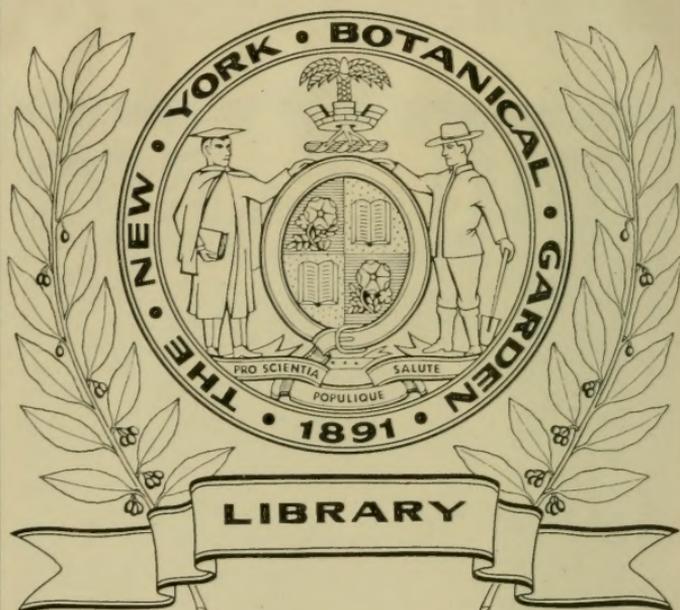
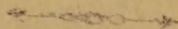


XA  
•R483

Per. 2  
Vol. 55  
1876



CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE



VILLE de GENÈVE

DUPPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE  
VENDU EN 1822



BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

---

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

---

NOUVELLE PÉRIODE

TOME CINQUANTE - CINQUIÈME

LIBRARY  
NEW YORK  
BOTANICAL  
GARDEN

---

CONSERVATOIRE  
BOTANIQUE

GENÈVE

VILLE de GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE

GEORGES BRIDEL  
Place de la Louve, 4

PARIS

SANDOZ et FISCHBACHER  
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

---

1876

DUPLICATION DE LA BIBLIOTHÈQUE  
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE  
VENDU EN 1922

.R483

Per. 2

Vol. 55

1876

---

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT.

---

SUR LES CAUSES  
DE  
L'INÉGALE DISTRIBUTION DES PLANTES RARES  
DANS LA CHAÎNE DES ALPES  
PAR  
M. ALPHONSE DE CANDOLLE<sup>1</sup>

LIBRARY  
NEW YORK  
BOTANICAL  
GARDEN

---

« It is a matter of curious inquiry to ascertain why certain districts of the Alps possess a far more varied vegetation than others. »

J. BALL, *Notes on the botany of Bormio*, p. 1.

Tous les botanistes qui ont herborisé dans la chaîne des Alpes, spécialement en Suisse et en Savoie, ont remarqué à quel point certaines parties abondent en espèces rares et locales, tandis que d'autres sont d'une pauvreté désespérante. Le Mont-Cenis est très-riche; les environs du Mont-Blanc, surtout la vallée de Chamounix, très-pauvres. Ensuite l'espace qui s'étend du Grand-Saint-Bernard au Simplon est de nouveau très-riche, bien plus que le Saint-Gothard. Enfin, du côté oriental de la chaîne, on commence à trouver d'autres espèces propres à l'Engadine et au Tyrol, de la même manière qu'en allant du Mont-Cenis aux Alpes maritimes, en particulier au Col de Tende, on rencontre de nouvelles plantes rares, extrêmement intéressantes. Rien de plus singulier que la ri-

<sup>1</sup> Mémoire lu dans le Congrès botanique de Florence, en 1874, et tiré du volume des *Actes*, qui se publie actuellement.

AUG 7 - 1923

chesse de la chaîne située entre l'Italie et le Valais, comparée à la pauvreté de celle entre le Valais et le canton de Berne. Par un hasard malheureux, ce sont les districts les plus recherchés des voyageurs, au point de vue pittoresque, comme Chamounix, l'Oberland et les Petits Cantons, qui se trouvent avoir la flore la plus insignifiante.

Les plantes rares subalpines, ou de montagnes peu élevées, autour de la chaîne des Alpes, sont distribuées tout aussi irrégulièrement que les véritables plantes alpines. En Savoie on en trouve beaucoup sur le massif du Vergy et du Brezon, situé entre Genève et le Mont-Blanc; en Suisse, sur le Jura occidental et vers l'entrée du Valais; en Italie, sur le Cramont, situé en face du Mont-Blanc, et dans les montagnes comprises entre le Lac Majeur et le Lac de Garda, sans parler du célèbre Monte Baldo, qui est entièrement séparé de la chaîne des Alpes.

Il serait facile d'appuyer ces assertions par des listes d'espèces. Mais à quoi bon? Les faits sont très-connus. Ils ressortent de toutes les flores et de nombreux mémoires<sup>1</sup>. D'ailleurs on ne sait où s'arrêter dans la qualification d'espèces rares, et les localités considérées comme riches se distinguent plus par l'abondance d'espèces un peu rares que par la rareté exceptionnelle de quelques-unes. Le résumé statistique de M. Rhiner<sup>2</sup> indique les espèces qui se trouvent dans un seul des cantons de la Suisse. Il y en a 63 propres au Valais, 48 au Tessin, 35 au canton des Grisons, 15 à celui de Vaud, tandis que

<sup>1</sup> Voir : GAUDIN, *Flora helvetica*, vol. 7, indiquant les espèces par localités; TISSIÈRE, *Guide du botaniste au Grand-Saint-Bernard*, 1868; RION, *Guide du botaniste en Valais*, 1872; PUGET (pour les espèces du Brezon et du Vergy), dans le *Bull. de la Soc. bot. de France*, vol. 13, p. 128; PERRIER et SONGEON, cités plus loin, etc., etc.

<sup>2</sup> *Tabellarische Flora*, in-4°, Schwytz, 1869, p. 46.

Lucerne en a deux seulement, Glaris une, Uri, Unterwald pas une seule, de même que le vaste canton de Berne, qui traverse à peu près la Suisse et présente une extrême diversité de hauteurs, de sols et d'expositions.

A quoi peuvent tenir d'aussi grandes différences ?

Les botanistes qui ont essayé de répondre se sont appuyés sur les idées qui avaient cours à leur époque. Ainsi dans le premier quart du siècle actuel, Wahlenberg ne pensait qu'à l'action du sol et du climat. Cependant après lui, plus on a pénétré dans le détail des influences physiques, moins elles ont paru tout expliquer. En 1846, Edouard Forbes énonça hardiment l'hypothèse d'anciennes causes géologiques qui auraient influé sur la flore des Iles Britanniques ; mais enlevé prématurément à la science il n'eut pas la satisfaction de couronner son œuvre, en faisant passer sa théorie au rang des vérités démontrées. Lorsque je poursuivis l'étude des causes physiques actuelles dans ma *Géographie botanique*, publiée en 1855, j'arrivai à la conviction que les causes actuelles sont insuffisantes pour expliquer la distribution des végétaux, qu'elles sont même secondaires et partielles, tandis que les causes antérieures, soit géographiques, soit géologiques, sont prépondérantes et générales. Depuis vingt ans les progrès de la science n'ont pas cessé de confirmer ce que j'avais. Il ne faut donc pas s'étonner si dans la question de la distribution des plantes alpines et alpestres, je m'attache volontiers à des causes antérieures.

MM. Perrier et Songeon<sup>1</sup> ne les ont pas négligées dans le mémoire où ils traitent de la question qui nous occupe. Malheureusement ils ont attribué aux conditions

<sup>1</sup> Session à Chambéry de la Société botanique de France, publiée en 1867 seulement dans le *Bulletin de la Société*, vol. X, p. 675.

géologiques une influence qui n'est pas selon moi la véritable, et contre laquelle je m'élevai au moment de la publication de leur travail, d'ailleurs excellent <sup>1</sup>. Après avoir énuméré 37 Phanérogames qui existent dans les Alpes du Dauphiné ou du Mont-Cenis, de même que sur la chaîne entre l'Italie et le Valais, et qui manquent au massif intermédiaire du Mont-Blanc, MM. Perrier et Songeon rappellent que M. Parlatore <sup>2</sup> avait signalé plusieurs de ces espèces au Mont-Cramont, c'est-à-dire près du Mont-Blanc, au midi de l'Allée-Blanche. Ils rapprochent ce fait de ceux indiqués par les cartes géologiques, et en tirent la conclusion que les espèces rares dont il s'agit sont propres au terrain anthracifère des formations dites houillères et triasiques. Le savant auteur qui a le mieux étudié la géologie de la Savoie, M. Alph. Favre <sup>3</sup>, a bien voulu me certifier l'exactitude des assertions de MM. Perrier et Songeon au point de vue géologique. La formation anthracifère suit bien les sinuosités qu'ils indiquent, en dehors du Mont-Blanc. Mais qu'importe une formation géologique ? Toutes les couches de la Savoie et de la Suisse ont été recouvertes, au commencement de l'époque actuelle, par un manteau de neiges qui descendait dans les plaines et qui a chassé ou détruit la végétation antérieure, excepté peut-être quelques espèces purement nivales. La flore des Alpes et des vallées adjacentes est une des plus modernes qui existent, non sous le rapport de l'existence

<sup>1</sup> Rapport sur les travaux de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève de juin 1867 à juin 1868; extrait dans le *Bull. de la Soc. bot. de France*, vol. XV, page 152.

<sup>2</sup> *Viaggio alla catena del Monte Bianco*, 1 vol. in-8°, Firenze, 1850.

<sup>3</sup> *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*, 3 vol. in 8°, avec atlas in-folio, Genève et Paris, 1867.

de chaque forme, mais pour la date de son établissement sur les montagnes où nous la voyons aujourd'hui. Cette flore a suivi la grande extension des glaciers, laquelle a duré plusieurs milliers d'années. Les soulèvements antérieurs de la chaîne des Alpes, accompagnés sans doute du peuplement par certaines espèces venues des régions voisines, ne peuvent avoir exercé aucune influence sur ce qui a suivi l'époque glaciaire, si ce n'est peut-être une influence accessoire provenant d'une nature minéralogique particulière et dominante. Or la formation anthracifère en question se compose tantôt de calcaire saccharoïde micacé, un peu quartzeux (cipolin), tantôt de schistes argilo-talqueux <sup>1</sup>, et probablement d'autres roches moins abondantes. Il ne faut pas oublier d'ailleurs à quel point les poussières transportées par le vent, font toujours de la surface du sol un mélange des plus variés, sous le rapport physique et chimique.

MM. Perrier et Sonjeon n'ont pas négligé tout à fait la grande découverte moderne de l'extension des glaciers après la constitution des couches géologiques. Ils attribuent à l'époque glaciaire deux ou trois espèces isolées sur quelques montagnes de Savoie <sup>2</sup>, mais, je le répète, ils parlent surtout des formations géologiques. Ils supposent aussi que « des types spécifiques auraient pris naissance sur le sol de la Savoie <sup>3</sup>. » Pour nous, au contraire, la végétation de la chaîne des Alpes, y compris celle des vallées, est revenue des pays voisins, lorsque les glaciers se sont retirés, à l'exception de quelques espèces qui avaient pu se maintenir sur des rochers isolés ou des

<sup>1</sup> Note manuscrite de M. Alph. Favre.

<sup>2</sup> *Bull. de la Soc. bot. de France*, p. 682.

<sup>3</sup> *Ibid.*, p. 678.

oasis de verdure, au milieu des neiges. Les glaciers se sont étendus une fois jusqu'à Ivree, Lyon et Munich, d'après les traces positives qu'ils ont laissées. Or, quiconque a observé la stérilité prolongée des moraines et boues glaciaires doit reconnaître que la riche végétation actuelle de la Savoie, de la Suisse et du Tyrol est récente, pour l'immense majorité des espèces. Depuis l'établissement de cette flore il n'est pas probable qu'il se soit développé, sur place, de nouvelles formes spécifiques, car il faut une série bien plus longue de milliers d'années pour qu'on s'aperçoive d'un changement de cette nature. Les Iles Britanniques sont séparées du continent d'une manière définitive depuis le maximum de l'époque glaciaire; elles ont un climat assez différent, surtout dans le sud-ouest, et cependant il n'existe pas sur leur étendue considérable, de l'Écosse au midi de l'Irlande et de l'Angleterre, une seule espèce qui ne soit ailleurs sur le continent. La séparation des îles de la Méditerranée, en partie plus ancienne, ne paraît pas avoir été suivie de la formation d'espèces nouvelles, surtout d'espèces aussi distinctes que celles dont nous parlons au sujet des Alpes <sup>1</sup>.

M. le Dr Christ a publié, en 1866, une dissertation lumineuse sur la végétation de la chaîne des Alpes, comparée à celle d'autres régions d'Europe et d'Asie <sup>2</sup>. S'il avait étendu ses recherches jusqu'aux détails de la répartition des espèces rares dans les diverses parties de cette chaîne, je n'aurais pas à m'en occuper ici, car il aurait probablement appliqué et développé les principes sur lesquels je vais m'appuyer.

<sup>1</sup> Il y a, dans les Alpes, des espèces distinctes à ce point qu'elles forment à elles seules un genre, comme les *Pæderota*, *Wulfenia*, *Cortusa*.

<sup>2</sup> *Ueber die Verbreitung der Pflanzen der alpinen Region der europäischen Alpenkette*. In-4°, Bâle, 1866.

M. Grisebach, auteur d'un ouvrage récent et important de géographie botanique <sup>1</sup>, s'est inspiré d'un autre ordre d'idées. D'après lui la chaîne des Alpes, comme celles des Pyrénées, des Carpathes, etc., a été un centre de végétation. Or, les Alpes se sont élevées, un peu haut, seulement depuis l'époque miocène, comme le prouve le redressement des mollasses de la Suisse. Après avoir conservé et reçu quelques végétaux pendant la période pliocène, cette chaîne a été enfouie sous la neige. Quelques-unes de ses plantes ont pu alors se propager dans les plaines, et s'y mêler avec des espèces boréales, en particulier autour de la mer qui couvrait une grande partie de l'Allemagne et qui charriait des glaces, avec des blocs erratiques détachés de la Péninsule Scandinave. Après la disparition de cette mer et la retraite des glaciers, les espèces arctico-alpines se sont retirées au nord et sur les Alpes. Celles-ci, par conséquent, n'ont pas été un centre, mais un refuge, du moins après l'époque glaciaire. Je reconnais au surplus, avec le savant professeur de Gottingue, que les plantes alpines ou sub-alpines, une fois cantonnées dans quelques-unes des localités actuelles, ont de la peine à en sortir, par l'effet de causes locales qu'il indique. C'est sur le mode d'établissement que nous différons.

Les conditions de sol et de climat, du moins celles du climat actuel, étant selon moi insuffisantes pour expliquer la localisation des espèces alpines ou alpestres, et la théorie des dérivations de formes ne s'appliquant pas à cause de la brièveté du temps et des caractères tranchés de

<sup>1</sup> *Die Vegetation der Erde*, 2 vol. in-8°, Leipzig, 1872. Ouvrage considérable, dont M. Pierre de Tchihatchef publie une traduction en français, faite avec une scrupuleuse exactitude.

plusieurs espèces, je suis obligé de recourir aux circonstances qui ont accompagné la diminution des grands glaciers, avant notre époque historique. Quelques personnes répugnent peut-être à supposer que des conditions aussi anciennes puissent avoir influé sur la distribution actuelle des espèces, mais on a constaté souvent la durée extraordinaire des habitations. Les plantes que les botanistes du XVI<sup>me</sup> siècle allaient chercher dans certaines localités s'y retrouvent assez ordinairement aujourd'hui, et d'après la *Statistica botanica della Toscana* de M. Caruel, des espèces tout à fait alpines, comme les *Phaca alpina*, *Papaver alpinum* et *Leontopodium alpinum*, dont la présence sur quelques montagnes de la Toscane doit remonter à l'époque glaciaire, ont disparu seulement depuis un siècle, tandis que d'autres espèces, telles que l'*Oxycochos palustris*, le *Liparis Loeselii* et le *Caltha palustris* ont disparu plus récemment encore des plaines de ce pays <sup>1</sup>. D'après M. Heer, des espèces de la flore glaciaire se voient encore maintenant sur de petites collines des environs de Zurich. Lorsqu'on remonte la vallée du Valais qui est coupée continuellement d'anciennes moraines, on trouve celles du bas, les plus anciennes, couvertes de châtaigniers, et les suivantes de plus en plus stériles, ne portant guère que des pins, quoique la différence de température soit insignifiante <sup>2</sup>. La végétation paraît s'y être établie lentement et incomplètement.

Je n'insisterais pas sur ces détails, si je n'avais remarqué une concordance entre l'époque de la disparition des

<sup>1</sup> CARUEL, p. 369.

<sup>2</sup> Le point le plus chaud de la vallée du Valais n'est pas la partie inférieure, mais le centre. Voir RION, *Guide du botaniste en Valais*, p. 12.

anciens glaciers et la richesse relative de la flore dans chaque subdivision de la chaîne des Alpes. Voici le fait dans toute sa généralité : *Les vallées et les groupes de montagnes qui ont aujourd'hui le plus d'espèces rares et la flore la plus variée, appartiennent aux districts dans lesquels la neige et les glaciers ont duré le moins. Au contraire, les parties pauvres, quant à la flore, sont celles où l'influence des neiges et des glaciers s'est le plus prolongée. Si cette concordance existe, personne ne croira qu'elle résulte du hasard. Il est donc essentiel d'en démontrer la réalité.*

La période glaciaire a eu certainement une longue durée et a présenté des variations d'intensité. Il est arrivé, comme nous le voyons encore aujourd'hui, qu'une série d'années plus humides en hiver ou moins chaudes en été, faisait s'étendre d'avantage la région occupée par les neiges perpétuelles et les glaciers. Les plaines voisines des Alpes ont eu ainsi leur végétation tantôt endommagée et tantôt favorisée par le progrès ou le recul des amas de glace qui descendaient des hauteurs. On sait que M. Heer a constaté pour les environs de Zurich une période d'existence de nos arbres forestiers actuels, précédée et suivie d'invasions glaciaires qui les ont détruits. Dans le Norfolk, la célèbre forêt fossile de Cromer a aussi vécu entre deux invasions glaciaires, probablement contemporaines de celles de Zurich. Il est vrai que la Suisse orientale et la Savoie ne présentent pas des preuves suffisamment établies d'un intervalle marqué entre deux époques d'avancement des glaciers <sup>4</sup>, mais tous les géologues admettent des oscillations. Les mêmes incertitudes existent en France

<sup>4</sup> C'est du moins l'opinion de MM. A. Favre et Falsan, qui ont tous deux étudié la question avec soin, et auxquels je dois des informations qui m'ont beaucoup éclairé.

et en Italie, quant aux deux époques glaciaires, et les hommes spéciaux n'en sont pas moins persuadés qu'il y a eu, comme en Suisse, une retraite des glaciers successive, irrégulière, en raison de causes qu'il est facile d'indiquer. L'étendue des glaciers dépend en effet : 1° de la surface plus ou moins vaste et plus ou moins élevée des hautes régions sur lesquelles la neige s'accumule ; 2° de l'humidité générale du climat ; 3° de la température, surtout de celle de l'été ; 4° de la direction des pentes plus ou moins exposées au soleil et aux vents chauds du midi, et de l'inclinaison de ces pentes. Si l'on tient compte de toutes ces causes, il est aisé de deviner quelles sont les parties de la chaîne des Alpes qui ont perdu le plus vite les conditions de l'époque ou des époques glaciaires, et celles qui sont restées au contraire enfouies le plus longtemps sous les neiges. Par exemple, du côté des Alpes maritimes et sur tout le revers italien, l'influence de la chaleur et des vents du midi a toujours existé. La pente des Alpes y est aussi plus forte que du côté opposé, et le sol des plaines de la Haute-Italie est moins élevé que celui de la plaine entre les Alpes et le Jura. L'ensemble des hautes régions de la Suisse constituait des amas de neige perpétuelle qui n'existaient pas au même degré sur le versant méridional. Toutes ces causes ont influé. En effet, si l'on consulte les documents géologiques, on verra que les grands glaciers d'autrefois se sont étendus moitié moins au midi de la chaîne des Alpes qu'au nord. La carte de M. Heer dans son ouvrage classique sur la Suisse le montre fort bien <sup>1</sup>, et le peu d'extension actuelle des

<sup>1</sup> *Le monde primitif de la Suisse*, traduction de l'allemand, p. 647, et carte géologique à la fin du volume.

glaciers sur le revers méridional en est encore une preuve. Du côté d'Italie, selon la remarque de MM. Martins et Gastaldi <sup>1</sup>, les glaciers s'écoulaient librement par l'orifice des vallées et venaient se fondre dans la plaine, tandis qu'en Suisse ils s'accumulaient dans des vallées intérieures et contre la chaîne du Jura. Entre les ramifications des glaciers d'Italie se trouvaient des montagnes peu élevées (*prealpi* des Italiens), qui devaient être sans neiges pendant l'été, même à l'époque glaciaire <sup>2</sup>. C'est donc évidemment de ce côté que la flore alpine et subalpine a pu se conserver plus ou moins et ensuite se rétablir et s'enrichir, quand la période maximum des glaciers a cessé. Du côté du Tyrol les influences méridionales étaient moins directes, mais les montagnes ne sont pas très-hautes, et les vents d'est amènent un air assez ordinairement sec. Les glaciers actuels y sont fort petits, et leur réduction a dû s'opérer autrefois assez vite.

