préparent de la nourriture pour les animaux et l'homme afin qu'il respire pour les plantes.

Mais dès que nous considérons les plantes et les animaux dans la grande économie de la vie organique, et dans ces rapports toujours mobiles, qui se pénètrent partout les uns les autres, nous sommes prêts à renoncer sans regret à toute fantaisie de classification; cependant nous ne pouvons assurément pas méconnaître

le grand contraste qui assigne à la plante une activité inférieure.

Organiser l'air et la terre, c'est l'essence de la vie végétale. Le corps de la plante pour ce qui est de sa partie solide, se compose surtout de cellulose, c'est-à-dire d'une combinaison de carbone, d'hydrogène et d'oxygène réunis exactement en même quantité que dans l'amidon, mais arrangés autrement. Toutes les parois des jeunes cellules sont formées par de la cellulose. Il n'y a pas de doute que cette cellulose ne provienne de l'acide carbonique et de l'eau. L'acide carbonique et l'eau sont extraordinairement plus riches en oxygène que la cellulose, l'amidon et le sucre. Pour que la cellulose naisse aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau, il faut donc nécessairement qu'ils fassent l'un et l'autre une perte considérable d'oxygène. On comprend déjà pourquoi la plante rend de l'oxygène en échange de l'acide carbonique qu'elle absorbe. L'élimination de l'oxygène est la première cause de la vie, et de l'accroissement du végétal. A cette élimination d'oxygène est liée, d'une manière indissoluble, la combinaison d'acide carbonique, d'eau et d'ammoniaque sous forme de cellulose, de graisse et d'albumine, au moyen de laquelle la plante élève la matière brute au rang de composé organique et lui fait revêtir des formes organisées.

A ce point de vue on peut dire que le développement progressif de la matière à l'état de vie organique, consiste dans une déperdition d'oxygène.

Pour l'animal, c'est autre chose. Déjà l'albumine se brûle dans le sang pour former de la fibrine qui se coagule spontanément hors du corps. La substance principale des muscles, qui ne diffère de la fibrine du sang

que légèrement, présente le même degré de combustion. Nous trouvons une autre combinaison d'albumine avec l'oxygène dans la peau de l'enfant avant la naissance et dans celle du nouveau-né; cette combinaison se change peu à peu en matière conjonctive qui se compose des mêmes principes gélatineux que les os. Quand on fait bouillir cette matière conjonctive ou des os, on obtient de la colle forte.

Le développement du sang, l'organisation de ses parties en tissus, sont donc liés à une absorption d'oxygène; car la combustion n'est qu'une combinaison avec l'oxygène.

La conséquence de cette combustion qui ne s'opère que petit à petit, forme, en premier lieu, le cerveau et les muscles, et peu à peu s'avance jusqu'à former de l'urée, de l'acide carbonique et de l'eau, c'est positivement une décomposition de la matière. Nous voyons les éléments du corps des animaux descendre du degré de composition organique où les avait portés la vie végétale, et rentrer dans l'air amorphe et le chaos de la terre.

C'est dans ce sens, et seulement dans ce sens que l'on peut dire que les plantes préparent ce que les animaux consomment. Les faibles modifications que l'animal fait subir aux substances végétales pour en construire son propre corps font apparaître d'autres propriétés de la matière. Plus un être est chargé du rôle d'organiser le monde matériel, plus l'activité que déploie d'autre part le mouvement de sa substance est insignifiante. La plante ne pense pas.

Par conséquent, nous pouvons dire que la différence essentielle qui sépare l'animal de la plante, qui caractérise le mécanisme intérieur de leur vie c'est que la

plante enlève à la matière son oxygène, tandis que l'animal la livre dégradé par dégradé à une combustion complète.

Cette tendance naturelle est si grande, que la plante opère la plus forte soustraction d'oxygène que le chimiste pourrait effectuer avec ses puissants réactifs, et que l'animal accomplit les actes les plus énergiques de la combustion.

Les nitrates d'argent et de mercure sont réduits dans la plante à l'état métallique tout à fait libre d'oxygène (Vogel).

La formation du salpêtre, sel composé d'acide nitrique et de potasse, ou d'acide nitrique et de soude, se fait dans la nature par la combustion de l'ammoniaque. Quand l'ammoniaque se combine avec l'oxygène, il se forme de l'acide nitrique et de l'eau, et cela se fait encore plus facilement si l'acide nitrique rencontre de la potasse ou de la soude, et peut s'unir avec elles pour former des sels. Un sel n'est autre chose qu'une combinaison d'un acide avec un alcali.

Quand nous introduisons dans le sang qui est alcalin, une combinaison d'ammoniaque avec le chlore ; il se fait dans le corps de l'homme de l'acide nitrique, on retrouve l'ammoniaque dans l'urine sous forme d'acide nitrique. L'emploi du tartrate de potasse rend en peu de temps l'urine alcaline, au contraire, elle reste acide si l'on a employé du tartrate ou du carbonate d'ammoniaque. L'ammoniaque est éliminée avec l'urine sous forme d'acide nitrique et d'eau (Bence Jones) (1).

(1) Bence Jones, *Comptes rendus*, t. XXXI, p. 898. Voyez la réponse de Jaffé, *Journal für praktische Chemie*, LIX, 239, 240, et la réplique de Bence Jones, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCII, 96, 97.

En reportant la pensée sur cette élimination d'oxygène qu'opère la plante, et sur la combustion qui a lieu dans l'animal, on peut soutenir que l'intensité de la vie se mesure, dans la plante par l'oxygène, et dans l'animal, par l'acide carbonique qu'ils dégagent.

C'est par l'oxygène que la plante exhale que l'homme respire; c'est par l'acide carbonique que l'animal échange contre de l'oxygène que la plante vit; c'est en dégageant de l'oxygène que les plantes purifient l'air.

On a quelquefois manifesté de l'inquiétude qu'après des centaines et des milliers d'années, il pourrait arriver un temps où le monde végétal ne suffirait plus à entretenir la vie animale, où il n'y aurait plus assez d'arbres pour purifier l'air avec leur feuillage. La quantité d'oxygène que les plantes dégagent en décomposant l'acide carbonique deviendrait alors trop petite pour subvenir aux besoins de la respiration de l'homme. On se figurait donc que les herbivores dévoreraient tout le règne végétal, et que les carnivores détruiraient les herbivores.

Il n'y a pas d'idée qui résiste moins à un examen attentif. Il résulte des pesées que fait le chimiste et c'est une de leurs conséquences les plus importantes, que pas une des molécules de matière contenue dans le cercle d'attraction de notre terre, ne peut se perdre. La quantité d'azote de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, de soufre et de phosphore, qui composent les substances organiques des corps vivants, n'est pas sujette à des perturbations. Seule la distribution change. On ne peut imaginer qu'un petit animal nouvellement né, ou que le nourrisson, continue à vivre sans fournir en même temps une source permanente de nourriture pour les plantes avec l'acide carbonique qu'il expire.

La variété des espèces d'animaux et de végétaux se révèle bien moins par la quantité d'azote, de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, de soufre et de phosphore contenus dans les individus qui les représentent, que par les proportions différentes d'après lesquelles ces éléments sont combinés les uns avec les autres. Cependant ces proportions supposent, en définitive, la présence de certaines substances inorganiques telles que du sel de cuisine, du cristal de roche, du phosphate de chaux. Ces substances produisent les combinaisons caractéristiques des corps organiques, tantôt par leur seule présence, tantôt par leur quantité.

Le sel de cuisine, le cristal de roche, le phosphate de chaux et de quelque nom qu'elles s'appellent, les matières inorganiques qui entrent dans la vie des plantes comme condition de l'espèce, ne sont pas seulement accumulées en couches puissantes dans l'écorce du globe ; mais elles sont encore mises en réserve dans de riches magasins à la surface de la terre. Ces magasins ce sont les corps des végétaux et des animaux ; ces magasins sont inépuisables parce que les moules de l'animal et de la plante sont périssables.

Nous brûlons un bois de pins, et plus tard nous voyons à la même place mûrir un champ de blé. Nous brûlons des bruyères, et avec leurs cendres, nous changeons une lande en terre labourable. La potasse, la chaux, la magnésie, l'acide phosphorique, que renfermaient les pins et les bruyères entraînent l'acide carbonique et l'ammoniaque de l'air, ainsi que l'eau de la pluie, à former de nouvelles combinaisons. En s'unissant ils forment les principes des corps des plantes alimentaires.

La chaux, la magnésie, la potasse, l'acide phospho-

rique et l'acide sulfurique qui sont contenus dans les plantes et les minéraux que j'ai cités et qui déterminent la production des végétaux utiles, sont accumulés en quantités énormes dans les forêts vierges d'Amérique. Les éclaircir, et dispenser sur le sol leur chaux, leur potasse et leur acide phosphorique, c'est donner à nos plantes alimentaires et à nos animaux domestiques de nouveaux instruments qui leur servent à réunir l'azote, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène et à leur donner les formes de leurs propres combinaisons organiques. Ainsi les forêts vierges d'Amérique se transforment peu à peu en fruits des champs, en animaux domestiques et en nouveaux hommes. Chaque journée salue un monde nouveau, une nouvelle distribution des matières; de sorte que sous le soleil tout est nouveau, éternellement nouveau.

Mais jamais l'homme ne pourra détruire les animaux, jamais l'animal ne détruira les plantes, au point de ne plus laisser assez de feuilles vertes pour purifier l'air. Pendant la vie et après leur mort, l'homme et l'animal se transforment en substances qui ne peuvent nourrir que les plantes, et il n'y a que les plantes qui puissent avec ces substances préparer les combinaisons qui servent à reconstruire le corps des hommes et celui des animaux.

Il n'y a pas longtemps qu'un savant scrupuleux et profond a observé les variations de l'air qui surviennent dans la Nouvelle-Grenade à la suite des grands incendies annuels de forêts, que les indigènes appellent *las quemas*. Après ces incendies, la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air peut devenir dix fois plus grande, et celle de l'oxygène baisser en proportion. La cellulose et les matières ligneuses de la forêt ont

changé leur carbone en acide carbonique aux dépens de l'oxygène de l'air. Cet acide carbonique sert de nourriture aux céréales et aux pois (1).

Sans acide carbonique, une riche végétation est impossible. Il faut l'oxygène de l'air à la respiration des animaux. Mais la quantité d'oxygène contenue dans l'air peut varier, l'azote en particulier que renferme le cercle gazeux qui enveloppe la terre peut être remplacé par de l'hydrogène, et la quantité d'acide carbonique y peut être considérablement augmentée, sans qu'il se produise de la gêne dans la respiration pourvu qu'il y ait de l'oxygène (Regnault et Reiset).

Les plantes peuvent rester longtemps dans un air composé d'hydrogène et d'azote, sans souffrir de dommage (De Saussure, J. H. et C. Gladstone) (2). La proportion des gaz de l'air pourraient donc subir des variations passablement considérables sans devenir un péril pour la vie des plantes et des animaux. C'est le contraste qui existe entre les animaux et les plantes qui seul pose à ces variations des limites relativement étroites. L'ordre actuel du monde ne subsiste que par l'atmosphère actuelle.

Mais s'il est vrai que la plante par sa propriété de réduire les corps oxygénés offre un remarquable contraste avec l'animal qui subit une combustion continue, il est aussi vrai de dire que ce contraste est peu exclusif et que par conséquent il ne peut servir de base à une classification.

(1) Lewy, *Comptes rendus*, t. XXXIII, 348, 349.

(2) J. H. Gladstone et C. Gladstone, *Philosophical Magazine*, sept. 1851, 220, 221.

Nous avons déjà vu que la plante n'échappe pas à la combustion. Pendant la nuit les plantes absorbent de l'oxygène au lieu d'acide carbonique, et elles exhalent de l'acide carbonique. Ce qui caractérise la germination et la floraison, c'est une combustion. Le contraire de ce qui se passe ordinairement, le caractère de la vie nocturne des plantes se montre déjà dans l'exposition à l'ombre dans le crépuscule, dans les jours sombres (Garreau). Il en est de même d'après Ch. Morren pendant une éclipse de soleil (1).

Cette exception a dans le règne animal un pendant d'une importance au moins égale.

J'ai toujours cru que ce que Liebig a fait de plus beau en faveur de la théorie de l'échange de la matière, c'est d'avoir montré comment la graisse se forme dans le corps de l'animal. Une vache qui produit du lait et du beurre, ne reçoit dans sa nourriture que la quantité de graisse qu'elle dépense dans ses excréments. La graisse de son beurre, elle la doit à la cellulose et à l'amidon du fourrage. Dans le corps de l'herbivore, la cellulose devient de l'amidon et l'amidon du sucre. L'homme aussi change de l'amidon en sucre, le sucre en acide lactique, l'acide lactique en acide butyrique. Voilà les degrés qui conduisent à la production de la graisse, et ce qui justifie le nom d'adipogènes qu'on donne à l'amidon et au sucre.

La loi de Mulder, que les plantes préparent l'albumine, et celle de Liebig, que les animaux fabriquent de la graisse, sont deux conquêtes qui pourraient seules

(1) Garreau, *Comptes rendus*, t. XXXII, 298, 299. Ch. Morren, Institut, 24 décembre 1851, 413.

assurer à notre siècle une place honorable dans l'histoire de la science. Ces lois font de Mulder et de Liebig les premiers fondateurs de la science de l'échange de la matière, qui suit pas à pas la matière dans son développement sur toutes les voies de sa vaste circulation. Et qu'on ne croie pas que la plante soit dépourvue de la faculté de faire de la graisse ; dans les graines huileuses c'est sans doute l'amidon qui se change en graisse, et il n'est pas impossible que la plante prépare encore cette graisse avec de l'acide carbonique et de l'eau.

La préparation de la graisse dans le corps de l'animal fait le pendant à la combustion dans le corps végétal. Cette fabrication de la graisse tient tout à fait à une perte d'oxygène.

Dans l'amidon et le sucre, qui ne se composent que de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, les deux derniers éléments se trouvent combinés dans le même rapport que dans l'eau.

Tous les corps gras, au contraire, sont beaucoup plus pauvres en oxygène.

Lorsque dans l'animal, le sucre dans son évolution marche jusqu'à l'acide butyrique en passant par l'acide lactique, la combinaison primitive perd environ un tiers de l'oxygène qu'elle possédait encore à l'état d'acide lactique.

C'est par la production de la graisse que le caractère le plus important de l'échange de la matière tel qu'il se fait dans les végétaux apparaît dans la vie animale. Et, quand la fabrication de la graisse devient prépondérante dans le corps de l'homme ou de l'animal, elle l'abaisse au rang de la plante. Parmi les enfants, ceux qui depuis leur naissance sont atteints d'obésité, ont en règle géné-

rale, l'intelligence imparfaitement développée. (Chambert) (1).

Végéter signifie combiner des corps simples en des corps susceptibles d'organisation. Ce résultat s'obtient par une réduction d'oxygène. La fabrication de la graisse est le dernier terme de la série.

Manifester la sensibilité, le mouvement, la pensée à tous les degrés en nombre infini, jusqu'à la disparition complète de la mémoire, en brûlant des combinaisons organiques : cela veut dire être animal.

Nous pensons parce que la plante végète.

(1) Chambert, *Edinburgh medical and surgical Journal*, CLXXXIX, 462.

NEUVIÈME LETTRE.

NUTRITION ET RESPIRATION.

Une des erreurs les plus singulières qu'ait fait naitre une classification de Liebig, dont on a souvent vanté la profondeur, c'est l'opposition entre la nutrition et la respiration.

Liebig a classé les matières alimentaires en nutritives et respiratoires. D'après cette manière de voir, les corps albuminoïdes sont des matières nutritives, ils prennent une part directe à la formation des tissus ; Liebig les appelle aussi éléments plastiques du corps.

La graisse et les adipogènes, c'est-à-dire l'amidon et le sucre, auraient un tout autre rôle. Ils se combinent dans le sang avec l'oxygène inspiré ; ce sont là, à proprement parler, les matières combustibles du corps, ce sont des ressources respiratoires parce qu'elles fixent l'oxygène en brûlant. Liebig considère l'oxygène comme une puissance ennemie contre laquelle le corps doit lutter. Celui-ci lutte d'une manière passive en abandonnant la graisse à l'oxygène. La graisse est la proie de l'oxygène. « L'oxygène fait un choix parmi les matières

» qui sont aptes à former avec lui des combinaisons (1).
 » L'amidon, le sucre, la graisse, servent de protection à
 » nos organes (2). »

Voilà le fond de cette conception. Les corps albumi-
 noïdes servent à la construction, la graisse et les adipo-
 gènes sont la proie de la destruction.

En présence de cette manière de voir, tout ménage-
 ment, toute tentative de conciliation est une faute. Elle
 est absurde d'un bout à l'autre, elle est fautive dans son
 principe, fautive dans toutes ses conséquences et dans
 ses applications.

Le principe de cette division des substances alimen-
 taires en nutritives et respiratoires est une opposition
 qu'on ne peut comprendre, qu'à la condition de ne con-
 sidérer qu'un côté de l'acte de la respiration. C'est un
 produit de ces étroites idées de finalité que Spinoza a
 combattues, que George Forster a vaincues en y portant
 la clarté la plus féconde, mais qui captivent, encore
 aujourd'hui, la plus grande partie des savants, le plus
 souvent sans qu'ils s'en doutent. Le mirage d'un but
 rend toujours exclusif; celui qui veut atteindre un but
 laisse de côté tout ce qui s'en écarte.

J'ai déjà dit que Liebig voyait dans l'action de l'oxy-
 gène une attaque hostile, une force destructive du
 corps. L'oxygène n'a pour but que la combustion, et
 puisque la combustion produit de la chaleur, le but de
 l'oxygène est de produire de la chaleur. Liebig le dit
 en ces termes : « La nature a destiné les principes ali-
 » mentaires non azotés à entretenir la source de chaleur
 » dans l'animal, et nous trouvons que tous les aliments

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 405.

(2) Id., *ibid.*, 483.

» sont composés en vue de ce but le plus sagement qu'il soit possible (1). »

La combustion et la production de la chaleur sont, d'après Liebig, des buts en eux-mêmes, et tout ce qui atteint ces buts est un aliment respiratoire. L'huile de poisson et l'alcool, le beurre et l'amidon, toutes les combinaisons qui renferment du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et qui ont besoin d'absorber beaucoup d'oxygène pour se décomposer en acide carbonique et en eau, sont des matières combustibles appropriées aux besoins de la respiration.

Si l'on voit là une finalité, c'est qu'on ne voit qu'un côté de la question, je le répète, on ne voit qu'un côté et pas autre chose.

Dans l'absorption d'oxygène, il y a la cause d'une modification dont on a encore trop peu apprécié la valeur, et qui cependant, au point de vue matériel, explique seule l'acte de la nutrition.

Le développement des matières qui jouent le rôle le plus important dans la formation des tissus se fait par une combustion lente.

Déjà dans le sang, l'albumine devient plus riche en oxygène. Le corps qui, en se coagulant, emprisonne les globules colorés du sang et forme ainsi un caillot dans le sang tiré de la veine, n'est que le produit de la combustion de l'albumine. On l'appelle fibrine, parce que lorsqu'on bat fortement le sang avec des verges, elle se coagule en filaments.

C'est à l'albumine du sang que la chair doit ses fibres. Comme l'élément du sang spontanément coagulable, la substance de ces fibres se distingue de l'albumine par

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 490.

une plus grande quantité d'oxygène. Une absorption d'oxygène et une combustion lente de l'albumine du sang, voilà les conditions de l'existence des muscles; le développement de la chair musculaire est une conséquence de la respiration, une conséquence qui suppose la respiration comme sa cause indispensable.

La caséine est un des éléments du sang, des parois des vaisseaux sanguins, du tissu conjonctif sous-cutané, du ligament cervical. On trouve de la caséine dans le sang, même quand il n'y a pas eu au préalable ingestion de lait, et en dehors de l'époque de la lactation. La caséine fait partie des corps albuminoïdes, elle se distingue de l'albumine parce qu'elle ne contient pas de phosphore, et qu'elle a moins de soufre qu'elle. Si la caséine provient de l'albumine, il faut que l'albumine perde son phosphore et une partie de son soufre, c'est l'oxygène qui les lui enlève. Le phosphore et le soufre brûlent pour former de l'acide phosphorique et de l'acide sulfurique, qui se combinent avec la soude du bicarbonate de soude du sang, pour former des phosphates et des sulfates.

La transformation de l'albumine en caséine est une combustion lente. La formation de la paroi des vaisseaux du tissu conjonctif sous-cutané et du ligament cervical est due à la respiration.

C'est encore de l'albumine, à un degré plus avancé de combustion, qui forme l'élément le plus essentiel de la peau des enfants nouveau-nés. Sans l'oxygène que la respiration de la mère apporte au sang de l'enfant, la peau du fœtus ne pourrait s'organiser. La substance fondamentale des os et des fibres qui, sous forme de ligaments, relie entre elles toutes les parties du corps, le principe des os et du tissu conjonctif, que la

coction réduit en colle, ne doit son origine qu'à un abondant mélange d'oxygène avec le sang. La colle et les tissus réductibles en colle occupent un degré élevé dans l'échelle de la combustion de l'albumine (1).

Les muscles, les ligaments, les os, les vaisseaux, les poils et les cartilages n'existent que par le fait de la combustion, par la respiration. Et le cerveau cesse de penser si le sang ne lui apporte plus d'oxygène.

Ainsi, loin que les organes du corps de l'animal soient protégés contre l'action de l'oxygène par l'amidon, la graisse et le sucre, ils n'existent que par l'action immédiate de l'oxygène. Autant que possible, il faut comprendre ceci à la lettre; la respiration forme et développe, aux dépens des substances du sang, les muscles comme les os, le cœur comme la peau.

La formation de la peau, des os, des muscles, des ligaments, bref de tous les tissus solides et des éléments anatomiques qui composent les organes du corps, c'est l'acte que le physiologiste appelle nutrition. Il ne peut donc pas y avoir d'opposition entre la respiration et la nutrition, puisque celle-ci ne se soutient que par le secours de celle-là.

Il est donc radicalement absurde de dire, qu'il y a des substances alimentaires prédestinées à écarter l'oxygène de l'albumine, qu'il y a des aliments respiratoires qui, en absorbant l'oxygène, obéissent à leur vocation de protéger les organes contre la force destructive de cet élément.

Mais si l'on veut suivre cette division dans les appli-

(1) Afin d'embrasser d'un coup d'œil ces rapports, voyez, par exemple, les tables dans l'*Abrégé de physiologie*, de Valentin, 3^e édition, 114, 116.

cations, on ne la trouve pas moins absurde. Une division n'est légitime qu'autant qu'elle est à la fois complète et exclusive. On n'aurait le droit de diviser les substances alimentaires en plastiques et en respiratoires que dans un seul cas : si aucune des respiratoires n'était en même temps plastique, et aucune des plastiques respiratoire.

Pour Liebig, « les parties constitutives azotées de la » nourriture seules sont plastiques et fortifiantes (1). Les » corps albumineux seuls sont les matériaux du corps. » De l'eau et de la graisse il ne résulte que beaucoup de » propriétés physiques des organes ; l'eau et la graisse » ne sont pompées que mécaniquement comme dans » une éponge ; l'eau et la graisse ne possèdent jamais » une forme organique propre (2) ; elles n'ont jamais de » propriétés vitales (3). »

Pas un seul de ces caractères n'est de nature à produire une opposition radicale et exclusive entre les matières grasses et les corps albuminoïdes.

Le tissu qui occupe dans le corps le rang le plus élevé, le principal substrat des propriétés de la matière qui produisent l'état de vie, le tissu du cerveau et des nerfs, ne peut exister sans graisse. Ni les fibres nerveuses, ni les cellules nerveuses ne peuvent, sans graisse, conserver leur forme propre, ni leurs autres caractères distinctifs. Ce qui donne à la fibre nerveuse sa forme, ce n'est pas l'albumine seule, ni la graisse seule qu'on trouve dans la moelle de la fibre, ni le composé spécial de matière réductible en colle et de substance élastique

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 484.

(2) Id., *ibid.*, 454, 455.

(3) Id., *ibid.*, 471.

qui forme son enveloppe, ni la quantité surprenante de phosphates qui entre dans la composition du cerveau. Ce n'est que lorsque toutes ces matières sont réunies qu'elles sont en état de revêtir la forme des fibres et des cellules nerveuses.