D'après ces conditions, il n'est pas surprenant que les plantes évidemment anciennes en Italie, en Dalmatie, en Grèce, aient pu se conserver pendant l'époque glaciaire dans quelques localités abritées du côté méridional et oriental des Alpes, ou s'y propager de bonne heure, après avoir été rejetées pendant quelques siècles plus au midi. Je citerai comme exemples tout à fait vraisemblables de ces anciennes plantes méridionales, les nombreuses espèces de campanules à tiges couchées et corolle ouverte qu'on admire çà et là du Piémont à la Dalmatie, savoir les *Campanula Elatines*, *elatinoïdes*, *isophylla*, *Raineri*, *Morrettiana*, *Portenschlagiana*, qui sont très-voisines d'espèces

<sup>1</sup> *Essais sur les terrains superficiels de la vallée du Po*, p. 21.

<sup>2</sup> Voir la carte à la fin du Mémoire de M. OMBONI, *I ghiacciai antichi*, *Atti della Soc. ital. di Sc. nat. di Milano*, vol. 3.

italiennes plus méridionales, telles que le *C. fragilis*. D'autres campanules tout à fait alpines, à corolle moins ouverte, comme *C. cenisia* du Mont-Cenis, *excisa* du Simplon et de quelques vallées voisines, *Zoysii*, *pulla*, *Waldsteiniana*, *alpina*, des Alpes orientales, ont leurs analogues surtout en Grèce et dans l'Asie Mineure ou l'Himalaya, tandis que les campanules de la zone arctique sont excessivement peu nombreuses et appartiennent plutôt aux espèces communes de la zone tempérée. Le *Wulfenia Carinthiaca*, les *Pederota* du Tyrol, et bien des Composées et Légumineuses des Alpes d'Italie et d'Autriche ont eu probablement une histoire semblable, tandis que certaines espèces de la zone la plus élevée, comme plusieurs *Pedicularis*, *Oxytropis*, *Primula*, etc., qui n'existent ni dans l'intérieur de la Suisse, ni dans le nord de l'Europe, paraissent plutôt d'anciennes plantes de la chaîne des Alpes, descendues et conservées au midi pendant la grande invasion des neiges, revenues ensuite sur les premiers points libérés de neiges, c'est-à-dire sur le versant italien de la chaîne.

Du côté occidental de la chaîne, les glaciers de Provence et du Dauphiné ont dû se retirer assez vite. Ceux de la vallée du Rhône, alimentés par les neiges du Jura, indépendamment des vastes accumulations glaciaires des Alpes de Savoie, n'ont pas pu diminuer aussi promptement. Mais il est incontestable qu'ils se sont retirés dans le Valais à une époque où les régions élevées du Mont-Blanc et de l'intérieur de la Suisse étaient encore en pleine période glaciaire. MM. Chantre et Falsan publieront, j'espère, bientôt leurs observations sur les glaciers des Alpes, de la Savoie et du Jura qui encombraient la vallée du Rhône, entre Genève et Lyon, lorsque le lac

de Genève était lui-même un immense réservoir de glaces. Ils ont suivi la diminution lente et irrégulière de ces glaciers occidentaux. Le Jura est resté sous la neige pendant que les environs du lac de Genève étaient déjà libérés. La végétation de cette vallée a pu se constituer alors, et bientôt après celle des montagnes peu élevées de la Savoie, au moyen d'espèces qui venaient de France. Il a dû s'opérer ainsi des introductions d'espèces de plus en plus méridionales, à mesure que le voisinage des neiges perdait de son influence. Les premières plantes arrivées ont dû être celles qu'on trouve aujourd'hui à une certaine hauteur sur le Jura et sur les montagnes entre Genève et Chamounix. Après avoir stationné dans le bas des vallées, elles ont dû s'élever lorsque la neige diminuait. Les plantes remarquables du massif de la Grande-Chartreuse, des monts Vergy et Brezon, en Savoie, des parties élevées du Jura occidental et même des environs de Bex, en Suisse, appartiennent probablement à cette catégorie. Lorsque la neige perpétuelle et les glaciers ont disparu de ces montagnes, les alentours du lac de Genève, le pied du Jura et même l'entrée du Valais se sont trouvés dans de meilleures conditions. A ce moment, d'autres plantes plus méridionales ont pu arriver de France<sup>1</sup>, et les graines transportées

<sup>1</sup> C'est peut-être alors que le *Buxus* est venu s'établir en abondance au pied du Jura, avec plusieurs Cistinées et Labiées des terrains desséchés du midi. Les plantes alpestres du Jura avaient pris alors la place des glaciers et des neiges perpétuelles qui étaient sur cette chaîne encore après que la vallée du lac de Genève en était délivrée. M. Falsan a constaté les moraines des glaciers jurassiques dans la vallée du Rhône, après ceux des Alpes. Cette observation sur les glaciers appuie la manière de voir de M. le doct. Christ (*Bull. de la Soc. bot. de France*, sess. extraord., p. 54) sur les origines variées des espèces du Jura.

d'Italie, par des ouragans ou par les oiseaux, dans le bas Valais ont pu introduire quelques-unes des espèces rares du bas de la vallée, qu'on y voit maintenant, tandis que d'autres, venues plus tard, doivent avoir été apportées principalement par l'homme.

Tandis que les glaciers disparaissaient, d'abord sur le revers méridional, ensuite du côté du Tyrol et enfin du côté occidental de la Suisse, l'intérieur même de ce pays et le pourtour du Mont-Blanc demeuraient dans l'état où se trouve à présent le Groënland. Une vaste étendue de neiges et de glaciers couvrait tout l'espace entre les Alpes et le Jura, et descendait dans les vallées ou plaines adjacentes. Sur le pourtour, du côté nord, et sur les rochers dénudés ou les oasis au milieu des neiges, pouvaient vivre quelques espèces de la flore purement arctico-alpine, mais les graines emportées du midi par le *fehn*, ou de l'ouest par les vents qui traversent la France, ne tombaient que sur de la neige ou sur des moraines à peu près stériles, sans aucune chance de réussir.

Le retrait successif des glaciers a donc libéré le sol de nos régions en trois fois : 1<sup>o</sup> par le revers méridional ; 2<sup>o</sup> par le sud, l'est et l'ouest ; 3<sup>o</sup> enfin, dans toutes les directions et même au centre. Chacune de ces époques a eu sans doute des variations locales et des retours partiels de l'influence glaciaire, mais on ne peut se refuser à les admettre, et il est aisé de voir que les régions libérées les premières sont les plus riches quant à la flore, que les secondes le sont moins et les troisièmes encore moins.

Quelques exceptions apparentes viennent appuyer ce genre de rapprochement.

Ainsi, au midi du Mont-Blanc, le Cramont présente une flore assez riche, relativement à celle de Saint-Ger-

vais et de Chamounix. Or, il est aisé de comprendre que l'Allée-Blanche, cette haute vallée qui sépare le Mont-Blanc du Cramont, a dû être longtemps un réceptacle de neiges et de glaces, comme l'indique son nom. Elle a encore des glaciers, et par l'effet de son élévation de 1500 à 3000 mètres, elle a toujours reçu une grande quantité des neiges du Mont-Blanc. C'était comme un large fleuve glacé, tandis que la montagne du Cramont recevait librement par le midi les plantes de la flore alpine italienne.

Les cols du Mont-Cenis, du Grand-Saint-Bernard, du Simplon, de la Maloia et de la Bernina sont assez recherchés des botanistes. Il est probable que leur abaissement relatif et leur direction ouverte aux vents du midi les a libérés assez promptement des influences glaciaires et leur a permis de s'enrichir d'espèces que les hauteurs voisines n'auraient pas admises. Le Saint-Gothard n'a qu'une flore insignifiante, mais il est très-élevé, son massif a dû être longtemps couvert de neiges, et la vallée d'Urseren est une des plus froides de la Suisse. Par son élévation et d'après les glaciers actuels du voisinage, elle n'a pu être libérée que tardivement. Sa flore est aussi absolument sans valeur.

Celle des vallées de Saas et Zermatt, dans le Valais, entre le Mont-Rose et la vallée du Rhône, présente au contraire une richesse très intéressante, et d'après la direction du sud au nord, ainsi que par l'effet des neiges des hautes montagnes voisines, on devrait y trouver, à ce qu'il semble, une végétation moins variée. Heureusement les circonstances locales expliquent tout. M. le chanoine Rion, qui connaissait à merveille son pays, a constaté<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Discours d'ouverture de la session de 1852 de la Société suisse des*

que les glaciers descendent moins bas dans les vallées latérales de Saas et Zermatt que dans la vallée principale du Valais. La limite des arbres y est plus élevée. La différence est, en moyenne, de 250 mètres, quoique la vallée du Rhône soit plus basse et qu'étant dirigée de l'est à l'ouest elle présente un côté tout à fait exposé au soleil. La forme des montagnes et l'influence des vents méridionaux contribuent peut-être à favoriser les vallées de Saas et Zermatt, mais la cause principale de la différence me paraît être que les glaciers du Rhône et d'Aletsch, alimentés par les neiges des immenses massifs du St-Gotthard et du canton de Berne, sont plus puissants que ceux de la chaîne méridionale. Ces glaciers ont dû descendre autrefois, comme à présent, plus bas que ceux de quelques-unes des vallées latérales de la rive gauche du Rhône. Par conséquent celles-ci ont pu se peupler de végétaux assez vite, au moins dans les localités favorables. La flore des vallées de Saas et Zermatt appartient donc à la seconde époque d'invasion des plantes suisses, plutôt qu'à la troisième, et comme elle est riche il faut y voir une confirmation de ma théorie au lieu d'une objection.

Je ne prétends pas que les qualités minéralogiques du sol et l'exposition, quand il s'agit de localités situées à une même hauteur, ne contribuent pas à déterminer en partie le nombre et la nature des espèces, mais ce sont, à ce qu'il paraît, des conditions accessoires et locales, relativement à la disparition des anciens glaciers. La preuve en est que dans l'intérieur de la Suisse et à Chamonix on voit des terrains de toute sorte et des expositions excellentes, qui ne présentent ni des espèces rares, ni une flore

*sciences naturelles*, et l'ouvrage posthume intitulé : *Guide du botaniste en Valais*. Un vol. in-8°; Sion, 1872, p. 12, 24.

variée comme les districts du midi, de l'est et de l'ouest où les glaciers se sont retirés plus tôt.

Pour comprendre bien comment cette cause a pu agir, il faut se représenter les conditions dans lesquelles se trouvaient les pays au sud des Alpes après le maximum d'extension des glaciers et avant l'époque historique. Le climat, d'après une infinité de documents de paléontologie et de géographie physique, était certainement plus humide qu'à présent et plus égal de température. Les vastes forêts, que l'homme a détruites, contribuaient à maintenir l'humidité, soit en empêchant l'action du soleil et de l'air de dessécher la surface du terrain, soit en retardant l'écoulement des eaux dans les rivières, soit enfin parce que, d'après les observations positives de M. Risler <sup>1</sup>, les feuilles des arbres évaporent moins, à surface égale, que celles des plantes des prairies. Cette humidité, fraîche en été, pas très froide en hiver, favorisait d'anciennes espèces qui ont probablement disparu du midi de la France et des parties peu élevées de l'Italie à mesure que la sécheresse a augmenté. A peine le climat européen moins humide, les peuples de la région de la Méditerranée ont commencé cette malheureuse destruction des forêts qui a transformé en déserts d'immenses étendues de leurs pays. Les seules localités dans lesquelles beaucoup de plantes de l'époque préhistorique aient pu alors subsister ont été les vallées fraîches et humides du revers méridional des Alpes. Si ces vallées n'avaient pas été déjà délivrées de leurs glaciers, elles n'auraient pas pu s'enrichir des restes de l'époque humide antéhistorique.

<sup>1</sup> *Archives des Sc. phys. et nat.*, nov. 1871, p. 262.

Dans l'état actuel des choses, les espèces les plus rares de l'ancienne flore des Alpes italiennes ont toute l'apparence de plantes dont la disparition est prochaine. Autour des points où elles sont cantonnées, les circonstances ne les favorisent pas. D'ailleurs d'autres plantes mieux adaptées aux conditions actuelles occupent déjà le terrain. Il ne faut qu'une série un peu exceptionnelle d'années sèches, ou (j'ai le regret de le dire) la visite un peu trop fréquente de messieurs les botanistes, pour qu'elles disparaissent complètement, comme les plantes de l'île de Sainte-Hélène.

Les espèces rares ayant toujours une disposition à s'éteindre, et la sécheresse étant, à ce qu'il paraît<sup>1</sup>, en voie d'augmentation en Europe, il est probable que dans un certain nombre de siècles les parties méridionales de la chaîne des Alpes ne seront pas les plus riches en plantes rares comme à présent, mais que ce sera la partie centrale de la Suisse. Des phases analogues sont arrivées probablement dans les chaînes du Liban et des Pyrénées. Leurs glaciers ont dû se retirer avant ceux des Alpes, et leurs pentes méridionales ont pu alors profiter d'un reste de fraîcheur et du voisinage de flores plus ou moins riches dont les débris se cantonnaient çà et là. Ensuite leurs pentes déboisées et exposées à toute l'ardeur d'un soleil méridional ont perdu des espèces, tandis que d'autres se sont conservées sur les revers septentrionaux. Le Caucase est actuellement dans les mêmes conditions que les Alpes; le côté méridional étant encore humide et très

<sup>1</sup> Cela résulte pour les temps historiques anciens, d'un grand nombre de faits de végétation, et pour les temps modernes de la diminution des cours d'eau, qui a été constatée, par exemple, pour les fleuves d'Allemagne.

boisé, la végétation y est plus variée que sur le côté nord. L'Himalaya présente des conditions de végétation analogues ; le côté méridional est humide et a perdu depuis longtemps ses glaciers, mais le côté septentrional participe de la sécheresse extrême des déserts du centre de l'Asie. Ainsi les chaînes des montagnes ont chacune leurs conditions, et il ne faudrait pas conclure de l'une à l'autre. Je me limite donc à ce qui concerne les Alpes, et j'espère avoir démontré, comme autrefois dans des questions de géographie botanique plus générales, à quel point des causes antérieures jouent un rôle important.

---

## NOTE ADDITIONNELLE

M. le prof. A. Blytt, de Christiania, ayant eu connaissance de mon mémoire sur la distribution des plantes rares dans les Alpes, a bien voulu m'écrire ce qui suit, en m'autorisant à le publier.

« Les parties des montagnes scandinaves les plus riches en plantes alpines ont un sol composé de schistes fragiles et sont protégées par des massifs et des mers de glace les plus vastes de notre pays contre l'influence de la mer occidentale. C'est justement dans des localités semblables qu'on doit supposer que la fonte des grands glaciers s'est accomplie le plus vite, à cause du climat continental. Ainsi, votre théorie semble être prouvée aussi par la distribution des plantes alpines en Scandinavie. »

---

# NOTE

SUR LES

## TERRAINS GLACIAIRES ET POST-GLACIAIRES

DU REVERS MÉRIDIONAL DES ALPES

DANS LE CANTON DU TESSIN ET EN LOMBARDIE

PAR

M. Alph. FAVRE

---

La prétendue association des coquilles pliocènes avec le terrain glaciaire dans les localités de Cassina Rizzardi et de Balerna, sur le revers méridional des Alpes aux environs de Côme, est depuis deux ans l'objet d'une discussion animée <sup>1</sup>.

Quelques savants classent les graviers qui contiennent ces coquilles dans le terrain glaciaire. Ils pensent que lors de l'ancienne extension des glaciers, ceux-ci se seraient avancés à l'époque pliocène jusqu'à la mer qui occupait alors la Lombardie, que les coquillages vivant

<sup>1</sup> Voyez : Stoppani, Il mare glaciale a piedi delle Alpe. *Rivista Italiana*, août, 1874. — Desor, Le paysage morainique, son origine glaciaire et ses rapports avec les formations pliocènes de l'Italie. Neuchâtel, 1875. — Gastaldi, Sur les glaciers pliocènes de M. Desor. *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*. 1875. — C. Mayer, Mémoire présenté à la réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Genève, Août 1875. — Sordelli, La fauna marina di Cassina Rizzardi, osservazioni paleontologiche. *Atti della Società italiana di scienze naturali*, t. XVIII. — Rütimeyer, Ueber Pliocen und Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen, Bâle, Genève, 1876, in 4°.

dans cette mer située au pied des Alpes se seraient associés aux dépôts glaciaires et que ce pays présentait un aspect ayant de la ressemblance avec certaines régions de l'hémisphère sud où une belle végétation peut exister au bord de la mer à la lisière des glaciers. Ces idées étant admises entraînent l'hypothèse d'un soulèvement post-glaciaire qui aurait éloigné la mer du pied des Alpes; elles modifieraient considérablement ce que les nombreuses études qui ont été faites sur les terrains quaternaires du voisinage des Alpes nous ont appris jusqu'à présent.

D'autres géologues au contraire réfutent les faits qui servent de base à cette classification et cherchent à prouver que les terrains à coquilles pliocènes des localités indiquées ne sont pas glaciaires, lors même qu'ils se trouvent dans une région parsemée de moraines et que les coquilles ont été remaniées. Dans ce cas, il ne serait plus nécessaire d'admettre ni que l'ancienne extension des glaciers ait eu lieu à l'époque pliocène, ni que le soulèvement du sol soit postérieur à l'époque glaciaire et les idées reçues dans la science ne seraient point ébranlées.

J'ai fait dernièrement une excursion pour me former une opinion sur ce sujet et je rendrai compte de mes observations sans me servir des mémoires de mes prédécesseurs et sans les discuter, ce qui m'entraînerait trop loin.

Lorsque de Mendrisio dans le canton du Tessin on se rend à Chiasso en suivant à pied le chemin de fer, on voit la coupe suivante. Pl. I.

1) <sup>1</sup> Gare de Mendrisio en aval de laquelle la voie ferrée est en remblai.

<sup>1</sup> Ces numéros se rapportent à ceux de la planche.

2) Rocher d'alluvion ancienne (?), composée d'un conglomérat solide ou béton, dans lequel les cailloux roulés couverts de coups, non striés et non impressionnés, sont fortement réunis par un ciment calcaire. Au delà la voie ferrée est en remblai.

3) Cette colline commence par un conglomérat solide semblable à celui du n° 2. Un peu au delà d'un pont, ce conglomérat disparaît.