Nous savons que les corpuscules incolores du sang doivent leur formation à la graisse que la nourriture a introduite dans la circulation. La première cellule qui se forme dans le corps, celle dont la naissance est le point de départ de toute organisation, n'est pas possible sans la présence d'une abondante quantité de graisse.

Les globules du jaune de l'œuf, les globules du lait, les cellules de graisse se composent avant tout de graisse, les premières granulations qui se séparent du blastème s'unissent pour former des grains et préparent la formation des cellules, se composent de graisse enveloppée d'un mince tégument d'albumine. Dans les globules du lait, la graisse est si abondante, et la pellicule de caséine qui l'enferme, si extraordinairement mince, qu'on pourrait avec raison regarder la graisse comme la cause de la forme aussi bien que la caséine.

Il ne faut pas s'étonner que Liebig lui-même le dise : « La graisse prend part à la formation des cellules (1). » Seulement, il eût été logique qu'il avouât que c'est précisément pour cela que la graisse aussi est plastique, aussi bien que l'albumine, et d'une manière tellement essentielle qu'on ne peut décider avec certitude, pour la plupart des tissus, lequel des deux, de la graisse ou du corps albumineux, a été la première cause de leur développement.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 454.

Et que dirons-nous maintenant des sels qui ne contiennent pas plus d'azote que la graisse? Est-ce que l'os pourrait exister sans phosphate de chaux, et le cartilage sans sel de cuisine? Les organes du corps de l'animal ne sont pas moins dépendants de leurs parties terreuses et salines que de l'albumine et de la graisse. Le phosphate de chaux est un *ostéogène* aussi indispensable que le principe organique, qui se transforme en gélatine par la coction.

On trouve dans le sperme de très-petits éléments anatomiques qu'on ne peut voir qu'avec un fort grossissement, auxquels on a donné le nom impropre d'animalcules spermatiques à cause d'une tête large et courte, d'une queue effilée, longue et terminée en pointe qu'ils présentent et des mouvements curieux qu'ils accomplissent. On peut brûler ces corpuscules, pourvu que ce soit avec précaution, sans détruire leur forme. (Valentin). Les matières inorganiques présentent la figure primitive indépendante du corps azoté que la combustion a détruit.

Sans doute cette figure n'est pas tout l'élément, pas plus que la fibrine des muscles ne forme toute la fibre musculaire ou l'albumine la cellule nerveuse, ou la corne la cellule cornée. C'est pour cette raison que Liebig n'a point indiqué de différence entre la graisse et l'albumine ou les matières semblables à l'albumine, quand il soutient que la graisse ne possède jamais une forme organique propre.

La graisse rend la moelle des os légère, l'eau rend le sang fluide, le phosphate de chaux donne du poids à l'ivoire des os et de la dureté à l'émail des dents, la fibrine permet aux muscles de se raccourcir, la substance azotée du ligament cervical lui donne l'élasticité.

Toutes les matières du corps, tous les éléments anatomiques, tous les organes ont leurs caractères physiques propres. Où donc est cette différence dont parlait Liebig quand il disait que de l'eau et de la graisse dépendent beaucoup de propriétés physiques des tissus? Est-ce que l'albumine du plasma est pompée mécaniquement, dans le foie ou les reins, par exemple, d'une autre manière qu'une partie de la graisse l'est dans le tissu cellulaire sous-cutané?

Mais, dit Liebig, les parties constitutives azotées des organes ont des propriétés vitales. Ou cela ne signifie rien, ou cela veut dire que les divers organes doivent aux substances albuminoïdes ou à leurs dérivés azotés les propriétés que la matière vivante manifeste en eux. Parmi ces propriétés le pouvoir sensitif des nerfs occupe certes le premier rang; mais comme la fibre nerveuse n'existe pas sans graisse, je voudrais savoir sur quoi l'on se fonde pour dire que le cerveau et les nerfs possèdent des « propriétés vitales », seulement par l'albumine et non par la graisse.

Enfin, parmi les probabilités sur lesquelles Liebig appuie son hypothèse d'une opposition entre les aliments plastiques et les aliments respiratoires, nous trouvons cette affirmation, « que les parties constitutives non azotées des organes de notre corps » peuvent être enlevées par des dissolvants sans que la structure des parties organiques soit le moins du monde changée (1).

Mais d'une part, on peut dissoudre par l'eau l'albumine de la fibre musculaire, par l'acide acétique celle de la membrane d'enveloppe des cellules adipeuses, par la potasse une partie de la matière cornée des cel-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 455.

lules d'épiderme, sans que la forme organique de ces produits soit détruite; d'autre part, on ne peut, pas même par le lavage à l'eau chaude, extraire le sel de cuisine des cartilages (1), et quand on enlève, avec l'éther, la graisse des globules du sang, leur forme devient irrégulière (2).

La conclusion est forcée : on a la même raison d'appeler substances nutritives et plastiques, les parties inorganiques, adipogènes et graisseuses qui composent la nourriture, que l'albumine et les principes réductibles en colle des os et des cartilages.

Voyons maintenant si l'autre groupe de la classification de Liebig résiste mieux à l'épreuve que celui des matières azotées, si la graisse et les adipogènes seuls « servent à la respiration », et si « l'oxygène dans l'acte » de la respiration fait un choix » (3).

A dire vrai j'ai déjà répondu à la question au commencement de cette lettre, en prouvant que l'opposition entre la nutrition et la respiration, que Liebig soutient, ne signifie rien. Et pourtant Liebig dit : « Si » l'albumine était susceptible d'être détruite ou altérée » dans la circulation par l'oxygène inspiré, la petite » quantité d'albumine que l'appareil de la digestion » introduit chaque jour dans les vaisseaux du sang, dis- » paraîtrait très-vite, et le plus faible dérangement dans » les fonctions digestives devrait mettre un terme à la » vie (4). »

(1) Lehman, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, Leipzig, 1842, 433.

(2) Donders et Moleschott, *Holländische Beiträge zu den Anatomischen und physiologischen Wissenschaften*, I, 373.

(3) Liebig, *Chemische Briefe*, 404, 405.

(4) Id., *ibid.*, 483.

Non-seulement elle devrait le mettre, mais elle le met. La quantité d'albumine que nous ajoutons chaque jour au corps est suffisante pour compenser l'urée que nous éliminons. L'oxygène que nous inspirons amène successivement l'albumine à des degrés de combustion de plus en plus élevés. C'est ainsi que prennent naissance dans le sang, la fibrine et les composés que Mulder appelle les oxydes supérieurs de l'albumine. Mais l'oxygène pénètre aussi dans les tissus en traversant les parois des vaisseaux capillaires et change l'albumine en matières réductibles en colle, les éléments plastiques en créatine, en acide urique, en urée et en acide carbonique. Quinze jours suffisent pour que cette combustion qui s'effectue dans un corps qui ne reçoit rien pour réparer ses pertes, produise une déperdition d'albumine si grande que la mort par inanition en est la conséquence inévitable.

Il est tout naturel de voir Liebig lui-même reconnaître que chez les individus en proie à la faim, la graisse ne disparaît pas seule, mais que toutes les matières solides qui peuvent se dissoudre disparaissent aussi peu à peu. Dans les corps épuisés des individus morts de faim, les muscles sont minces et friables et privés de contractilité (1).

Ainsi la graisse n'est pas le seul aliment respiratoire, l'albumine en est un aussi, puisqu'elle brûle pour former de la fibrine, et le soufre de l'albumine en est un aussi puisqu'il se combine avec l'oxygène pour former de l'acide sulfurique, quand l'albumine se change en caséine ou en substance réductible en colle. La colle est un aliment respiratoire quand l'oxygène la brûle

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 405.

pour former de l'acide urique, et l'acide urique est un aliment respiratoire, quand en définitive il se décompose en urée et en acide carbonique par une absorption d'oxygène. L'albumine et la colle contiennent de l'azote. Les substances alimentaires azotées peuvent donc aussi prétendre au nom d'aliments respiratoires.

Aliments respiratoires? Non, non! La dénomination est absurde, car l'homme ne mange pas un aliment pour le détruire par la respiration. Il ne vit pas pour brûler.

Sans doute l'essence de la respiration est une absorption d'oxygène, mais cette absorption d'oxygène est une force organisatrice, et ce n'est que plus tard, dans le déroulement progressif et continu des phénomènes vitaux, qu'il devient un instrument de destruction. En effet, toute évolution aboutit à la dissolution. Telle est la circulation de la matière.

Cette évolution est la condition de la genèse des tissus, de la nutrition. Mais puisque toutes les substances alimentaires sont plastiques, et que tout aliment organique subit dans le corps une combustion permanente, on ne peut pas séparer l'une de l'autre, l'albumine de la graisse, l'une comme substance nutritive, l'autre comme respiratoire.

Liebig le fait-il? Dans la théorie, oui; dans la pratique, non. Il appelle à plusieurs reprises la viande qui se compose de matières azotées, aliment respiratoire, mais il ajoute qu'il est très-imparfait (1). Il dit que les éléments combustibles (des substances alimentaires azotées) sont loin de suffire à transformer en acide car-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 566, 568.

bonique et en eau l'oxygène introduit dans le sang (1).

Ils ne suffisent pas, mais est-ce une raison pour qu'ils n'y fassent rien? Liebig ignorerait-il que la fibrine absorbe l'oxygène humide et donne de l'acide carbonique ainsi que l'ont montré Scherer et Mulder.

Vraiment si l'on avait affaire à un homme moins illustre que Liebig, on croirait qu'il veut retrancher la fausseté de sa classification derrière des demi-rétractions et des contradictions, quand on le voit calculer jusqu'à la valeur respiratoire de la viande (2). C'est ainsi que Liebig, emporté par la force des faits acquis, a dressé contre sa classification une juste protestation.

Cependant comme il persiste à la soutenir, il commet une faute qu'il faut combattre avec d'autant plus d'énergie que la prétendue supériorité de cette manière de voir a séduit un plus grand nombre d'auteurs. L'absurde n'est pas et ne sera jamais un titre de supériorité. C'est un lieu commun qu'on ne conteste pas, mais par malheur il s'en faut bien qu'on y reconnaisse toujours une règle de conduite.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 480.

(2) Liebig, *die Tierchemie oder Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*, 3^{te} Aufl., Braunschweig, 1846, 107.

DIXIÈME LETTRE.

DÉVELOPPEMENT DES ALIMENTS DANS LE CORPS DES ANIMAUX.

Sans doute en parcourant le cercle que décrit la vie, n'importe par quel point on commence à l'étudier, on peut y suivre une marche constamment progressive. Mais l'étude de la matière qui entre dans la structure du corps, en établissant ses rapports avec le monde extérieur, est encore le point de départ le plus naturel et celui qui nous promet les plus beaux résultats pour l'histoire du développement.

Ce développement est tout entier dans les mouvements de la matière que la nourriture ajoute au corps. Les formes des tissus s'expliquent par le caractère propre du composé matériel. A la forme et à la composition chimique correspondent toutes les autres propriétés.

L'histoire du développement peut seule fournir les éléments de la classification des aliments qui forment les substances d'où le corps tire son existence par un renouvellement incessant. Celui qui s'efforce de deviner

le but final des aliments, choisit la voie opposée et s'expose au danger contre lequel est venu échouer Liebig, avec son hypothèse des aliments plastiques et des aliments respiratoires. Une révélation pourrait seule faire pressentir la cause finale; l'observation tranquille du développement nous conduit plus sûrement au but.

De la nourriture provient le sang, du sang proviennent les tissus, les muscles, les os, les cartilages, le cerveau et les nerfs, bref toutes les parties solides du corps.

Le développement de la nourriture est donc la sanguification. Le sang se compose d'albumine et de sucre, de graisse et de sels, mais le sucre est un corps qui peut se transformer en graisse, un *adipogène*.

La classification des substances alimentaires se présente donc d'elle-même. Elles se partagent en corps albuminoïdes, en adipogènes, en graisse et en sels.

Un aliment complet se compose d'albumine, de sucre, de graisse et de sels.

Toutes ces substances ont la valeur de substances plastiques du corps, de substances nutritives. L'albumine se combine dans le sang avec l'oxygène aussi bien que le sucre et la graisse. Si la respiration n'existait que pour elle-même, ces trois substances auraient un titre égal au nom d'aliments respiratoires.

Ajoutons que l'oxygène que nous inspirons est lui-même, pour ainsi dire, une substance nutritive; en se combinant avec les principes alimentaires absorbés par l'intestin, il achève la sanguification et le développement des tissus.

Le sang et les tissus sont les degrés les plus parfaits auxquels s'élève l'aliment uni à l'oxygène. Ils résultent de l'action combinée de la digestion et de la respiration.

Pour rendre plus claire cette vue d'ensemble, on ne

compare les aliments qu'avec le sang et non avec les tissus. En effet, le sang est le liquide qui donne naissance à toutes les parties solides du corps.

Dissoudre les matières alimentaires ou les rendre mobiles par une extrême division, et, dans le cas où elles ne seraient pas conformes aux substances contenues dans le sang, les métamorphoser en parties constitutives du sang, voilà tout l'acte de la digestion.

Quand nous mangeons des pommes de terre ou du pain, nous introduisons de la fécule de pomme de terre dans notre estomac ou de l'amidon, substance insoluble dans l'eau, et qu'on ne trouve pas dans le sang. La salive et le suc pancréatique transforment l'amidon insoluble en sucre soluble. La bile, le suc pancréatique et les sécrétions intestinales changent le sucre en graisse. On trouve dans le sang du sucre et de la graisse. La digestion a transformé l'amidon en substances solubles du sang.

C'est pour cela que l'amidon contribue à former le sang aussi bien que l'albumine. Liebig ne comprend qu'une des faces de la digestion quand il la caractérise en ces termes. « C'est une perte progressive d'azote » que l'aliment subit dans son passage à travers l'intestin (1). » Ces mots ne sont qu'une nouvelle périphrase de l'erreur qui consiste à ne considérer comme « substances nutritives que les corps albuminoïdes ».

Autrefois, toute la philosophie de la science de la vie consistait dans des mots tels que chyme, chyle, assimilation. On ne décrivait que les changements extérieurs que subissent les aliments dans l'estomac et l'intestin. On voyait que la nourriture mêlée à la salive et au suc

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 670.

gastrique, se changeait dans l'estomac en une pulpe, qui se liquéfiait ensuite de plus en plus pour former le chyle et s'assimiler peu à peu au sang. Tous ces changements étaient les effets d'une force mystérieuse qui n'avait pas besoin d'un substrat matériel.

Aujourd'hui ces dénominations ne signifient absolument plus rien, et c'est un des plus grands progrès du siècle. Nous avons appris à voir dans la digestion une transformation en partie chimique, en partie mécanique, de la matière, et nous tâchons de la suivre peu à peu. Qu'on ne croie pas que ce soit une simple augmentation d'érudition. Dans la science des transformations chimiques des aliments et des boissons, il ne s'agit pas simplement de quelque chose qui ressemble à une description savante de diverses propriétés et de divers états de ces corps, il s'agit de comprendre une proposition très-importante, à savoir : que le sang provient d'une source toute matérielle. Notre vénération pour la rouge liqueur de la vie ne repose plus sur une vide hypothèse d'esprits vitaux, ou de forces occultes qui entretiendraient le corps en activité, mais sur le fait positif, que le sang nous offre un produit supérieur de développement des aliments, qui plus tard se déploie lui-même sous forme de tissus.

Dès que nous comprenons cette proposition, nous connaissons la base matérielle sur laquelle repose l'existence de notre être et de nos plus grandes manifestations d'activité. La découverte de cette vérité que la digestion ne consiste qu'en un phénomène purement chimique donna la sanction la plus éclatante aux doctrines générales qu'Helvetius, Diderot, la Mettrie et Cabanis avaient tirées d'observations moins parfaites.

Le fait de la transformation des matières peut seul nous faire comprendre comment l'enfant à la mamelle peut vivre de lait. En effet, cet aliment ne contient qu'un seul corps albuminoïde, la caséine qui, il faut le dire, ne vient dans le sang qu'après l'albumine et la fibrine sous le rapport de la quantité. L'albumine et la fibrine diffèrent de la caséine. La digestion change la caséine en albumine, et la respiration change l'albumine en fibrine. En même temps la caséine absorbe du phosphore qu'elle ne contenait pas dans le principe. Par l'absorption de phosphore, elle se transforme en albumine; par l'absorption d'oxygène, elle se transforme en fibrine du sang.

C'est la transformation matérielle des corps albuminoïdes qui nous met à même de vivre des végétaux : car bien qu'il y ait entre les combinaisons albuminoïdes des plantes, et les corps correspondants qui se trouvent dans le sang, une entière analogie dans les propriétés les plus importantes, et une concordance parfaite dans les proportions les plus essentielles de leur composition chimique, comme Mulder, le premier, l'a démontré : ces substances ne sont cependant pas identiques.

Il y a dans les pois une substance albuminoïde en quantité si abondante, qu'elle a été appelée légumine du nom de la famille des légumineuses dont les pois font partie. On a comparé cette légumine à la caséine du lait et du sang. Toutes les deux se laissent précipiter de leurs solutions par l'acide acétique. Seulement le précipité de caséine se redissout dans l'acide acétique en excès; la légumine ne se redissout pas. La légumine est le corps albuminoïde le plus riche en

phosphore (Norton) (1); au contraire, la caséine ne contient pas de phosphore du tout.

Néanmoins Liebig appelle la légumine caséine végétale, et il étaye cette appellation sur un document remarquable, « à savoir que les Chinois ont l'habitude « de faire avec des pois de véritables fromages (2) », et pourtant ce fait, très-digne d'ailleurs d'être connu, n'est pas seulement « indépendant des recherches de « la chimie », mais il n'est pas le moins du monde probant contre les différences révélées par les caractères chimiques. S'il faut que la légumine et la caséine soient identiques, parce que les Chinois, d'après Itier, préparent, avec des pois, un mets semblable au fromage, un vrai fromage si l'on veut, qu'est-ce qui nous empêche de jeter au hasard ensemble le riz, les œufs, le pain et les pommes de terre parce qu'ils peuvent tous servir à faire du pouding ?

Liebig soutient encore sa translation des noms des corps albuminoïdes animaux aux substances analogues du règne végétal par une autre raison que voici : « Ces » diverses matières fournissent en définitive dans la série » de l'oxydation des produits de même espèce, ce que la » chimie regarde comme une preuve que leurs éléments » eux-mêmes sont arrangés d'une manière identique (3).» Abstraction faite de ce que les produits de décomposition ne peuvent avoir une véritable valeur pour prouver l'identité de deux corps que lorsqu'ils naissent dans les mêmes proportions, en quantité égale, Stenhouse nous a fait voir que les produits de décomposition des corps

(1) G. J. Mulder, *Scheikundige onderzoekingen*, deel IV, p. 412-418.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 451, note.

(3) Id., *ibid.*, 452.

albumineux, végétaux et animaux, ne concordent pas du tout d'une manière absolue, les uns avec les autres. Ainsi l'albumine végétale et l'albumine animale, ou bien la légumine et la caséine, chauffées à sec, et traitées par les acides ou par des lessives alcalines, donnent des bases volatiles dissemblables qui, jointes à beaucoup d'autres différences, démentent décidément l'identité affirmée par Liebig (1).

C'est donc tout à fait à tort que Liebig soutient que la fibrine animale et la fibrine végétale, l'albumine animale et l'albumine végétale, la caséine animale et la caséine végétale, non-seulement contiennent les mêmes éléments dans les proportions, mais encore possèdent les mêmes propriétés (2).

L'albumine végétale soluble contient moins de soufre que l'albumine du sang. La fibrine de l'animal se trouve dissoute dans des conditions où l'albumine végétale non dissoute est toujours coagulée. D'après la même raison, la fibrine du sang n'est pas identique avec la fibrine de la viande (3). Enfin j'ai mis en lumière ci-dessus la différence encore beaucoup plus importante qui distingue la légumine de la caséine.

On voit donc que les termes dont se sert Mulder ne doivent pas être pris à la lettre, quand il avance que les herbivores et les carnivores consomment la même albumine. Mais aussi ce n'est pas là le sens de la loi de Mulder; elle n'exprime que la parenté qui relie les corps albuminoïdes des plantes et ceux des animaux en un seul groupe.

(1) Stenhouse, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXX, 219.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 452.

(3) Id., *ibid.*, 442, 557.

Cette parenté fait de la vie de la plante un acte préparatoire de la digestion de l'animal, et il faut le dire, un acte préparatoire indispensable, puisque ni l'humate d'ammoniaque, ni le carbonate d'ammoniaque, ne peuvent être transformés en albumine dans le canal intestinal des animaux.

La transformation d'un corps albuminoïde en un autre est, au contraire, un phénomène qui exige un déplacement bien moins considérable que celui que les liquides digestifs effectuent sur les adipogènes, quand ils les changent en graisse.

Par cette raison, notre corps peut préparer le sang avec des pois, des haricots, du froment et du seigle, précisément en vertu de la même faculté qui permet à l'enfant de métamorphoser la caséine du lait en albumine et en fibrine du sang.

Le corps animal peut opérer bien d'autres transformations. Les chiens peuvent vivre d'os crus, des semaines durant, quoique ces os ne contiennent que peu d'albumine, et, en grande quantité, une matière réductible en colle, qui par ses propriétés et sa composition diffère de l'albumine plus qu'un corps albuminoïde quelconque ne peut différer d'un autre. Sans renouveler l'albumine de son sang, le chien ne peut pas vivre. La graisse de la moelle des os ne peut donner de l'albumine. Il est donc évident, que la matière réductible en colle se change en albumine dans le corps de l'animal; la colle est donc un principe alimentaire.

Donc c'est à tort que Liebig soutient que la substance de la colle, de sa nature insipide, et dont l'usage donne mal au cœur, ne possède aucune valeur nutritive (1). Il

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 560, 561, 576.

cherche à fortifier cette sentence par un fait connu : les chiens ne peuvent vivre de colle seule ou même de colle accompagnée des éléments savoureux de la viande. Seulement ces faits et d'autres semblables démontrent, il est vrai, que la colle n'est pas un aliment parfait, que la colle et le jus de viande finissent par ne pouvoir plus soutenir la vie, si l'on ne leur adjoint d'autres principes nutritifs. Mais il n'en résulte pas, et il n'en résultera jamais, que la colle ne soit pas une substance alimentaire. L'albumine et la graisse cessent-elles d'être des substances alimentaires, parce que les animaux et l'homme avec de l'albumine seule, ou de la graisse seule, ne peuvent pas plus rester en vie que s'ils ne consommaient que de la colle? C'est encore la manière de raisonner favorite de Liebig, qui malheureusement revient dans toutes les questions de nutrition : puisque le fer tout seul ne met pas la locomotive en mouvement, le fer n'a aucune utilité pour la construction de la machine à vapeur. Et cette manière de raisonner trouve tous les jours des gens qui la répètent.

« Il n'y a que des personnes prévenues, » dit Mulder, « qui instituent les expériences en question sur des » chiens. D'après le jugement de la commission de la » gélatine, ces animaux aiment mieux mourir de faim à » côté de la colle que de la manger. Il n'y a que ceux » qui nient le résultat de cent mille expériences, qui » peuvent refuser à la colle une place parmi les sub- » stances alimentaires utiles. Celui qui comme moi a » exercé la pratique de la médecine pendant de longues » années et qui a eu l'occasion de voir un nombre in- » calculable de convalescents reprendre leurs forces » par l'usage de l'arrow-root (amidon) et de la gelée de » corne de cerf (colle), ou qui a vu des malades débi-

» lités reprendre de la vigueur par l'usage de la gelée
 » de corne de cerf, celui-là doit regretter qu'on appelle
 » des expériences à décider dans des questions où elles
 » sont récusables et superflues, où l'observation seule
 » a le droit de juger (1). »

Lorsqu'on demande au contraire si le tissu réductible en colle fait partie des substances alimentaires d'une digestion facile, il faut décidément répondre non. Cette réponse se présente d'elle-même à celui qui a une idée claire de la digestion. Si la digestion se borne, quand il s'agit de substances alimentaires solubles, à transformer en parties constitutives du sang des corps qui ne leur sont pas conformes, il est évident qu'un principe alimentaire soluble doit être d'autant plus digestible, qu'il est dès le début plus semblable aux matières du sang : or, parmi toutes les substances alimentaires azotées celle qui diffère le plus des corps albumineux du sang, c'est le tissu réductible en colle. Aussi la colle est elle, de toutes les substances alimentaires azotées, la plus difficile à digérer.

Voilà ce qui justifie la lutte que Liebig et d'autres savants soutiennent contre toutes les tentatives qu'on fait pour remplacer la viande ou d'autres aliments riches en albumine par de la colle ou des os, ce qui fait de cette lutte un devoir, et condamne irrévocablement les tablettes communes de bouillon, lorsqu'elles sont faites avec la colle d'os (gélatine).

Beaucoup d'aliments généralement usités contiennent des substances qui ne peuvent se dissoudre dans les liquides digestifs de l'homme, la salive, le suc gastri-

(1) Mulder, *Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie*, übersetzt von Jac. Moleschott, 341.

que, la bile, le suc pancréatique et les sécrétions intestinales, et qui ne peuvent se changer en parties constitutives du sang. Le corps les expulse sans les digérer. Elles sont renfermées dans les excréments, comme par exemple les léguments des lentilles et des haricots, les noyaux de cerises et les corps analogues.

Parmi ces substances, le règne végétal nous présente la cellulose qui forme l'élément principal du péricarpe des graines légumineuses, ensuite le liège et le ligneux qui entrent dans la composition des noyaux durs des pêches, des abricots, des cerises et des espèces de fruits qui leur ressemblent. Parmi les parties constitutives de la nourriture animale, les substances des fibres élastiques, des tissus cornés, des poils, des ongles, de l'épiderme, des muqueuses et de la peau sont insolubles dans les liquides digestifs.

Ainsi, plus un aliment se dissout parfaitement dans les liquides digestifs, moins il reste de matières pour former les excréments, et plus la digestion en est complète. C'est donc par l'effet d'une méprise totale que Liebig veut reconnaître la valeur digestive d'un aliment à la grosseur toute particulière des résidus des repas consommés, que les passants laissent le long des haies et des clôtures (1). La digestion et la formation des excréments n'ont absolument rien de commun l'une et l'autre; au contraire, les excréments se composent du résidu des aliments et de quelques liquides qui sont préparés au moyen du sang, et sécrétés comme la bile et le mucus. Tant que la sécrétion de ces liquides et l'évacuation régulière des résidus de la nourriture présentent un signe indispensable de la santé, les garde-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 596.

robes ont une signification des plus importantes. Mais quand on considère les garderobes et la digestion comme synonymes, on transporte une appellation tirée d'une fausse bienséance à une idée qui dans la science répond à tout autre chose. On trouverait difficilement deux autres idées dans tout le domaine de l'échange de la matière qui soient plus absolument opposées l'une à l'autre que la sanguification et la formation des matières fécales. La digestion c'est la sanguification.

Puisque le sang est l'ensemble de tous les éléments des tissus, la somme liquide de toutes les substances que renferment les organes solides de notre corps, la sanguification occupe le premier rang dans l'histoire du développement des aliments. Puis, à mesure que le sang et les tissus se décomposent de plus en plus sous l'action permanente de la respiration, pour se résoudre à la fin en urée, en eau et en acide carbonique, le développement tourne en décomposition. Ici encore la décomposition et le développement sont des termes de la série, qui se produisent l'un l'autre. Dans le corps de l'adulte, les parties constitutives des tissus, en se décomposant, font place continuellement aux parties qui vont se former. Plus l'organe est actif, plus il est facile d'y découvrir les jeunes états de développement. Il n'y a pas dans tout le corps, de muscle qui soit en activité d'une manière plus constante que le cœur; aussi trouve-t-on dans le cœur, avec la plus grande facilité, les substances que produit la décomposition des éléments usés des tissus (1), et à côté d'elles les plus jeunes degrés de

(1) Scherer, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXXIII, 330, und folg. Scherer a trouvé dans le muscle du cœur de l'hypoxanthine, $Az^2C^5H^2O$, matière avec laquelle l'acide urique $Az^2C^5H^2O^3$ affecte le rapport d'un degré supérieur d'oxydation.

développement de ces éléments, c'est-à-dire de jeunes fibres musculaires qui sont unies en faisceaux très-minces (1).

Tout le monde sait qu'à la suite d'un coup violent sur l'ongle d'un doigt, il se forme une tache d'une couleur brun foncé. Cette tache est formée par du sang épanché sous l'ongle, après la déchirure de quelques vaisseaux du tissu très-vasculaire de la matrice de l'ongle. Mais comme de cette matrice transsude le liquide, qui forme les plus jeunes couches inférieures de l'ongle, le sang épanché se trouve peu à peu emprisonné complètement par l'ongle ; et comme l'ongle croît d'arrière en avant, après plusieurs semaines la tache brune déborde au bout du doigt. On peut voir alors le sang desséché entre les couches inférieures et supérieures de l'ongle. Pendant ce temps, un ongle complètement nouveau s'est formé ; peu à peu nous coupons l'ancien. C'est absolument de même que se renouvellent les cheveux et l'épiderme, qui recouvre toute la surface extérieure du corps et ses cavités intérieures.

De la même manière s'organisent, avec une matière toujours nouvelle, des éléments anatomiques toujours nouveaux à la place des fibres nerveuses, des cellules de cartilage, des fibres musculaires, des lamelles osseuses en voie de destruction. L'air expiré, l'urine, les fèces, la sueur, entraînent au dehors tout ce qui s'est détruit par l'usage.

Dans le sang s'opère l'organisation la plus accélérée. Deux ou trois heures après un repas, je trouve que le

(1) Barry, *Muller's Archiv für Anatomie und Physiologie*, Jahrgo 1850, 535. — Gastaldi, « Nuove osservazioni sulla muscolatura del cuore dei vertebrati, » *Archivio per la Zoologia*, t. I, 239, 240.

nombre des cellules incolores, riches en graisse, s'est augmenté dans mon sang; de ces cellules proviennent les globules colorés du sang. En sept ou huit heures, chez l'homme et les mammifères, cette transmutation est finie (1). Chez les animaux à sang froid, elle est considérablement retardée. D'après mes observations, elle ne se fait qu'avec la plus grande lenteur dans les grenouilles auxquelles on a enlevé le foie.

Les cellules du sang, d'abord incolores, ensuite colorées, sont les premiers éléments anatomiques qui se développent dans le corps arrivé au terme de son développement. Le développement est basé sur la composition propre du sang. Un liquide qui contient de l'albumine, de la graisse, du sucre et des sels dissous, contient toutes les conditions nécessaires à la formation des noyaux et des cellules. Le sang est un liquide générateur complet, dans lequel on peut retrouver les divers âges des cellules. L'image de la préparation du sang nous donne une idée du développement le plus considérable que la nourriture subit quant à la composition et quant à la forme.

(1) Voyez Donders et Moleschott, *Holländische Beiträge von van Deen, Donders und Moleschott*, 1, 369, 370.

ONZIÈME LETTRE.

LES CENDRES DES ANIMAUX ET DE L'HOMME.

Quel n'était pas le prix de cette poussière que les anciens déposaient dans des urnes cinéraires au fond de leurs tombeaux; elle contenait la matière qui donne aux plantes le pouvoir de créer les hommes et les animaux avec les simples éléments de l'air!

A l'exception des substances que nous trouvons dans la cendre, les éléments de toutes les autres parties constitutives du corps des plantes, des animaux et de l'homme sont contenus dans l'air. L'azote, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène se trouvent les uns à l'état de liberté, les autres à l'état d'acide carbonique, d'eau et d'ammoniaque dans la sphère gazeuse de notre globe.

Avec de l'acide carbonique et de l'eau, le lin fait de la cellulose, et la canne à sucre du sucre. Mais s'il n'y a pas dans le sol de matières inorganiques, la fabrication du sucre dans la canne, et celle de la cellulose dans le lin ne sont pas possibles. Mayer et Brazier l'ont exprimé par une image aussi belle que juste : « La végétation du » lin ressemble à la croissance de la canne à sucre, dont

» la culture nous fait espérer un produit entièrement
 » composé d'éléments atmosphériques; les parties inor-
 » ganiques qu'emprunte la plante ne sont que les instru-
 » ments dont elle se sert pour le faire naître. Il faudrait
 » les conserver avec beaucoup de soin, comme on le fait
 » dans une fabrique pour les outils, afin qu'ils puissent
 » plus tard rendre des services dans la production de
 » nouvelles récoltes (1). »

De même, les substances inorganiques du sang sont des instruments qui servent à produire les divers tissus de notre corps, aux dépens des matières organiques du sang. Dans le sang déjà, le développement des éléments anatomiques, des globules, provient de la séparation des sels de potasse et des sels de soude, apportés les uns et les autres dans la circulation par les aliments. Les globules contiennent les sels de potasse, tandis que les sels de soude sont dissouts dans le plasma. Le sel de cuisine, combinaison de sodium et de chlore, ne se trouve que dans le plasma; la combinaison de potassium et de chlore s'établit de préférence dans les globules (C. Schmidt). Déjà donc nous trouvons dans le sang la preuve que la potasse et la soude, quelque analogues qu'elles soient dans d'autres propriétés, ne peuvent se substituer l'une à l'autre dans le corps de l'animal (2). De la même manière, Schmidt a trouvé que l'acide phosphorique prédominait dans les globules, et la chaux, la magnésie, l'acide carbonique et l'acide sulfurique dans le plasma.

Mais l'affinité d'un groupe organique d'éléments pour

(1) Mayer et Brazier, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXXI, 321.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 532.

un corps inorganique se montre de la manière la plus intime dans la matière colorante que renferment les globules rouges. C'est une combinaison d'azote, de carbone, d'hydrogène et d'oxygène à laquelle le fer s'unit, à peu près comme le soufre et le phosphore le font dans l'albumine.

C'est à tort que Liebig soutient que la matière colorante du sang renferme de l'oxyde de fer (1). Mulder a établi, par les raisons les plus convaincantes, que le fer de la matière colorante du sang n'est pas combiné avec l'oxygène. On peut l'en retirer avec l'acide sulfurique concentré ; il se comporte dans ce cas tout à fait comme le fer métallique : car il enlève à l'eau qu'il trouve près de lui son oxygène, se change en oxyde de fer aux dépens de cette eau, se combine en cet état avec l'acide sulfurique, tandis qu'en même temps de l'hydrogène se dégage. Il reste alors un groupe organique dont la quantité d'oxygène ne s'est point altérée. Si la matière colorante contenait le fer à l'état d'oxyde, l'acide sulfurique ne se bornerait pas à lui enlever le fer, il devrait en même temps lui prendre une partie de son oxygène.

Liebig n'a pas davantage raison de soutenir, que tout le phosphore que contient le corps animal est sous la forme d'acide phosphorique. Quand on brûle un corps albuminoïde, on trouve dans la cendre une quantité d'acide phosphorique moindre que celle qu'on obtient en traitant ce même corps par l'acide nitrique. D'après Liebig, le déchet provient seulement de ce que, sous l'influence de la chaleur, en présence du carbone, une partie de l'acide phosphorique se décompose et devient

. (1) Liebig, *Chemische Briefe*, 500.

volatile. Bref, d'après lui, les corps albuminoïdes ne contiendraient le phosphore qu'à l'état d'acide phosphorique, c'est-à-dire qu'à l'état oxydé. Et si l'on trouve dans la cendre moins d'acide phosphorique qu'en employant ce qu'on appelle la voie humide, cela vient d'un déchet causé par le procédé chimique, et l'on peut l'éviter en ajoutant des alcalis ou des terres alcalines qui fixent l'acide phosphorique (1).

Mais maintenant, autant je reconnais qu'une partie de l'acide phosphorique, au milieu des circonstances indiquées, se décompose et se volatilise, autant je suis décidé à combattre cette opinion, que tout le phosphore qui se trouve dans des corps albuminoïdes ne s'y trouve qu'en qualité d'acide phosphorique.

Quand on traite la légumine une première fois par de l'acide chlorhydrique, du sulfate de magnésie et de l'ammoniaque, une seconde fois par l'acide nitrique et du sulfate de magnésie et de l'ammoniaque, dans le premier cas on n'obtient qu'une trace de phosphate ammoniacomagnésien, dans le second cas, au contraire, on en recueille une quantité considérable (2).

L'acide nitrique est un des plus puissants moyens d'oxydation que le chimiste ait à sa disposition. Il transforme le phosphore de la légumine en acide phosphorique, ce que ne fait pas l'acide chlorhydrique. Le sulfate de magnésie et l'ammoniaque précipitent l'acide phosphorique sous forme de phosphate ammoniacomagnésien. Au contraire, ils laissent le phosphore intact. Si malgré cela il y a un précipité dans le premier cas, par l'action du sulfate de magnésie et de l'am-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 501, 598, 599.

(2) Mulder, *Scheikundige onderzoekingen*, IV, 418.

moniaque, quand on traite les corps albumineux par l'acide chlorhydrique, et non par l'acide nitrique, cela provient de ce que tous les corps albuminoïdes contiennent du phosphate de chaux, que l'acide chlorhydrique dissout, et qui est alors précipité par le sulfate de magnésie et l'ammoniaque.

Il est très-présumable que nous apprendrons un jour sous quelles formes le fer, le soufre et le phosphore sont contenus dans les substances organiques. En attendant, nous ne le savons pas, pas plus pour le soufre que pour le phosphore et le fer (1). Seulement ce que nous savons, c'est que le fer dans la matière colorante du sang, le soufre et le phosphore dans les corps albuminoïdes, n'affectent pas la forme d'une simple combinaison avec l'oxygène.

On peut à tous égards comparer le rôle du sang envers les tissus, avec celui des substances dissoutes de la terre végétale envers les racines des plantes. Les parties constitutives inorganiques du sang dépendent des aliments. Dans tous les cas, le sang renferme des carbonates, en dépit de l'opinion contraire de Liebig (2). Mais ils augmentent d'une façon considérable quand on fait usage du régime végétal. Au contraire, ils cèdent la première place aux phosphates sous l'influence d'un régime où prédominent la viande et le pain, sans cependant jamais disparaître entièrement (Verdeil).

Aussi le sang d'un chien qui mange de la viande con-

(1) Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels*. Erlangen, 1851, 83, 90.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 523. Les carbonates ont été démontrés dans le sang par van Enschat, Marchand, moi, Lehmann, Mulder et Verdeil.

tient-il plus d'acide phosphorique que celui des bœufs ou des brebis.

Il n'est pas du tout indifférent que ce soit le carbonate ou le phosphate de soude qui prédomine dans le sang, d'abord parce que l'acide carbonique et l'acide phosphorique ne sont pas la même chose, mais surtout par la raison que les carbonates alcalins ne sont d'une grande valeur pour aucun tissu. Tandis qu'au contraire les combinaisons phosphatées sont pour tous de la plus grande importance.

Liebig professe donc une erreur, quand il refuse toute influence sur les propriétés du sang à l'inégalité qu'introduit dans sa composition la prépondérance de l'acide carbonique ou de l'acide phosphorique, et quand il va jusqu'à déclarer, que le phosphate alcalin est identique dans ses propriétés avec le carbonate alcalin (1). Liebig appuie ce jugement sur cette donnée : que le carbonate et le phosphate absorbent de l'acide carbonique tous les deux de la même manière.

Mais j'ai réfuté cette donnée par des expériences. Il est vrai qu'une dissolution de phosphate de soude commun absorbe beaucoup d'acide carbonique, cependant l'acide carbonique peut en être complètement chassé par la machine pneumatique (2).

Mais si l'alimentation fait varier dans de certaines limites la composition du sang, son influence doit se faire sentir sur les tissus qui naissent du sang. Aussi ne peut-on pas être de l'avis de Liebig, quand il trouve admirable que le sang de deux espèces différentes

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 507.

(2) Moleschott, *Holländische Beiträge von van Deen, Donders und Moleschott*, I, 172, 173.

d'animaux convienne au même but avec une composition dissemblable (1); il n'y a rien d'étonnant que deux terres de composition différente portent toutes les deux des récoltes. Cette réflexion de Liebig ne peut provenir que de ce qu'il regarde la production des tissus comme un but général de la composition du sang, et qu'il ne compare pas le développement des tissus avec la composition chimique du sang. C'est à peu près ce que fit Henle, quand il assigna les mêmes fonctions aux dents osseuses et aux dents cornées, par la raison peut-être que les unes et les autres servent à mordre (2).

Les tissus et les récoltes sont positivement produits par des espèces différentes de sang et des espèces différentes de terre. Mais à chaque différence essentielle dans la composition du sang et de la terre, doit correspondre une différence dans les tissus et dans les récoltes.

Le sang dans un même individu, et pris dans son ensemble, présente un mélange chimique uniforme qui va, depuis le cœur jusqu'aux diverses parties du corps, pour transsuder ensuite dans les tissus à travers les vaisseaux les plus ténus qui terminent les artères. Il est donc évident qu'une différence dans la composition des tissus ne peut être produite que parce que chacun des éléments du sang abandonne la circulation, en divers endroits, avec une vitesse différente.

En réalité, c'est ainsi que cela arrive; l'histoire naturelle de l'homme et des animaux possède déjà depuis longtemps une indication significative sous ce rapport.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 505.

(2) Henle, *Jahresbericht über Leistungen in der Histologie*, 1847. Erlangen, 1848, 44, note.

Nous savons, en effet, que les vaisseaux capillaires (on appelle ainsi les canaux les plus déliés, en lesquels se résolvent les artères et qui relient ces vaisseaux aux veines) ont dans les différentes parties du corps un diamètre très-différent, et forment des réseaux dont les formes sont caractéristiques pour chaque tissu, et chaque organe.

Les capillaires du cerveau se distinguent par leur finesse, ceux de la moelle des os par leur largeur extraordinaire. Dans les nerfs, les mailles qui forment le réseau des capillaires sont allongées et irrégulières, dans le poumon, étroites et plus ou moins losangiques, dans les tuniques musculaires de l'intestin, très-régulièrement rectangulaires. Dans ces tuniques, comme dans les muscles en général, le réseau capillaire est médiocrement serré.

Faut-il s'étonner que cette disposition caractéristique des vaisseaux capillaires imprime son cachet à la vitesse dont les éléments du sang sont animés quand ils traversent leurs parois?

Pour les matières organiques, C. Schmidt, par d'excellentes études, a donné à cette indication la forme d'un fait très-instructif que Ludwig Wachsmuth a confirmé dans la plupart des cas (1). L'albumine transsude plus vite à travers les vaisseaux capillaires de la plèvre, qu'à travers ceux qui se perdent dans le tissu cellulaire sous-cutané.

(1) Ludwig Wachsmuth, *Virchow's Archiv für hologische Anatomie*, VII, 335. Wachsmuth même va trop loin en opposant à l'opinion avancée par Schmidt une objection tirée d'une observation isolée.

Quant aux éléments inorganiques du sang, ce rapport réciproque entre la vitesse avec laquelle les diverses substances s'en séparent, et la composition des tissus, a été mis en évidence de la manière la plus remarquable.

Une des plus belles et des plus solides études de Liebig nous a appris que tandis que le sel de cuisine l'emporte considérablement dans le sang sur le chlorure de potassium, le rapport est précisément renversé dans les muscles striés, où le chlorure de potassium est plus abondant que le sel de cuisine. Mais si dans le sang il y a beaucoup de soude et peu de potasse, et dans les muscles striés beaucoup de potasse et peu de soude, et de plus s'il est établi que les muscles ne tirent toute la potasse qu'ils contiennent que du sang, il faut bien que les vaisseaux capillaires des muscles laissent sortir la potasse du sang plus vite que la soude.

Dans les cartilages, c'est tout le contraire. Les cartilages ne contiennent pas de chlorure de potassium, mais, au contraire, beaucoup de sel de cuisine. Il s'en suit nécessairement, que le chlorure de potassium suinte beaucoup plus lentement à travers les vaisseaux capillaires du péri-chondre, qu'à travers ceux des muscles. Bien plus, s'il se confirme que les cartilages ne contiennent pas de chlorure de potassium, nous dirons pour parler le langage des mathématiciens, que la vitesse, avec laquelle le chlorure de potassium va du sang aux cartilages est infiniment petite.

Eu égard au partage du chlorure de sodium et du chlorure de potassium, il y a entre les cartilages et les muscles le même rapport qu'entre le plasma et les glo-

hules du sang. Si, en un point donné du corps, le suc nourricier, c'est-à-dire le liquide qui a transsudé à travers les vaisseaux capillaires donne naissance à du tissu musculaire ou à du tissu cartilagineux, c'est en première ligne par la raison que, dans le point en question, il y a eu une prédominance de la soude ou de la potasse.

C'est ce qui donne aux cendres des tissus une valeur inestimable. La différence des tissus est avant toute chose fondée sur la variété des parties constitutives inorganiques, qui suintent avec une vitesse changeante à travers les différents groupes de vaisseaux capillaires. Ce sont ces substances inorganiques qui restent sous forme de cendre, quand on brûle les tissus, tandis que les éléments organiques se volatilisent.

Aussi devons-nous reconnaître que la cendre joue un rôle essentiel dans la production des tissus. Les muscles ne se forment que par l'aide du chlorure de potassium. Le chlorure de potassium est le sel des muscles. Le sel de cuisine est le producteur du tissu cartilagineux. Le sel de cuisine est le sel des cartilages.

Il faut de même considérer le phosphate de chaux comme le plus important élément plastique du tissu osseux. Le phosphate de chaux entre en combinaison avec le principe organique des os qui se réduit en colle par la coction. On appelle le phosphate de chaux, terre d'os. Au même point de vue, on peut désigner le phosphate de magnésie sous le nom de terre des muscles. Le fluorure de calcium, combinaison où le fluor joue le rôle de l'oxygène dans la chaux, devient pour nous le sel des os.

Le fer appartient aux poils à titre d'élément histogène. Il n'est pas seulement le métal du sang, il est aussi celui

des poils, et en outre il est un caractère du cerveau et du cristallin de l'œil (1).

Dans la cuïrresse siliceuse des infusoires, d'après Ehrenberg, on le trouve aussi constamment que dans les os des vertébrés le phosphate de chaux (2).

Liebig affirme donc une chose inexacte quand il avance que le sel de cuisine est sans influence sur l'activité organisatrice des tissus (3). Le sel de cuisine est aussi nécessaire pour la formation des cartilages, que la terre d'os pour l'organisation des os, et le chlorure de potassium pour le développement des muscles.

Mais de toutes les substances inorganiques, la plus répandue dans le corps de l'animal est l'acide phosphorique. Dans les os, il est combiné avec la chaux, dans les muscles avec la potasse et la magnésie, dans le foie avec des alcalis, des terres et le fer, dans le cerveau surtout, plus que partout ailleurs, avec la potasse, la soude, le fer, la chaux et la magnésie (4). Toutes les substances albuminoïdes du corps contiennent une certaine quantité de phosphate de chaux. Liebig avait pleinement raison d'insister sur ce point. On ne peut imaginer ni l'organisation, ni la production du corps en l'absence d'une quantité prédominante d'acide phosphorique (5).

Dans bien des parties du corps, dans le cerveau, les

(1) Von Bibra, *Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn des Menschen und der Wirbelthiere*, Mannheim, 1854, 90. — Johannes Müller, *Handbuch der Physiologie des Menschen*, I, 4, Aufl. 2.

(2) Avertissement, par Wicke, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCV, 293.

(3) Liebig, *Chemische Briefe*, 531.

(4) Breed, *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXX, 124.

(5) Liebig, *Chemische Briefe*, 504.

œufs, le sperme, et déjà dans le sang, il y a du phosphore, à ce qu'il paraît, sous forme d'acide phosphorique, en combinaison avec un groupe organique de manière à donner lieu à une graisse phosphorée (1). Aussi, malgré l'objection de Liebig (2), on est fondé à dire, que le sang, le cerveau, les œufs et le sperme, en un mot toutes les parties du corps qui occupent les rangs les plus élevés dans l'échelle de la vie, possèdent une graisse phosphorée et lui doivent leur caractère le plus essentiel. Voilà pourquoi Breed a trouvé dans la cendre du cerveau une quantité notable d'acide phosphorique libre.

Si l'on carbonise le cerveau, le charbon qu'on obtient jouit d'une réaction acide, il rougit le papier bleu de tournesol préalablement humecté avec de l'eau. L'acide libre qui lui donne cette réaction n'est autre que l'acide phosphorique.