4) La grande masse de la colline est composée de sable et de gravier au milieu desquels se distinguent nettement trois couches de sable, l'une a l'apparence d'une voûte et les deux autres celle de bassins.

5) Vers l'extrémité de la colline, du côté d'aval, on a construit un tunnel; les sables et graviers dans lesquels il a été percé reposent sur la véritable argile glaciaire à cailloux polis et striés<sup>4</sup>, et tous les sables de cette colline sauf peut-être la partie du n° 3 sont post-glaciaires.

6) Un peu au delà du tunnel se trouve une dépression marécageuse où passe un ruisseau; elle est dans l'argile glaciaire.

7 et 8) Collines d'argile glaciaire.

9) Colline formée par un calcaire argileux bleuâtre et jaunâtre en couches redressées minces, recouvertes d'argile glaciaire.

10) Colline de la même argile.

11) Colline de marne, bleue et grise, en couches moins redressées que celles de la colline n° 9, surmontées d'argile glaciaire.

12) Colline de calcaire marneux dont les couches for-

<sup>4</sup> Toutes les fois que je parlerai d'argile glaciaire, il va sans dire qu'elle renferme des cailloux polis et striés.

ment une voûte dans la partie d'amont. Elles sont recouvertes de terrain glaciaire.

Je n'ai pas trouvé de fossiles dans les couches des collines 9, 11 et 12, en sorte que je ne saurai en indiquer l'âge, mais qu'elles soient tertiaires ou crétacées, il est évident qu'il n'y a aucune liaison, association ou mélange entre elles et le terrain glaciaire.

13) Il ne se trouve pas ici de colline, mais une pente douce qui constitue un des côtés du bassin de Balerna.

Près de la maison d'un garde-voie, on a percé un puits de 12 mètres de profondeur, dit-on, en entier dans l'argile bleue glaciaire. Son orifice supérieur est peu élevé au-dessus de la voie ferrée.

Les tuileries de Balerna sont voisines et en dessous de cette maison ; j'en ai parcouru plusieurs et n'y ai trouvé que du terrain glaciaire parfaitement caractérisé. Soit d'après mes recherches, soit d'après les ouvriers à qui j'ai parlé, il n'y a aucune trace de coquillages dans le terrain des tuileries. On y distingue trois espèces d'argile : a) à la partie supérieure la *terra rossa*, argile jaunâtre, environ deux mètres d'épaisseur ; b) la *terra bianca* d'un blanc sale lorsqu'elle est sèche, bleuâtre lorsqu'elle est humide, trois mètres de puissance environ. Elle est divisée en lames de quelques centimètres d'épaisseur qui produisent une sorte de stratification qu'on voit souvent dans les argiles glaciaires ; c) au-dessous se trouve encore une argile sablonneuse très-dure lorsqu'elle est sèche, mauvaise pour la fabrication de la brique. Cependant elle est employée en la mélangeant avec les autres argiles. Quoique j'aie indiqué un certain ordre de superposition, il n'est pas toujours très-régulier. Dans ces trois

espèces de terre on trouve des cailloux polis et striés et souvent de petites tubulures en concrétions.

14) Le terrain glaciaire s'étend jusqu'à la gare de Balerna. On le voit entre la cour de la gare et la route qui y descend. Au tournant de celle-ci ce terrain disparaît sous une haute colline d'alluvion post-glaciaire n° 15.

15) Colline de gravier post-glaciaire en couches légèrement relevées du côté d'aval.

16) Auberge située sur le terrain glaciaire.

17) Colline de Puntegana, du côté du chemin de fer: elle est formée de gravier et de sable post-glaciaires en couches inclinées du côté d'aval; du côté opposé à celui du chemin de fer les graviers sont formés par place de très gros cailloux qui n'ont pu être amenés que par un torrent ayant une certaine puissance; ils reposent sur les marnes bleues solides à fossiles marins pliocènes qui se voient au bord d'un canal. (*Stoppani*, Corso di geologia, II, 548.)

18) En aval de la colline de Puntegana on chemine sur le chemin de fer en remblai jusqu'à Chiasso.

Dans la discussion qui s'est élevée au sujet de l'association des fossiles pliocènes au terrain glaciaire du revers méridional des Alpes on a encore signalé un endroit important à visiter. C'est un monticule qu'on avait d'abord désigné sous le nom du village de Bernate, mais qui est à Cassina Rizzardi. Il est situé sur la propriété du comte Porro à côté du village de Fino, à 8 kilomètres au S.-O. environ de Côme. En y allant de la station de Camerlata, on voit une terrasse de gravier dans laquelle on avait ouvert, au mois de septembre dernier, une carrière de sable et de gravier un peu avant une fabrique de gypse.

La partie inférieure de cette carrière est composée de couches de sable très régulièrement et fortement inclinées contre la plaine lombarde. A la partie supérieure se trouvent des couches de gravier horizontales de peu d'épaisseur reposant sur les têtes des couches inclinées. Ni dans les unes ni dans les autres je n'ai vu de fossiles. On sait que cette structure est prise par les sables et les graviers charriés par un cours d'eau lorsqu'ils se jettent dans un bassin de quelque profondeur <sup>1</sup> et que la ligne presque horizontale qui sépare des couches inclinées la partie inférieure des couches supérieures indique l'ancien niveau des eaux du bassin dans lequel se jetait le cours d'eau. Cette structure se trouve fréquemment dans les terrasses d'alluvion post-glaciaire, elle en est presque caractéristique, en sorte que les sables et graviers de la carrière dont je parle appartiennent sans aucun doute aux alluvions post-glaciaires. Cette terrasse, dont le bord est un talus rapide, était jadis plus étendue que maintenant, une partie a été emportée par un cours d'eau postérieur au dépôt du gravier et nous pouvons en conclure que cette région a été parcourue par des cours d'eau à divers moments de la période post-glaciaire.

Cette localité est à quatre ou cinq kilomètres à peu près au nord du monticule de Cassina Rizzardi. Celui-ci est composé de gravier et de sable sans argile, renfermant un très-grand nombre de fossiles pliocènes dont quelques-uns sont fort bien conservés. Tous les cailloux qui constituent le gravier sont bien réellement roulés, ils portent tous encore les traces des coups qu'ils ont reçus

<sup>1</sup> *Colladon*, Archives des Sciences physiques et naturelles, 1870, XXXIX, p. 37.

lorsqu'ils étaient ballottés dans les eaux courantes qui les ont charriés.

Les cailloux polis et striés du terrain glaciaire ne portent jamais de traces de coups, et à moins qu'on ne veuille confondre les *alluvions glaciaires* ou ce qu'on a appelé *terrain glaciaire remanié* avec le vrai terrain glaciaire, il est impossible de ranger les graviers du monticule de Cassina Rizzardi dans le terrain glaciaire.

De Charpentier nomme alluvion ou *alluvium glaciaire* des dépôts faits par un cours d'eau dans le voisinage immédiat d'un glacier, mais lorsque le glacier a disparu depuis longtemps, il les appelle *diluvium glaciaire*<sup>1</sup>. Ces dépôts peuvent évidemment contenir des cailloux striés; cependant ces cailloux doivent dans certains cas (s'ils ont été entraînés quelque temps par un torrent) avoir été plus ou moins roulés et porter des traces des coups qu'ils ont reçus.

Le nom de terrain *glaciaire remanié* est mauvais, parce qu'il n'est pas précis; en effet presque tous les terrains post-glaciaires appartiennent à cette classe et les rivières ou torrents actuels qui passent au pied de berges du terrain glaciaire reçoivent continuellement des éboulements de ce dernier. Ils en charrient les cailloux et les déposent sous forme d'alluvion moderne, en sorte que cette alluvion n'est aussi que du glaciaire remanié. Ce nom ne précise donc rien quant à l'âge du terrain auquel on l'applique.

Dans le monticule de Cassina Rizzardi nous n'avons pu trouver, après une recherche assez longue, qu'un seul

<sup>1</sup> Il faut absolument garder les noms qui y ont été introduits par les maîtres de la science, sous peine de ne plus savoir ce que les termes signifient. Voir De Charpentier, *Essais sur les glaciers*, p. 67.

caillou portant des traces de stries glaciaires, ce qui montre que cette espèce de cailloux y est rare. Il est entièrement couvert de coups et a complètement perdu son poli. Il n'y a donc aucun doute ; c'est un caillou glaciaire qui a été roulé, mais pas assez longtemps pour que la diminution de volume ait fait totalement disparaître les stries. Je présume que les cailloux striés qui ont été trouvés ici par les savants qui en ont parlé, sont dans le même état que celui que j'ai recueilli.

Le monticule de Cassina Rizzardi pourrait donc être classé dans le diluvium glaciaire de De Charpentier, si on pouvait affirmer que l'eau courante qui a déposé l'ensemble des cailloux de ce monticule qui sont *tous roulés*, ne les a pas arrachés à quelques berges du terrain glaciaire du voisinage, postérieurement à l'ancienne extension des glaciers, ce qui devrait alors faire classer le gravier qui les renferme dans le terrain post-glaciaire. On peut observer de nos jours encore la formation d'alluvions contenant à la fois des cailloux striés et des fossiles pliocènes. J'ai visité sur les bords de la Chiusella, non loin d'Ivrée en Piémont, les flancs de la colline des tourbières de San Giovanni, décrite par MM. Martins et Gastaldi<sup>1</sup>. On y voit un terrain glaciaire d'environ 20 mètres de puissance, avec cailloux polis et striés et blocs erratiques, reposer sur diverses couches de sable, de cailloux et d'argile à lignite, au-dessous desquelles se montre un sable pliocène rempli de coquilles marines. Le tout forme un escarpement au bord de la rivière, et, lorsqu'il se fait un éboulement, les cailloux striés s'associent aux fossiles pliocènes dans le talus du pied de la colline. Si la rivière

<sup>1</sup> *Bulletin de la Société géologique de France*, 1850, VII, 590. *Memorie per servire alla descrizione della carta geologica d'Italia*, I, 5.

l'atteint, elle en emporte une partie, les cailloux glaciaires se trouvent alors réunis dans les alluvions modernes aux coquilles pliocènes. Les glaciers actuels ne prennent aucune part à ces arrangements, étant éloignés d'environ trente kilomètres.

Par conséquent l'association des fossiles pliocènes et des cailloux ayant à leur surface quelques stries et un grand nombre de coups, ne démontre nullement que la présence d'un glacier a été contemporaine de l'existence des animaux pliocènes dans la localité où elle est observée.

Dès lors, on doit séparer complètement le moment où la mer faisait des dépôts pliocènes en Lombardie de celui où les glaciers s'avançaient dans ce pays et classer le gravier du monticule de Cassina Rizzardi dans le diluvium glaciaire ou plutôt dans les dépôts post-glaciaires qui occupent un espace considérable en Lombardie et dont nous avons observé de bons exemples entre Mendrisio et Chiasso.

Il est probable que ce monticule est un témoin d'une grande formation qui a été en partie dénudée comme celle de la terrasse voisine de la fabrique de gypse dont nous avons parlé.

La position géologique que nous assignons à ces graviers nous entraîne à considérer les coquilles pliocènes qui leur sont associées comme ayant été transportées. Il est vrai que quelques-unes d'entre elles sont fort bien conservées et ne semblent pas avoir été roulées.

Mais ces coquilles si bien conservées peuvent avoir été protégées en restant emballées pendant une certaine longueur de leur parcours dans la marne pliocène et être arrivées intactes presque sur place. M. Falsan vient de si-

gnaler un transport de coquilles fort singulier dans les environs de Lyon. On y trouve des fossiles miocènes dans les masses de gravier et de cailloux des alluvions anciennes ou glaciaires, et ils se rencontrent également dans les alluvions du Rhône des environs de cette ville. « Ces fossiles des alluvions anciennes, dit M. Falsan, ont été sans doute arrachés à des sables miocènes déposés à l'est de notre bassin et attaqués ensuite par les grands courants sous-glaciaires <sup>1</sup>. »

Au nord de Cassina Rizzardi il y a vraisemblablement des gisements pliocènes qu'on ne connaît pas parce qu'ils sont recouverts de terrain glaciaire ou post-glaciaire. Les travaux de chemin de fer de Mendrisio à Chiasso ont mis à découvert des terrains qui, avant eux, n'étaient pas connus et la colline de Puntegana est un exemple qui vient à l'appui de ce que je soutiens. En effet, on y voit un gisement de marne pliocène qui peut aisément échapper à l'observation tant il est restreint. Il est au niveau de la plaine et recouvert par une colline de terrain post-glaciaire. Il serait bien surprenant que ce terrain de transport dans lequel la présence de cailloux volumineux dénote une certaine violence dans le courant qui l'a formé, se fût déposé sans ronger, sans abaisser le niveau de la marne pliocène et sans en transporter les débris au loin. Puntegana n'est pas la seule localité où cette action se soit produite, elle a eu lieu vraisemblablement dans un grand nombre de localités du pied des Alpes, car le terrain pliocène paraît avoir formé une zone étendue au pied de celles-ci et les glaciers ont plus tard débouché dans la plaine par un grand nombre de vallées.

<sup>1</sup> Études sur la position stratigraphique des tufs de Meximieux, de Pérourges et de Montluel, p. 34. *Archives du Muséum de Lyon*, 1875.

Dans les environs de Cassina Rizzardi il y a, dit-on, des blocs erratiques, ce qui n'est point surprenant, car cette région a été envahie par les glaciers. On doit aussi y trouver de vraies moraines, mais je ne l'ai pas assez parcourue pour les voir, ni pour observer l'argile glaciaire. J'ai cependant trouvé celle-ci à l'endroit nommé Fornace, près de Senna. Elle y est parsemée de beaux cailloux polis et striés.

En résumé : 1° Je n'ai su trouver, entre Mendrisio et Chiasso, aucune association de fossiles pliocènes avec le vrai terrain glaciaire ; 2° Le monticule de Cassina Rizzardi n'a aucune ressemblance avec une moraine, il est formé d'une alluvion post-glaciaire et les fossiles qui s'y trouvent ont été amenés par le cours d'eau qui a charrié les cailloux roulés auxquels ils sont associés.

---

# LA FLORE CRÉTACÉE

## DES TERRITOIRES A L'OUEST DU MISSISSIPI

PAR

**M. Leo LESQUEREUX**

(Extrait d'une lettre à M. Marc Delafontaine <sup>1</sup>.)

---

Colombus (Ohio) le 17 novembre 1875.

..... M. Heer a décrit récemment, dans le troisième volume de la Flore arctique, les plantes fossiles de deux étages crétacés du Groënland et du Spitzberg. L'un, inférieur, probablement plus ancien que notre Dakota group n'a qu'une seule espèce de dicotylédonée sur 75 décrites; l'autre semble au contraire plus récente et sa flore est représentée pour une moitié par des dicotylédonées, dont trois seulement, les *Magnolia Capellini*, *M. alternans* et l'*Andromeda Parlatorii*, espèces répandues apparemment dans toute l'étendue du crétacé supérieur, sont communes à notre flore.

<sup>1</sup> Notre compatriote, M. Marc Delafontaine, un des collaborateurs les plus actifs des *Archives*, établi à Chicago, vient de nous envoyer une analyse de l'ouvrage de M. Lesquereux, dont M. P. de Lorient a rendu compte dans notre numéro de novembre dernier; nous ne pouvons, à notre grand regret, reproduire le travail de M. Delafontaine, sous peine de nous répéter, mais nous en extrayons du moins une lettre intéressante de M. Lesquereux qui y était intercalée.

*Réd.*

Les végétaux crétacés d'Europe sont jusqu'à présent peu connus. Ceux de Moletin et Quedlimburg ainsi que ceux de Nieders et du Hartz n'ont que fort peu d'analogies avec ceux du Nebraska. Notre flore est ainsi unique en tout, et par son isolement des types antérieurs connus, l'absence de relations avec les formes végétales que l'on peut supposer appartenir aux périodes géologiques contemporaines en Europe et plus encore par l'analogie qu'elle indique entre plusieurs types qui paraissent là comme primitifs et que nous trouvons reproduits dans la flore américaine de notre époque. L'origine de ces espèces, leurs affinités possibles, leur distribution dans les flores suivantes, les données qu'elles fournissent sur le climat de l'époque où elles vécurent, et bien d'autres questions encore se rattachent à l'étude de la flore du Dakota group, et lui donnent assez d'intérêt pour qu'il vaille la peine de l'étudier de mieux en mieux, à mesure que de nouveaux documents sont recueillis.

C'est un fait fort remarquable et qui s'expliquera peut-être plus tard, que les groupements de certaines formes identiques ou analogues dans des localités (aires) de fort peu d'étendue. Les premiers échantillons qui m'ont été remis proviennent tous du Nebraska. Ils représentent, sur plusieurs centaines, les genres *Fagus*, *Salix*, *Liriodendron*, *Anisophyllum*, avec le *Platanus obtusifolia* et le *Juglans Debeyana*, et c'est à peu près tout; un seul échantillon appartient au *Sassafras cretaceum*. J'ai pu faire les observations sur place, et j'ai trouvé, dans chaque localité, des échantillons représentant des types différents. Le Kansas a fourni les grandes feuilles des *Araliopsis*, *Protophyllum*, etc., en formes très diverses, également distribuées localement. J'ai mentionné ce fait

déjà dans la monographie et en ai déduit une raison, pour ne pas dire une excuse, de la multiplicité des formes décrites comme spécifiques, qui semble poussée à l'extrême. Ce fait explique comment chaque nouvel envoi d'échantillons que je reçois contient du nouveau, pourvu qu'il provienne de localités non encore explorées. Ce sont ces types nouveaux qu'il me semble important de décrire tout d'abord, parce que plusieurs d'entre eux, par des points de transition à d'autres connus déjà, me forcent à changer mes vues sur leurs affinités et à modifier mes premières conclusions.

Au premier coup d'œil, la flore du Dakota group frappe par un air de bonne vieille connaissance, je dirais presque comme la figure d'un vieil ami. Elle nous offre tout d'abord comme groupes bien caractérisés les Hêtres, Platanes, Saules, Tulipiers, Magnolia, arbres que bien nous connaissons et que chacun aime. Mais, quand on en vient à étudier les détails de plus près, ces formes qui semblent si connues s'effacent graduellement, passant par des transitions presque inappréciables à des types auxquels nous ne connaissons plus rien. Prenons les Sassafras, par exemple : les premiers que l'on a trouvés ont été des Sassafras pour tous les paléontologistes ; mais récemment il nous est venu des échantillons de cette division générique possédant des feuilles à lobes dentés, ce qui les éloigne des Laurinées. La subdivision d'une, ou des deux nervures latérales, donne à d'autres feuilles du même type le caractère des Aralia. Et voici que l'on m'envoie du Kansas, comme Sassafras, de magnifiques échantillons représentant en effet des espèces de ce genre par la division trilobée et la nervation, mais s'en éloignant absolument par de larges oreillettes basilaires tra-

versées au milieu par le pétiole. En voilà d'autres encore dont les lobes marqués à peine par une pointe aiguë se rapprochent des Cissites. Ces métamorphoses, qui seront décrites au long plus tard, vous expliqueront du reste combien nous sommes encore loin de connaître définitivement les vrais caractères de la flore du Nebraska, et comment il se fait que je sois déjà forcé de modifier la distribution des genres et des espèces. Voici quelques-uns des changements à faire : Les feuilles décrites comme fougères représentent, du moins par l'aréolation des feuilles, une *Lomatia* (Proteineis). Le *Liquidambar* sera, je le crains, réduit au rôle de représentant de quelque *Sterculia*; du moins j'ai un grand échantillon, dont la division est à sept lobes courts, fort différents de ceux de notre *Liquidambar*. Les *Populites* sont forcément, par leurs nervures touchant aux bords, rapprochés sous un autre nom d'une division des Ampélidées; le genre *Ampelophyllum* sera ainsi substitué au genre *Populites*. Les *Myrica*, *Platanus*, *Quercus* (*Dryophyllum*), *Laurus*, *Magnolia*, *Lyriodendron*, *Andromeda*, *Ficus*, *Diospyros*, *Aristolochia*, resteront tels quels, ainsi que les *Menispermites*. Mais à peine pourrons-nous conserver une espèce de *Sassafras*; par contre, le genre *Aralia* sera enrichi d'une bonne part de ses débris, et plus encore d'un bon nombre d'espèces nouvelles récemment découvertes. Les genres *Hedera*, *Ilex*, *Hamamelites*, *Cissites*, ont reçu de nouvelles additions.....