Le groupe organique du cerveau, dans la composition duquel entre le phosphore, a une grande importance. En effet, nous savons maintenant, depuis les recherches exactes dont la graisse phosphorée a été l'objet dans les dernières années seulement, que la quantité plus ou moins grande de phosphore qu'on trouve dans le cerveau, est un caractère différentiel très-remarquable des cerveaux de divers animaux. D'après Lassaigne, le cerveau et la moelle allongée du chat et de la chèvre, ne présentent pas après leur carbonisation une réaction aussi acide que les mêmes parties du cheval. Le cerveau

(1) Gobley, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XVII, p. 414, t. XIX, p. 421; et sur la graisse phosphorée du sang, *Archives générales de médecine*, 4^e série, t. XXVII, 236.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 598, 599.

d'animaux différents contient donc des quantités différentes de graisse phosphorée (1).

Nous avons vu que, dans l'individu, l'espèce des tissus est produite par les éléments inorganiques qui en un point donné abandonnent le sang des capillaires. De même, c'est dans les parties constitutives de la cendre que le corps laisse comme résidu après la combustion, qu'il faut chercher les caractères de l'espèce à laquelle appartient l'individu et les raisons de sa production et de son développement.

C'est tout naturellement dans l'alimentation qu'est la première cause de la différence de la composition des tissus. J'ai déjà indiqué que l'acide phosphorique prédomine manifestement dans le sang de l'homme et des animaux qui consomment surtout de la viande et du pain, et que l'acide carbonique au contraire l'emporte, quand la nourriture se compose principalement d'herbages.

Le fer du sang des hommes et des vertébrés est remplacé dans le sang de l'escargot des vignes par du cuivre, et le phosphate de chaux du sang de l'homme l'est par du carbonate de chaux dans les moules d'étang.

C. Schmidt nous apprend que le sang des testacés est tellement saturé de carbonate de chaux, que si l'on y ajoute quelque peu de carbonate de soude, il se dépose en cristaux pendant que le sang s'évapore. Il ne faut donc plus s'étonner de voir employer les coquilles de ces mollusques à la fabrication de la chaux. La chaux des coquilles vient du sang, comme celle du sang vient des aliments.

(1) Lassaigne, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XVIII, 349.

On reconnaît les os des batraciens et des poissons au sulfate de soude qu'ils contiennent, et les dents des pachydermes à leur phosphate de magnésie. Dans les os des herbivores, il y a plus de phosphate de magnésie que dans ceux des carnivores et de l'homme.

L'acide silicique est, d'une manière très-générale, l'élément histogène du tissu corné, on le trouve dans les poils, la laine et le mucus, mais surtout les puissantes productions cornées des oiseaux, les plumes, se distinguent par leur richesse en silice. Et parmi les oiseaux, ce sont les granivores qui l'emportent sur ceux qui vivent de poissons et d'autres animaux aquatiques. Le coq domestique tient la première place parmi les oiseaux par la quantité considérable de silice que contiennent ses plumes (von Gorup Besanez).

Mais si les parties constitutives inorganiques normales des animaux et de l'homme exercent et subissent par rapport aux principes organiques du corps, une attraction si légitime, les substances qui ne s'incorporent à l'organisme que dans des circonstances particulières à titre d'aliment ou de médicament ne sont pas dépourvues d'une affinité de cette espèce.

Sous ce point de vue, le rôle des métaux est très-instructif. Chez beaucoup d'animaux, dans les circonstances ordinaires, le foie contient du cuivre. Dans l'escargot des vignes, on trouve du cuivre dans le foie comme un terme corrélatif de sa présence dans le sang (Harless). Genth a trouvé du cuivre dans le sang, dont la couleur est entre le blanc bleuâtre et le bleu de ciel, dans une espèce de crabe des Moluques (1). Von

(1) *Limulus cyclops*, Fabricius, connu à Philadelphie sous le nom de *King's Crab*.

Bibra (1) en a trouvé dans le foie du crabe poupart, des truites, des requins et des dorades.

Le froment contient quelquefois du cuivre qui peut avoir été absorbé dans la terre végétale, par exemple dans l'argile schisteuse ou dans l'argile jaune. Ce n'est que par une conséquence de ce fait qu'on a trouvé du cuivre dans le sang. On a retrouvé encore ce métal dans le foie du cochon et du bœuf. La nourriture de ces animaux rendait compte de sa présence. Chez les vertébrés le foie exerce une attraction pour les métaux, même à l'état normal. Le fer se trouve dans le foie en quantité notable, et la bile, liquide que le foie élabore, se distingue, par exemple, de l'urine par sa richesse normale en fer (2); ce qui donne à ce fait une signification singulière, c'est que le foie est, comme on le sait, le lieu où s'opère, non pas exclusivement à tout autre, mais principalement, la fabrication des globules colorés du sang. Sans matière colorante contenant du fer, il n'est pas possible que les globules colorés du sang se développent, et j'ai trouvé que, chez les grenouilles privées de leur foie, la quantité des corpuscules colorés du sang décroît considérablement par rapport aux incolores (3).

En présence de cette attraction que le foie exerce sur les métaux qui nous viennent du dehors, faut-il s'étonner que ce soit principalement dans ce viscère qu'on trouve le mercure des médicaments, ou le plomb dans

(1) Genth, *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXXI, 68.

(2) Weiss, *Zeitschrift der kaiserlich-königlichen Gesellschaft der Aerzte in Wien*, Jahrg., VII, 344.

(3) Moleschott, *Müller's Archiv*, 1853, 73 et seq.; et *Wittelshoefers Wiener medicinische Wochenschrift*. Jahrg. III, 209-213.

les intoxications saturnines lentes? Dans un cas d'empoisonnement par le mercure, von Gorup Besanez n'a pu démontrer le mercure avec une complète certitude que dans le foie, après avoir examiné plusieurs tissus. Au contraire, il n'en put pas démontrer du tout dans le cœur et les poumons, et la présence du métal dans l'encéphale resta douteuse (1). Il n'y a pas longtemps que Chatin et Bouvier ont trouvé le plomb dans le cerveau et le foie d'un homme qui avait succombé à la suite d'une paralysie saturnine (2).

Plus la solidité des parties dures du corps est grande, plus elles sont riches en phosphate de chaux. Aussi les dents sont-elles plus riches en terre d'os que les os eux-mêmes. Tel est le sens de la découverte que von Bibra a faite d'une remarquable relation de dépendance entre les efforts que subit un os et la quantité de phosphate de chaux qu'on y trouve. C'est dans le tibia des échassiers, dans le fémur des gallinacés et dans l'humérus des oiseaux au vol puissant, qu'il a trouvé la plus grande quantité de phosphate de chaux.

Quand le phosphate de chaux fait défaut dans la nourriture, les os deviennent flexibles. C'est ce qui arrive aux jeunes enfants, chez qui le cartilage ne se transforme en os que peu à peu en absorbant de la terre d'os. C'est ce qui arrive aussi chez les poules auxquelles on ne donne que des aliments dépouillés de sels de chaux. Au contraire, un excès de phosphate de chaux rend les os fragiles. Et comme on sait qu'une augmentation de

(1) Von Gorup Besanez, *Jenaische Annalen für Physiologie und Medicin*, II, 241, 242.

(2) Chatin et Bouvier, *Froriep's Tagesberichte*, 1851, août, n° 352, p. 200.

la quantité de ce sel dans les appuis et les leviers du corps est un caractère particulier de la vieillesse, on comprend la fragilité des os des vieillards.

De tous ces faits, il résulte pour le corps une loi très-importante, une loi qui fait comprendre la nutrition et qui reçoit de presque toutes les nouvelles découvertes une vive lumière. C'est la loi de l'affinité fixe et nécessaire qui unit les principes organiques des tissus aux éléments inorganiques. Cette loi nous donne le droit d'appeler le fluorure de calcium sel des os ou des dents, le phosphate de magnésie terre des muscles, le chlorure de sodium sel des cartilages et le fer métal des poils.

Cette relation normale, qui montre clairement que les parties constitutives de la cendre n'ont point une origine accidentelle, se reproduit aussi pour les liquides que sécrètent aux dépens du sang des organes spéciaux, qu'on appelle glandes. Le foie qui élabore la bile, les reins qui sécrètent l'urine, les glandes mammaires qui sécrètent le lait aux dépens du sang, sont des glandes de cette nature.

Le lait ne peut pas plus se passer de phosphate de chaux et des sels de potasse que les os du premier de ces sels et les muscles des seconds. Si l'on considère que la plus grande partie du corps se compose de chair et d'os, on comprendra mieux, à ce point de vue aussi, l'importance essentielle de la composition chimique du lait, qui le rend par dessus tout propre à former la nourriture du petit qui tette. Non-seulement le lait contient les représentants des trois classes principales d'aliments organiques, un corps albuminoïde, du sucre et de la graisse, mais il contient dans les parties constitutives de sa cendre, les substances inorganiques que nous

devons considérer comme les éléments histogènes qui jouent le plus grand rôle dans la masse du corps.

Comme le lait, les œufs se distinguent par des sels de potasse et des phosphates terreux. Ces derniers se trouvent en abondance dans le sperme.

Le chlorure de potassium prédomine dans la salive, le chlorure de sodium, dans le suc gastrique. L'urine contient du sel de cuisine en quantité très-considérable.

Ces rapports ont aussi leur revers. Je veux dire qu'il y a des liquides qui ne contiennent pas du tout certains sels, d'ailleurs très-répandus dans le corps. Le lait ne renferme pas trace de sulfates, tandis qu'on en trouve constamment dans la bile et dans l'urine (1).

Puisque les sels se séparent du sang plus vite que l'albumine et la graisse (2), le sang doit évidemment renfermer moins de ces éléments inorganiques que les aliments. Mais quelques-unes de ces matières de la cendre prédominent dans le sang, la cendre du sang, par exemple, contient plus de sel de cuisine que la cendre du fourrage. Le sel de cuisine est de tous les éléments de la cendre du sang le plus nécessaire. Dans le sang, l'eau est la seule matière inorganique qui surpasse par sa quantité celle du sel de cuisine (3).

La loi d'affinité d'après laquelle les membranes animales laissent constamment transsuder des parties constitutives de la cendre à côté de certaines substances

(1) D'après Mulder, *Hollandische Beiträge von van Deen, Donders und Moleschott*, I, 149, et d'après Strecker, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXXIII, 340.

(2) Voyez la note 1, p. 37.

(3) Voyez Liebig, *Chemische Briefe*, 530.

organiques, nous explique aussi l'apparition des substances inorganiques dans l'urine. L'urée ne passe pas des vaisseaux capillaires des reins dans les canalicules urinaires de cette glande, sans être accompagnée de sel de cuisine et d'autres matières inorganiques. Si les reins éliminent ces substances, ce n'est pas sans doute parce qu'elles reconnaissent que ces substances sont, comme le dit Liebig, « impropres à être ultérieurement » employées à des fins vitales » (1), mais parce que les vaisseaux capillaires et les canalicules urinaires ont la propriété nécessaire de laisser passer ensemble l'urée, le sel de cuisine et d'autres sels. Les éléments anatomiques les plus délicats des glandes, canalicules ou cellules, sont entourés si étroitement par des vaisseaux capillaires charriant du sang, que la paroi des vaisseaux capillaires et celle des canalicules de la glande qui sont accolées, ne forment ensemble qu'une membrane animale mince, par laquelle il se fait un échange constant entre le sang et le contenu des petites cavités des éléments anatomiques propres de la glande.

Sans doute la nourriture est la cause que certaines substances inorganiques abondent ou diminuent dans le corps. Cependant une des conséquences simples de la loi ci-dessus exposée, est qu'il y a des rapports fixes, que le changement de nourriture n'altère pas.

Parmi ces rapports, nous retrouvons toujours au premier rang celui de la richesse du sang en sel marin. Un chien qu'on a nourri pendant dix-huit jours avec de la viande, contient dans son sang la même quantité de sel de cuisine que s'il avait été nourri avec du pain pendant

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 514.

vingt jours (1). D'après C. Schmidt, ni la nourriture, ni la race, n'ont une influence quelconque sur le partage qui attribue le sel de cuisine au plasma, et le chlorure de potassium aux globules (2).

Les consciencieuses recherches de Strecker sur la bile nous ont fait connaître l'exemple qui, pour les animaux, démontre de la manière la plus décisive que le rapport entre les substances organiques et les parties inorganiques qui les accompagnent est d'une constance remarquable. Alors même que la potasse l'emporte sur la soude dans la nourriture des ruminants, l'acide choléique de leur bile est à peu près exclusivement combiné avec la soude. La bile du bœuf ne contient que des traces de potasse. Les poissons de mer, dans le milieu d'eau salée qui les enveloppe, pourraient puiser de préférence le sel de cuisine (chlorure de sodium). Cependant leur bile contient relativement plus de potasse que celle des poissons d'eau douce (3). C'est une répétition du fait observé par Forchhammer, sur maintes plantes marines qui renferment plus de potasse que de soude (4). L'affinité propre à l'espèce triomphe des particularités contingentes des aliments.

Il va de soi que ces faits n'affaiblissent pas l'importance des substances inorganiques qui doivent entrer dans la nourriture en qualité d'éléments histogènes. Au

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 529.

(2) C. Schmidt, voyez Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, Leipzig, 1850, II, 170.

(3) Adolph Strecker, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXX, 176, 177.

(4) *Laminaria latifolia*, *Eklonia buccinalis*, *Iridæa edulis*, *Polysiphonia elongata*. (Voyez ma *Physiologie des Stoffwechsels*, 167.)

contraire, ils déterminent plus rigoureusement et plus nécessairement les proportions dans lesquelles les matières inorganiques accompagnent les organiques. Et réciproquement, ils établissent d'une manière inébranlable cette vérité, qu'il ne peut y avoir défaut d'une certaine quantité des parties constitutives inorganiques du sang et des tissus, sans qu'il en résulte un dommage pour le corps.

Voilà pourquoi les escargots qui promènent avec eux une si grande quantité de chaux dans l'épaisseur de leur coquille, sont rares sur le gneiss, le micaschiste et d'autres espèces de roches pauvres en chaux, surtout si le sol n'est pas couvert d'une végétation luxuriante (Rossmässler) (1). La connaissance de ce fait est d'autant plus instructive pour nous, que nous savons d'autre part, que la moule perlière dont l'épaisse coquille contient beaucoup de chaux, n'habite pas une eau riche en chaux, qu'au contraire elle meurt si on la met dans une eau de cette composition. Car cette observation nous apprend qu'il peut y avoir des excès de nourriture avec des parties constitutives minérales. Une seule partie de carbonate dans cent mille parties d'eau, suffit à couvrir les besoins de la moule perlière. Donc la moule perlière dans une eau si pauvre en chaux, absorbe plus de chaux que les espèces voisines n'en prennent dans des eaux plus riches en sels calcaires. On est tenté d'admettre que ces moules ont une voracité pour la chaux qui les détruit, dès que cette substance leur est présentée en excès (Johnson et Sendtner) (2). Il serait difficile de trouver un plus bel exemple à opposer aux partisans de l'instinct électif.

(1) E. A. Rossmässler, *Reiseerinnerungen aus Spanien*, I, 193.

(2) Johnson et Sendtner, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCV, 237, 238.

Nous avons déjà vu que les os des poules perdent leur solidité, si les sels de chaux manquent dans la nourriture de l'animal. Mulder a guéri dans une famille pauvre la prédisposition aux fractures, en prescrivant du pain de seigle et de la viande, c'est-à-dire une nourriture qui pouvait donner au sang, et par son intermédiaire aux os, la quantité nécessaire de phosphates terreux.

Qui ne connaît les conséquences fâcheuses du défaut de fer dans le sang? Il ne faut pas s'étonner que dans ce cas le dommage ait des effets si profonds, puisque le fer de la matière colorante du sang entre directement dans la composition organique du groupe.

Ce défaut de fer est un des signes les plus fâcheux de notre temps. Il n'est point limité à une maladie du développement des jeunes filles; on ne le trouve pas seulement chez des femmes, mais aussi chez des hommes, dont le nombre s'est tellement accru depuis quelques années, qu'on peut dire, sans employer une expression exagérée, qu'il y a une génération de chlorotiques. Heureusement elle est encore en minorité en présence des cœurs d'acier capables d'un essor vigoureux. Par malheur, cette maladie dont les signes sont plus variables que ceux de n'importe quelle autre affection, enfonce ses racines plus loin que le sang, à travers le sang dans les tissus eux-mêmes. J'ai indiqué plus haut l'aide puissante que le foie prête à la transformation des globules incolores en globules colorés du sang. Les médecins savent que souvent il faut donner une autre direction à l'activité des organes digestifs, et en première ligne à celle du foie, avant de pouvoir présenter avec succès au sang le fer qui lui manque.

A ces exemples que tous les gens du monde connaissent, ajoutons-en encore un autre. Depuis un temps immémorial, on tâche de découvrir les causes du goître, et de ce développement vicieux du corps entier qu'on appelle le crétinisme (1). Les voix les plus compétentes reconnaissent que la nourriture exerçait dans la production de cette maladie une influence fondamentale. On en chercha quelque temps la cause dans une quantité trop considérable de magnésie que contenaient les aliments. Mais la magnésie peut se trouver dans l'eau potable en très-grande quantité, sans qu'il se manifeste aucun accident fâcheux. A Rhodéz, on ne connaît ni goitreux ni crétins, et cependant les eaux de fontaine y contiennent cinq fois plus de magnésie que celles de la vallée de l'Isère et de Chamouny si mal famée pour le nombre de ses goîtres (2).

Il semble que la découverte de Chatin sur la dispersion de l'iode dans toute la nature, l'ait mis dans une meilleure voie. Chatin en effet a trouvé l'iode dans la terre, l'air, l'eau, les animaux et les plantes, le lait, les œufs et le vin. Sans doute on a de plusieurs côtés contesté les assertions de Chatin, et l'on a fait naître le soupçon que probablement il n'avait trouvé de l'iode que par l'effet d'une impureté de son réactif (Stevenson Macadam, Lohmeyer, de Luca, Martin, Nadler) (3).

(1) Baillarger, *Comptes rendus*, XXXIII, 531, 532.

(2) Blondeau, *Froriep's Tagesberichte*, 1851, août, n° 350, p. 181.

(3) Steenson Macadam, *New Edinburgh philosophical journal*, 1852, avril-juillet, 170, 171 ; juillet-octobre, p. 319, 320. — Lohmeyer, *Fechner's Centralblatt*, 1854, 50. — De Luca, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, XXVI, p. 260, 261. — Nadler, *Untersuchungen über den angeblichen Jodgehalt der Luft und verschiedener Nahrungsmittel* (inaug. Dissert.). Zurich, 1861.

Cependant Marchand a trouvé de l'iode dans toutes les eaux naturelles. Barral et Meyrac ont, à certaines époques, trouvé de l'iode dans l'eau de pluie, et Van Ankum a donné aux recherches de Chatin la confirmation la plus éclatante. Il a examiné soigneusement les eaux de source de toutes les contrées de la Hollande; sur quatre-vingt-trois cas, il ne constata qu'une fois l'absence de l'iode. Van Ankum a trouvé l'iode dans les eaux du Rhin, de la Meuse, du Vecht et de l'Yssel, dans l'air et dans l'eau de pluie. Il fit recueillir de l'eau de pluie dans un grand nombre de lieux des Pays-Bas, et dans cinquante-sept expériences l'iode ne manqua qu'une seule fois. Van Ankum du reste a mis ses observations à l'abri de tout soupçon, en s'assurant par des précautions minutieuses que son réactif ne contenait pas du tout d'iode (1). Or, comme on considère une forme du goître comme une tuméfaction du corps thyroïde, comme une tumeur glandulaire, qu'on a souvent guérie par l'emploi médical de l'iode, Chatin conçut l'idée que le défaut d'iode dans l'eau et les aliments les plus usuels, pouvait être la cause principale du goître et du crétinisme.

Les résultats des recherches qu'on a faites jusqu'ici se sont montrés favorables à l'hypothèse de Chatin. Dans cette même vallée de l'Isère où le goître est endémique, l'eau et les aliments ne contiennent pas d'iode : Chatin et Fourcault, indépendamment l'un de l'autre,

(1) E. Marchand, *Comptes rendus*, XXXIV, p. 56. Voyez *Journal de pharmacie et de chimie*, XXI, p. 96, 98. — Barral, *Comptes rendus*, t. XXXV, p. 431. — Meyrac, *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 715, 716; et surtout van Ankum, *Journal für praktische Chemie*, LXIII, 261, 278.

l'ont démontré par des expériences (1). Si l'on s'élève du bassin du Rhône, des environs de Lyon, vers les Alpes, on reconnaît que l'air et la pluie deviennent peu à peu plus pauvres en iode. Chatin n'a pas trouvé plus d'iode dans les vallées des Alpes qui regardent l'Italie, que dans celles du versant français. Toutefois dans ces vallées qui sont le plus cruellement visitées par le goître, ce défaut d'iode ne se montre pas seulement dans l'air et la pluie, mais également dans la terre végétale et ses productions (2). Grange assure qu'il peut confirmer les faits avancés par Chatin sur la diffusion de l'iode (3). Enfin à Zurich où il y a beaucoup de goîtres, Nadler a analysé l'air, l'eau de fontaine, l'eau du lac, diverses plantes (4), le pain, le lait, les œufs et n'y a pas trouvé d'iode. Une seule fois Nadler dans dix-huit œufs, a trouvé dans le liquide exprimé du blanc d'œuf, une trace d'iode très-faible sans doute, mais pourtant manifeste.

En attendant, tant qu'on n'a pas démontré expressément des fautes dans les procédés d'investigations des divers chimistes, la circonspection commande d'attribuer les résultats positifs ou négatifs qu'ils obtiennent plutôt aux lieux de leurs observations, qu'à l'attention qu'ils ont portée à leurs recherches. Van Ankum aussi bien que Nadler, affirme qu'il s'est convaincu de la pureté de ses réactifs, et d'ailleurs dans plusieurs cas il a constaté l'absence de l'iode. En pareille matière, il ne

(1) Chatin, *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 529, et Fourcault, *Comptes rendus*, *ibid.*, 519, et encore Chatin, *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 17, 18.

(2) Chatin, *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 584, 585.

(3) Grange, *ibid.*, t. XXXIII, 629.

(4) *Potamogeton crispus*, *Nasturtium officinale*.

peut pas être question de compter les voix ; d'ailleurs les citations que j'ai faites prouvent que si des chimistes n'ont pas trouvé d'iode, dans certains lieux, il y en a d'autres et autant qui l'ont trouvé dans d'autres lieux.

Si malgré tout cela nous ne pouvons pas jusqu'ici considérer cet exemple comme aussi bon que ceux que nous tirons du sang privé de fer, ou des os appauvris de terre d'os, cela ne tient pas seulement au petit nombre de nos observations qui ne nous permettent pas d'élever sans réserve à la hauteur d'une loi, l'idée de Chatin, mais surtout cela tient à notre ignorance encore complète des rapports de l'iode avec la glande thyroïde et d'autres tissus du corps. Qu'on n'objecte pas aux idées de Chatin que tous les goîtres ne sont pas guéris par l'iode ; autant vaudrait dire que le défaut de fer dans le sang n'est pas la cause de la chlorose, parce qu'il y a beaucoup de cas de cette maladie qui résistent à l'emploi du fer. En effet, on comprend tout de suite que le fer ne peut être efficace, que si, ne se bornant pas à entrer dans l'estomac, il pénètre dans le sang, et non-seulement dans le sang mais encore dans le groupe organique de la matière colorante du sang. Or le foie a une influence très-considérable sur la formation de cette matière.

Dans la majorité des cas, nous ne savons pas nous rendre maîtres de cette influence. Mais notre impuissance ne peut servir d'argument pour contester le rôle important des substances inorganiques dans la production des tissus.

Les organes n'acquièrent leurs structures et ne jouissent de leur vitalité qu'à la condition de posséder une quantité voulue de parties constitutives inorganiques. Aussi dans ces dernières années a-t-on commencé un

examen critique de ces rapports des substances inorganiques avec les diverses parties du corps, et cette critique, pourvu qu'on la continue sans mépris superbe, sans folles espérances, promet à l'agriculture et à la médecine un brillant avenir.

En présence des faits les plus saisissants, on ne peut plus nier que les matières qui demeurent après la combustion, ce qu'on appelle les parties constitutives de la cendre, n'appartiennent à la composition intime des tissus, et par conséquent aux principes qui leur donnent leur forme et sont la condition de leur espèce, tout aussi essentiellement que les substances qui se volatilisent par l'effet de la combustion. Sans principe réductible en colle, il n'y a pas d'os, mais aussi point d'os sans phosphate de chaux, point de cartilage sans chlorure de sodium, pas de sang sans fer, pas de salive sans chlorure de potassium.