LEO LESQUEREUX.

---

## SECONDE NOTICE

SUR LES .

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES

SUR LA CÔTE DU LABRADOR

PAR DES MISSIONNAIRES MORAVES

Lue à la séance de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève  
du 7 octobre 1875

PAR

**M. le professeur GAUTIER**

---

MESSIEURS,

J'ai eu l'honneur d'entretenir déjà, de temps en temps, notre Société sur les observations météorologiques effectuées par des missionnaires Moraves sur la côte du Labrador, observations qu'ils veulent bien m'envoyer depuis quelques années, en retour des thermomètres de M. Maurer, mécanicien de notre observatoire, que je leur ai fait expédier par le vaisseau l'*Harmonie*, grâce à l'obligeance de M. J.-L. Micheli.

J'ai publié une première Notice sur ces observations dans le cahier de juin 1870 de nos *Archives*. Je les ai comparées à celles faites antérieurement dans la même région, ainsi qu'à celles de quelques autres stations d'Europe et d'Amérique. Je viens vous présenter aujourd'hui les résultats des observations que j'ai reçues dès lors, et qui comprennent environ cinq années pour la station

d'*Hoffenthal*, une pour celle d'*Hébron*, une pour celle de *Zoar*, et deux pour une nouvelle station, plus boréale, établie à *Rama*.

Voici d'abord les tableaux contenant, pour chacune de ces stations, les moyennes thermométriques mensuelles et annuelles des observations, ainsi que les amplitudes moyennes diurnes de la température, ses *maxima* et *minima* mensuels absolus et leurs dates. L'échelle de Celsius, ou Centigrade, y a été constamment adoptée.

Ces tableaux seront successivement placés dans le compte rendu relatif à chaque station.

Le vaisseau l'*Harmonie*, faisant annuellement le trajet de Londres à la côte du Labrador, et repartant de cette côte vers le mois d'août, c'est en général de ce mois-là que part chaque année la série d'observations, et que j'en ai calculé dans les tableaux les moyennes annuelles.

Mais, pour pouvoir les comparer à celles obtenues à la même époque sur d'autres points du globe, il n'est pas inutile de calculer aussi les moyennes des années comptées à partir du mois de décembre ; et je l'ai fait pour la station d'*Hoffenthal*, qui est celle pour laquelle j'ai eu le plus d'observations, en reprenant quelques mois de celles publiées dans ma première Notice.

#### *Station d'Hopedale ou d'Hoffenthal.*

Cette station est située à la latitude boréale de  $55^{\circ}35'$ , un peu moindre que celle d'Édimbourg.

## STATION D'HOFFENTHAL (latitude nord 55°35').

(Thermomètre Centigradé.)

	Moyennes mensuelles de 3 observ. par jour	Amplitude thermométr. diurne moyenne mensuelle	Minimum mensuel à bsolu, et sa date (entre parenthèses)	Maximum mensuel absolu, et sa date
1869				
Août	+ 9,1	1,9	+ 5 (15)	+16 (19,25)
Septembre	+ 7,6	2,7	0 (22)	+16 (3)
Octobre	+ 3,3	3,1	- 8 (31)	+13 (15)
Novembre	- 4,2	1,4	-19 (30)	+ 4 (7)
Décembre	-13,4	2,0	-26 (25,27)	- 2 (11)
1870				
Janvier	-22,2	3,8	-36 (13)	- 2 (4)
Février	-15,7	2,8	-38 (3)	0 (23,26,28)
Mars	-10,6	4,2	-25 (4,5)	+ 4 (31)
Avril	- 3,4	3,9	-18 (15,16)	+ 8 (21)
Mai	+ 0,8	4,1	- 8 (4,5)	+20 (31)
Juin	+ 5,5	3,6	0 (13)	+18 (25)
Juillet	+ 8,8	5,3	+ 2 (1,2,8,28)	+25 (4)
Moy. ann.	- 2,9	3,2		
1870				
Août (1-20)	+ 9,0	5,4	+ 2,5 (9)	+20 (18,20)
Septembre	+ 5,1	3,1	- 4,0 (28)	+20 (21)
Octobre	- 1,1	3,2	-11,0 (28)	+10 (12)
Novembre	- 3,9	3,1	-17,0 (25)	+ 6 (4)
Décembre	-11,4	4,3	-32,0 (30)	+ 0,5 (19)
1871				
Janvier	-24,0	4,7	-35 (24)	- 7 (11)
Février	-15,9	7,2	-32 (21)	+ 9,5 (18)
Mars	-11,9	6,4	-28,2 (1)	+ 5 (13)
Avril	- 4,9	5,4	-29 (9)	+ 5 (27,28)
Mai	+ 0,1	4,4	- 6 (25)	+ 8,3 (5)
Juin	+ 5,3	4,7	-1,2 (1)	+16,8 (15)
Juillet	+12,1	5,0	+2,9 (11)	+30 (26)
Moy. ann.	- 3,5	4,7		
1871				
Août	+12,3	5,1	+ 5 (21,22)	+25 (12,16)
Septembre	+ 6,4	2,9	+ 1 (29,30)	+15 (1,2)
Octobre	+ 0,1	3,1	- 8 (30)	+10 (1,2)
Novembre	- 2,1	3,5	-19 (24)	+ 2 (11,29)
Décembre	-18,7	4,6	-36 (29)	- 1 (1,5)

## STATION D'HOFFENTHAL (Suite).

	Moyennes mensuelles de 3 observ. par jour,	Amplitudes thermométr. diurnes moyenne mensuelle.	Minimum mensuel absolu, et sa date (entre parenthèses)	Maximum mensuel absolu, et sa date
1872				
Janvier	— 16,4	6,0	— 29 (2)	0 (25)
Février	— 15,1	6,3	— 28 (4, 24)	+ 1 (27)
Mars	— 12,1	6,4	— 32 (12)	+ 2 (28)
Avril	— 0,1	4,5	— 17 (6)	+ 8 (8)
Mai	+ 4,5	4,0	— 7 (10)	+ 9 (24)
Juin	+ 6,6	5,1	— 1 (2)	+ 20 (21, 26, 29)
Juillet	+ 9,6	4,6	+ 5 (1, 28, 31)	+ 25 (9)
Moy. ann.	— 2,5	4,7		
1872				
Août	+ 10,4	5,3	+ 5 (1, 3)	+ 21 (17)
Septembre	+ 7,5	3,4	+ 2 (17)	+ 17 (12)
Octobre	+ 3,2	2,4	— 3 (22, 28, 29)	+ 9 (15)
Novembre	— 4,2	2,8	— 18 (21)	+ 4 (9)
Décembre	— 16,0	4,7	— 30 (20, 21)	— 2 (10, 29)
1873				
Janvier	— 20,7	5,4	— 32 (30)	— 4 (7)
Février	— 17,1	6,0	— 39 (2)	0 (21, 23, 24)
Mars	— 15,0	5,7	— 25 (4, 12)	— 1 (18)
Avril	— 4,2	5,5	— 16 (14)	+ 6 (30)
Mai	+ 0,7	5,0	— 11 (4)	+ 11 (20)
Juin	+ 6,8	6,6	— 1 (3)	+ 24 (26)
Juillet	+ 9,3	5,2	+ 2 (10)	+ 24 (3)
Moy. ann.	— 3,28	4,8		
1873				
Août	+ 12,4	5,8	+ 5 (24)	+ 23 (22)
Septembre	+ 5,8	3,4	+ 0,9 (21)	+ 12,7 (9)
Octobre	+ 2,2	3,3	— 7,0 (30)	+ 15,0 (12)
Novembre	— 7,0	3,3	— 19,6 (23)	+ 3,0 (19)
Décembre	— 17,9	5,0	— 30,1 (26)	— 7,0 (5)
1874				
Janvier	— 18,5	4,5	— 36 (28)	— 1 (22)
Février	— 17,5	5,1	— 33 (1, 28)	— 3 (14, 20)
Mars	— 12,0	5,0	— 35 (1)	+ 2 (8)
Avril	— 8,8	5,4	— 26 (1)	+ 3 (14)
Mai	+ 0,3	5,1	— 11 (6)	+ 9,5 (26)
Juin	+ 4,6	6,0	— 5 (9)	+ 19 (21, 22)
Juillet	+ 12,0	5,2	0 (6)	+ 22,5 (12)
Moy. ann.	— 3,56	4,8		

Les moyennes annuelles de la température en degrés centigrades à Hoffenthal, résultant de 3 observations diurnes, faites à midi et à 7 heures du matin et du soir, sont les suivantes :

de décembre 1868 à novembre 1869.....	—3°,03
» 1869 » 1870.....	—3°,42
» 1870 » 1871.....	—2°,83
» 1871 » 1872.....	—2°,32
» 1872 » 1873.....	—3°,50

La moyenne de ces 5 ans est de —3°,03

La température moyenne annuelle d'Édimbourg étant de +8°,4, d'après M. Kæmtz, on voit l'énorme différence existant sous ce rapport entre ces deux stations, l'une située sur la côte orientale d'Amérique, et l'autre près du bord occidental de la côte du nord de l'Europe.

La moyenne des saisons à Hoffenthal, déduite de l'ensemble des observations, à partir de la période de 1867, est la suivante :

Hiver	Printemps	Été	Automne
—18°,0	—5°,5	+9°,0	+1°,25

Les deux premières, comme on le voit, sont très-froides, tandis que les deux autres sont douces comparativement. La moyenne annuelle générale qui s'en déduit est de —3°,31. Elle diffère un peu de la précédente, parce qu'on y a tenu compte de 7 hivers, de 7 printemps et de 6 étés, et que l'hiver de 1867 à 1868 a été très-froid à Hoffenthal.

La moyenne annuelle à l'Hospice du grand St-Bernard, à la hauteur de 2478 mètres au-dessus du niveau de la mer, est seulement de —1°,21, d'après les observations faites de 1864 à 1873. L'hiver et le printemps y sont beaucoup moins froids, mais l'été et l'automne y sont notablement moins chauds.

A Hoffenthal, d'après le tableau mensuel rapporté ci-dessus, la température s'abaisse généralement en hiver à son *maximum* entre 26 et 36 degrés centigrades au-dessous du point de congélation; elle est descendue à  $-38^{\circ}$  le 3 février 1870 et à  $-39^{\circ}$  le 2 février 1873. Les mois de mars, avril et mai sont encore très-froids, et le thermomètre s'est abaissé jusqu'à  $-35^{\circ}$  le 1<sup>er</sup> mars 1874. La chaleur commence à revenir en juin, et elle est à son *maximum* en juillet et août. Il n'y a alors plus de gelée, et le thermomètre s'élève jusqu'à 25 et même 30 degrés, qu'il a atteints le 26 juillet 1871. Le mois de septembre est encore très-doux et il y gèle rarement; octobre est intermédiaire entre le chaud et le froid, mais c'est en novembre que la température commence à s'abaisser fortement. On voit donc qu'à Hoffenthal il y a 5 à 6 mois de grands froids, de novembre à avril inclusive-ment; environ 4 mois de température assez douce et quelquefois très-chaude, de juin à septembre, et 2 mois, mai et octobre, intermédiaires.

La variation de la température pendant la journée, telle qu'elle résulte des 5 années d'observations, s'élève en moyenne à  $4^{\circ},45$ . Son *maximum* mensuel a été de  $6^{\circ},6$  en juin 1873 et son *minimum* de  $1^{\circ},4$  en novembre 1869.

Mais il y a eu fréquemment de beaucoup plus grandes variations diurnes, et elles se sont quelquefois élevées de 15 à 22 degrés. La plus forte notée a été de  $22^{\circ},8$  et a eu lieu le 11 octobre 1871, où le thermomètre, qui n'était qu'à  $-4^{\circ},2$ , à 7 heures du matin, par un vent de sud-est faible et un ciel couvert, est descendu, à 7 heures du soir, jusqu'à  $-27^{\circ}$ , par un vent de sud-ouest fort et un temps clair.

Les respectables missionnaires, au dévouement scientifique desquels j'ai dû toutes ces observations, et dont la modestie est telle que je sais à peine leur nom, y ont bien noté aussi soit les hauteurs de la colonne barométrique, soit la direction du vent; mais je n'en ai pas tenu compte en ce qui concerne le vent, à cause de la grande variabilité de sa direction, qui aurait fort compliqué le calcul des moyennes. Quant au baromètre observé, ses variations m'ont, en revanche, paru si faibles qu'elles m'ont fait craindre que l'instrument ne fut pas bien purgé d'air.

Je le crains d'autant plus qu'on m'a fait observer que les variations de la colonne barométrique étaient très-considérables à Halifax, dans la nouvelle Écosse, région assez voisine du Labrador. Cependant, comme le baromètre de Hoffenthal présente une hauteur moyenne de la colonne de mercure, qui paraît bien en rapport avec celle qu'elle doit avoir en cette station, il serait à désirer que cet instrument pût être contrôlé de quelque manière pour bien constater son état.

Les observateurs à Hoffenthal, ayant soigneusement noté l'état du ciel, ainsi que les jours de pluie, de neige et d'aurores boréales, à partir d'août 1869 jusqu'à juillet 1873, j'en ai déduit pour ces 4 années, comptées d'août à juillet, les moyennes mensuelles et annuelles, et en voici le résultat pour chacune de ces années :

(De 1869 à 1870 on a réuni pour le mois d'août les observations du 11 au 31 de 1869 à celles du 1<sup>er</sup> au 20 de 1870. En 1872 on n'a eu que celles du 1<sup>er</sup> au 21 juillet. La rubrique temps nébuleux comprend un temps à moitié clair.)

	Nombre de jours					
	couverts	nébuleux	clairs	pluvieux	neigeux	à aurores boréales
de 1869 à 1870	139	117	119	61	48	56
1870 à 1871	135	128	103	58	102	48
1871 à 1872	149	92	124	58	78	90
1872 à 1873	135	90	129	71	79	36
Moyenne des 4 années	139	107	119	62	77	58

Le nombre des jours clairs a été en moyenne de 40 en hiver et seulement de 24  $\frac{1}{2}$  en été. Janvier est le seul mois où il ne soit tombé que de la neige, et juillet le seul où il n'y en ait point eu. On a compté à double les jours où il y a eu à la fois pluie et neige. Il n'y a eu, dans les 4 années, qu'une seule aurore boréale notée en mai et en juillet, et il n'y en a point eu de notées en juin et en août. C'est en janvier et février qu'on en a observé le plus.

On doit remarquer le nombre considérable d'aurores boréales à Hoffenthal dans les trois premières années où elles ont été notées, savoir 56 dans la première, 48 dans la seconde et 90 dans la troisième. Les trois premiers mois de 1872 sont ceux où il y en a eu le plus, 13 en janvier, 17 en février et 16 en mars. Dès lors le nombre en a fort diminué. Or, M. le professeur Rodolphe Wolf, de Zurich, a fixé, dans le n° 33 de ses *Astronomische Mittheilungen*, p. 83, l'époque de 1870,7 pour celle du dernier *maximum* de la période de onze ans des taches du soleil; et s'il n'y a pas complète coïncidence, il y a du moins grande proximité entre les marches de ces deux phénomènes qui paraissent si divers.

#### *Station de Zoar.*

En nous dirigeant vers le nord, sur le bord de l'Océan atlantique, depuis Hoffenthal, nous rencontrons d'abord la station Morave de Zoar, assez voisine de celle qui vient

de nous occuper, et dont le climat paraît à peu près le même. Je n'en possède qu'une seule année d'observations thermométriques, faites trois fois par jour, année comprise entre les mois de septembre 1870 et août 1871.

En voici le tableau :

STATION DE ZOAR (latitude nord d'environ 56°).

(Thermomètre Centigrade.)

	Moyennes mensuelles de 3 observ. par jour	Amplitudes thermométr. diurnes moyennes	Minimum mensuel absolu, et sa date (entre parenthèses)	Maximum mensuel absolu, et sa date (entre parenthèses)
1870	°	°	°	°
Septembre	+ 5,5	3,6	— 2 (29)	+ 20,5 (21)
Octobre	— 0,1	4,6	— 10,8 (28)	+ 15,0 (12)
Novembre	— 4,0	3,4	— 18,5 (25)	+ 8,2 (4)
Décembre	— 11,0	1,4	— 30,5 (29)	+ 1,6 (20)
1871				
Janvier	— 23,9	3,1	— 33,5 (24)	— 8,0 (11)
Février	— 15,2	3,2	— 30,1 (1)	— 2,7 (26)
Mars	— 11,4	4,1	— 26,7 (2)	+ 1,0 (12)
Avril	— 3,2	5,4	— 22,4 (2)	+ 9,5 (28)
Mai	+ 1,6	4,3	— 4,0 (12)	+ 9,0 (16)
Juin	+ 6,5	4,5	0,0 (1,8)	+ 17,7 (25)
Juillet	+ 13,9	6,5	+ 6,2 (8)	+ 31,0 (30)
Août	+ 14,0	6,5	+ 6,0 (8)	+ 29,0 (12)
Moy. ann.	— 2,26	4,2		

La température moyenne annuelle qui en résulte, est de  $-2^{\circ},26$ ; les extrêmes de cette même année y ont été :

de  $-33^{\circ},5$  le 24 janvier 1871  
et de  $+31^{\circ},0$  le 30 juillet.

Les températures moyennes des 4 saisons sont respectivement :

pour l'hiver	le printemps	l'été	l'automne
$-16^{\circ},68$	$-4^{\circ},31$	$+11^{\circ},46$	$+0^{\circ},48$

L'amplitude thermométrique diurne moyenne mensuelle est de  $4^{\circ},2$ ; son *minimum* mensuel moyen est de  $1^{\circ},4$  en décembre, et son *maximum* de  $6^{\circ},5$  en juillet et août.

*Station d'Hébron.*

Cette station est une des plus anciennes et des plus boréales de la côte du Labrador ; j'ai rapporté, dans ma Notice de 1870, d'abord le résultat d'une année d'observations thermométriques qui y ont été faites de 1841 à 1842, et ensuite ceux déduits d'observations plus récentes faites deux fois par jour, à 7 heures du matin et à 2 heures après midi, de 1867 à 1869, par le missionnaire F. Erdmann. J'ai reçu encore dès lors une année d'observations du même genre, comprises entre les mois de septembre 1869 et d'août 1870. En voici le tableau :

## STATION D'HÉBRON (latitude nord 58°20').

*(Thermomètre Centigrade.)*

	Moyennes mensuelles à 7 h. à 2 h. des 2 h.			Amplit. moy.	Minim. mensuel absolu	Maximum mensuel absolu
	du matin apr. midi d'observat. diurnes			(et leurs dates)	(entre parenthèses)	
1869						
Septembre	+ 5,5	+ 8,8	+ 7,2	3,3	0 (22,25)	+22 (3)
Octobre	+ 1,1	+ 4,3	+ 2,7	3,2	- 6,5 (31)	+12 (12)
Novembre	- 5,2	- 3,7	- 4,4	1,5	-18,0 (30)	+ 5,8 (5)
Décembre	-13,4	-13,0	-13,2	0,4	-26,0 (25)	- 3,0 (18)
1870						
Janvier	-22,7	-20,4	-21,6	2,3	-31,2 (24)	- 6,0 (4)
Février	-17,5	-13,6	-15,5	3,9	-31,0 (2)	+ 5,0 (28)
Mars	-14,6	- 8,4	-11,5	6,2	-28,6 (9)	+ 6,2 (30)
Avril	- 6,9	- 2,6	- 4,8	4,3	-20,5 (15)	+ 6,2 (11)
Mai	- 1,2	- 0,7	- 0,9	0,5	- 7,5 (3)	+ 7,5 (13,31)
Juin	+ 3,7	+ 5,5	+ 4,6	1,8	0,0 (5,13)	+12,5 (4,24)
Juillet	+ 6,8	+ 8,3	+ 7,5	1,5	+ 1,2 (8)	+18,9 (29)
Août	+ 5,6	+ 7,9	+ 6,7	2,3	+ 2,5 (7)	+16,9 (22)
Moy. ann.	- 4,9	- 2,3	- 3,6	2,6		

La température moyenne annuelle qui en résulte est de  $-3,6$  ; les extrêmes de l'année ont été :

de  $-31,2$  le 24 janvier 1870  
et de  $+22,0$  le 3 septembre 1869.

Les moyennes des 4 saisons sont respectivement :

pour l'hiver,	le printemps,	l'été,	l'automne.
—16°,7	—5°,73	+6°,27	+1°,83

L'amplitude moyenne diurne de température a été seulement de 2°,6; son *minimum* mensuel de 0°,4 en décembre et son *maximum* de 6°,4 en mars.

La moyenne annuelle de la température que j'avais déduite, dans ma première Notice, des observations faites à Hébron de 1867 à 1869, était de —4°,5; et celle des observations de 1841 à 1842 était de —5°,3: ce qui tend à prouver que l'année 1869 à 1870 y a été comparativement un peu moins froide. L'abaissement extrême du thermomètre y a été sensiblement moins fort qu'à Hoffenthal dans la même année; mais, comme il n'y a eu que deux observations par jour à Hébron, les résultats ne sont pas tout à fait comparables.

*Station nouvelle très-boréale de Rama.*

J'avais déjà annoncé dans ma première Notice qu'il était question d'établir, au nord d'Hébron, une sixième station Morave sur la côte du Labrador. Cette station, dont j'ignore la latitude exacte, mais qui doit être voisine du 60<sup>me</sup> parallèle, a reçu le nom de *Rama*.

Elle est située au fond d'une baie, à environ 30 lieues au nord d'Hébron, et elle est dirigée par le missionnaire Weiz, qui y est établi avec sa femme. M. Erdmann, après 38 ans de séjour au Labrador, est retourné en Allemagne et y est mort. M. Ribbach a occupé la station d'Hoffenthal.

Une première année d'observations thermométriques, faites 3 fois par jour de juillet 1872 à juin 1873, m'est parvenue sans désignation précise du lieu de la station,

mais une note insérée dans le cours de l'année me fait voir qu'il s'agit bien de Rama. J'ai reçu, dès lors, une seconde année d'observations du même genre, faites à Rama, comprenant les mois d'août 1873 à juin 1874, et où manque juillet pour la compléter.

Voici le tableau des deux années :

STATION DE RAMA, située vers le 60° degré de latitude boréale.

(*Thermomètre Centigrade.*)

	Moyennes mensuelles de la Température			Amplitude thermométrique diurne moyenne mens.	Dates entre parenthèses	
	matin	midi	soir		Minima mensuels absolus	Maxima mensuels absolus
1872						
Juillet	+ 6,8	+11,5	+ 7,3	4,6	+ 4 (14-16)	+22 (18)
Août	+ 7,3	+13,4	+ 8,1	6,1	+ 2 (26)	+19 (7,31)
Septembre	+ 5,5	+ 9,4	+ 5,8	3,9	+ 1 (26)	+15 (11-12 16-18)
Octobre	- 0,5	+ 2,3	- 0,3	2,8	- 4,5 (7)	+ 5 (9-10)
Novembre	- 6,0	- 4,0	- 5,1	2,0	-13 (21,22)	+ 3 (9)
Décembre	-16,3	-15,9	-16,4	0,4	-30,2 (21)	- 6 (24)
1873						
Janvier	-21,1	-19,3	-20,4	1,8	-32 (29)	- 5 (10)
Février	-17,9	-15,2	-16,9	2,7	- 35 (3)	+ 3 (22)
Mars	-19,8	-13,2	-19,3	6,6	-29 (20)	- 2 (14,18)
Avril	- 8,2	+ 0,3	- 6,7	8,5	-20 (1)	+11 (15)
Mai	- 0,5	+ 5,2	+ 0,3	5,7	-11 (3)	+14 (20)
Juin	+ 3,4	+ 8,5	+ 3,4	5,1	-2,2(11,12)	+19 (15)
Moy. ann.	- 5,6	- 1,4	- 4,9	4,2		
<i>Moyenne des 3 observations -4° en 12 mois.</i>						
1873						
Août	+ 7,6	+12,7	+ 7,7	5,1	0 (29)	+24 (21)
Septembre	+ 2,1	+ 7,0	+ 3,0	4,9	- 3 (16)	+11 (2)
Octobre	- 0,4	+ 1,9	- 0,6	2,5	- 7,5 (17)	+ 7,5 (11)
Novembre	- 6,5	- 5,2	- 6,0	1,3	-15,0 (24)	+ 1,0 (11)
Décembre	-16,5	-16,2	-16,7	0,5	-25 (23)	- 9,0 (27)
1874						
Janvier	-17,8	-16,8	-17,1	1,0	-30,5 (28)	+ 3,5 (13)
Février	-18,2	-16,9	-18,0	1,3	-32 (28)	- 4 (8)
Mars	-15,7	-12,2	-14,3	3,5	-32 (1)	+ 6,5 (10)
Avril	-13,5	- 8,9	-11,5	4,6	-27 (9)	+ 2,5 (16)
Mai	- 1,3	+ 1,6	- 0,7	2,9	-14 (4)	+ 7 (25,26)
Juin	+ 2,1	+ 4,9	+ 2,4	2,8	- 7 (9)	+14 (21)
Moyenne	-7,11	-4,44	-6,54	2,67	des 11 mois.	
<i>Moyenne des 3 observations diurnes en 11 mois -6°,03.</i>						

Si, pour pouvoir un peu mieux comparer ces deux années, soit entre elles, soit avec celles relatives aux autres stations, on ajoute à la seconde les moyennes obtenues à Rama en juillet 1872, on obtient  $-5^{\circ},3$  pour moyenne annuelle de cette seconde année de Rama, tandis que celle de la première est de  $-4^{\circ}$ .

La moyenne des saisons a été la suivante, celle de l'été étant d'une seule année et les 3 autres de deux ans :

Hiver	Printemps	Été	Automne
$-17^{\circ},4$	$-6^{\circ},0$	$+7^{\circ},4$	$+0^{\circ},15$

ce qui constitue une moyenne annuelle de  $-5^{\circ},0$ .

Les extrêmes de température y ont été, dans la première année :

$-35^{\circ}$  le 3 février 1873  
et  $+22^{\circ}$  le 18 juillet 1872.

Dans la seconde année :

$-32^{\circ}$  le 28 février et le 1<sup>er</sup> mars 1874  
et  $+24^{\circ}$  le 21 août 1873.

L'amplitude diurne de la température a été en moyenne de  $4^{\circ},2$  dans la première année d'observations à Rama, et seulement de  $2^{\circ},8$  dans la seconde, de onze mois.

Sa valeur *minimum* a été de  $0^{\circ},3$  en décembre dans la première  
»       »       »        $0^{\circ},5$  en novembre       »       seconde.  
»       *maximum*       »        $8^{\circ},5$  en avril       »       première  
»       »       »        $5^{\circ},1$  en août       »       seconde.

Les vents, l'état du ciel, la pluie et la neige ont bien été notés à Zoar, Hébron et Rama, mais je n'en ai pas fait le relevé, vu le petit nombre des années d'observation, et je me suis borné à compter les annotations d'aurores boréales, qui ont été, en général, moins nombreu-

ses qu'à Hoffenthal, et n'ont pas toujours été observées et notées aux mêmes jours.

Vu l'intérêt qu'excite actuellement ce phénomène, il m'a paru convenable de joindre à ma Notice un tableau indicatif des jours où ces aurores ont été observées dans les 4 stations.

*Tableau des jours où l'on a observé des aurores boréales au Labrador, de 1869 à 1872.*

N-B. La lettre *b* indique de belles aurores.

STATION D'HOFFENTHAL.

1869. *Janvier* 1, 17. *Février* 3, 4, 6, 8, 10, 14. *Mars* 14, 29. *Avril* 6, 13, 15, 16. *Septembre* 2 *b*, 3, 9, 11. *Octobre* 4, 6, 25, 27, 29 *b*. 30 *b*. *Novembre* 1, 23, 24, 26. *Décembre* 3, 4, 13.
1870. *Janvier* 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 24, 25, 26, 29, 31. *Février* 5, 6, 7, 8. *Mars* 3, 4, 7, 18, 26, 27, 31. *Avril* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 18 *b*, 19, 20 *b*, 21, 25 *b*, 26. *Mai* 4, 5. *Août* 20. *Septembre* 2, 7 *b*, 11, 17, 18, 26. *Octobre* 1, 15, 22 *b*, 23, 25, 26 *b*, 27, 28. *Novembre* 8 *b*, 9, 17 *b*, 19 *b*, 21, 22 *b*, 23, 26. *Décembre* 26.
1871. *Janvier* 7 *b*, 20 *b*, 26 *b*, 27, 29. *Février* 8 *b*, 9 *b*, 11 *b*, 12 *b*, 14 *b*, 21, 22, 24, 28. *Mars* 16 *b*, 21 *b*. *Avril* 1, 9, 20. *Mai* 6. *Août* 2, 10, 25, 31. *Septembre* 3, 7, 8, 10, 12, 20, 29, 30. *Octobre* 8, 10, 11, 13, 18, 19, 24, 25, 26. *Novembre* 5, 8, 9 *b*, 11, 15, 18, 19, 20. *Décembre* 3, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 28, 29, 30.
1872. *Janvier* 3, 4, 5, 9, 10, 14, 15, 16, 20, 24, 27, 29, 30. *Février* 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 29. *Mars* 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 25. *Avril* 1, 5, 6. *Juillet* 18.

STATION DE ZOAR.

1870. *Septembre* 10, 19, 26. *Octobre* 1, 14, 22, 25, 27, 28. *Novembre* 15, 19, 22, 24, 29. *Décembre* 2, 28, 29.
1871. *Janvier* 3, 12, 19, 20, 28. *Février* 8, 14, 21, 23. *Mars* 7, 9, 16. *Avril* 11, 22. *Août* 12, 14, 15, 25.

STATION D'HÉBRON.

1869. *Octobre* 4, 5, 9, 12, 14, 20, 25, 29 *b*. *Novembre* 30. *Décembre* 2, 3, 4, 5, 6, 16, 22. — 1870. *Janvier* 1, 4, 8, 23.

1870. *Septembre* 24 b, 26. *Octobre* 1, 7, 12, 13, 14 b, 18, 19, 23, 26, 27, 28. *Novembre* 16, 17, 22, 24, 25, 28. *Décembre* 25, 26, 28, 29.
1871. *Janvier* 9, 20, 21 b, 25. *Février* 7, 21, 23. *Mars* 9, 16. *Avril* 14.

## STATION DE RAMA.

1872. *Juillet* 26 b, 30 b. *Août* 16 b, 30 b. *Octobre* 5 b, 7. *Novembre* 2, 24 b. *Décembre* 3, 19 b, 22 b, 30.
1873. *Janvier* 29 b. *Février* 18 b. *Mars* 19 b. *Avril* 16 b, 27 b. *Juillet* 17 b. *Août* 5, 25. *Décembre* 7 b.

NB. Quand il n'y a qu'une différence d'un jour entre des aurores boréales notées dans deux Stations, cela peut être une seule et même observée à des heures différentes, l'une avant, l'autre après minuit.

J'ai donné, dans ma première Notice, quelques indications sur la végétation qui peut supporter le rude climat du Labrador, et je n'ai pas de nouveaux renseignements à fournir sous ce rapport, si ce n'est que les pommes de terre peuvent s'y récolter, en général, vers la fin de septembre <sup>1</sup>.

Les observations météorologiques précédentes se raccordant bien entre elles, d'année en année et de station en station, me semblent dignes de confiance, et donner dans leur ensemble une juste idée du climat de la côte du Labrador ; mais je ne puis prétendre ici à une précision dans les résultats numériques qui aille jusqu'aux dixièmes de degré centigrade.

<sup>1</sup> M. le professeur de Candolle a bien voulu me prêter un ouvrage publié en latin à Leipsic, en 1830, par M. Ernest Meyer, sur les plantes du Labrador. L'auteur en énumère successivement 199 espèces, et entre dans de grands détails à ce sujet. Il parle plus brièvement de la nature du pays et du climat, et il ne se fonde, sous ce dernier rapport, que sur les observations faites par les missionnaires Moraves de 1778 à 1780, dont Latrobe communiqua les résultats à la Société royale de Londres, et dont j'ai rendu compte dans ma première Notice.

Un savant américain, M. Cleveland Abbe, m'a adressé, de Washington, le 27 mai dernier, une lettre où il me dit avoir acquis, il y a deux ans, d'un antiquaire, un volume manuscrit contenant l'ensemble d'observations météorologiques faites dans la même région de 1776 à 1784; et avant d'en publier des tableaux, il me prie de lui communiquer le résultat de mes recherches sur ce sujet.

Il a joint à sa lettre une courte Notice sur ces observations, publiée en août 1873 dans l'*American Journal of Science and Arts*. Elles ont été faites par Samuel Liebich et David Krügelstein, à Nain, de 1776 à 1784, et par Jans Haffen, de 1778 à 1782, à Okkak. M. Abbe a inséré dans sa Notice une liste de dates des aurores boréales observées alors dans ces deux stations.

Je lui ai envoyé ma première Notice, et j'ai lieu d'espérer qu'il résultera du concours de nos efforts une étude plus complète de ce climat.

La mort récente de notre excellent compatriote, M. J.-Louis Micheli, qui excitera de vifs regrets au Labrador, comme elle en a occasionné à Genève, diminuera peut-être chez nous l'activité des communications avec ces intéressantes missions Moraves.

Je me féliciterai d'autant plus d'avoir mis à profit, dans un âge très-avancé, quelques années où je jouissais, grâce à ce respectable ami, de toute facilité en ce genre, pour me procurer les observations qui ont fait l'objet de mon petit travail, et pour payer ainsi un juste tribut de gratitude aux dignes missionnaires qui ont bien voulu me les envoyer.

---

SUPPLÉMENT AU MÉMOIRE  
SUR LA  
THÉORIE DE L'AURORE BORÉALE

A PROPOS DE  
QUELQUES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS DANS DES TUBES DE GEISSLER

PAR  
M. SELIM LEMSTRÖM<sup>1</sup>  
Professeur agrégé à l'Université de Helsingfors.

Après avoir exposé que la surface de la terre et la portion de l'atmosphère qui est raréfiée à 5<sup>mm</sup> environ, forment un système de deux conducteurs dont l'un enveloppe l'autre; et après avoir montré que le conducteur d'air raréfié est beaucoup plus rapproché de la terre aux pôles qu'à l'équateur, nous avons appliqué à ces deux conducteurs les formules de Green et de Clausius pour la densité électrique à la surface (page 172),

$$h_1 = \frac{V_2 - V_1}{4 \pi C} \left[ 1 + C \left( \pm \frac{1}{R} \pm \frac{1}{R'} \right) \right] \quad (1)$$

$$\text{et } h_2 = \frac{V_1 - V_2}{4 \pi C} \left[ 1 + C \left( \mp \frac{1}{R} \mp \frac{1}{R'} \right) \right] \quad (2)$$

dans lesquelles C désigne la distance entre les deux conducteurs, R et R' les rayons de courbure de deux

<sup>1</sup> Voyez pour le mémoire en question *Archives*, 1875, tome LIV, p. 72 et p. 161.

sections rectangulaires des deux surfaces,  $V_1$  la valeur de la fonction potentielle sur le conducteur intérieur,  $V_2$  la valeur de la même fonction à la surface du conducteur extérieur,  $h_1$  et  $h_2$  la densité électrique à la surface des deux conducteurs. Les signes supérieurs seront employés lorsque, vus d'un point situé entre les deux surfaces, le conducteur intérieur est convexe et l'extérieur concave, les signes inférieurs lorsque c'est le contraire qui a lieu.

Puisqu'il ne s'agit ici que d'une valeur approximative, on peut omettre le second terme dans le membre droit des deux équations,  $R$  et  $R_1$  étant très-grands en comparaison de  $C$ . Les deux équations simplifiées de cette manière donnent alors :

$$\frac{h_p}{h_e} = 1,093$$

$h_p$  et  $h_e$  désignant la densité électrique de surface au pôle et à l'équateur. Pour la distance  $C$  qui sépare les deux conducteurs on l'a calculée au moyen de la formule barométrique, qui donne :

$$\begin{array}{ll} \text{au pôle} & C' = 34,253 \text{ kilomètres} \\ \text{et à l'équateur} & C = 37,428 \quad \text{»}' \end{array}$$

La densité électrique est donc environ 9% plus grande aux pôles qu'à l'équateur et cela sur chacun des deux conducteurs.

Ce premier point étant acquis, nous fîmes un calcul sur l'intensité que l'électricité possède au pôle et à l'équateur, pour vaincre la résistance de la couche d'air isolante qui sépare les deux conducteurs. Ce calcul n'étant pas assez clair, nous voudrions le développer un peu plus ici et le faire suivre de quelques remarques d'une certaine importance.

Figurons-nous à l'un des pôles de la terre, par exemple au pôle nord, deux éléments de surface, l'un sur la terre, l'autre sur le conducteur d'air, les quantités d'électricité sur ces deux éléments de surface correspondants, si  $h'_p$  et  $h''_p$  désignent les densités électriques sur les deux conducteurs, seront à la surface de la terre  $= h'_p y$ , sur le conducteur d'air  $= h''_p y$  et la force  $k$  en vertu de laquelle ces quantités s'attirent  $k = \frac{h'_p h''_p y^2}{C'^2}$ .

A l'équateur nous aurons, pour cette même force :

$$k_1 = \frac{h'_e h''_e y^2}{C^2}$$

où  $h'_e$  et  $h''_e$  désignent la densité électrique à la surface des deux conducteurs à l'équateur et  $C$  la distance qui les sépare. En prenant le rapport de ces deux forces on obtient :

$$\frac{k}{k_1} = \frac{h'_p h''_p C^2}{h'_e h''_e C'^2} = 1,42$$

où  $h'_p = h''_p = 1,093$ ,  $h'_e = h''_e = 1$ ,  $C = 37,428$  et  $C' = 34,253$ .