C'est de l'air et de la cendre que l'homme est tiré. L'activité des plantes l'a appelé à la vie; son cadavre se décompose en air et en cendre, pour déployer de nouvelles forces sous une nouvelle forme dans le règne végétal.

DOUZIÈME LETTRE.

DÉSASSIMILATION DANS L'ANIMAL.

On a parfois reproché à cette manière de considérer les phénomènes du corps vivant qui ramène tout à la matière, d'être plutôt chimique que physiologique. Sans doute on pouvait avec raison mettre l'acte chimique en opposition avec l'acte physiologique, quand on ne possédait des phénomènes vitaux que de faibles notions, quand on savait seulement que dans la respiration nous échangeons de l'acide carbonique contre de l'oxygène, et que l'urine contient de l'urée et de l'acide urique. On ne se doutait même pas alors de l'évolution qui aboutissait à l'acide carbonique et aux parties constitutives de l'urine. Mais aujourd'hui on sait que l'histoire de l'évolution des aliments et des matières excrémentitielles est l'essence même de la physiologie de l'échange des matières. La digestion et la formation des tissus sont comprises entre deux limites, les substances alimentaires et les parties constitutives des sécrétions. Une étude approfondie de ces phénomènes d'évolution a ramené une partie considé-

nable de la physiologie à une section de la chimie. Il n'y a plus de doute, les éléments de la physiologie, de la science de la vie des animaux et des plantes, sont la chimie, la physique et la description des formes. Le temps n'est plus où le microscope seul conférait l'anneau et la crosse au physiologiste. Il n'y a de physiologiste que celui qui veut s'expliquer la vie par la chimie et la physique.

L'absorption d'oxygène qui se fait pendant la respiration, n'est pas seulement la condition fondamentale du développement des tissus, mais encore, et à un plus haut degré, elle est la cause de leur décomposition sans laquelle il n'y a pas de vie.

Le changement de matière et de forme dans les diverses parties, tandis que leur figure générale reste la même, tel est le mystère de la vie animale. Les globules incolores du sang qui, en ce moment, traversent rapidement mon corps, seront au bout de six heures transformées en globules rouges, et ceux-ci dans trois semaines, au plus, seront dissous et remplacés par d'autres.

C'est ainsi que tous les éléments anatomiques du corps se décomposent pour se rajeunir sans relâche. L'oxygène que nous inspirons passe de la bouche dans la trachée artère, celle-ci se ramifie et ses derniers ramuscules déliés sont pourvus de vésicules latérales et terminales qui ne communiquent entre elles que par l'intermédiaire du ramuscule du tube aérien qui les porte. La paroi de ces vésicules pulmonaires est entourée d'un réseau à mailles aussi serrées que possible, formé de vaisseaux capillaires charriant du sang. Du tube aérien l'oxygène passe dans les vésicules pulmonaires, de celles-ci il passe dans le sang à travers la double paroi des vési-

cules et des vaisseaux capillaires, puis avec le sang il entre dans le cœur. Ensuite le cœur pousse le sang imprégné d'oxygène dans toutes les parties du corps, à travers les artères de la grande circulation qui tient le corps entier sous sa dépendance. Enfin l'oxygène pénètre dans les tissus à travers la paroi des vaisseaux capillaires qui terminent les artères.

Maintenant la combustion qui avait changé les parties constitutives du sang en principes histogènes continue sa marche. Les éléments des tissus se décomposent dès que l'oxygène se combine avec la matière qui les forme. En effet, les produits de cette combustion progressive ne sont plus susceptibles de revêtir une forme organisée.

La fibre charnue se décompose en une substance neutre, la créatine; une basique, la créatinine; une acide, l'acide inosique. Aux dépens d'une matière albuminoïde qui occupait le plus haut degré de composition organique, se forment d'autres corps azotés qui s'en distinguent par une richesse en oxygène toujours croissante. L'acide inosique qui, d'après Liebig, se trouve en quantité considérable dans la chair de la poule est une des matières les plus riches en oxygène qu'on ait rencontrées dans le corps.

Avec ce coup d'œil de génie qui lui donne le sacerdoce de la science, Liebig a reconnu dans ces trois substances, la créatine, la créatinine et l'acide inosique, des degrés du passage des principes histogènes aux produits définitifs de la décomposition, que nous éliminons avec les excréments. C'est une de ses plus grands mérites. La composition de ces corps que Liebig nous fit connaître, montrait leur signification. Une preuve décisive était la facilité avec laquelle la créatine se décompose

en une nouvelle base et en urée, en cette urée que nous pouvons regarder comme le produit d'oxydation le plus azoté qui prenne naissance pendant la combustion des tissus par la respiration.

L'apparition de ces corps dans l'urine leur assigne une place parmi les matières excrémentitielles. Ils traversent le sang en cette qualité, en se dirigeant vers les reins, c'est démontré par l'observation que Verdeil et Marcet ont fait récemment, de la présence de la créatine et de la créatinine dans le sang (1).

Du reste la créatine, la créatinine et l'acide inosique ne sont pas les seuls anneaux connus de la chaîne qui unit l'albumine à l'urée. Après que Liebig avait découvert ces substances dans le liquide de la viande, Scherer a pu découvrir dans la rate un nouveau corps, l'hypoxanthine, intermédiaire de l'albumine à l'acide urique. Sa composition nous permet de l'appeler protoxyde urique. Ce corps, en effet, se distingue surtout de l'acide urique, parce qu'il contient moins d'oxygène. Il ressemble en cela à l'oxyde d'azote, qui ne vient qu'après l'acide nitreux pour la richesse en oxygène.

Après la découverte de ces degrés de décomposition des histogènes azotés dans l'intérieur des tissus mêmes, il ne faut plus s'étonner si l'on y trouve aussi les termes ultimes de ce développement rétrograde. A côté du protoxyde urique qui n'a qu'à absorber de l'oxygène pour se transformer en acide urique, Scherer a aussi trouvé de l'acide urique dans la rate. A Giessen on a même rencontré dans les muscles d'un alligator, ce degré supérieur de combustion sous forme de nom-

(1) Verdeil et Marcet, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, t. XX, p. 91, 92.

breux cristaux (1), et Cloëtta les a plus tard démontrés dans le poumon du bœuf (2).

Mais l'acide urique n'est lui-même qu'un terme de la série qui conduit à l'urée. Nous sommes encore redevables de la connaissance de ce fait aux recherches de Liebig sur les parties constitutives de l'urine dont il a fait l'objet d'un de ses plus beaux et plus féconds travaux chimiques. Quand on traite l'acide urique par le peroxyde de plomb, substance qui abandonne facilement l'oxygène et qui doit être par conséquent considéré comme un moyen de combustion, l'acide urique se change en urée et en acide oxalique, et en une autre substance qu'on a observée dans l'urine des veaux avant leur naissance, et des veaux nouvellement nés (allantoïne). L'acide urique est brûlé dans le corps par l'oxygène d'une manière analogue. Frerichs a injecté dans le sang des lapins une solution chaude saturée d'urate de soude et d'urate d'ammoniaque, et a constaté qu'elle augmentait considérablement la quantité d'urée qu'ils éliminent dans l'urine (3). Il est facile de doubler la quantité de l'urée que les lapins éliminent avec l'urine, en ajoutant une quantité suffisante d'acide urique à leur nourriture (Neubauer) (4).

Outre l'urée cette urine contenait aussi des précipités d'oxalate de chaux. L'acide oxalique, ainsi nommé parce qu'il existe dans l'oxalide, se trouve souvent dans

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 554.

(2) Cloëtta, *Virchow's Archiv für pathologische Anatomie*, VII, 168.

(3) Frerichs, *Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde*, Jahrg. X, 418.

(4) Neubauer, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIX, 211, 212.

l'urine des gens sains (Hœfle, Lehman), Cependant il est probable que d'ordinaire l'acide urique est soumis à une combustion ultérieure pour former de l'urée et de l'acide carbonique. En effet, l'acide carbonique n'est pour sa part qu'un degré supérieur de combustion de l'acide oxalique. Neubauer a trouvé que l'acide oxalique n'augmentait pas dans l'urine des lapins auxquels il avait donné quelques grammes d'acide urique avec du pain et des carottes.

Ainsi donc la présence de l'urée dans les tissus est la conséquence la plus naturelle de la désassimilation qui s'opère en eux. Millon a découvert l'urée dans l'humeur vitrée et dans l'humeur aqueuse de l'œil. L'assertion de Millon a été confirmée par Wöhler et Donders, contrairement aux résultats obtenus par Lohmeyer (1), et l'on peut prédire avec certitude qu'elle ne restera pas longtemps isolée. Chez des grenouilles dont le foie avait été excisé, et non pas dans des grenouilles intactes, comme Grohé l'a cru à tort, j'ai trouvé de l'oxalate d'urée dans les muscles (2), et aujourd'hui Buhl et Voit ont apporté dans leur beau travail sur le choléra un nouveau fait du même ordre : dans le choléra typhoïde, non-seulement les muscles, mais aussi le cœur, le cerveau et la rate ainsi que plusieurs épanchements aqueux du corps contenaient beaucoup d'urée (3).

(1) Wöhler dans ses *Annales*, LXVI, 128. — Donders, *Handleiding tot de natuurkunde van den gezonden mensch*, I, 260. — Lohmeyer, *Zeitschrift für rationnelle Medicin*, neue Folge V, 66, 67.

(2) Moleschott, *Archiv für physiologische Heilkunde*, Jahrg., XI, 493. — Grohé, *Annalen für Chemie und Pharmacie*, LXXXV, 237 et seq.

(3) Buhl, *Zeitschrift für rationnelle Medicin*, neue Folge, VI, 65, 67.

Von Bibra a déjà confirmé ces assertions pour les muscles, au moyen de pesées (1), Grohé lui-même a montré de l'urée dans toutes les exsudations abondantes de la plèvre et du péricarde (2). Mais une découverte dont l'importance dépasse toutes les précédentes, c'est celle de l'urée dans les muscles d'un supplicié qui n'avait pas été saisi de crampes ; nous la devons aux recherches de Buhl et de Voit (3).

Il résulte de ces données, que les tissus renferment déjà les produits de décomposition azotés qui sont éliminés du corps avec l'urine. On a constaté dans les tissus du corps la présence de la créatine, de la créatinine, de l'urée et de l'acide urique.

Il n'y a que peu d'années que les observateurs se sont engagés dans cette voie, qui mène à la découverte des produits de la désassimilation des éléments histogènes les plus importants, et déjà se rassemblent de nombreuses observations qui prouvent d'une manière irréfutable, que les matières albuminoïdes se brûlent dans le corps, tout aussi bien que la graisse et le sucre. Mais comme il s'agit ici d'une combustion lente, ses premiers produits sont des substances riches en carbone.

On pouvait déjà depuis longtemps faire naître la leucine en faisant agir de l'oxygène sur les corps albuminoïdes ou sur les collagènes. On l'a trouvée maintenant dans la rate et dans l'état sain, dans le corps

(1) Von Bibra, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIV, 244.

(2) Grohé, *Schmidt's Jahrbücher*, LXXXIII, p. 5.

(3) Buhl, *Zeitschrift für rationnelle Medicin*, neue Folge, VI, 66.

« Au contraire, il est étonnant que chez le supplicié décapité on ait trouvé dans le muscle 0,0088 0/0 d'urée, bien qu'il n'y eut pas eu de crampes. »

thyroïde, le thymus, les glandes salivaires et la salive, dans le pancréas et le liquide pancréatique, dans les poumons et les ganglions lymphatiques. On l'a découverte dans des foies malades et dans un cerveau malade (Frerichs et Städeler, Cloëtta, Scherer, von Gorup-Besanez) (1). Suivant von Gorup-Besanez, le pancréas contient un corps de nature analogue à la leucine, mais qui s'en distingue parce qu'il contient moins de carbone et d'hydrogène, et qu'il se dissout plus difficilement dans l'alcool (2). Frerichs et Städeler ont fait voir dans la rate du bœuf et dans le pancréas la tyrosine, corps plus riche en oxygène que la leucine. Les poumons contiennent un produit riche en soufre (la taurine), dérivé de l'acide choléique (Cloëtta). Valenciennes et Frémy ont trouvé le même produit de décomposition des substances albuminoïdes dans la chair des mollusques testacés (3). Cloëtta a trouvé une fois ce corps

(1) Frerichs et Städeler, *Verhandlungen der Züricher naturforschenden Gesellschaft*, IV. — Cloëtta, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIX, 304, et seq. — Scherer, *Virchow, Göschen's deutsche Klinik*, 1855, 18 Jan., qui a trouvé que sa liénine était identique avec la leucine. — Von Gorup Besanez, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVIII, 8, 9, qui avait confondu également avec la leucine le corps qu'il avait décrit précédemment sous le nom de thymine.

(2) Von Gorup-Besanez, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVIII, 18, 19.

(3) Cloëtta a montré que le corps que Verdeil a donné pour de l'acide pneumique (*Comptes rendus*, t. XXXIII, 604, 605) n'est pas autre chose que de la taurine dont les cristaux pulvérisés rougissent le papier humide de tournesol. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIX, 301. Les muscles des acéphales ne contiennent, d'après Frémy et Valenciennes, ni créatine, ni créatinine, ni phosphate acide de soude, ni acide oléophosphorique (lécithine), mais bien de la taurine (*Comptes rendus*, t. XLI, 740).

dans les reins du bœuf, une autre fois il trouva la cystine, substance sulfurée plus riche en carbone et moins riche en oxygène que la précédente et qu'on rencontre quelquefois dans les pierres de la vessie (1). Parmi ces corps la leucine et la tyrosine sont les produits ordinaires de la décomposition des corps albuminoïdes et des substances cornées. Et comme la décomposition aboutit au dernier terme de l'altération des matières azotées en produisant de l'ammoniaque, Frerichs et Städeler ont trouvé des sels ammoniacaux dans le riz de veau tout à fait frais (2). C. Schmidt, a trouvé dans la rétine de l'œil une espèce d'ammoniaque composée (la *triméthylamine*), dans laquelle les trois équivalents d'hydrogène sont remplacés par du méthyle, combinaison de carbone et d'hydrogène (3).

C'est par des moyens semblables à ceux qui, dans le laboratoire du chimiste, ou dans la décomposition et la putréfaction, produisent la dissolution totale, que des produits ultimes analogues prennent naissance dans le corps vivant. Mais ce qui est parvenu à ces degrés ultimes est une impureté que le corps rejette. Aussi il n'y a rien d'étonnant que la chimie ait appris à préparer artificiellement l'urée, un des produits les plus importants de l'évolution de la matière dans notre corps, en brûlant des éléments histogènes. Béchamp, en faisant agir l'hypermanganate de potasse sur de l'albumine, de la fibrine et de la gélatine, les a transformées

(1) Cloëtta, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIX, 299, 304.

(2) Frerichs et Städeler, *Verhandlungen der Züricher naturforschenden Gesellschaft*, IV.

(3) C. Schmidt, Dissertation de R. Blessig, *De retinae textura disquisitiones microscopicae*, Dorpati Livonorum, 1855, 68, 69.

en urée (1). L'hypermanganate de potasse soumis à l'influence des corps avides d'oxygène, se décompose en potasse, en peroxyde de manganèse et en oxygène, en sorte que c'est à l'état naissant et dans un liquide alcalin, c'est-à-dire sous les conditions les plus favorables que l'oxygène agit sur les substances organiques.

L'acide carbonique est le chaînon terminal de la combustion des éléments histogènes non azotés, comme l'urée est celui de la décomposition des parties constitutives azotées.

Dans la période de l'histoire de la physiologie et de la chimie organique qui a précédé la nôtre, on croyait que tout l'acide carbonique de l'air expiré était le résultat d'une combustion de carbone, mais on ne se demandait pas sous quelle forme ce carbone avait été brûlé. On n'avait même pas dédaigné l'hypothèse d'une combustion de carbone à l'état libre. Il n'y a pourtant pas de carbone libre dans le corps. Les parties constitutives non azotées des tissus sont la graisse et les substances adipogènes, et celles-ci arrivent par une combustion graduelle jusqu'aux derniers termes de la désassimilation. Elles se décomposent en acide carbonique et en eau.

L'acide lactique, l'acide butyrique, l'acide acétique, l'acide succinique, l'acide formique, l'acide oxalique sont les degrés intermédiaires entre le sucre et les graisses, d'une part, et l'acide carbonique et l'eau de l'autre.

A partir de l'acide butyrique, chacun des acides de la série se distingue de celui qui le précède immédiatement par une plus grande richesse en oxygène. En

(1) Béchamp, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, C, 249.

absorbant encore de l'oxygène l'acide formique se décompose en acide oxalique et en eau. La combinaison de l'acide oxalique et de l'eau se brûle pour former de l'acide carbonique, tandis que l'eau s'en sépare.

On a récemment fait voir que l'acide lactique existait à titre d'élément normal dans la chair musculaire (Liebig). Il se trouve dans le tissu des muscles lisses, aussi bien que dans ceux qui se composent de fibres striées (Lehman, Siegmund) (1). Von Bibra l'a observé dans le cerveau; il existe dans le foie, le pancréas, la rate, le corps thyroïde et le thymus (von Bibra, von Gorup-Besanez) (2). Heintz a trouvé l'acide succinique dans un foie malade; et von Gorup-Besanez l'a rencontré depuis dans le thymus, la rate, le corps thyroïde. L'acide butyrique, l'acide acétique, l'acide formique existent dans la viande comme l'acide lactique (Scherer) (3). La rate contient de l'acétate de fer. Enfin Schmidt a trouvé l'acide oxalique dans le mucus, et je l'ai constaté dans les muscles des grenouilles privées de foie. La combustion complète telle qu'elle s'accomplit dans le corps de l'animal transforme tous ces acides en acide carbonique et en eau.

L'acide carbonique, les carbonates et l'eau, sont contenus dans tous les tissus. La combustion à la suite de

(1) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 2^{te} Aufl., 2^{te} Umarb. 1853, I, 107. — Siegmund, *Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft*, in Würzburg, III, 50.

(2) Von Gorup-Besanez, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVIII, 34.

(3) Scherer en vint dans ces derniers temps à affirmer avec assurance que les acides butyrique, acétique et formique se trouvaient dans la viande. Voy. *Verhandlungen der physikalisch medicinischen Gesellschaft*, in Würzburg, I, 52.

laquelle l'acide carbonique et l'eau apparaissent dans les tissus, se produit aussi en dehors de l'influence de la circulation du sang. Quand on suspend dans de l'air ordinaire les muscles séparés du corps, ils respirent aussi bien que dans le corps. Dans le corps le courant sanguin amène aux tissus l'oxygène inspiré, mais dans cette expérience le tissu musculaire est immédiatement entouré d'oxygène. Ces muscles échangent de l'acide carbonique contre de l'oxygène (Georg Liebig) (1). Cette combustion lente des tissus est l'essence même de l'acte de la respiration; le courant qui fait affluer l'oxygène dans les poumons ne présente à cet acte physiologique que la cause nécessaire de son accomplissement.

Nous avons vu comment les produits de désassimilation s'accumulent dans les tissus et pénètrent dans le sang. Le sang charrie donc de la créatine, de la créatinine, de l'urée, de l'acide urique, de l'acide formique et de l'acide carbonique. On a bien tardé à découvrir ces matières dans le sang. D'abord on trouva l'acide carbonique, puis l'urée. Cette dernière découverte confirma pleinement l'idée que la circulation est la voie que parcourent les substances destinées à l'excrétion, pour aller des tissus aux émonctoires, les poumons et les reins. Dès lors l'observateur, armé de moyens nouveaux et d'une méthode perfectionnée, put découvrir toutes ces substances dans le sang.

Il était bien difficile de se convaincre de la présence de ces matières excrémentitielles dans le sang. En effet, elles ne font que le traverser rapidement. L'acide carbonique

(1) Georg Liebig, *Annales des sciences naturelles*, 3^e série, XIV, 327, 329.

venant avec le sang des cavités droites du cœur, afflue vers les poumons, et pénètre dans l'intérieur des vésicules pulmonaires en traversant la double paroi des vaisseaux capillaires et de ces vésicules, tout à fait de la même manière que l'oxygène passe des vésicules dans les vaisseaux capillaires.

L'acide carbonique provenant du sang, et l'air atmosphérique inspiré s'échangent d'après les lois générales de l'échange des gaz, dans les cavités des poumons, des rameaux bronchiques et du tronc aérien lui-même. Puis les mouvements de la respiration produisant le rétrécissement de la cage thoracique, une colonne d'air chargée d'acide carbonique est expulsée ; puis après une courte pause, une inspiration suit cette expiration, la cage thoracique s'élargit, un air riche en oxygène remplace l'air expulsé qui avait perdu une partie de sien, et le phénomène recommence de nouveau.

Les poumons ne sont qu'une banque. L'acide carbonique est livré au monde extérieur pour servir d'aliment aux plantes, et parer de verdure les collines et les vallées. L'oxygène est échangé contre l'acide carbonique. Le sang approvisionné d'oxygène s'écoule des poumons vers l'oreillette gauche du cœur, et de là dans toutes les régions du corps. Alors recommence la combustion générale qui, ici sous forme de nutrition, là sous celle de désassimilation, met en jeu les fonctions principales.

La respiration délivre le sang d'une grande partie de son acide carbonique, de même la sécrétion des reins le débarrasse des parties constitutives de l'urine. Les reins attirent l'urée, l'acide urique, la créatine et la créatinine, ils les séparent du sang avec une telle rapidité, que pour les atteindre sur leur route à travers la

circulation du sang, il ne fallait rien moins qu'un examen d'une extrême précision.

On peut mesurer l'activité du corps par la quantité de matières excrémentitielles qu'il rejette. Plus l'effort auquel sont soumis les divers tissus est grand, plus leurs éléments se décomposent rapidement en des substances, que le sang charrie jusqu'aux poumons et aux reins et qui, sous forme d'air expiré et d'urine, seront le partage du monde extérieur.

C'est pendant que l'activité des tissus est fortement mise en jeu, que s'accumulent en eux en grande quantité les substances résultant des transformations des éléments organiques histogènes. L'activité des muscles consiste dans le raccourcissement de leurs fibres, et sa conséquence dans le mouvement des os qui se meuvent comme des leviers. Eh bien, plus le muscle se tend avec énergie, plus il contient d'acide lactique, d'après Berzelius et du Bois-Reymond (1). Les muscles au repos ne renferment pas de suc acide (Georg Liebig, du Bois-Reymond). Le muscle du cœur qui est toujours en activité contient plus de créatine que la chair des autres parties du corps. Si nous comparons les chiffres de Scharling à ceux de Boussingault, nous trouvons que les oiseaux expirent à peu près neuf fois autant d'acide carbonique que l'homme (2). Aussi les oiseaux se distinguent-ils de tous les autres animaux par la grande quantité de créatine que renferment leurs muscles.

(1) Du Bois-Reymond, *De fibræ muscularis reactione ut chemiciis visa est acida*, Berolini, 1859, 34, 41.

(2) D'après Scharling, l'homme expire en vingt-quatre heures pour chaque 100 grammes de son poids 0^{gr},292 de carbone; d'après Boussingault, le pigeon expire 2^{gr},742. Voyez ma *Physiologie des Stoffwechsels*, 487.

Bien plus, Liebig a trouvé l'acide inosique en particulier dans le suc de la viande de poule. Une respiration active a pour terme corrélatif une décomposition accélérée d'albumine et de graisse. On peut mesurer l'intensité de l'échange des matières qui s'est opéré dans un homme, par la quantité d'acide carbonique, d'eau et d'urée qu'il élimine dans un temps donné. La rapidité de l'échange des matières est la mesure de la vie.

Les hommes excrètent dans le même temps plus d'acide carbonique et d'urée que les femmes; c'est l'expression la plus exacte de l'aptitude à l'action qui est propre aux deux sexes. Les enfants évacuent moins d'urée et d'acide carbonique que les femmes d'une manière absolue et non point en proportion de leur poids. Dans la vieillesse aussi l'élimination subit une diminution considérable. L'intensité la plus forte de l'échange des matières se place dans la période de la vie qui va de trente à quarante ans. C'est à cet âge en moyenne que l'activité créatrice de l'homme atteint son apogée.

Les poumons et les reins ne sont pas les seuls organes qui éliminent les produits de désassimilation; il y a aussi la peau et le rectum.