Deux quantités d'électricité *libres* répandues sur deux éléments de surface des deux conducteurs s'attirent donc mutuellement avec une force qui est au pôle 42 % plus grande qu'à l'équateur. Mais dans le système complet des deux conducteurs cette proportion devient un peu différente, lorsqu'ils se trouvent très-près l'un de l'autre. Figurons-nous deux surfaces planes et parallèles à la distance  $C$  l'une de l'autre, et chargées d'une quantité d'électricité qui est égale à  $h'_p$ , par unité de surface sur l'une et  $h''_p$  sur l'autre, nous pourrions déduire la fonc-

tion potentielle  $V$  pour l'une de ces surfaces de la formule

$$V = E h'_p \int \frac{dy}{r}$$

où  $E$  représente une constante dépendante de l'unité adoptée pour la mesure de la force,  $dy$  un élément de surface et  $r$  la distance qui sépare cet élément du point où l'effet se produit. En choisissant l'unité de la force de sorte que  $E = -1$  on aura

$$V = - h'_p \int \frac{dy}{r} \quad (5)$$

Pour faire tout de suite une application au cas qui nous occupe ici, nous prendrons comme origine le pôle nord de la terre et, pour plus de simplicité, nous nous figurerons la surface située autour de lui, de forme circulaire avec le pôle comme centre. Le point où l'action se produit est supposé sur la normale à la surface menée par l'origine, c'est-à-dire sur l'axe des  $z$  du système de coordonnées dont le plan des  $xy$  coïncide avec la surface considérée. Si nous appelons  $R_1$  le rayon de cette surface circulaire, nous aurons :

$$dy = 2 \pi R dR$$

où  $R$  peut varier de  $0$  à  $R_1$ ;  $r$  dont la moindre valeur est  $C$  et la plus grande  $\sqrt{R_1^2 + C^2}$ , a comme expression générale :

$$r = \sqrt{R^2 + C^2}$$

En mettant ces valeurs dans l'équation (5) on obtient

$$V = - 2 \pi h'_p \int_0^{R_1} \frac{R dR}{\sqrt{R^2 + C^2}}$$

Si l'on fait l'intégration on a

$$V = 2 \pi h'_p (C - \sqrt{R_1^2 + C^2})$$

De cette équation on déduit la composante de la force dans la direction de l'axe des  $z$ , c'est-à-dire dans la direction de la plus courte distance entre les deux surfaces.

$$\frac{dV}{dC} = 2 \pi h'_p \left( 1 - \frac{C}{\sqrt{R_1^2 + C^2}} \right) \quad (6)$$

Si l'on prend  $R_1$  suffisamment grand pour que  $C$  puisse être regardé comme infiniment petit par rapport à lui, le dernier terme du second membre de l'équation (6) s'anule. Ce terme désigne du reste le cosinus de l'angle  $\beta$  que la normale à la surface fait avec  $r$  en un point quelconque de la périphérie du cercle de rayon  $R_1$ ; plus  $R_1$  est grand plus  $\beta$  s'approche de  $90^\circ$  et ainsi  $\cos \beta = 0$ . Nous pouvons donc admettre comme valeur de la composante de la force dans la direction  $C$

$$\frac{dV}{dC} = 2 \pi h'_p$$

Cette force est supposée agir à la distance  $C$  sur une surface présentant une densité égale à l'unité électrique; mais si à cette distance la densité électrique est  $h''_p$ , la force devient évidemment :

$$h'_p \frac{dV}{dC} = 2 \pi h'_p h''_p = k$$

Un raisonnement semblable, fait avec l'autre surface comme point de départ, donne le même résultat.

D'après ce qui précède nous aurons pour la force  $k_1$  à l'équateur en conservant les mêmes notations

$$k_1 = 2 \pi h'_e h''_e$$

Le rapport de ces deux forces est donc :

$$\frac{k}{k_1} = \frac{2 \pi h'_p h''_p}{2 \pi h'_e h''_e} = 1,19$$

Ce qui donne 19 % de plus aux pôles qu'à l'équateur.

En considérant tout le système on peut déterminer la fonction potentielle entre deux points quelconques très-rapprochés des deux conducteurs.

$$V = 4 \pi h'_{p} C$$

Cette valeur de la fonction potentielle se déduit du raisonnement suivant<sup>1</sup> : Considérons une surface courbe dont la densité électrique est variable, sa fonction potentielle sera  $V$  pour un point infiniment rapproché. Tout autour du pied de la normale, menée par ce point à la surface, à une distance très-petite, mais pourtant limitée, la densité électrique  $h$  peut être considérée comme constante, de telle sorte qu'on aura

$$\frac{dV}{dn} = 4 \pi h$$

la force, agissant sur une unité électrique, est proportionnelle à la densité électrique à la surface.

Ce résultat découle aussi des équations 3 et 4. Car si dans l'équation 3 on multiplie les deux membres par  $4 \pi$  on obtient

$$4 \pi h' = \frac{V_2 - V_1}{C}$$

mais  $\frac{V_2 - V_1}{C}$  est précisément la valeur que prend  $\frac{dV}{dn}$  lorsque  $dn$  reçoit la valeur  $C$ .

Par conséquent nous trouvons pour la force avec laquelle les deux électricités tendent à traverser la couche isolante

$$\begin{aligned} \text{au pôle} \quad k &= 4 \pi h'_{p} h''_{p} \\ \text{à l'équateur} \quad k_1 &= 4 \pi h'_{e} h''_{e} \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Cette proposition est démontrée par Clausius dans : « *Die Potentialfunctionen und das Potential*, » Leipzig, 1867, § 28 à 33, p. 64 et suivantes.

d'où l'on déduit la proportion :

$$\frac{k}{k_1} = 1,19$$

si l'on introduit les valeurs données plus haut.

Le même raisonnement peut aussi s'appliquer au cas où deux surfaces parallèles, d'une étendue considérable, sont très-rapprochées l'une de l'autre, séparées seulement par la distance très-petite  $C$ .

La valeur du rapport des forces au pôle et à l'équateur, telle qu'elle résulte de ce double calcul, peut en toute rigueur être considérée comme très-approximativement exacte ; elle représenterait bien en réalité cette proportion, si toutes les conditions sur lesquelles se fondent nos raisonnements étaient remplies ; mais cela n'est pas tout à fait le cas comme nous allons le montrer plus bas.

Des raisonnements que nous venons de développer, il résulte avec une grande probabilité que la densité électrique de surface est environ 19 % plus grande aux pôles de la terre qu'à l'équateur et cela sur les deux conducteurs considérés comme des surfaces bonnes conductrices. Or, selon nous, c'est précisément dans cette circonstance qu'il faut chercher, la cause principale de la plus grande quantité d'électricité qui se manifeste au pôle, ainsi que des phénomènes électriques sous forme de décharges lentes, produisant l'aurore boréale.

Pour apprécier les résultats auxquels nous venons d'arriver, il ne faut pas oublier que les formules ci-dessus supposent que les surfaces des deux conducteurs sont bien égales, et constituent des conducteurs parfaits. Aucune de ces deux conditions n'est entièrement remplie

dans le cas qui nous occupe, car quoique la terre puisse être considérée comme un conducteur parfait, sa surface n'est nullement unie. Les éminences qui s'y trouvent, petites il est vrai, ne laissent pas que d'exercer une certaine influence, surtout là où elles prennent la forme de pointes. Il est vrai que le conducteur supérieur conduit bien l'électricité si on le compare à l'air de pression ordinaire, mais il doit être regardé comme la conduisant mal comparé aux métaux; sa surface n'est pas non plus unie, parce que sa forme dépend beaucoup des changements de température qui se produisent à la surface de la terre et dans les couches inférieures de l'atmosphère. En examinant de plus près la formule barométrique

$$X = 18393^m (1 + 0,002837 \cos 2\varphi) \left(1 + 0,004 \frac{T+t}{2}\right) \log \frac{H}{h}$$

on voit sans peine que le facteur  $1 + 0,004 \frac{T+t}{2}$

qui marque l'influence de la température et de l'humidité à la hauteur calculée, est le plus important de la formule, et qu'ainsi la température et le degré d'humidité déterminent presque exclusivement la forme et la position du conducteur d'air par rapport à la terre. Si dans un endroit la température baisse et ceci a lieu dans une couche d'air d'une grande hauteur, l'espace d'air raréfié à une pression déterminée s'abaisse aussi considérablement. En mettant dans la formule par exemple  $T = -36^\circ$ , cette température étant très-ordinaire en certains lieux en hiver, nous trouverons pour la hauteur du conducteur d'air, toutes circonstances égales d'ailleurs, seulement 32,23 kilomètres, cette valeur donne une densité électrique au pôle 16 % plus grande qu'à l'équateur, et la force avec laquelle les deux électricités tendent à traver-

ser la couche d'air isolante environ 34 % plus grande, lorsqu'on considère l'ensemble des deux conducteurs. La résistance électrique du conducteur supérieur tend à diminuer la différence qui existe entre le pôle et l'équateur, mais les inégalités de la terre et du conducteur supérieur contribuent au contraire à l'augmenter, en ce qu'ils s'approchent alors, en certains points, l'un de l'autre, ce qui fait que la densité électrique augmente et avec elle la force qui produit la réunion des électricités, parce que celle-ci est proportionnelle au produit des densités électriques à la surface des deux conducteurs.

Les conditions que nous avons supposées ci-dessus et d'où nous sommes partis pour déterminer la température des deux conducteurs ne sont pas absolument celles qui se produisent lors de l'apparition des aurores boréales. Près de la surface de la terre, par exemple, la température moyenne ne règne que rarement; de plus, la température du conducteur supérieur est en réalité plus basse que nous ne l'avons supposé. Les résultats que nous avons acquis prouvent donc que même dans des circonstances moyennes de température et d'humidité il existe une tendance considérable à l'accumulation de l'électricité vers les pôles de la terre.

Les formules supposent encore que la couche d'air qui se trouve entre les conducteurs soit parfaitement isolante. Les couches d'air inférieures possèdent seules cette qualité à un assez haut degré, et encore lorsqu'elles sont bien sèches, mais plus on monte, plus le pouvoir isolant diminue, et déjà à une pression de 50<sup>mm</sup> l'air commence à conduire l'électricité de manière que la résistance n'est qu'entre 150 à 200 fois plus grande qu'à une pression de 5<sup>mm</sup>; depuis une pression de 50<sup>mm</sup> la résistance di-

minue assez également jusqu'à 5<sup>mm</sup> où elle atteint sa valeur minima. Cette conductibilité partielle de la couche isolante doit évidemment contribuer à abaisser le conducteur supérieur, par suite de l'attraction qui s'exerce continuellement depuis la terre sur l'électricité répandue à sa surface. Le degré de cet abaissement dépend de deux circonstances, de la force avec laquelle les deux électricités s'attirent l'une l'autre, et de la résistance électrique que présente la couche isolante. En supposant que celle-ci va en augmentant d'une manière continue à partir du conducteur jusque vers la terre, l'abaissement du conducteur supérieur doit être proportionnel à la force et ainsi au moins 19 % plus grand aux pôles qu'à l'équateur. Cette circonstance doit nécessairement être prise en considération quand on détermine la hauteur du conducteur supérieur, mais il est difficile de déterminer quelle est son influence en mesure absolue ; en tout cas, il est certain qu'elle doit être plus grande au pôle qu'à l'équateur.

Il y a évidemment un grand intérêt à établir approximativement le rapport entre les attractions réciproques des deux électricités aux pôles et à l'équateur. Mais le facteur le plus important dans le phénomène qui nous occupe est cependant ce fait que nous croyons avoir dûment établi et expliqué et en vertu duquel l'électricité s'accumule en plus grande quantité dans les couches supérieures de l'atmosphère aux pôles de la terre qu'à l'équateur.

La valeur que l'on assigne au rapport des attractions réciproques au pôle et à l'équateur dépend aussi des hypothèses sur lesquelles on se base et nous avons tâché de partir de données qui soient aussi conformes que possible

à nos connaissances générales sur les circonstances de température, de pression, etc., à la surface de la terre et dans l'atmosphère. Cependant le nombre ( $19 \frac{0}{n}$ ) qui exprime combien la tendance des deux électricités à se combiner est plus grande aux pôles qu'à l'équateur doit être considéré plutôt comme un minimum que comme une valeur moyenne, surtout dans le cas des aurores boréales et nous n'hésitons pas à dire que cette valeur est trop faible et qu'on s'approcherait plus de la vérité en la supposant égale à 30 ou 40 pour cent.

Remarquons enfin que notre théorie implique une relation entre la répartition géographique de l'aurore boréale et la température aux différents points de la surface de la terre et des plus basses couches de l'air; ce résultat est conforme à ce que l'observation générale du phénomène a démontré.

---

APPLICATION DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR  
A  
L'ÉTUDE DES LIQUIDES VOLATILS

RELATIONS SIMPLES  
ENTRE LES CHALEURS LATENTES, LES POIDS ATOMIQUES ET LES TENSIONS DES VAPEURS

PAR  
**M. RAOUL PICTET**

---

Dans presque tous les ouvrages récents sur la théorie mécanique de la chaleur, les auteurs consacrent les premiers chapitres aux équations générales des problèmes thermiques, c'est-à-dire au principe de l'équivalence, et au second principe, celui de l'égalité de rendement des cycles réversibles, puis ils appliquent directement les équations générales trouvées aux changements d'état des corps et aux phénomènes de calorimétrie qui s'y rattachent. Sady Carnot, Clapeyron et depuis MM. Clausius, Dupré, Zeuner, Hirn, etc., etc., ont suivi sensiblement des marches analogues et ont été conduits à des résultats très-semblables. Cependant la solution physique des problèmes étudiés analytiquement est toujours obscure, elle ne peut se défaire du cortège confus d'équations qui voilent constamment une compréhension positive du résultat de l'analyse.

C'est en grande partie par suite d'un abus de formules qui ne sont pas traduites en termes ordinaires que les traités de physique restent muets sur les relations qui lient entre elles les diverses propriétés des liquides volatils.

C'est là le but que nous nous proposons, de donner quelques lois représentant avec suffisamment d'exactitude

les notions que l'on possède aujourd'hui sur cette question.

Établissons d'abord les facteurs principaux du problème physique :

On a un kilogramme de liquide quelconque, il est à la température  $t^0$  ; à cette température on le fait passer de l'état liquide à l'état gazeux, il absorbe dans ce passage une quantité de chaleur représentée par  $\lambda$  calories, c'est la chaleur latente de volatilisation, et enfin le volume  $v$  du liquide devient  $V$  volume des vapeurs. Pendant le passage de l'état liquide à l'état gazeux la température  $t^0$  a été maintenue constante et la tension des vapeurs  $P$  a été également constante.

Or si l'on prend tous les liquides connus et qu'on leur fasse subir la même transformation à la même température  $t^0$  on trouve pour chacun des valeurs numériques différentes de  $\lambda$ ,  $P$  et  $V$ . Pour chaque liquide la tension maximum  $P$ , le volume  $V$  et la chaleur latente  $\lambda$  varient et les écarts peuvent être très-considérables.

On peut donc se demander si ces trois quantités  $\lambda$ ,  $P$  et  $V$  sont des variables indépendantes, à déterminer *empiriquement* pour chaque liquide ou bien si quelque relation permet de les exprimer les unes par les autres.

Dans son grand et splendide travail sur les tensions maxima des liquides volatils et leurs chaleurs latentes de volatilisation, M. Régnault n'a considéré la question qu'au point de vue expérimental et a donné des formules d'interpolation pour les tensions et pour les chaleurs latentes sans chercher à établir aucun rapport théorique entre ces deux facteurs. Ces formules d'interpolation sont souvent des plus complexes et ne laissent rien distinguer de général quand on compare les différents liquides entre

eux. Cette longue relation de chiffres obtenus par des expériences précises nous servira de contrôle dans l'examen théorique qui va suivre.

Afin de mettre le problème sous une forme finie, bien déterminée et facile à saisir, supposons que l'on ait un réservoir A (fig. 1, pl. II) dans lequel se trouve un liquide volatil quelconque. Une pompe B aspire les vapeurs qui se forment dans le réservoir A à une température  $t^\circ$  constante, et sous une tension P, et les refoule dans le récipient C à une température  $t'$  sous une pression  $P'$  constante. Le liquide volatil passera de l'état liquide à l'état gazeux dans le réservoir A, puis de l'état gazeux à l'état liquide dans le réservoir C; pour alimenter l'opération et finir le cycle, le liquide doit être ramené à sa température initiale et le conduit D permet au liquide accumulé en C de retourner dans le premier réservoir A : nous supposons pour cela que  $t' > t^\circ$  et par conséquent  $P' > P$ .

Ainsi, dans l'opération indiquée, on prend 1 kilo d'éther par exemple à  $t^\circ = 0^\circ$ , on aspire ses vapeurs sous la tension  $P^\circ$ , on les refoule en C à une température  $t' = 20^\circ$  et sous une pression  $P'_{20}$ , puis on ramène 1 kilogramme d'éther liquide de la température  $20^\circ$  à  $0^\circ$  par l'intermédiaire du tube D.

Ce cycle est complet puisque l'éther est revenu à  $0^\circ$  sous la pression initiale  $P_0$ , ce qui était son point de départ.

Nous pourrons par là calculer au moyen des chiffres et des tables fournies par M. Régnault deux éléments essentiels du problème.

1° La chaleur soustraite en A par la volatilisation du liquide moins la chaleur rapportée par le retour du liquide de la température  $t'$  à  $t^\circ$ .

2° Le travail dépensé par le fonctionnement de la

pompe B pour obtenir la compression des vapeurs de la pression  $P_0$  à  $P'_{20}$ .

Ces deux équations sont *complètement indépendantes l'une de l'autre* et donnent, l'une, une *quantité de calories*, l'autre une *quantité de kilogrammètres*.

Sous cette forme le problème n'a pas encore été posé et c'est cependant la méthode naturelle pour arriver à découvrir la liaison qui peut exister entre les quantités jusqu'ici supposées entièrement indépendantes et sans relation intime entre elles.

Pour faire le calcul, prenons les lettres suivantes avec leur désignation :

- $t^\circ$  température du réfrigérant A.
- $t'$  température du condenseur C.
- $\frac{1}{274}$  coefficient de dilatation des gaz.
- P tension maximum des vapeurs à  $t^\circ$ .
- P' tension maximum des vapeurs à  $t'^\circ$ .
- T travail exécuté par la pompe B.
- $c$  chaleur spécifique du liquide.
- $\delta$  densité des vapeurs à  $0^\circ$  rapportée à l'air.
- $1^k,293$  poids d'un mètre cube d'air.
- $10333^k$  = pression atmosphérique sur le mètre carré.
- $\lambda$  chaleur latente du liquide à  $t^\circ$ .

Nous supposons dans le calcul que les lois de Mariotte et de Gay-Lussac s'appliquent rigoureusement, ce qui n'est pas parfaitement exact pour toutes les vapeurs.

Nous faisons le calcul pour 1 kilogramme de liquide.

1° *Calculons le travail T.*

Le travail est produit par la compression des vapeurs à  $t^\circ$  lorsqu'on les fait passer de la pression P à la pression P', en effectuant le calcul, on trouve pour T :

$$(I) \quad \times T \text{ kilogrammètres} = \frac{10333 (274 + t^\circ) l \left( \frac{P'}{P} \right)}{1,293 \delta \times 274}$$

L'expression  $l \left( \frac{P'}{P} \right)$  représente le logarithme népérien du quotient des pressions, elle s'introduit dans cette formule par l'intégration du travail entre les limites P et P'.

2° *Calcul de la chaleur absorbée dans le réfrigérant A.*

Pour 1 kilogramme de liquide nous aurons :

$$(II) \quad \lambda - c (t' - t) = \text{chaleur absorbée en A en calories.}$$

Nous remarquerons que ces deux équations n'ont aucune lettre commune, elles représentent deux ordres de faits totalement différents.

En effet, supposons que nous ayons deux liquides volatils ayant chacun même densité, mêmes tensions P et P', même chaleur spécifique c, mais ayant une cohésion double l'un de l'autre. Le travail interne de désagrégation de l'un sera double de celui de l'autre, et en conséquence la chaleur latente  $\lambda$  sera double de  $\lambda'$ , puisque la chaleur latente n'est autre chose que celle qui est absorbée pour vaincre la cohésion des molécules liquides.

Dans cet exemple, la quantité T serait la même pour les deux liquides, mais la seconde formule donnerait pour  $\lambda - c (t' - t)$  et  $\lambda' - c (t' - t)$  des valeurs qui pourraient varier du simple au double.

Supposons en second lieu que ces deux liquides aient  $\lambda$  et  $\lambda'$  égales, P P' égales, c égale, mais que  $\delta' = 2 \delta$ .

La quantité de kilogrammètres exprimée par T et T' sera

$$T = \frac{10333 (274 + t) l \left( \frac{P'}{P} \right)}{1,293 \delta \times 274}$$

$$T' = \frac{10333 (274 + t) l \left( \frac{P'}{P} \right)}{1,293 \times 2 \delta \times 274}$$

en remplaçant dans  $T$ ,  $\delta'$  par  $2\delta$ , ainsi  $T = 2T'$ , tandis que la chaleur soustraite au réfrigérant  $A$  sera constante dans les deux cas.