L'oxygène inspiré arrive avec le sang dans la peau; il se forme aussi dans la peau de l'acide carbonique, qui s'échange contre de l'oxygène à travers l'épiderme, tout aussi bien que dans les poumons à travers les parois des vésicules pulmonaires et des vaisseaux capillaires. Aussi l'expression de respiration cutanée est-elle très-juste. Cependant dans la respiration pulmonaire il y a plus d'oxygène absorbé que d'acide carbonique exhalé, et l'espace qu'occupe l'air expiré est moindre que celui de l'air inspiré, tandis que dans la respira-

tion cutanée, la peau élimine beaucoup plus d'acide carbonique qu'elle ne laisse passer d'oxygène (Gerlach, de Berlin) (1).

Dans les déjections intestinales nous trouvons d'abord les résidus insolubles de la nourriture, que nous pouvons considérer comme une des parties accidentelles des matières fécales, puis de la bile, du liquide de sécrétion intestinale et du mucus, c'est-à-dire un mélange de substances qui proviennent nécessairement des parties constitutives du sang. Et comme la bile, le liquide des sécrétions intestinales et le mucus contiennent des corps azotés, il en résulte qu'une partie des substances que produit la désassimilation des corps albuminoïdes du sang est aussi rejetée par cette voie, mais c'est surtout dans l'urine que nous trouvons ces parties une fois qu'elles ont subi la décomposition. Les cheveux qui tombent, l'épiderme qui se desquame dans les cavités intérieures du corps aussi bien qu'à la surface extérieure, les ongles que nous coupons s'ajoutent à l'urine en multipliant les points d'élimination des principes azotés.

Cependant il s'en faut que la peau et l'intestin aient l'activité des poumons et des reins dans l'élimination des matières excrémentitielles. Les matières fécales ne montent pas au quatorzième ou même au dix-huitième du poids total des excréments. Et l'acide carbonique qui s'échappe des poumons est trente fois plus considé-

(1) Gerlach, *Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie*, Jahrgang 1851, 460. D'après Gerlach, dans la respiration pulmonaire le rapport de l'acide carbonique expiré à l'oxygène inspiré est comme 6 : 7; au contraire, dans la respiration cutanée, il est comme 6 : 2 $\frac{2}{3}$ (*loc. cit.*, p. 462).

nable que celui qu'élimine la peau, d'après Scharling, et même quatre-vingt-dix fois plus, d'après Gerlach.

Le soufre et le phosphore des éléments histogènes albuminoïdes se brûlent pour former de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique. Ces acides décomposent le carbonate de soude du sang et nous les retrouvons dans l'urine en qualité de sulfate et de phosphate. Il en résulte qu'une nourriture animale riche en albumine n'a pas seulement pour effet d'augmenter la quantité d'urée de l'urine, mais qu'elle accroît aussi celle des sulfates et des phosphates terreux (Lehmann).

Nous voyons qu'en général les matières inorganiques restent attachées aux éléments histogènes non-seulement dans le développement, mais encore qu'elles accompagnent dans la désassimilation les matières excrémentitielles. L'acide urique n'est pas éliminé en qualité d'acide libre, mais sous forme d'urate de soude. En général, on peut dire que l'urine est le liquide qui a le privilège d'écarter du corps la plus grande partie des sels. Les matières fécales, le mucus, les produits cornés, les cheveux, les ongles et l'épiderme, éliminent aussi des matériaux inorganiques usés, et, au milieu d'eux en première ligne, le fer et les sels terreux.

Or, puisque l'échange de la matière est une mesure de la vie, il est évident que, non-seulement les matières se transformeront plus rapidement dans un individu plus fort, mais que le terme corrélatif d'une plus grande activité doit être une désassimilation plus prompte. C'est ce qui a lieu. L'effort corporel n'augmente pas simplement la sueur et l'urine, il augmente l'urée de l'urine et l'acide carbonique que nous expirons. D'après les nouveaux travaux de Gerlach les hommes occupés à des mouvements corporels éliminent par la peau en

neuf heures, autant d'acide carbonique qu'à l'état de repos en vingt-quatre heures. Dans un cheval au trot l'élimination est cent dix-sept fois plus grande que celle du repos. Un coureur anglais qui avait parcouru en cent heures un chemin qui en aurait exigé cinq cents pour une marche ordinaire, n'avait pas perdu après cet effort moins de 14 kilogrammes du poids de son corps (1).

On a donc le droit de prendre au pied de la lettre l'expression dont on se sert quand on parle des hommes à pensée ardente, quand on les appelle têtes chaudes. Un accroissement du travail de l'esprit produit une augmentation de l'appétit tout comme le ferait un mouvement musculaire intense. L'appétit n'est qu'un symptôme d'un appauvrissement du sang et des tissus, apprécié au moyen d'une sensation. L'activité cérébrale, comme le travail des membres, augmente l'élimination par la peau, les poumons et les reins.

D'après ce qui précède, il faut chercher les lieux de formation des matières excrémentielles avant tout dans les tissus dont l'activité est produite par la combustion lente de leur respiration. Mais la désassimilation commence déjà dans le sang, car dans tous les points du corps où pénètre l'oxygène il y a combustion.

Sans doute, les substances principales du sang ne peuvent pas, en brûlant, se réduire en matières excrémentielles pendant le temps relativement court qu'elles séjournent dans les vaisseaux. C'est à peine si elles atteignent le degré de composition des éléments histo-

(1) Valentin, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, Braunschweig, 1847, I, 119.

gènes. Au point de vue où nous nous plaçons, leur transformation est un développement progressif.

Mais la graisse subit dans le sang même une combustion partielle qui produit de l'acide carbonique et de l'eau, termes ultimes de la décomposition. Bien qu'en somme il transsude à travers la paroi des vaisseaux moins de graisse que d'albumine, la quantité de la graisse introduite dans le sang à la suite d'une ingestion de graisse et d'albumine diminue plus vite que celle de l'albumine (Thomson). Mais comme la graisse abandonne les vaisseaux plus lentement que l'albumine, il faut nécessairement attribuer cette diminution plus rapide à une combustion dans le sang. Pendant la digestion on expire plus d'acide carbonique (Vierordt).

L'eau-de-vie, le vin, la bière subissent dans le sang une combustion. Une partie de l'esprit-de-vin que toutes ces boissons renferment, se brûle dans le sang comme dans l'air à une chaleur de 30 à 40 degrés pour former de l'acide acétique. Il se peut et même il est vraisemblable que cela n'arrive qu'après une formation préalable d'aldéhyde, corps qui ne diffère de l'acide acétique que parce qu'il contient moins d'oxygène (Bouchardat et Sandras, Duchek). La formation du vinaigre repose sur une combustion imparfaite de l'esprit-de-vin; cette combustion s'opère dans le sang exactement de même que celle de l'ammoniaque qui donne de l'acide nitrique. En subissant une combustion plus avancée, l'acide acétique se change en acide oxalique et en eau, et l'acide oxalique se brûlant entièrement, se résout en acide carbonique (1).

(1) Duchek, *Prager Vierteljahrsschrift*, 1853, III, 133. Les recherches de Masing ont montré qu'on ne doit pas regarder comme décisive

Toutes les modifications que le sang subit par la respiration s'expliquent par la combustion et la déperdition d'eau. Le résultat de la combustion est qu'il y a dans les artères plus de fibrine et moins de graisse que dans le sang des veines qui n'a pas encore respiré. Une partie de l'albumine du sang veineux se change en fibrine en absorbant de l'oxygène, la graisse se réduit en partie en acide carbonique et en eau par suite de la combustion.

En comparant l'air expiré à celui qui est inspiré, on trouve que la quantité d'acide carbonique n'y a pas subi seule une augmentation, celle de l'eau aussi est devenue plus grande. En traversant les vaisseaux capillaires des poumons, le sang des veines cède de l'eau à l'air des vésicules pulmonaires. Aussi le sang de l'artère pulmonaire qui amène le sang veineux aux poumons contient-il plus d'eau que celui des veines pulmonaires qui ramènent le sang des poumons dans le cœur. C'est encore pour cette raison que le sang des petites veines contient toujours plus d'eau que celui des artères. On ne doit pas voir une contradiction à cette règle générale, dans ce fait que la veine cave inférieure contient moins d'eau que le sang artériel. En effet elle a perdu beaucoup d'eau sous forme d'urine et de bile (Lehman) (1).

la preuve que Duchek avait donnée de la présence de l'aldéhyde dans le sang, et qu'une grande partie de l'alcool ingéré est éliminée en nature par les poumons et les reins. *Schmidt's Jahrbücher*, LXXXVII, 24, 25. Il reste toujours des recherches de Duchek un résultat instructif : l'aldéhyde injectée dans les veines ou dans l'estomac produit les mêmes phénomènes d'ivresse que l'alcool. Duchek, 117, 119.

(1) Lehmann, *Canstatt's Jahresbericht für 1855*, I, 189. Les recherches de Lehmann nous ont enfin débarrassé des résultats inintel-

Quand la composition s'altère les propriétés changent. Le sang rouge bleu sombre des veines devient rouge éclatant par la respiration. Le sang de l'escargot des vignes devient bleu en absorbant de l'oxygène, et incolore en absorbant de l'acide carbonique.

Nous voyons que le sang abandonne constamment ses propres parties constitutives aux organes du corps en qualité d'éléments histogènes. L'activité des tissus décompose ces éléments en acide carbonique, en urée et en eau. Enfin les matières excrémentielles traversent constamment le courant de la circulation pour gagner les poumons, les reins, la peau et le rectum d'où elles sont rejetées hors du corps. Il est donc nécessaire que les tissus et le sang subissent par la marche régulière de la vie une déperdition de substance, qui ne trouve de compensation que dans le dédommagement fourni par les aliments.

Cet échange de matières s'opère avec une rapidité remarquable. La durée moyenne de la vie des hommes qui succombent à l'inanition va jusqu'à deux semaines. Mais au moment où un vertébré, quel qu'il soit, meurt d'inanition, son corps a perdu les quatre dixièmes de son poids primitif. Supposons que cette perte de poids pût se prolonger sans donner lieu à la mort par inanition, au bout de trente-cinq jours un homme aurait consommé la totalité de son corps. En effet, si l'on prend deux fois et demi les quatre dixièmes qui sont dépensés, on obtient l'unité, c'est-à-dire le corps entier. La mort arrive après quatorze jours; si l'on prend quatorze deux fois et demi, on obtient trente-cinq. Si nous remplaçons

ligibles de Nasse, Simon, Hering, Clément, et réhabilité les assertions de Lecanu et de Letellier.

les pertes par des aliments, le corps d'un adulte se maintient dans son poids primitif. Chez les individus qui font un usage convenable d'aliments et de boissons, l'échange des matières s'opère plus vite que chez les êtres épuisés par l'abstinence. Ces faits justifient donc tout à fait la supposition que le corps renouvelle la plus grande partie de sa substance dans un laps de temps de vingt à trente jours.

Barral rapporte qu'en été il perdait en vingt-quatre heures à peu près le quatorzième, et en hiver même le douzième du poids de son corps. Chez divers individus la grandeur de la perte journalière peut cependant subir de grandes variations. Le colonel Laun (de Sarrelouis) a fait sur lui-même plusieurs pesées en s'imposant un régime régulier. Il en a pris les moyennes, et a trouvé une perte moyenne d'un vingt-deuxième de son poids en vingt-quatre heures (1).

La nourriture qu'on absorbe, et l'oxygène qu'on inspire couvrent cette perte. Le sang, en effet, ne provient pas seulement des substances alimentaires, mais à la fois de la nourriture et de l'oxygène. Cela est encore plus vrai des tissus. La condition de la genèse des tissus, c'est la respiration.

Supposons que le corps perdît chaque jour en hiver un nouveau douzième, en été un nouveau quatorzième de son poids, le corps tout entier serait renouvelé en douze ou quatorze jours. D'après les résultats de Laun, il faudrait dire vingt-deux jours.

Liebig déduit cette rapidité de l'échange des matières d'une autre considération. On ne se trompe guère en

(1) Laun, *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, Herausgegeben von Jac. Moleschott, II, 278 et seq.

attribuant à un homme fait une quantité moyenne de vingt-quatre livres de sang. L'oxygène que nous absorbons en quatre ou cinq jours par la respiration suffit à transformer par la combustion tout le carbone et l'hydrogène de ces vingt-quatre livres de sang en acide carbonique et en eau (1). Mais le sang s'élève environ au cinquième du poids du corps d'un adulte (2). Si donc

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 389, 390.

(2) Welcker a essayé de rendre probable que le sang ne s'élevait environ qu'au dixième du poids du corps humain par des recherches sur le pouvoir colorant de l'hématosine du sang, et des expériences sur la quantité du sang basées sur ce pouvoir colorant; quelque favorables que ses expériences et la discussion qui les accompagne soient à l'opinion de Welcker, il me semble cependant que les résultats de l'observation directe sont invincibles. J'avoue que j'ai toujours accordé plus de valeur aux observations de Wrisberg qu'aux expériences ingénieuses de Valentin pour déterminer la quantité du sang, parce qu'il ne faut pas oublier qu'il y a dans ces dernières une source d'erreur bien connue, à savoir la perte d'eau que le sang cède aux tissus et aux glandes. Wrisberg a recueilli une fois 24 livres de sang du corps d'une femme décapitée, et a vu dans un cas une femme perdre 26 livres de sang par une hémorrhagie utérine. Voyez *Valentin's Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 2^{te} Auflage 1, 495. Il peut se faire, quand un corps perd tout son sang, que par suite d'un accroissement d'absorption, une quantité considérable de sucs nourriciers déjà exsudés hors des vaisseaux retourne dans la circulation, et Welcker peut bien avoir raison, quand il ne considère dans sa discussion que le sang manifestement contenu dans le cœur et les vaisseaux à un moment donné. Mais il est à peu près indifférent pour notre calcul que ces 24 ou 26 livres de sang soient en une ou plusieurs minutes contenues dans les vaisseaux ou qu'il faille en chercher une partie hors des vaisseaux à un moment donné. Au point de vue de Welcker, ses expériences et ses incertitudes sont très-dignes d'attention, quoiqu'elles ne soient point décisives. Voyez son mémoire :

cinq jours suffisent à dépenser le sang par l'échange des matières, il faut que le corps entier se transforme en cinq fois cinq ou vingt-cinq jours. J'ai trouvé avec Marfels que des corpuscules colorés du mouton, qu'on injecte en grande quantité dans la circulation des grenouilles, en ont complètement disparu après dix-sept jours (1). Or, puisque l'échange matériel s'opère chez les grenouilles avec plus de lenteur que chez les animaux à sang chaud, il faut admettre que les globules colorés du sang de l'homme se renouvellent complètement en moins de dix-sept jours.

La concordance des résultats qu'on obtient en partant de trois points de vue différents est une garantie positive de la vérité de l'hypothèse, d'après laquelle il faut trente jours pour donner au corps entier une composition nouvelle. Les sept ans que la croyance du peuple fixait pour la durée de ce laps de temps sont donc une exagération colossale, et si Jean Paul avait voulu accommoder sa plaisanterie à la science actuelle, il aurait pu réduire à un mois le temps après lequel l'homme et la femme doivent vivre l'un avec l'autre en adultère, puisqu'il ne sont plus les mêmes, quant à la matière.

Quelque surprenante que puisse paraître au premier coup d'œil cette rapidité, les observations s'accordent sur tous les points. D'après Stahl, les alouettes perdent en un jour la graisse qui s'est développée pendant la

« *Blutkörperchenzählung und farbeprüfende Methode*, Prager Vierteljahrsschrift für die praktische Heilkunde, Jahrg. XI, IV, 74, 78.

(1) Marfels et Moleschott, sur la durée de la vie des globules du sang, *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, Herausg. von Moleschott, I, 51.

nuit dans leur corps (1). J'ai déjà fait voir dans ces lettres que le développement des cellules s'opère dans le sang en sept ou huit heures aux dépens des matières fournies par le chyle (2). Qui ne sait du reste qu'il suffit de peu de jours pour rendre un homme presque méconnaissable par l'amaigrissement ?

La rapidité de l'échange des matières que toutes ces observations démontrent, est ce qu'il y a de plus propre à diminuer l'étonnement que nous éprouvons en présence des résultats des recherches célèbres de Bidder et Schmidt ; elles nous apprennent qu'un adulte pesant 128 livres sécrète en vingt-quatre heures près de 3 livres de salive, au moins 2 livres et demi de bile et plus de 28 livres de suc gastrique (3), de sorte qu'un fumeur affecté de la mauvaise habitude de cracher, peut cracher en une demi journée la quatre-vingt-cinquième partie de son poids. Dans le cours de vingt-quatre heures, il coule dans notre corps près du quart de notre poids de suc gastrique circulant du sang à l'estomac et de l'estomac au sang.

Chaque individu échange la matière avec une vitesse différente. J'ai déjà expliqué l'aptitude à l'action que l'homme, la femme, l'enfant et le vieillard manifestent chacun à leur degré par la propriété dont l'homme jouit, d'échanger plus de matières que la femme, l'adulte plus que le vieillard et l'enfant. L'ouvrier et le penseur changent la composition de leur corps dans

(1) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 1842, 267.

(2) Voyez note 2, p. 127.

(3) Bidder et Schmidt, *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, Mitau und Leipzig, 1852, 13, 216. — C. Schmidt, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCII, 42.

un temps plus court que les gens oisifs et les viveurs. Il y a des hommes qui vivent vite ; chez eux l'espérance, la passion et l'abattement craintif qui se transforme rapidement en confiance joyeuse, mettent vivement le sang en mouvement. Ils vivent vite parce que l'échange des matières s'exécute vite dans leur corps.

L'absorption des aliments a pour antithèse celle de l'oxygène, mais il ne faut pas voir dans cette proposition l'oxygène réclamant une partie des aliments à titre d'aliments respiratoires, tandis qu'une autre partie servirait à la formation des tissus. La nourriture qui forme les tissus et qui par la suite, sous l'action de l'oxygène inspiré, se décompose peu à peu en matières excrémentielles, est toujours la même matière à différents degrés de développement. Par la digestion les substances alimentaires se changent en éléments du sang, par l'action de l'oxygène les corps du sang deviennent des éléments histogènes, et ce n'est que l'action progressive de l'oxygène qui produit la désassimilation au sein des tissus. L'essence de cette désassimilation est la combustion lente de la graisse et de l'albumine, des substances réductibles en colle et du tissu élastique. Les termes ultimes de la combustion sont l'acide carbonique, l'eau, l'urée et l'ammoniaque.

Tant que l'équilibre existe entre la sanguification et l'élimination, le corps ne souffre aucune altération dans sa provision générale de matière. Cet équilibre se maintient dans l'échange de matières de l'adulte. On peut peser le corps d'un homme de trente à quarante ans, bien des jours l'un après l'autre, sans constater une augmentation ou une diminution de poids qu'on ne puisse expliquer par une recette ou une dépense, qui l'aurait immédiatement précédée. Réparti sur plusieurs jours,

un pareil changement de poids est complètement compensé.

Chez le vieillard l'équilibre est détruit. La digestion n'est plus aussi puissante que chez l'homme à la fleur de l'âge. L'absorption des aliments et des boissons se règle très-vite sur la digestion. L'action de l'oxygène et la désassimilation des tissus qui en est l'effet ne discontinuent pas. Il en résulte immédiatement une diminution du suc nourricier qu'on peut reconnaître non-seulement par la pesée mais aussi par l'inspection directe. Des parties qui comme le globe de l'œil contiennent beaucoup de liquide sont moins remplies, moins tendues dans un âge avancé; la cornée s'aplatit, ce qui est cause que la myopie diminue d'année en année, et même peut se convertir en l'infirmité opposée. Les os des vieillards ont perdu une partie de leur élasticité, parce qu'ils sont moins riches en eau que ceux des adultes (Fremy) (1).

La combustion atteint donc les substances organiques; et les parties constitutives inorganiques en somme abandonnent le corps moins vite que la totalité de l'albumine et de la graisse. Aussi les sels et surtout les sels terreux s'accumulent-ils relativement dans les tissus. Les os deviennent plus riches en chaux et cassants, les parois des vaisseaux et leurs valvules s'encroûtent de craie.

Dès que la recomposition ne fait plus équilibre à la désassimilation, le dépérissement des tissus s'ensuit inévitablement. La mâchoire inférieure diminue de volume, ce que trahit le menton pointu des vieilles gens. La graisse sous-cutanée subit une déperdition considé-

(1) Fremy, *Comptes rendus*, XXXIX, p. 1055.

nable, aussi sur le front et les mains la peau devenue trop large se ride. Les muscles amincis manquent de contractilité, ils ne peuvent plus redresser l'épine dorsale, et laissent tomber la tête en avant. Aussi admirons-nous comme une chose rare l'allure assurée et droite des vieillards vigoureux. Les cordes vocales deviennent plus sèches, elles perdent de leur flexibilité et de leur élasticité. La voix devient rauque et sourde ou aigre et criarde. A partir de la cinquantième année, le poids du cerveau diminue aussi (Peacock) (1).

Il résulte des recherches de Boecker que, pendant le sommeil, quand on compare cet état avec celui de veille, toutes les autres conditions étant les mêmes, les sécrétions augmentent et la production du cerveau s'accroît (2). Chez l'enfant à la mamelle qui dort plus qu'il ne veille, le développement des tissus est en somme favorisé. L'enfant quand il veille ne se trouve pas dans les mêmes conditions que quand il dort, au contraire, il se démène avec vivacité, joue, pousse des cris de joie, et ce n'est que parce qu'il dort souvent, que l'acide carbonique qu'il exhale se trouve diminué. Le sommeil n'a donc pas seulement une utilité indirecte, en ce qu'il diminue les pertes, mais il en a aussi une directe parce qu'il active le développement. Au contraire, chez le vieillard souvent tourmenté d'insomnie, la reconstitution doit souffrir. Et comme il faut admettre encore, malgré le travail de Boecker, qu'une nuit passée tranquillement dans le sommeil est

(1) Peacock, *Archives générales de médecine*, 4^e série, XXVII, 242, 243.

(2) Boecker, sur le sommeil, *Archiv für Wissenschaftliche Heilkunde von Beneke, Nasse, Vogel*, II, 105.

suivie d'une perte de poids moindre qu'une autre passée dans l'agitation et la veille, tout doit contribuer chez le vieillard à accroître le défaut de proportion entre la sanguification et la désassimilation. Avec la matière la force diminue. La fin s'approche doucement. La mort est un épuisement qui résulte de l'appauvrissement matériel.

TREIZIÈME LETTRE.

DÉSASSIMILATION DANS LA PLANTE.

Les produits de la désassimilation du corps de l'animal se rassemblent en partie dans des réceptacles creux du corps, la vessie, les poumons, la vésicule biliaire, pour être éliminés par l'urèthre, la trachée artère et l'intestin. L'élimination de ce qui reste se fait directement par la peau. Les matières excrémentielles occupent toutes le dernier degré de la décomposition. -

La quantité principale des matières que les plantes excrètent, se compose de l'oxygène, que toutes les parties vertes dégagent si abondamment sous l'influence de la lumière. Mais tandis que l'acide carbonique que l'animal expire, représente un chaînon terminal de la désassimilation, l'oxygène que les plantes rejettent est décidément un produit de développement.

Si nous considérons la nature organique entière, le règne végétal comme le règne animal, nous voyons que l'évolution de la matière, depuis les limites extrêmes des combinaisons les plus simples, jusqu'aux parties constitutives du sang des animaux repose sur une dé-

perdition d'oxygène. A partir de la formation du sang, le déploiement de la matière qui se faisait par appauvrissement en oxygène devient une combustion, c'est-à-dire, une absorption d'oxygène. Mais en même temps le développement se convertit en désassimilation.

L'acide carbonique et l'eau fournissent à la plante les principaux matériaux de son corps. De ces deux combinaisons simples, l'eau seule contient déjà autant d'oxygène qu'il y en a proportionnellement à l'hydrogène dans les parties constitutives les plus répandues des plantes.