Il peut se faire également que toutes ces quantités  $\lambda$ ,  $c$ ,  $P$ ,  $P'$ ,  $\delta$ , etc. varient d'un liquide à l'autre, de telle sorte que les équations n'aient rien de général comme résultat théorique, et qu'il ne faille les appliquer que pour chaque liquide en particulier en puisant les coefficients numériques chez des expérimentateurs dignes de confiance.

Ainsi en ne faisant aucune hypothèse sur la constitution des liquides et des gaz, en acceptant *l'arbitraire* et *l'empirisme* en cette matière, nos deux équations restent *essentiellement indépendantes*.

C'est ici que se place *une hypothèse* (et nous appuyons sur ce mot, car c'est une pure et simple hypothèse) *nous supposons que la cohésion des liquides soit constante pour tous*, nous admettons que la mobilité des molécules caractérisant cet état fluide corresponde à une attraction moléculaire ou atomique égale, c'est-à-dire que  $\lambda$  et  $\lambda'$  rapportées à deux molécules soient égales et constantes pour tous les liquides quelconques.

Cette première hypothèse nous fournit une relation entre les équations I et II.

Nous ferons maintenant une seconde hypothèse, c'est que le cycle de Carnot s'applique aux liquides volatils et à leurs changements de volume quand ils se volatilisent, et qu'il établit le rapport entre le travail dépensé et la chaleur absorbée.

Ces deux hypothèses sont donc basées : la première sur une déduction reposant sur un état physique analogue des liquides, la seconde sur le principe d'égalité de rendement.

Si la seconde hypothèse ne se vérifiait pas, on pourrait accoupler 2 cycles réversibles, celui de Carnot et celui fourni par un liquide volatil; la différence de ces deux cycles serait représentée par la transformation d'une certaine quantité de chaleur ambiante en travail mécanique.

En effet, le cycle de Carnot prouve que lorsqu'on a une quantité de chaleur  $Q$  disponible à une température  $t'$  et  $t$  on peut toujours transformer en travail une quantité

$$Q \frac{t' - t}{274 + t} \text{ calories.}$$

Dans le cycle représenté dans notre figure 1, on dispose dans le condenseur d'une quantité de chaleur qui est au minimum de

$$Q = \lambda \text{ à une température } t'$$

donc on pourra toujours en retirer une force motrice donnée par l'expression

$$T' = \lambda \frac{t' - t}{(274 + t)} \times 433,5 \text{ (équival}^{\text{nt}} \text{ mécaniq. de la chaleur).}$$

Si cette quantité est supérieure à  $T$  tirée de notre équation (I), nous aurons évidemment un travail disponible qui sera exprimé par l'accouplement de ces deux cycles, soit  $T' - T$  et qui sera soutiré aux sources de chaleur ambiantes.

Introduisons dans nos deux équations I et II nos deux hypothèses, nous aurons les relations suivantes :

Notre équation (II) peut être représentée par

$$\lambda - c(t' - t) = Q. \text{ Chaleur absorbée en A.}$$

Calculons par le moyen du cycle de Carnot le travail que l'on doit dépenser pour soutirer une quantité de

chaleur  $Q$  à la température  $t$  et la faire passer en  $t'$ , elle est donnée par l'expression :

$$Q' - \frac{Q'(t' - t)}{274 + t} = \lambda - c(t' - t) = Q,$$

en réduisant cette équation et appelant  $E$  l'équivalent mécanique de la chaleur, on trouve

$$\frac{[\lambda - c(t' - t)] E (t' - t)}{274 + t} = \text{kilogrammètres nécessaires,}$$

puis nous allons égaler ce travail obtenu par le cycle de Carnot avec celui que nous avons trouvé pour le cycle d'un liquide volatil, on en tire la relation principale suivante :

$$(III) \quad \frac{10333 (274 + t) l \left( \frac{P'}{P} \right)}{1,293 \delta \times 274} = \frac{[\lambda - c(t' - t)] E (t' - t)}{274 + t}$$

Nous dégageons de cette équation III la valeur de  $\lambda - c(t' - t)$  et nous avons comme formule générale correspondant à notre hypothèse

$$(IV) \quad \lambda - c(t' - t) = \frac{10333 (274 + t)^2 l \left( \frac{P'}{P} \right)}{1,293 \delta E \times 274 (t' - t)}$$

Si notre hypothèse est juste, si elle répond aux conditions physiques du problème, elle doit se vérifier pour tous les liquides et pour toutes les températures.

Il nous faut prendre un liquide quelconque, choisir deux températures arbitrairement  $t$  et  $t'$ , chercher dans les tables de M. Régnault les pressions  $P$  et  $P'$  correspondant aux températures  $t$  et  $t'$  et vérifier que l'équation IV est constamment exacte. Si les résultats ne confirment point nos prévisions, c'est que l'hypothèse est mal fondée et que le cycle de Carnot ne s'applique pas aux liquides volatils.

*Première vérification.*

Prenons par exemple l'eau qui a été étudiée avec tant de soins par M. Régnault et vérifions l'équation pour les températures  $t = 100^\circ$  et  $t' = 110^\circ$ ; les constantes sont

$$P = 760. \quad P' = 1075,37. \quad a = 0,625. \quad c = 1.$$

$$E = 433,5. \quad \frac{P'}{P} = 1,41496.$$

$$\lambda - c(t' - t) = \frac{10333 (374)^2 / (1,41496)}{1,293 \times 0,625 \times 433,5 \times 10}.$$

Voici le calcul in extenso comme exemple d'un cas particulier.

$$\text{Log. } 1,41496 = 0,1507400$$

$\text{Log. } 0,1507400 = \bar{1},1782285$ $\text{, } \frac{1}{m} = 0,3622157$ $\text{, } 10333 = 4,0142264$ $\text{, } 374 = 2,5728716$ $\text{, } \text{id.} = 2,5728716$	}	$\text{Log. } 1,293 = 0,1115985$ $\text{, } 0,625 = \bar{1},7958800$ $\text{, } 433,5 = 2,6369891$ $\text{, } 274 = 2,4377506$ $\text{, } 10 = 1,0000000$
$\text{Log. numér. } 8,7004138$ $\text{Log. dénom. } 5,9822182$		$5,9822182$

$$\underline{\underline{2,7181956}} \quad \text{Log. } 522,63.$$

Et nous avons  $\lambda - 10 = 522,63$ .

$$\underline{\underline{\text{D'où } \lambda = 532,63.}}$$

En cherchant dans les tables de M. Régnault on trouve que  $\lambda$  pour la température de  $100^\circ$  est égale à 536 calories.

La différence n'est que de 3 calories, soit sensiblement  $\frac{1}{200}$  de la valeur réelle.

Ce résultat vient donc confirmer notre hypothèse et la justifier.

L'équation IV diffère essentiellement de celles qui ont été proposées par MM. Clapeyron, Clausius, Zeuner, etc., par le terme  $c (t' - t)$  qui a été complètement négligé dans l'analyse des problèmes relatifs à la recherche des chaleurs latentes.

Avant d'exposer le tableau général des résultats auxquels conduit cette méthode de calcul, simplifions l'équation IV par la recherche de la chaleur latente des liquides au point d'ébullition.

Pour la température d'ébullition la pression P devient la même pour tous les liquides et en faisant converger  $t'$  vers  $t$ ,  $P'$  se rapprochera infiniment de P, ainsi  $t' - t$  converge vers 0 et la fraction :

$l \left( \frac{P'}{P} \right) / (t' - t)$  devient la dérivée de la pression par rapport aux températures.

L'équation IV peut alors s'écrire

$$\lambda = \frac{10333 (274 + t)^2}{1,293 \text{ } \delta \text{ E } \times 274} \times \text{dérivée de } \frac{l \left( \frac{P'}{P} \right)}{t' - t}$$

Pour avoir cette dérivée, différencions les équations des pressions exprimées en fonction des températures dans le voisinage immédiat du point d'ébullition. Dans la figure 2, Pl. II, nous avons représenté l'ensemble des courbes fournies par M. Régnault, les abscisses sont comptées de 5 en 5 degrés en dessus et en dessous de la température de l'ébullition et les ordonnées sont les pressions correspondantes. Cette courbe graphique montre clairement le résultat de cette différentiation, c'est qu'on arrive à une dérivée qui est sensiblement une *constante* par une fonction simple de la température absolue pour tous les liquides. La

courbe s'élargit légèrement en dessus et en dessous de la pression 760 mill. mais dans le voisinage immédiat de cette pression, la même courbe représente très-exactement tous les liquides.

Dans le tableau suivant nous mettons le nom des liquides volatils dans la première colonne, dans la deuxième la température du point d'ébullition, dans la troisième les chaleurs latentes calculées et dans la quatrième les chaleurs latentes observées par M. Régnault et inscrite dans son ouvrage. Pour les liquides très-volatils la dérivée augmente d'une manière sensible, ainsi qu'on peut le voir. Nous ne donnons ici que quelques liquides seulement du tableau général.

Noms des liquides.	Tempér.	$\lambda$ calculées.	$\lambda$ observées.	Dérivées.
Eau.	100°	533,9	536	0,0346
Alcool.	78,21	210	214,05	0,0325
Sulfure de carbone.	46	84	83,54	0,03189
Éther sulfurique.	35	90,12	89,76	0,03563
Chloroforme.	60	60,73	61	0,03337
Benzine.	80	92,9	92,26	0,03000
Éther chlorhydrique.	10	92,8	92,1	0,03779
Essence de térébenthine.	155	65,6	68	0,0261
Mercure.	350	71,6	77	0,02049
Acide sulfureux.	-10	94,2	94,5	0,04374

Il est facile de voir la coïncidence parfaite qui existe entre les résultats de notre hypothèse et ceux fournis par l'expérience. Les écarts sont très-faibles et s'expliquent facilement par les anomalies de la loi de Mariotte et les erreurs d'observation, dont il n'a pas été tenu compte dans nos équations.

La colonne des dérivées nous montre que la valeur de  $t \left( \frac{P'}{P} \right)$  pour  $P = 760$  et  $t' = t$  croit avec le pouvoir

volatil des liquides, nous pouvons assez exactement représenter les valeurs de cette dérivée par

$$(V) \quad D \frac{l \left( \frac{P'}{P} \right)}{t-t} = K \frac{274}{274 + t}$$

Appliquant cette formule (V) aux liquides mentionnés dans le tableau précédent, nous avons :

Noms des liquides.	Températures.	Dérivées.	Valeurs de K.
Eau.	100°	0,0346	0,045
Alcool.	78,21	0,0325	0,042
Sulfure de carbone.	46	0,03189	0,039
Éther sulfurique.	35	0,03563	0,040
Chloroforme.	60	0,03337	0,040
Benzine.	80	0,03000	0,040
Éther chlorhydrique.	10	0,03779	0,040
Essence de térébenthine.	155	0,0261	0,040
Mercure.	350	0,02049	0,044
Acide sulfureux.	-10	0,04374	0,041

Ainsi le facteur  $\frac{274 + t}{274}$  multipliant la dérivée des pressions par rapport aux températures donne une quantité constante 0,041 ou très-approchée.

Pour des liquides aussi différents que le mercure et l'acide sulfureux, la différence n'est que 0,003 ou moins de  $\frac{1}{15}$  d'écart.

Après avoir vérifié notre hypothèse relative au cycle de Carnot et à celui des liquides volatils, revenons à notre hypothèse relative à la cohésion des liquides.

Nous supposons que la *cohésion atomique est constante* pour tous les corps affectant l'état liquide.

Appelons  $\alpha$  le poids d'un atome liquide et F la cohésion qui lie cet atome à ceux qui l'entourent.

Soit également P la pression à la température  $t^\circ$ .

Choisissons pour tous les liquides une pression  $P =$  constante  $= 760^{\text{mm}}$ , elle correspond au point d'ébullition.

Puisque la pression extérieure exercée par les vapeurs sur le liquide est constante, *l'effort de la chaleur et son travail de désagrégation est représenté exactement par la chaleur latente interne à cette température*. Or si la force est F agissant d'après une loi quelconque suivant un espace égal pour tous les liquides, le travail de désagrégation pour séparer à l'état gazeux un atome de liquide, sera  $F k =$  constante.

Le nombre des atomes contenus dans un poids 1 est  $\frac{1}{\alpha}$ , mais il faut prendre  $\alpha$  pour la température  $t$ , c'est-à-dire la densité de l'atome variable suivant la température du point d'ébullition.

Intégrant le travail élémentaire pour un poids 1 kilogramme, la somme doit représenter la chaleur latente interne du liquide à la température  $t^\circ$  et l'on a l'équation fondamentale VI.

$$(VI) \quad \lambda = \frac{K (274 + t)}{\alpha \times 274}$$

d'où l'on déduit

$$(VII) \quad \frac{274 \alpha \lambda}{274 + t} = K.$$

et faisant disparaître le facteur constant 274 pour tous les liquides, on arrive à

$$(VIII) \quad \frac{\alpha \lambda}{274 + t} = K.$$

équation liant le poids atomique avec la température et la chaleur latente interne.

Avant de faire la vérification numérique, nous remarquerons que la chaleur latente externe est sensiblement

proportionnelle à  $\alpha$ , de sorte que l'équation VIII doit se rapporter avec assez d'exactitude soit à la chaleur latente totale, soit à la chaleur latente interne seule; dans le tableau suivant nous donnons les produits du poids atomique par les deux chaleurs latentes.

Liquides	Chaleurs latentes totales	Températures	Poids atomiques	Chaleurs latentes externes	Chaleurs totales par poids atomiques	Chaleurs internes par poids atomiques
Eau	536 cal.	100°	9	40 cal.	12,50	11,8
Chloroforme	61	60°	59	5,31	10,80	10,00
Sulfure de carbone	83,54	46°	38	8,18	10,00	9,70
Ether sulfurique	89,76	35°	37	8,15	10,7	10,05
Essence de térébenth.	68,8	155°	68	6,14	11,8	10,90
Mercure	77,5	350°	100	6,06	11,9	10,21
Acétone	130	55°	29	11,044	11,45	10,48
Benzine	92,26	80°	39	8,838	10,17	9,98
Esprit de bois	264	67°	16	20,48	12,35	11,3
Ether chlorhydrique	92,1	10°	32	8,58	10,37	9,65
Alcool	210	78°,2	23	14,9	12,5	11,51
Acide sulfureux	94,56	-10°	32	8,65	11,2	10,41

Ce tableau nous montre par les nombres contenus dans les deux dernières colonnes que les liquides ont tous la même cohésion, et que notre hypothèse est vraie. Ces comparaisons permettront peut-être d'arriver à calculer en fraction de millimètre le diamètre réel des atomes; en effet, la cohésion plus la pression exercée sur le liquide sont les seules forces qui luttent contre l'action désagrégante de la chaleur; en faisant varier la température, on a deux équations numériques qui seraient parfaitement définies si l'on connaissait la loi des attractions en fonction des distances des particules attirantes, et la répartition de la pression extérieure sur chaque atome. Je compte reprendre cette question dans une publication prochaine.

Le résultat de cette vérification numérique nous permet d'établir une autre relation entre les chaleurs latentes et les poids atomiques.

Puisque la cohésion est constante pour tous les liquides, que représentent les différences observées par M. Régnault dans les chaleurs latentes internes aux diverses températures? Elles ne sont que l'expression du travail dépensé pour séparer les atomes constituants du liquide de la température  $t$  à  $t'$ . Si nous admettons que les températures soient proportionnelles aux amplitudes des écarts des atomes entre eux, appelant  $F$  l'attraction de deux atomes pour une distance 1 degré,  $\frac{F}{x^m} =$  l'attraction pour une température  $x$ , et l'intégrale du travail nécessaire

pour élever la température de  $t$  en  $t'$  sera  $F \int_t^{t'} \frac{dx}{x^m}$

il faut répéter ce travail élémentaire pour chaque atome du liquide et rapportant le travail au kilogramme, on aura

$\frac{1}{\alpha} \int_t^{t'} \frac{dx}{x^m} =$  travail dépensé pour élever la température du liquide de  $t$  en  $t'$ . Divisant cette quantité par l'équivalent mécanique 433,5, on devra obtenir les différences des chaleurs latentes internes, de là l'équation IX.

$$(IX) \quad \frac{F}{433,5 \alpha} \int_t^{t'} \frac{dx}{x^m} = \begin{array}{c} \text{différence des chaleurs latentes} \\ \text{internes;} \end{array}$$

mais nous avons démontré que pour tous les liquides la

cohésion est la même, donc le facteur  $\frac{F}{433,5} \int_t^{t'} \frac{dx}{x^m} = K$

pour tous les liquides et l'équation IX se simplifie en celle-ci :

$$(X) \quad \text{différence des chaleurs internes} = K \alpha.$$

Nous concluons de cette équation X que pour deux mêmes températures  $t$  et  $t'$ , prises arbitrairement, *la différence des chaleurs latentes internes multipliée par le poids atomique est un nombre constant pour tous les liquides.*

Voici un relevé de quelques vérifications numériques, prises avec trois écarts considérables de température 100° et 110°, ensuite 100° et 150°, puis 50° et 150°.

Liquides.	Chaleurs lat. inter. à 100°	Chaleurs lat. inter. à 110°	Différen. c	Poids atom. du liquide.	Produit.
Eau.	496,29	488,36	7,93	9	71,37
Alcool.	183,60	177,21	6,39	11	70,29
Chloroforme.	51,03	49,86	1,17	59	69,03
Chlorure de carbone.	39,64	38,53	1,11	65	72,15
Sulfure de carbone.	67,33	65,34	1,99	38	75,62

	Chaleurs lat. intern. à 100°	Chaleurs lat. intern. à 150°			
Eau.	496,29	456,70	39,59	9	356,31
Alcool.	183,60	154,09	29,51	11	324,61
Chloroforme.	51,03	45,12	5,91	59	348,69
Chlorure de carbone.	39,64	33,76	5,88	65	382,20
Sulfure de carbone.	67,33	56,61	10,72	38	407,36

	Chaleurs lat. intern. à 50°	Chaleurs lat. intern. à 150°			
Eau.	536,12	456,70	79,42	9	714,70
Alcool.	218,75	154,09	64,66	11	811,06
Chloroforme.	56,75	45,12	11,63	59	686,17
Chlorure de carbone.	44,64	33,76	10,88	65	707,20
Sulfure de carbone.	76,07	56,61	19,46	38	739,48

De toutes les déterminations expérimentales, celles des chaleurs latentes internes sont les plus délicates en calorimétrie, aussi ne pouvons-nous exiger un accord plus complet entre la théorie et l'expérience dans des limites de températures aussi écartées; l'accord est suffisant pour justifier notre loi relative aux chaleurs latentes internes.

Comme complément de la synthèse expérimentale de nos équations, nous pouvons les appliquer à un cycle semblable à celui de la figure 1 qui a été industriellement appliqué à la fabrication de la glace par le moyen de l'acide sulfureux. Les observations ont été faites avec la

plus grande exactitude pendant plus d'un mois à La Ciotat, près de Toulon, par les soins de M. Vèsigné, directeur des chantiers des Messageries maritimes.

Une machine fabriquait 36 kilogrammes de glace à l'heure, les conditions étaient les suivantes :

Température du réfrigérant —  $10^{\circ}$ . Température du condenseur +  $35^{\circ}$ .

Pression à —  $10^{\circ} = 762^{\text{mm}},49$ . Pression à  $35^{\circ} = 4014^{\text{mm}},78$ .

Chaleur spécifique  $c = 0,35$ ,  $\lambda$  à —  $10^{\circ}$  pour l'acide sulfureux = 402 et  $\delta = 2,112$ .

L'équation de la quantité de chaleur absorbée dans une minute pour produire 36 kilos de glace à l'heure est donnée par :

$P 102 - p 45 \times 0,35 = 60$  calories, dans laquelle  $p$  est le poids de l'acide sulfureux volatilisé. On trouve  $p = 0^{\text{k}},694$ .