Abstraction faite de l'eau qui pénètre toutes les parties du végétal, c'est la cellulose qui forme la masse du corps des plantes, depuis le champignon qui ne se compose que de quelques cellules alignées, jusqu'aux sapins et aux chênes. La cellulose est une combinaison de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, qui contient ces deux derniers éléments exactement dans la proportion, sous laquelle ils forment l'eau. Pour exprimer cette relation d'une manière plus sommaire, on a même représenté souvent la cellulose comme une combinaison de carbone et d'eau. Mais c'est à tort, car rien ne prouve que l'oxygène et l'hydrogène restent à l'état d'eau dans la cellulose. Seulement il est certain que la cellulose se forme d'acide carbonique et d'eau, et que l'eau seule fournit avec la quantité d'hydrogène nécessaire à la cellulose, autant d'oxygène qu'il y en a dans la composition de ce principe immédiat. Or l'acide carbonique contient encore beaucoup plus d'oxygène que l'eau. Une partie de l'oxygène contenu dans la cellulose est couverte en tous cas par l'oxygène de l'acide carbonique. Il y a donc un excès considérable d'oxygène dans les principaux aliments de la plante.

Déjà l'eau seule contient autant d'oxygène que la cellulose, et l'acide carbonique en renferme beaucoup plus que ce principe immédiat qui se développe aux dépens de l'eau et de l'acide carbonique. Donc, il ne peut se former de la cellulose avec les éléments de l'eau et de l'acide carbonique, sans qu'une quantité notable d'oxygène soit mise en liberté. Tout le carbone et tout l'hydrogène de l'acide carbonique et de l'eau qui prennent part à la formation de la cellulose, sont combinés, et comme on dit, fixés dans la plante, tandis que plus des deux tiers du poids de l'oxygène contenu dans la somme de l'acide carbonique et de l'eau, sont mis en liberté et exhalés par la plante.

L'amidon et la dextrine, le sucre et le mucilage végétal ont tous un caractère essentiel, commun avec la cellulose; ils ne contiennent pas plus d'oxygène que l'eau dont l'hydrogène entre dans leur propre composition n'en peut donner à la plante. Ainsi quel que soit celui de ces corps qui se développe le premier dans la plante aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau, que ce soit la dextrine ou la cellulose, la condition absolument indispensable de son développement est une élimination d'oxygène, et sans doute une élimination très-abondante. En changeant l'acide carbonique et l'eau en cellulose, en dextrine et en amidon, la plante élimine de l'oxygène.

Les parois des vieilles cellules ne sont pourtant pas composées simplement de cellulose, mais aussi de couches extérieures de matières ligneuses déposées autour de la cellulose et dans leur épaisseur. Les matières ligneuses sont des degrés plus tardifs du développement de la cellulose. Elles contiennent moins d'oxygène qu'elle, elles ne peuvent donc naître à ses

dépens, sans que de l'oxygène soit mis en liberté de nouveau.

La matière subéreuse, qui compose si fréquemment les parois des cellules qui revêtent l'épiderme, est encore plus pauvre en oxygène. Les pommes de terre sont recouvertes de plusieurs couches dont les cellules se composent de cette matière. De même il est très-fréquent que les poils les plus délicats des plantes et les épines soient revêtus d'une mince couche subéreuse. Quand on fait bouillir dans l'acide nitrique la coque dure des noyaux de nos drupes, les cellules qui auparavant étaient cimentées par une couche de substance subéreuse, se séparent les unes des autres. L'acide nitrique, composé riche en oxygène fait passer cette substance par divers degrés de combustion, et la transforme enfin en acide subérique et en acide succinique, et par conséquent, la dissout (1). Or, puisque la substance subéreuse contient beaucoup moins d'oxygène qu'il n'en faudrait pour former de l'eau avec son hydrogène (2), elle ne peut prendre naissance que par un dégagement d'oxygène.

Quand les prairies se couvrent de verdure, quand le palmier étale sa large couronne de feuilles, quand le bois des chênes se durcit, quand la pomme de terre fabrique son tégument, quand le noyau de la pêche prend naissance et quand la forêt vieillit, la matière devient toujours plus pauvre en oxygène. Cet élément gagne la surface de la plante pour s'exhaler à la lumière.

(1) Mitscherlich, *Annalen von Liebig und Wochler*, LXXV, 314.

(2) Garreau a naguère donné comme formule provisoire empirique pour la matière subéreuse (cuticule) $C^{17}H^{16}O^5$. (*Annales des sciences naturelles*, mai 1850, 313.)

La cellulose, la dextrine, l'amidon, la matière subéreuse et le ligneux composent sans contredit la plus grande moitié des parties solides du monde végétal. On dit souvent que le caractère principal du règne végétal est l'accroissement ; la cause principale de cette croissance consiste dans le relâchement des liens qui unissent l'oxygène au carbone et à l'hydrogène d'où résulte le dégagement du premier de ces éléments.

Outre la cellulose et la substance subéreuse, il se forme aussi de la graisse et de la cire. Mais déjà la graisse est extraordinairement plus pauvre en oxygène que la cellulose ou l'amidon, et la cire l'est encore plus que la graisse. Tant que les graines huileuses sont vertes, elles contiennent beaucoup d'amidon, qui pendant la maturation cède peu à peu la place aux graisses, pour disparaître enfin sans laisser de traces. Dans les olives, la cellulose et l'acide tannique diminuent, tandis que l'huile augmente (Blondeau) (1). La matière colorante, qui orne toutes les parties vertes est abondamment mêlée à une cire, l'un des corps les plus pauvres en oxygène du règne végétal. Cette cire doit sa naissance à l'amidon (Mülder). Dans la canne à sucre, le sucre se change en cire.

Mais puisque le sucre et l'amidon contiennent considérablement plus d'oxygène que la graisse et la cire, le développement de la matière dans la plante est aussi lié à une déperdition d'oxygène. La graisse et la cire ne peuvent se former sans élimination d'oxygène.

A la lumière l'oxygène se dégage. Aussi l'amidon qui se change en graisse et en cire, en perdant de l'oxygène, ne peut-il se maintenir que dans les parties

(1) Blondeau, *Journal für praktische Chemie*, XLVII, 411.

intérieures de la plante. Les racines contiennent plus d'amidon que le tronc, la moelle de la tige plus que la surface. Les cactus renferment dans l'intérieur de leur moelle les plus gros grains d'amidon. L'amidon diminue à la lumière. Les écailles de l'oignon exposées à la lumière perdent leur amidon. D'après Mitscherlich, les cellules corticales qui recouvrent la surface extérieure des plantes ne contiennent pas d'amidon, mais bien de la cire. C'est la force matérielle de la lumière qui revêt de cire la surface extérieure de nos fruits les plus brillants et voile les prunes et les pêches de leur fleur vaporeuse.

La cellulose, l'amidon, la dextrine, le ligneux, la substance subéreuse, la graisse et la cire sont tous des termes de l'évolution qu'accomplit l'organisation de la matière. L'évolution est associée à un puissant dégagement d'oxygène. Voilà une preuve suffisante que l'élimination dans le règne végétal n'est pas nécessairement liée à la désassimilation. L'oxygène qui se dégage est un produit du développement le plus avancé.

Et cependant il y a dans les végétaux une désassimilation. Mais une grande partie des substances qui occupent les degrés les plus inférieurs de ce mouvement rétrograde, restent emprisonnées dans le corps de la plante.

Les fleurs et les germes, et dans la nuit toutes les parties du corps des plantes absorbent de l'oxygène. La combustion lente, qui dans le corps de l'animal est la condition de la désassimilation, ne fait pas défaut à la plante.

La résine des conifères contient un acide que nous pouvons obtenir à l'aide d'un moyen énergétique de combustion, par l'acide nitrique, aux dépens des acides gras. Par la combustion de l'acide butyrique, c'est-à-

dire en traitant cet acide gras par l'acide nitrique, Dessaignes a obtenu de l'*acide succinique* (1). Cet acide que nous n'avons d'abord connu que dans la résine des conifères fossiles, dans l'ambre jaune, se forme, dans les plantes aujourd'hui vivantes, par une absorption d'oxygène. C'est pourquoi l'acide succinique mêlé à de la résine, se rencontre principalement dans les parties extérieures des plantes sur lesquelles l'oxygène agit facilement.

L'*acide benzoïque* se trouve naturellement dans l'huile du fusain (*Evonymus europæus*) (2). On l'obtient par la combustion, aux dépens des huiles volatiles, et de la même manière on obtient l'*acide cinnamique* du baume du Pérou aux dépens de l'huile de cannelle. Un acide propre du thé (*acide bohéique*), un autre appartenant au café (*acide viridique*), proviennent d'une combustion faible subie par l'acide tannique. D'après Piria, le même phénomène peut changer l'*asparagine* en acide *malique*. L'*asparagine* et l'acide *malique* se rencontrent l'un près de l'autre dans les pommes de terre.

La matière colorante verte des plantes est un corps azoté qui contient tant d'oxygène qu'il ne peut naître des matières albuminoïdes que par une combustion. En automne le vert se change en jaune par l'effet de l'oxygène excité par la lumière.

La garance contient un liquide jaune qui ne se transforme en la matière colorante rouge de la garance que sous l'action de l'air.

De même la matière colorante jaune pâle du bois de campêche rougit en absorbant l'oxygène de l'air.

(1) Dessaignes, *Annalen von Liebig und Woehler*, LXXIV, 361.

(2) Schweizer, *Erdmann's Journal*, LIII, 437, 443.

Ce n'est qu'à la lumière que l'oxygène peut complètement déployer son influence (Schoenbein). Voilà pourquoi les couleurs n'acquièrent leur éclat que sous l'action combinée de l'air et de la lumière.

Mais la couleur n'est pas seule produite par l'oxygène et la lumière, l'odeur l'est aussi. Les huiles volatiles qui donnent aux fleurs leurs parfums ne se dégagent qu'à l'air. Les expériences instructives de Schoenbein nous apprennent même que l'espèce de l'odeur varie suivant l'excitation que la lumière exerce sur l'oxygène (1). Qui ne connaît les effets variables que produit sur nous le monde des plantes, suivant que nous aspirons ses suaves émanations par une belle et lumineuse matinée, ou sous un ciel obscur et nuageux ?

Cette activité que la combustion communique au parfum des huiles volatiles n'est encore que le début d'une métamorphose qui, en se prolongeant, transforme les matières odorantes végétales en résines. La plupart des résines sont des degrés de combustion des huiles volatiles.

Une partie de ces résines transsude par l'écorce de l'arbre, et subit ainsi une véritable élimination. Mais une autre partie est renfermée dans des canaux sans parois propres, les conduits résineux, et ne prend aucune part à la vie de la plante.

Les acides et les bases, appartenant aux substances organiques, se trouvent très-ordinairement renfermés au sein de la plante dans des cavités propres, forclos en quelque sorte de l'échange actif des matières que les cellules environnantes entretiennent de tous côtés les unes avec les autres. *L'oxalate* et le *tartrate* de chaux

(1) Schoenbein, *Erdmann's Journal*, LII, 188, 190.

en particulier se déposent souvent dans les cellules des vieux cactus; ils forment des cristaux soustraits à l'échange des matières des corps organisés.

Les substances cristallines organiques sont en quelque sorte arrivées à un état de repos qui contraste avec le mouvement des matières organisées. La vie incessante diminue continuellement la quantité d'albumine des jeunes cellules, change leur cellulose en matière ligneuse et subéreuse, leur amidon en graisse et en cire, mais elle ne fait que passer devant ces cristaux isolés et mis en réserve dans la plante comme un résidu mort de l'activité organisatrice.

Aussi la place que les substances appartenant à cette catégorie occupent dans la vie végétale est-elle marquée par la propriété que possèdent les acides, les bases, plusieurs résines et matières colorantes de revêtir la forme cristalline.

Tant que la matière organique apparaît en qualité d'éléments histogènes, elle n'est ni acide, ni basique; elle n'a pas le caractère chimique tranché qui distingue les bases et les acides, ainsi que leur aptitude à cristalliser. La fibrine dans les muscles, l'albumine des parois des vieilles cellules végétales, la cellulose et la substance subéreuse ne sont ni acide, ni basique. L'acide carbonique, la créatinine et l'acide urique sont doués au contraire de caractères chimiques qui permettent de les appeler acides ou bases. On connaît l'acide carbonique et la créatinine à l'état cristallin comme l'acide urique.

La plupart des substances qui peuvent prendre des formes cristallines et qui, en même temps, manifestent par des propriétés chimiques tranchées, acides ou basiques, une constitution nette et chimiquement bien

arrêtée, à cause du peu de mobilité de leurs molécules, occupent la limite de l'échange des matières des corps organisés ; ce sont des degrés de la décomposition.

Une grande partie de ces matières provient, dans la plante comme dans l'animal, de l'action de l'oxygène sur les éléments histogènes. D'autres, pauvres en oxygène ou qui même en sont dépourvus, se forment à côté des produits qui prennent pour eux tout l'oxygène destiné à opérer la désassimilation. Par exemple, aux dépens des acides gras, il pourrait se former une huile volatile dépourvue d'oxygène à côté de l'acide succinique plus riche en oxygène.

Ainsi donc les acides et les bases, les matières colorantes, les résines et les huiles volatiles seraient les produits de la décomposition dans la plante, comme dans l'animal l'acide carbonique, la créatinine, l'acide urique, l'urée et la créatine. Comme celles-ci elles peuvent exister dans la plante en quantité excessivement variable. Bien plus, suivant les circonstances extérieures, elles peuvent même manquer complètement. Produits de la décomposition, ces substances sont des conséquences de la vie, mais on ne peut pas toujours les considérer comme des conditions nécessaires de la vie.

Tous les animaux qui ne vivent que de végétaux, et quelques carnivores, les chats, par exemple, n'ont point d'acide urique dans l'urine (1). Voici un fait analogue.

(1) Bidder et Schmidt, *Die Verdauungsstoffe und der Stoffwechsel*, 293, 389. Bischoff n'a jamais non plus trouvé l'acide urique ordinaire dans l'urine du chien. A la place de cet acide, Liebig a trouvé un acide propre à l'urine du chien. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXVI, 125, 126.) Eckhard affirme, en contradiction avec les assertions des savants ci-dessus nommés, que lorsqu'un chien est

On ne rencontre pas de *solanine* dans les pommes de terre, quand elles ont trouvé à leur portée dans la terre une quantité suffisante d'autres bases; au contraire, les tubercules qui germent dans les caves, sont imprégnés de *solanine* vénéneuse. Par de semblables raisons la *conicine* manque aux ciguës des steppes de l'Asie. Les bases de l'écorce de quinquina (*quinine* et *cinchonine*) peuvent être remplacées par de la chaux, et un acide de l'opium (*acide méconique*) peut l'être par l'acide sulfurique. La chaux et l'acide sulfurique entrent dans la plante en qualité de substances alimentaires. La nourriture change donc la nature des produits de décomposition. C'est ainsi que nous voyons une nourriture végétale abondante produire dans l'urine des animaux de l'acide hippurique à la place de l'acide urique habituel, et substituer à la réaction acide du liquide excrété une réaction alcaline.

Une conséquence des caractères chimiques nettement tranchés et de la constitution bien arrêtée des substances qui relèvent de la désassimilation, c'est que l'art du chimiste les imite plus facilement que les matières susceptibles d'organisation, et douées de molécules plus mobiles que nous connaissons comme éléments histogènes par excellence.

J'ai déjà parlé de la belle étude que Liebig a faite de l'urine. L'un des plus beaux résultats de ce travail fécond, c'est que Liebig et Woehler ont découvert qu'il était possible d'obtenir l'urée sans le secours d'un animal vivant. Ils y arrivèrent en mélangeant du sulfate d'ammoniaque et du cyanate de potasse. L'acide cya-

nourri de viande son urine contient constamment de l'acide urique normal. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVII, 360.)

nique se combine avec l'ammoniaque pour former de l'urée, tandis qu'à côté il se produit du sulfate de potasse.

D'après Dessaignes, il y a dans l'ansérine puante (*Chenopodium vulvaria*) une base organique la *chénopodine* ou *triméthylamine* (1). Wicke et Wittstein affirment que cette combinaison se trouve dans les bourgeons et les fleurs de poiriers (*Pirus communis*), de l'aubépine (*Cratægus oxyacantha*, *C. monogyna*) et du sorbier des oiseaux (*Sorbus aucuparia*) (2). Mais cette base appartient à la série des alcaloïdes que Wurtz, dans un travail plein de talent sur les ammoniaques composées, nous a appris à préparer avec de la potasse aux dépens des combinaisons d'éther cyanique. On avait reconnu cette constitution chimique de la chénopodine, et l'on avait trouvé le moyen de la préparer artificiellement. Mène et Wertheim l'avaient effectivement préparée, en distillant une base de l'opium (la *narcotine*), avant qu'on l'eût trouvée dans une plante vivante. Aussi la découverte de cette base par Dessaignes dans l'ansérine puante, et par

(1) Il y a quelque temps que Dessaignes a fait connaître qu'il avait extrait la propylamine du *Chenopodium vulvaria* et qu'il l'avait soumise à l'analyse élémentaire. (*L'Institut*, 1^{er} oct. 1854, 314; *Comptes rendus*, XXXIII, 358.) On a ensuite montré qu'il était probable que

cette propylamine $AzC^6H^9 = Az \overset{H^2}{\underset{C^6H^7}{C}}$ devait être considérée comme de



la triméthylamine AzC^2H^3 . (Voyez Winkles, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXIII, 116, 117.)

Dessaignes vient d'avancer que le corps qu'il avait tiré du *Chenopodium vulvaria* et qu'il avait appelé propylamine était en effet de la triméthylamine. (*Comptes rendus*, XLIII, 671.)

(2) Wittstein, *Annalen der Chemie und pharmacie*, XCI, 121, 122.

Wittstein dans les bourgeons de végétaux appartenant à la famille des pommiers, n'a pas seulement de l'importance au point de vue topographique, elle a une valeur bien plus élevée.

Ainsi Hofmann, qui creuse un sujet très-voisin de celui de Wurtz et avec le même succès, est parvenu à obtenir parmi les bases artificielles, qu'il préparait au moyen des alcools composés, une substance qui s'accorde avec le produit le plus important du quinquina (la *quinine*), par les proportions de ses éléments, l'azote, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène (1). Quoique ce ne soit pas encore de la quinine, nous sommes en présence d'un fait qui nous prouve que la constitution intime des bases et des acides est relativement facile à découvrir, parce que la détermination de leur espèce chimique parmi les substances organiques est parfaite.

D'autre part, Schweizer a depuis peu démontré avec certitude que l'huile de fusain contient de l'*acide acétique* combiné avec de la *glycérine* (2), ce même acide acétique dont on avait déjà si souvent annoncé la découverte dans le règne végétal, mais sans preuve suffisante. Avec ce fait le physiologiste accepte avec une double joie la découverte de Kolbe, d'après laquelle le chlorure de carbone peut se changer en acide chloracétique, et celui-ci en acide acétique. Nous pouvons donc préparer artificiellement cet acide du fusain avec de pures matières inorganiques.

Bref, ce qui caractérise jusqu'ici les produits de la désassimilation, c'est que leur nature tranchée permet au chimiste de voir plus facilement au fond du mystère

(1) *Journal de pharmacie et de chimie*, 3^e série, XX, 208.

(2) Schweizer, *Erdmann's Journal*, LIII, 441.

de leur constitution. S'il n'est pas trop téméraire d'espérer qu'un jour nous serons en état de préparer l'albumine (1), cette substance qui occupe le point le plus élevé parmi les composés organiques, nous pouvons considérer la fabrication artificielle des produits de décomposition des êtres organisés, comme l'école où l'on se prépare à réaliser cette espérance.

De quelque côté que nous tournions les regards, partout où nous suivons l'essor de la chimie organique, nous trouvons dans le laboratoire du chimiste des produits artificiels de métamorphose qui nous permettent de tout espérer. Les physiologistes étaient encore sous l'impression du plaisir de voir qu'on pouvait obtenir toute la série des acides gras volatils par une combustion convenable des corps albuminoïdes (2), que déjà Deville nous apprenait à transformer l'essence de térébenthine en essence de citron, et Hlasiwetz l'essence de moutarde en essence de sauge, et l'essence d'asa fœtida en essence de moutarde (3). Au moyen d'un procédé relativement simple, on peut donner à l'essence de térébenthine, dont l'odeur est repoussante, le parfum agréable de la jacinthe (Wiggers), ou même celle du thym ou du romarin (4).

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 24. Voyez *ibid.*, 60.

(2) Guckelberger, *Annalen von Liebig und Woehler*, LXIV, 82, et Keller, *ibid.*, LXXII, 38.

(3) Deville, *Comptes rendus*, t. XXVIII, 324; Hlasiwetz, *Journal von Erdmann und Marchand*, LI, 373, et encore Hlasiwetz, *Annalen von Liebig und Woehler*, LXXI, 51-54. Voyez Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels*, 349, 350, où ces faits intéressants sont rattachés les uns aux autres.

(4) Sobrero, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXX, 106, 108; Adolph Strecker, *Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie*, Braunschweig, 1857, 2^e Aufl. 434, 435.

D'après Cahours, l'huile volatile agréable du thé de Canada (*Gaultheria procumbens*) se compose d'esprit de bois et d'un acide qu'on retire de l'écorce de saule (1). On est déjà assez avancé pour pouvoir conjecturer qu'il existe dans les fruits les plus parfumés des combinaisons d'éther avec des acides organiques. L'éther qui parfume la peau du coing est vraisemblablement la même qu'on rencontre dans tous les vins. D'après les nouvelles recherches de Delffs, il se compose d'acide pélargonique et d'éther (2). Encore un pas de plus et le chimiste avec ses cornues et sa lampe réussira à produire comme par magie les émanations aromatiques des fruits savoureux en combinant des substances qui ne leur ressemblent pas. Depuis que ces lignes ont été écrites, les confiseurs ont déjà mis à profit le savoir des chimistes. On emploie l'éther pélargonique, sous le nom d'huile volatile de raisin, des combinaisons d'acide acétique, d'acide valérianique, d'acide butyrique, avec l'éther amylique, composé qui ressemble à l'éther, mais qui contient plus de carbone. On donne ainsi à nos sucreries les parfums agréables des poires, des pommes et de l'ananas (3).

Ces considérations s'éclairent et se complètent réci-

(1) Cahours, *Annalen von Liebig und Woehler*, XLVIII, 61. L'essence de *Gaultheria* est, d'après Cahours, un salicylate d'oxyde de méthyle.

(2) Schlossberger, *Organische Chemie*, Stuttgart, 1850, 236. D'après les recherches de Delffs qui a analysé l'éther œnanthique et l'œnanthate d'oxyde d'argent, et qui s'est occupé en outre de doser la baryte de l'œnanthate de baryte, l'acide œnanthique est identique avec l'acide pélargonique trouvé par Pless et Redtenbacher dans le *Pelargonium roseum*. Voyez Delffs, *Poggendorff's Annalen*, LXXXIV, 509, 515.— Éther pélargonique (d'abord appelé œnanthique).

(3) Hoffmann, *Erdmann's Journal*, LV, 189, 190.

proquement. Elles montrent que l'hypothèse d'après laquelle les bases et les acides, les essences et les éthers composés, les matières colorantes et les résines sont les divers degrés de la désassimilation qui s'opère dans le végétal, n'est pas une hypothèse gratuite.

Liebig combat cette opinion en ce qui touche les acides. D'après Liebig la matière dans les acides végétaux n'est pas en voie de décomposition, mais au contraire en voie de métamorphose progressive. A mesure que l'acide carbonique devient plus pauvre en oxygène, il doit naître, selon Liébig, de l'acide oxalique, puis de l'acide tartrique et ainsi de suite, de l'acide malique, de l'acide citrique, et enfin du sucre aux dépens des acides (1). Mais quand les fruits mûrissent, dans la plupart des cas ce n'est pas leur acide qui se change en sucre, car l'acide augmente à côté du sucre (Bérard). Néanmoins le fruit devient doux parce que la quantité de sucre augmente en proportion plus que les acides, de sorte que le sucre finit par les masquer. J'ai rapporté plus haut que pendant la nuit la plante subit manifestement une combustion lente, tandis qu'elle absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique. Ce qui le prouve c'est que les feuilles de quelques plantes (*Cacalia ficoides*, *Cotyledon calycina*) qui n'ont aucun goût à midi et présentent le soir un goût amer, ont le matin un goût fortement acide (2). Ajoutons encore que, dans les raisins verts, l'acide tartrique est précédé par l'acide malique qui contient moins d'oxygène (Schwarz) (3).

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 242.

(2) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 2^{te} Aufl. 1853, III, 160.

(3) Schwarz, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXIV, 83, 84.

Ce n'est que de l'acide tannique qu'on peut dire avec vraisemblance que pendant la maturation d'un grand nombre de fruits il se décompose en sucre et en acide gallique, puisque Strecker nous a montré comment on peut dédoubler l'acide tannique du chêne en sucre et en acide gallique, en le faisant bouillir avec de l'acide sulfurique étendu (1). L'expérience faite par Robiquet rend encore plus vraisemblable, qu'il s'opère un pareil dédoublement dans les fruits. D'après ce savant, le même ferment qu'on trouve dans les fruits, et qui transforme l'acide tannique en sucre et en acide gallique (2), existerait dans les noix de Galles (*pectase*).

Il paraît qu'il ne s'agit ici que d'une propriété générale de l'acide tannique, puisque Strecker et Hlasiwetz ont démontré, le premier que l'acide tannique du cachou, le second que l'acide tannique du Kino font partie des combinaisons du sucre (3). Il faut cependant se garder de croire trop vite que dans les fruits qui, lorsqu'ils sont encore verts, présentent un goût âpre, rappelant celui de l'acide tannique, le phénomène principal de la maturation consiste réellement en une transformation de l'acide tannique en sucre et en acide gallique. Les poires vertes elles-mêmes ne contiennent pas toujours de l'acide tannique (Bérard), quoique la couleur noire qu'elles donnent aux couteaux paraisse indiquer que cet acide s'y trouve souvent.

Dès que nous considérons la plupart des acides et

(1) Strecker, *Das chemische Laboratorium der Universität Christiania; Universitätsprogramm für das zweite Halbjahr*, 1854, 31, 32. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXI, 248, 249.

(2) Robiquet, *Comptes rendus*, XXXIV, 19, 20.

(3) Strecker, *loc. cit.*, 30, et Hlasiwetz, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXIX, 132.

des bases, les matières colorantes et les éthers composés, les essences et les résines, comme des produits de métamorphose rétrograde, une nouvelle différence entre les animaux et les plantes se présente à nous et fait apparaître leur contraste d'une manière très-caractéristique. Tandis que l'animal élimine toutes les matières de décomposition si vite qu'on a de la peine à les atteindre sur la grande route de la circulation, qu'elles parcourent toutes, la plante développe et conserve les matières odorantes et les matières colorantes à la fleur même de sa vie, et nous trouvons les acides, les bases et les résines déposées à demeure dans des cellules où l'on a de la peine à constater une activité vitale. Un acide analogue à l'acide humique (*l'acide ulmique*) se trouve dans les feuilles d'automne, et, d'après Mülder, il existe aussi dans le bois dur des noyaux des drupes. Cet acide, qui n'est d'ailleurs qu'un produit de putréfaction provient sans contredit de la désassimilation qui s'opère dans la plante.

Entre les parties constitutives des tissus et les produits de décomposition, entre la vie et la dissolution, il règne en général une opposition beaucoup moins hostile dans le végétal que dans l'animal. L'arbre porte longtemps au dedans de ses feuilles d'automne la substance brune noirâtre du terreau, avant que les feuilles, en tombant, ne transmettent à la terre leur mère, leurs parties constitutives qui se décomposeront complètement et fourniront de nouveaux aliments aux racines.

Ce qui distingue les matières produites par la désassimilation des végétaux, et les met en opposition avec l'urée et l'acide carbonique, ce n'est pas seulement que celles-ci sont des matières excrémentitielles, tandis que celles-là persistent à rester dans la plante; les corps en

question diffèrent aussi par leur espèce, ils diffèrent dans leur développement et leur composition. En un mot, ce qui les distingue, c'est que l'action de l'oxygène est bien moins énergique dans la production des substances végétales que dans la combustion des tissus de l'animal qui les réduit en acide carbonique et en urée. Beaucoup d'huiles volatiles même ne contiennent pas d'oxygène; beaucoup d'alcaloïdes et de matières colorantes n'en contiennent qu'une quantité relativement faible. Et même le corps le plus riche en oxygène qui se montre parmi les acides végétaux, l'acide oxalique, ne contient que les trois quarts de l'oxygène de l'acide carbonique, qui se forme en si grande abondance dans le corps de l'animal. Pourtant ce sont précisément les composés les plus riches en oxygène qui se trouvent parmi les corps que je prétends être produits par l'acte désassimilateur de la plante. L'acide oxalique est de toutes les substances qui naissent dans les plantes la plus riche en oxygène, et la matière colorante verte des feuilles est parmi les combinaisons azotées une des plus oxygénées qu'on ait trouvées dans le corps des plantes vivantes.

On a souvent opposé de bonnes raisons à ce désir immodéré qui porte à trouver dans le règne animal des phénomènes correspondant à ceux qui s'accomplissent dans la vie des plantes. Dans cet ordre d'idées, Schleiden en particulier nous a affranchi de beaucoup de notions fausses. D'après les considérations qui précèdent, il est clair que les deux règnes présentent aussi dans l'échange des matières des différences très-caractéristiques. Les substances que l'animal élimine sont des produits de décomposition; au contraire l'oxygène que la plante exhale si abondamment est un produit du développe-

ment. Tandis que l'animal expulse de son corps dans un temps très-court les acides et les bases, produits de la décomposition de ses tissus, nous voyons la plante conserver dans le sien toute une série de combinaisons qui doivent leur naissance d'une manière analogue à une activité désassimilatrice.

Tous ceux qui regardent le monde végétal avec sensualité doivent porter un intérêt tout particulier à ces produits de désassimilation. Parmi elles nous trouvons des épices qui excitent le palais, les aromes qui flattent les nerfs de l'odorat et réjouissent le souvenir lui-même, et l'éclat des couleurs qui ravit nos yeux. Que de mets que l'odorat seul nous invite à goûter, qui doivent à une faible quantité d'essence de cannelle, ou de girofle, une amélioration de leur goût ! Il ne faut pas plus d'un gros de matière colorante pour parer de la couleur verte la plus luxuriante, les feuilles d'un tilleul de grandeur moyenne.

Certes nous n'avons pas le droit de nous étonner que les coléoptères fimicoles, et même des animaux d'un ordre supérieur, mangent des charognes et des excréments, ni que tout le monde végétal vive des excréments des animaux, puisque nous savourons avec délices des substances qui se sont décomposées par l'effet de la vie des plantes, et qui ont une origine analogue à celle de l'urine et des matières fécales.

Sans les parties constitutives généralement répandues des plantes, sans leur albumine et leur amidon, leur cellulose et leur dextrine, notre vie ne serait pas possible. Une grande partie des plus agréables excitations des sens provient des degrés les plus inférieurs du développement de la vie des plantes, et quand nous languissons dans la maladie, nous obtenons la guérison

en employant des produits de désassimilation demeurés dans la plante.

Aucune partie de la chimie n'a été plus utile au médecin, que celle qui était consacrée à l'étude exacte des excréments rassemblés dans les végétaux. Dans beaucoup de cas, au lieu de donner au malade de l'écorce du quinquina, nous nous contentons de l'un de ses éléments, la quinine. Non-seulement nous épargnons au malade la digestion de bien des substances inutiles, mais nous pouvons agir sur les corps avec des quantités dont le poids est exactement connu, tandis que, dans le même poids d'écorce, il y a des quantités très-variables de matière active. L'action de l'opium peut être forte ou faible, mais si je sépare, si je pèse la matière active du suc de pavot, je suis certain que l'action que j'exercerai sera telle qu'on peut l'attendre de cette substance. Ce n'est qu'en pesant les médicaments qu'on peut faire des expériences concluantes. Il y a bien des années que Bretonneau nous a appris qu'une forte dose de quinine guérit la fièvre intermittente plus vite et à meilleur marché que beaucoup de petites. On ne pouvait guère faire une pareille expérience avec la simple écorce de quinquina.

Avec l'excrément du quinquina on guérit des maladies; avec des résines on calfate les vaisseaux. La désassimilation des plantes sert à la fois aux plaisirs, à la guérison des maux et au commerce, de même que les déjections des animaux servent à la vie des plantes.

Quoique la plante élimine en partie ce qui provient de son développement, et conserve ce qui relève du mouvement rétrograde de l'échange des matières, il y a pourtant des substances produites par la décom-

position et destinées à être éliminées, que nous devons considérer comme de vraies matières excrémentitielles.

Disons tout d'abord qu'une partie des produits de décomposition citées plus haut est réellement éliminée. Les huiles odorantes, quelques bases comme celles de la ciguë, de l'ansérine puante, des fleurs de poiriers, l'acide formique de l'ortie ou des baies de genièvre, sont volatiles et peuvent, par conséquent, se séparer de la surface de la plante dans certaines circonstances. Je dis dans certaines circonstances, parce que les bases et les acides volatils peuvent demeurer dans la plante, les premières si elles y sont fixées par un acide, les seconds s'ils le sont par des bases. Quand nous aspirons le parfum embaumé de nos parterres, nous aspirons de vraies substances excrémentitielles végétales.

En outre, une notable partie de l'eau réduite en vapeur est éliminée, surtout par la surface inférieure des feuilles. D'après les expériences de Garreau, il se dégage quelquefois autant d'eau par la surface inférieure des feuilles que par la supérieure ; plus souvent il s'en dégage trois fois, et dans quelques cas rares jusqu'à cinq fois plus. La raison manifeste de cette différence est que la face supérieure des feuilles tournée vers la lumière, contient d'ordinaire plus de cire que l'inférieure. Les veines des feuilles et toutes les autres régions de l'épiderme qui sont moins imprégnées de cire, exhalent aussi une plus grande quantité d'eau. Là où la cire est abondante, elle change l'épiderme en une couche peu perméable à la vapeur d'eau (1).

Drapeer attribue aux plantes une sécrétion d'azote et

(1) Garreau, *Annales des sciences naturelles*, juin 1850, 345.

de nouvelles expériences l'ont complètement confirmée (Cloëz et Gratiolet, Ad. et W. Knop) (1).

Nous comprenons tout de suite cette sécrétion d'azote, quand nous comparons la composition de l'ammoniaque avec celle des éléments azotés des plantes. L'ammoniaque contient plus d'azote que les substances albuminoïdes, si l'on évalue cette quantité par rapport à l'hydrogène. Or, nous pouvons faire dériver les bases végétales azotées en partie des corps albumineux de la plante, et cela donne une grande valeur à ce fait que les substances albumineuses contiennent par rapport avec l'hydrogène une plus grande quantité d'azote que la plupart des bases végétales. Les bases de l'écorce de quinquina et de l'opium en fournissent l'exemple le plus frappant. On peut donc rapporter une partie de l'azote que les plantes éliminent à la métamorphose de l'ammoniaque et de l'acide carbonique en albumine, et à celle de l'albumine en alcaloïdes du quinquina ou du suc du pavot. Au contraire, la *cafféine* et la *théobromine* se distinguent des autres alcaloïdes, parce qu'elles contiennent plus d'azote que les corps albuminoïdes de la plante.

Mais ce n'est pas tout : non-seulement la plante élimine de l'azote et de l'eau, mais l'acide carbonique lui-même trouve sa place parmi les matières excrémentielles. On savait depuis longtemps que le phénomène qui produit l'accroissement des plantes exposées à la lumière, l'échange d'oxygène contre de l'acide carbonique, se renverse pendant la nuit, de sorte qu'il y a de l'oxygène absorbé, de l'acide carbonique exhalé. Ce renversement des termes se produit déjà par un ciel

(1) Voyez la note 1, p. 81.

obscur et nuageux et dans le crépuscule (1). Il se produit aussi pendant la germination de la graine, et pendant que la floraison crée la semence.

Là où la vie de la plante atteint son apogée, dans la germination et la floraison, le mouvement de la matière acquiert sa plus grande rapidité. Nous voyons donc que dans le végétal, où toute activité aboutit au dégagement d'oxygène, les parties qui ont en partage la fonction supérieure de la vie végétale, la propagation de l'espèce, sont pourtant le siège d'une combustion, et que cette combustion produit les mêmes termes ultimes que la respiration dans l'animal. Par conséquent nous relevons aussi dans le règne végétal la loi qui fait sortir les produits les plus élevés de la vie du milieu de la désassimilation et de la destruction. La destruction la plus rapide est la condition invariable de l'activité la plus énergique.

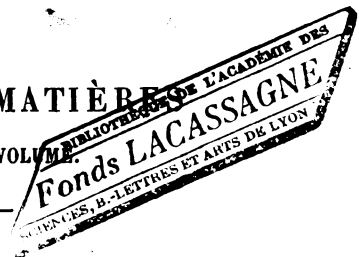
(1) Voyez la note 1, p. 92.





TABLE DES MATIÈRES

DU PREMIER VOLUME.



PRÉFACE	IX
PRÉFACE DU TRADUCTEUR	XI
PREMIÈRE LETTRE.— La révélation et les lois de la nature....	1
DEUXIÈME LETTRE.— Origines des connaissances de l'homme..	9
TROISIÈME LETTRE.— Indestructibilité de la matière.....	23
QUATRIÈME LETTRE.— Croissance des plantes et des animaux..	31
CINQUIÈME LETTRE.— La terre est l'organe de la création des plantes et des animaux.	41
SIXIÈME LETTRE.— Circulation de la matière.....	53
SEPTIÈME LETTRE.— La plante et le sol	69
HUITIÈME LETTRE.— Les plantes et les animaux	80
NEUVIÈME LETTRE.— Nutrition et respiration.....	95
DIXIÈME LETTRE.— Développement des aliments dans le corps des animaux.....	108
ONZIÈME LETTRE.— Les cendres des animaux et de l'homme...	122
DOUZIÈME LETTRE.— Désassimilation dans l'animal.....	149
TREIZIÈME LETTRE.— Désassimilation dans la plante.....	178

FIN DE LA TABLE DU PREMIER VOLUME.

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE

47, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 47

PARIS

EXTRAIT DU CATALOGUE

BIBLIOTHÈQUE

DE

PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Volumes in-18 à 2 fr. 50

Ouvrages parus.

H. TAINÉ. Le Positivisme anglais, étude sur Stuart Mill.

— L'Idéalisme anglais.

— Philosophie de l'art.

PAUL JANET. Le Matérialisme contemporain. Examen du système du docteur Büchner.

— La Crise philosophique : MM. Taine, Renan, Vacherot, Littré.

ODYSSE-BAROT. Lettres sur la philosophie de l'histoire.

ALAUX. La Philosophie de M. Cousin.

AD. FRANCK. Philosophie du droit pénal.

— Philosophie du droit ecclésiastique.

E. SAISSET. L'Âme et la Vie, suivi d'une étude sur l'Esthétique française

— Critique et histoire de la philosophie (fragments et discours.)

CHARLES LÉVÊQUE. Le Spiritualisme dans l'art.

— La Science de l'invisible. Études de psychologie et de théodicée.

AUGUSTE LAUGEL. Les Problèmes de la nature.

- CHALLEMEI-LACOUR. La Philosophie individualiste, étude sur Guillaume de Humboldt.
- CHARLES DE RÉMUSAT. Philosophie religieuse.
- ALBERT LEMOINE. Le Vitalisme et l'Animisme de Stahl.
— De la physionomie et de la parole.
- MILSAND. L'Esthétique anglaise, étude sur John Ruskin.
- A. VÉRA. Essai de philosophie hégélienne.
- BEAUSSIRE. Antécédents de l'Hégélianisme dans la philosophie française.
- BOST. Le Protestantisme libéral.
- FRANCISQUE BOUILLIER. Du Plaisir et de la Douleur.
- ED. AUBER. Philosophie de la médecine.
- LEBLAIS. Matérialisme et Spiritualisme, précédé d'une préface par M. E. LITTRÉ (de l'Institut).
- AD. GARNIER. De la morale dans l'antiquité, précédé d'une introduction par M. PRÉVOST-PARADOL (de l'Académie française).
- SCHŒBEL. Philosophie de la raison pure.
- BEAUQUIER. Philosophie de la musique.
- TISSANDIER. Du Spiritisme et des Sciences occultes.

Ouvrages à paraître.

- AUGUSTE LAUGEL. Les Problèmes de la vie.
— Les Problèmes de l'âme.
- CHALLEMEL-LACOUR. La Philosophie pessimiste.
- LOUIS GRANDEAU. La Science moderne et le Spiritualisme.
- AD. FRANCK. Philosophie du droit civil.
- BUCHNER. Science et Nature. 2 vol.
- J. MOLESCHOTT. La Circulation de la vie. 2 vol.
- S. DE LUCA. La Philosophie chimique depuis Lavoisier.
- JULES BARNI. De la morale dans la démocratie.
- JOLY. L'Homme fossile.
- BAUDRILLART. Philosophie de l'économie politique.
- CHARLES DE RÉMUSAT. La Philosophie écossaise.
- DE SUCKAU. Étude sur Schopenhauer.

BIBLIOTHÈQUE
D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Volumes in-18 à 3 fr. 50

Volumes parus.

- CARLYLE. Histoire de la Révolution française, traduite de l'anglais par M. Élias Regnault. Tome 4^{er} : LA BASTILLE.
VICTOR MEUNIER. Science et Démocratie.
JULES BARNI. Histoire des idées morales et politiques en France au xviii^e siècle. Première partie.
AUGUSTE LAUGEL. Les États-Unis pendant la guerre 1864-1865.

Volumes à paraître.

- CARLYLE. Histoire de la Révolution française ; tome II : LA CONSTITUTION ; et tome III : LA GUILLOTINE.
JULES BARNI. Histoire des idées morales et politiques en France au xviii^e siècle (seconde partie).
ALFRED ASSOLANT. Histoire de Napoléon I^{er}, 4 vol.
CHALLEMEL LACOUR. Histoire de Louis-Philippe, 4 vol.
DE ROCHAU. Histoire de France depuis 1814 jusqu'en 1848, traduite de l'allemand par M. Rosenwald. 4 vol.
FRÉDÉRIC MORIN. Les Historiens du xix^e siècle. 4 vol.
EUGÈNE DESPOIS. Le Vandalisme révolutionnaire. 4 vol.
EUG. YUNG. La Révolution italienne. 4 vol.
-

REVUE
DES
COURS LITTÉRAIRES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER.

Reproduisant les principales leçons et conférences faites à Paris, en province et à l'étranger, dans les chaires de l'État et dans les cours libres, par MM. Franck, Alfred Maury, Ernest Havet, Ch. Lévêque, Paulin Pâris, de Loménie, Philarète Chasles, Michel Bréal, Martha, Patin, Janet, Egger, Berger, Saint-René Taillandier, Mézières, Geffroy, Caro, Wallon, l'abbé Gratry, l'abbé Freppel, Taine, Heuzey, Beulé, de Valroger, Guillaume Lejean, Jules Simon, J. J. Weiss, etc., etc.

Elle publie intégralement le cours de M. Ed. Laboulaye et celui de M. Valette.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Reproduisant les cours faits dans les facultés et dans les établissements libres par MM. Claude Bernard, Berthelot, Chatin, Riche, Robin, Coste, Becquerel, Vulpian, Serre, Lacaze-Duthiers, et des leçons de MM. Milne Edwards, Boutan, Payen, Pasteur, Troost, Bouchardat, Jamin, Bouchut, Liebig, Moleschott, Palmieri, Remak, de Luca, etc., etc.

Ces deux journaux paraissent le samedi de chaque semaine par livraisons de 32 à 40 colonnes in-4°.

Prix de chaque journal isolément.

	Six mois.	Un an.
Paris.....	8 fr.	15 fr.
Départements.....	10	18
Étranger.....	12	20

Prix des deux journaux réunis.

Paris.....	15 fr.	26 fr.
Départements.....	18	30
Étranger.....	20	35

L'abonnement part du 1^{er} décembre et du 1^{er} juin de chaque année.

La publication de ces deux journaux a commencé le 1^{er} décembre 1863. Chaque année forme deux forts volumes in-4 de 800 pages.

- BOUCHARDAT. **Le travail**, son influence sur la santé (conférences faites aux ouvriers). 1863, 1 vol. in-18. 2 fr. 50
- BOUCHARDAT et H. JUNOD. **L'Eau-de-vie et ses dangers**, conférences populaires. 1 vol. in-8 1 fr.
- BOURDET (Eug.) **Des maladies du caractère** (hygiène morale et philosophie). 1858, 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- BOURDET (Eug.). **Principes d'éducation positive**. 1863, 1 vol. in-18 de 358 pages. 3 fr. 50
- BRIERRE DE BOISMONT. **Des hallucinations, ou Histoire raisonnée des apparitions**, des visions, des songes, de l'extase, du magnétisme et du somnambulisme. 1862, 3^e édition très-augmentée. 7 fr.
- BRIERRE DE BOISMONT. **Du Suicide et de la folle suicide**. 1865, 2^e édition, 1 vol. in-8. 7 fr.
- BROUSSAIS. **Examen des doctrines médicales**. 3^e édition. 1829-1834. 4 vol. in-8. 5 fr.
- CHAUFFARD. **Fragments de critique médicale**, Broussais, Magendie, Chomel. 1864, in-8 de 67 pages. 1 fr. 50
- CHIPAULT. **Étude sur les mariages consanguins** et sur les croisements dans les règnes animal et végétal. 1863, 1 vol. in-8 de 112 pages. 2 fr. 50
- COMBE (Georges). **Traité complet de phrénologie**, traduit de l'anglais par le docteur Lebeau. 1844, 2 forts volumes avec figures. 12 fr.
- CUVIER. **Discours sur les révolutions de la surface du globe** et sur les changements qu'elles ont produits dans le règne animal, 8^e édition, 1 vol. in-18, avec 7 figures. 2 fr. 50
- DELEUZE. **Instruction pratique sur le magnétisme animal**, précédée d'une notice sur la vie et les ouvrages de l'auteur, et suivie d'une lettre d'un médecin étranger. 1853. 1 vol. in-12. 3 fr. 50
- DELVAILLE. **De l'exercice de la médecine**, nécessité de réviser les lois qui le régissent en France, précédé d'une lettre de M. Jules Simon. 1865, in-8. 2 fr.
- DUPRÉ. **De la liberté de l'enseignement médical**. 1865, in-8. 75 c.
- D'ARCHIAC. **Leçons sur la Faune quaternaire** professées au muséum d'histoire naturelle. 1865, 1 vol. in-8. 3 fr. 50
- DU POTET. **Traité complet de magnétisme**, cours en douze leçons. 1856, 3^e édition, 1 vol. de 634 pages. 7 fr.

- DU POTET. Manuel de l'étudiant magnétiseur**, ou Nouvelle instruction pratique sur le magnétisme, fondée sur *trois années* d'expérience et d'observations. 1854, 3^e édition, 1 vol. grand in-18, avec 2 figures. 3 fr. 50
- ÉLIPHAS LÉVI. Dogme et rituel de la haute magie.** 1861, 2^e édit., 2 vol. in-8, avec 24 figures. 18 fr.
- ÉLIPHAS LÉVI. Histoire de la magie**, avec une exposition claire et précise de ses procédés, de ses rites et de ses mystères. 1860, 1 vol. in-8, avec 90 figures. 12 fr.
- ÉLIPHAS LÉVI. La clef des grands mystères** suivant Hénoch, Abraham, Hermès Trismégiste et Salomon. 1861, 1 vol. in-8, avec 22 planches. 12 fr.
- ÉLIPAS LÉVI. Philosophie occulte. Fables et symboles**, avec leur explication où sont révélés les grands secrets de la direction du magnétisme universel et des principes fondamentaux du grand œuvre. 1863, 1 vol. in-8. 7 fr.
- ÉLIPHAS LÉVI. La science des esprits**, révélation du dogme secret des Kabbalistes, esprit occulte de l'Évangile, appréciation des doctrines et des phénomènes spirites. 1865, 1 vol. in-8. 7 fr.
- HÉMENT. Les Conférences du quai Malaquais.** — Félix Hément, *les Mouvements de la mer et de l'atmosphère.* — Louis Jourdan, *Blanche de Castille.* — Ernest Morin, *le Cardinal de Retz et M. Vincent.* — Th. Sauvestre, *De l'éducation des femmes.* — Évariste Thévenin, *Histoire du théâtre en France.* — P. Vulpian, *le Budget de la famille et le budget de l'État*, 1^{re} année 1865, 1 vol. in-12 de 172 pages. 1 fr. 50
- JOLY. Leçons sur la génération spontanée**, 2 brochures in-8. 1 fr.
- VICTOR MEUNIER. La Science et les Savants en 1864.** 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50
- VICTOR MEUNIER. La Science et les Savants en 1865** (premier semestre). 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50
- Cet ouvrage paraît tous les six mois et résume les travaux les plus importants mis au jour pendant cette période.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