Substituant cette valeur de  $p$  dans l'équation du travail  $T$  pour une seconde, on a :

$$T = \frac{10333 p l \left( \frac{4014,78}{762,49} \right)}{1,293 \times 2,112 \times 60} = 69,44 \text{ kilogrammètres.}$$

Nous remarquerons que la glace provenant de la solidification de l'eau ayant  $21^{\circ}$  absorbe 100 calories par kilogramme, la machine absorbe en conséquence 1 calorie par seconde, et l'on a par le cycle de Carnot la relation suivante :

$$T = \frac{1 (t' - t) E}{274 + t} = \frac{45 \times 433,5}{309} = 63,13 \text{ kilogrammètres.}$$

Par le cycle d'acide sulfureux on trouve  $69^{\text{k}},44$ , par le cycle de Carnot  $63^{\text{k}},13$  ; la coïncidence est presque absolue ; ajoutons qu'en pratique la machine à glace consomme

dans ces conditions la force d'un cheval vapeur, soit 75 kilogrammètres environ.

De tout ce qui précède nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1. *Pour tous les liquides la cohésion est constante.*

2. *La dérivée du logarithme népérien du quotient des tensions par rapport aux températures est constante pour tous les liquides quand on la rapporte à la même pression et à la même température.*

3. *Les chaleurs latentes de tous les liquides rapportées à une même pression, multipliées par le poids atomique rapporté à la même température donnent un produit constant.*

4. *Pour tous les liquides la différence des chaleurs latentes internes à deux températures quelconques, multipliée par le poids atomique est un nombre constant.*

Nous voyons maintenant que les quantités qui semblaient tout à fait indépendantes les unes des autres se trouvent liées entre elles par des relations toutes fort simples, qui dispensent de l'emploi de longues formules empiriques, lesquelles ne reposent souvent que sur des observations plus ou moins contestables.

Enfin si nous rapprochons les résultats de cette étude, de la loi de Dulong et Petit sur les chaleurs spécifiques, nous pourrions établir un rapport de plus et dire que *les chaleurs latentes de tous les liquides sont des multiples des chaleurs spécifiques.*

Dans une publication prochaine, nous développerons plus complètement ces questions dont ces quelques lignes ne sont qu'un abrégé succinct.

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE

D<sup>r</sup> F. NEESEN. — UEBER ANZIEHUNG UND ABSTOSSUNG DURCH LIGHT- UND WÄRME-STRAHLEN... SUR L'ATTRACTION ET LA RÉPULSION EXERCÉE PAR LES RAYONS LUMINEUX ET CALORIFIQUES. (Extrait des *Ann. Pogg.*, septembre 1875.)

POGGENDORFF. — DAS RADIOMETER VON CROOKES... LE RADIOMÈTRE DE CROOKES. (Extrait des *Ann. Pogg.*, novembre 1875.)

Les remarquables expériences de M. Crookes, relatives aux phénomènes d'attraction et de répulsion résultant, suivant lui, des radiations calorifiques et lumineuses, ne pouvaient manquer de fixer l'attention des physiciens. Toutefois l'explication qu'il en a donnée devait nécessairement provoquer de nombreuses objections. Il est, en effet, difficile d'attribuer à la radiation la faculté de produire des effets mécaniques, en agissant au travers du vide, c'est-à-dire sans autre intermédiaire que l'éther ou des particules extrêmement raréfiées.

D'autre part, le haut degré de raréfaction du milieu dans lequel M. Crookes a réalisé ses expériences, semble, au premier abord, exclure la possibilité d'expliquer les faits par l'action de simples courants résultant des inégalités de température de ce milieu, surtout lorsqu'il s'agit de la rotation continue qu'il obtient dans son radiomètre.

Néanmoins les recherches plus récentes de M. le D<sup>r</sup> Neesen semblent prouver que ce sont en effet des courants de cette nature qui jouent le principal rôle dans les phénomènes en question.

M. le D<sup>r</sup> Neesen s'est servi d'un appareil qui ne comporte pas, il est vrai, la réalisation d'un vide aussi parfait que celui dans lequel se meuvent les pendules ou le radiomètre de M. Crookes, mais qui a l'avantage de permettre de faire agir la lumière ou la chaleur dans une direction parfaitement déterminée et sur une partie également déterminée du corps suspendu.

Cet appareil se compose d'une boîte en fer blanc, dont une des parois latérales est percée d'une ouverture munie d'une glace à faces parallèles livrant passage aux rayons calorifiques ou lumineux. Le pendule est fixé au sommet de la boîte au moyen d'une monture mobile qui permet de le rapprocher plus ou moins de la glace ou de la paroi opposée. Il consiste en un fil de cocon auquel est attaché un morceau de carton ou de bois revêtu de papier, portant à son milieu un petit miroir plan, dont les déviations, observées à distance au cathétomètre, mesurent la torsion du fil. Enfin la lumière et la chaleur proviennent d'une lampe à pétrole dont on peut projeter les rayons à volonté sur l'un des côtés du pendule, tantôt directement, tantôt en les concentrant au moyen d'une lentille.

En maintenant d'abord à la pression atmosphérique l'air contenu dans la caisse, l'auteur s'est assuré que la radiation de la lampe y détermine effectivement des courants de transport. Cela résulte clairement du fait que l'action de la lampe n'est plus la même suivant que le pendule est plus ou moins rapproché de la glace. En faisant varier cette distance, on constate que la déviation accusée par le miroir est presque nulle lorsque le pendule se trouve tout près de la paroi postérieure de la caisse ou, au contraire, dans le voisinage immédiat de la glace, tandis qu'elle atteint son maximum lorsque le pendule se trouve à peu près au milieu de la caisse à égale distance de ses deux parois opposées.

L'épaisseur de la couche d'air interposée entre le pendule et les parois de la boîte exerce donc une grande influence dans l'amplitude de la déviation, ainsi que cela doit être si celle-ci est due à l'afflux de l'air vers la région la plus chaude de l'atmosphère intérieure. En faisant agir les rayons alternativement sur les deux côtés du pendule, on peut, d'ailleurs, constater que la déviation du miroir a bien toujours lieu dans le sens suivant lequel l'air le plus froid, situé en arrière du pendule, vient remplacer celui qui reçoit directement les radiations de la lampe.

Mais la chaleur de celle-ci n'a pas seulement pour effet de

chauffer l'air qu'elle traverse et le côté du pendule qui reçoit aussi ses rayons ne tarde pas lui-même à en ressentir l'influence. Sa température s'élève même bientôt au-dessus de celle de l'air ambiant et il se produit une seconde espèce de courants allant de la glace vers le miroir et tendant à faire tourner celui-ci en sens inverse des premiers qui sont dirigés de la paroi postérieure de la caisse vers la glace.

Il en résulte que la déviation due aux premiers courants diminue et finit même par changer de sens. C'est ce qui a lieu toutes les fois que les rayons de la lampe tombent directement sur l'un des côtés du pendule à droite ou à gauche du miroir. Mais il est facile d'empêcher cette diminution et cette inversion d'avoir lieu en concentrant les rayons lumineux au moyen d'une lentille sur l'un des côtés du pendule, tandis que la lampe chauffe directement l'air situé de l'autre côté.

Dans ce cas, les courants de la seconde espèce tendent évidemment à faire tourner le pendule dans le même sens que ceux qui sont produits par l'échauffement direct de l'air, et il en résulte un accroissement de la déviation au lieu d'une diminution.

L'amplitude de la déviation du miroir dépend aussi notablement de l'angle sous lequel il reçoit les rayons, ce qui s'explique fort bien aussi puisque l'intensité de l'action calorifique est elle-même en rapport avec la direction de ces rayons.

Enfin, on comprend que l'échauffement de l'air doit diminuer avec sa densité, tandis que celui du pendule doit devenir plus rapide et plus intense à mesure que l'on raréfie l'air contenu dans la caisse. Aussi M. le D<sup>r</sup> Neesen a-t-il constaté que la déviation correspondante aux courants de la première espèce diminue à mesure que l'on fait le vide dans l'appareil et qu'elle finit même par être entièrement supplantée par la déviation de sens inverse résultant de l'échauffement du pendule par le rayonnement de la lampe. Ainsi doit s'expliquer, suivant lui, le fait observé par M. Crookes, d'après

lequel l'action de la chaleur sur le pendule est attractive dans l'air, tandis qu'elle est répulsive dans le vide.

Les expériences de M. le D<sup>r</sup> Neesen tendent certainement à fournir une explication rationnelle des phénomènes découverts par M. Crookes. Cependant, elles ne peuvent être considérées comme tout à fait concluantes, puisqu'elles n'ont pas été faites dans un milieu atteignant un très-haut degré de raréfaction, dans lequel il ne serait peut-être plus légitime d'admettre la production de courants ayant une énergie suffisante pour entraîner la masse relativement considérable du pendule.

Il est fort possible d'ailleurs que ces phénomènes soient effectivement dus aux courants, tant que l'air contenu dans l'appareil ne dépasse pas un certain degré de raréfaction, mais il se peut fort bien aussi qu'une cause toute différente intervienne lorsque le vide est plus parfait. Cette cause, encore obscure, pourrait bien être celle qui fut suggérée de prime abord par M. Reynolds <sup>1</sup> fort peu de temps après la publication de M. Crookes.

M. Reynolds fait reposer son interprétation sur une conséquence de la théorie mécanique des gaz. Il fait remarquer que l'échauffement des particules gazeuses qui heurtent une surface plus chaude qu'elles et par suite leur accroissement de vitesse doit avoir pour conséquence une réaction de sens contraire à la direction des rayons qui agissent sur cette surface, puisque ces particules rebondissent avec une vitesse plus grande que celle qu'elles avaient avant le choc. Comme d'autre part, la radiation calorifique ainsi que la mobilité des particules doivent augmenter avec le degré de raréfaction du gaz, cet effet de réaction peut, suivant lui, avoir encore assez d'énergie dans les milieux les plus raréfiés, là où de simples courants seraient devenus par trop faibles.

Néanmoins M. Poggendorff, qui s'est occupé aussi de ce sujet délicat, se range plutôt du côté de l'interprétation four-

<sup>1</sup> Voir Reynolds, On the forces caused by evaporation from and condensation at a surface. Dans *Proceedings*, juin 1874, p. 406.

nie par M. le docteur Neesen. Il ne considère pas, il est vrai, le phénomène comme entièrement élucidé, mais il est convaincu que les mouvements soit du pendule, soit du radiomètre de M. Crookes n'auraient certainement plus lieu dans un vide parfait.

M. Poggendorff, qui a eu entre les mains un radiomètre construit par M. le docteur Geissler de Bonn sur le modèle de ceux employés par M. Crookes, a pu constater la parfaite exactitude des faits observés par ce dernier.

Il a même vu le tourniquet du radiomètre se mettre en mouvement sous la simple influence de la lumière du jour par un ciel tout à fait couvert. En revanche, il a constaté que l'appareil cesse complètement de tourner lorsque les rayons lumineux qui l'atteignent ont traversé une couche d'eau ayant 20<sup>mm</sup> d'épaisseur.

Il signale aussi un autre fait non moins important. On sait que, dans les expériences de M. Crookes, la rotation du tourniquet n'a pas lieu lorsqu'on fait agir sur lui la chaleur rayonnante obscure résultant de l'échauffement direct du ballon de verre qui le contient. Or, M. Poggendorff a obtenu tous les effets ordinaires de rotation en projetant sur son radiomètre les rayons d'une bougie après leur avoir fait traverser une plaque du verre noir dont on se sert dans les expériences de polarisation et qui doit son opacité à la présence d'une certaine quantité de soufre. M. Crookes, ainsi que MM. Tait et Dewar, avaient déjà constaté qu'il en est de même des rayons obscurs émanant du sulfure de carbone iodé.

En résumé, les phénomènes découverts par M. Crookes ne sont pas encore complètement expliqués, mais il est probable qu'ils sont dus en grande partie à l'action des courants et peut-être aussi à la réaction des particules gazeuses dans les milieux très-raréfiés. En tout cas, les faits sont réels, puisqu'ils ont été vérifiés par plusieurs expérimentateurs et ils paraissent avoir conduit à la réalisation d'un appareil en quelque sorte thermométrique doué d'une sensibilité extraordinaire à l'égard de la chaleur rayonnante. C. DE C.

D<sup>r</sup> GUTHRIE. ON STATIONARY LIQUID WAVES.... SUR LES ONDES STATIONNAIRES DANS LES LIQUIDES. (Extrait du *Philosoph. Mag.* octobre 1875.)

Le D<sup>r</sup> Guthrie a fait d'intéressantes observations sur la vitesse de propagation des ondes stationnaires produites dans des récipients de forme et de profondeur variées. Ces recherches confirment et complètent les résultats des expériences plus anciennes des frères Weber. La méthode employée par M. le D<sup>r</sup> Guthrie consiste à mesurer l'intervalle de temps compris entre deux répétitions d'une même phase de vibration, telle que le sommet d'une onde, en un même point de la surface liquide. Il a étudié, en premier lieu, le cas d'une auge cylindrique dont le diamètre était d'environ 9 pouces et qui contenait un peu plus de 6 pouces d'eau. Il y produisait un système de vagues binodales en plongeant au milieu de la surface un gobelet vide mû alternativement de haut en bas et de bas en haut. Dans ce cas, le mouvement de l'eau règle bientôt celui de la main et on arrive ainsi promptement à établir un système de vagues qui persiste assez régulièrement pendant plusieurs minutes. On peut ensuite conclure la vitesse de propagation de ces ondes du nombre de fois par minute que leur sommet apparaît au centre de la surface.

Avant d'examiner l'influence du diamètre du vase sur cette vitesse de propagation, il fallait connaître celle que pouvaient avoir les diverses autres circonstances telles que la profondeur du liquide, sa température, sa densité, ainsi que l'amplitude même des ondes. Cette amplitude se mesure au moyen d'un fil de cuivre gradué fixé sur un pied en plomb et qu'on peut placer successivement dans différentes parties du vase. En faisant à 10 ou 15" d'intervalle plusieurs déterminations de la vitesse de propagation d'un même système d'ondes et en mesurant à chaque fois, par le moyen qu'on vient d'indiquer, l'amplitude correspondante, qui va nécessairement en décroissant, on constate tout d'abord que cette amplitude *n'a pas d'influence appréciable*. M. le D<sup>r</sup> Guthrie a trouvé qu'il en est de même pour la température entre

16° et 41° C, ce qui prouve que la vitesse de propagation ne varie pas avec la densité d'un même liquide. En outre, cette vitesse est aussi la même pour des liquides de densités très-différentes, tels que l'eau et l'alcool méthylique, ce qui avait déjà été reconnu par les frères Weber dans le cas des auge rectangulaires.

En revanche, la théorie mathématique des ondes prévoit que leur vitesse de propagation doit dépendre, jusqu'à un certain point, de la profondeur du liquide, et c'est en effet ce que M. le Dr Guthrie a vérifié expérimentalement.

Il a trouvé que la vitesse va en diminuant régulièrement depuis la profondeur de 290<sup>mm</sup> jusqu'à celle de 50<sup>mm</sup>. Au-dessous de 30<sup>mm</sup> de profondeur, il n'est plus possible d'obtenir un système d'ondulations fondamentales. Cet effet du fond du vase augmente avec le diamètre de celui-ci, car il se fait sentir à une profondeur moindre dans une auge ayant 314<sup>mm</sup> de diamètre que dans celles dont le diamètre est plus large. L'influence de la profondeur est donc en rapport avec l'étendue de la surface vibrante.

Dans le système binodal, la longueur d'onde est égale au diamètre de l'auge. Si donc la vitesse de propagation est, comme la théorie l'indique, proportionnelle à la racine carrée de la longueur d'onde, en désignant par C une constante et par  $d$  le diamètre, la vitesse de propagation peut être représentée par  $v = C \sqrt{d}$ . Comme, d'autre part, le nombre des pulsations du liquide, c'est-à-dire de reproduction d'une même phase en un même point est en raison inverse du diamètre, en désignant ce nombre par  $n$ , on devra avoir :

$$n = \frac{C \sqrt{d}}{d} \text{ c'est-à-dire } n \sqrt{d} = C.$$

Ainsi, dans le système d'ondes binodales, le produit du nombre des pulsations par la racine carrée du diamètre de l'auge doit être une quantité constante. Or, M. le Dr Guthrie a vérifié qu'il en est effectivement ainsi, ce qui prouve que la vitesse de propagation varie bien proportionnellement à la racine carrée de la longueur d'onde.

D'après cela, et en prenant la moyenne des observations faites avec des vases de diamètres différents, on trouve qu'une onde dont la longueur d'onde est de 1 mètre se propage à raison de 83<sup>m</sup>,07 en une minute.

La parfaite netteté de surface et la persistance des ondes binodales, dans les auges cylindriques, permet de déterminer facilement leur forme. On constate, de prime abord, qu'il existe un anneau nodal d'une hauteur tout à fait constante et situé à une distance des parois égale au sixième du diamètre de l'auge. Cette position de la ligne nodale peut se déterminer très-commodément en plongeant dans le liquide une carte dont la surface se trouve ensuite dépolie aux endroits où a eu lieu le contact avec le liquide.

Lorsque le système des ondes est parfaitement régulier, le niveau du liquide sur la ligne nodale est le même qu'à l'état de repos. Cela ne veut pas dire que les molécules liquides soient elles-mêmes immobiles le long de cette ligne, car l'agitation des poussières qui peuvent s'y trouver y dénote, au contraire, un mouvement des plus vifs, ainsi que cela a lieu d'ailleurs pour les vibrations des corps gazeux ou solides. Dans le système des ondes binodales, l'amplitude au bord de l'auge est à très-peu près exactement la moitié de celle qui a lieu au milieu de la surface. Ce rapport est d'autant plus près d'être exact que l'amplitude au milieu est elle-même plus petite, car alors les vagues sont plus régulières et la position de la ligne nodale parfaitement fixe.

M. le Dr Guthrie compare la vibration de la surface liquide dans les vases circulaires à celle d'un disque solide circulaire qui serait composé de segments triangulaires égaux oscillant autour de leur centre de gravité. Il est de fait que l'on peut faire vibrer une lame solide formée de deux triangles isocèles opposés au sommet, de telle sorte que ses vibrations perpendiculaires au plan des deux triangles présentent deux nœuds situés au sixième de la longueur de la lame, à partir de chacune des bases. On peut donc concevoir un disque circulaire composé de segments isocèles et vibrant de telle manière qu'il présente une ligne nodale distante du bord

d'une longueur égale au sixième du diamètre. Dans ce cas, le mouvement est réglé par l'élasticité, tandis que celui d'une surface liquide de même forme l'est par la pesanteur. D'ailleurs, en vertu d'un principe connu, la même quantité d'eau passerait bien constamment de l'un des côtés de la ligne nodale à l'autre, puisque les deux parties de chaque triangle isocèle décrivent un même volume en oscillant autour d'un axe passant par leur centre de gravité commun.

Les auges rectangulaires se prêtent à deux genres d'ondes qui persistent assez longtemps après qu'elles ont été établies. Les unes sont binodales et s'obtiennent en ébranlant le milieu de la nappe liquide au moyen d'une planchette d'une longueur à peu près égale à la longueur de l'auge et qu'on élève et abaisse alternativement dans un plan vertical. Les autres sont monodales et on les produit facilement en faisant osciller l'auge elle-même autour d'une des arêtes de son fond. L'auteur n'a encore traité que celles du premier système, et il a trouvé, comme dans le cas des auges cylindriques, que la vitesse de ces ondes binodales est indépendante de l'amplitude. Quant à la profondeur, elle affecte d'autant plus cette vitesse que l'auge est plus longue. La longueur d'onde est ici égale à la longueur même de l'auge, et, en admettant, d'après les théories, que la vitesse de propagation est proportionnelle à la racine carrée de cette longueur d'onde, on doit obtenir un nombre constant en multipliant le nombre des pulsations par minute par la racine carrée de la longueur de l'auge. C'est ce qui a lieu, en effet, plus exactement même qu'avec les auges cylindriques. On doit donc bien admettre que la vitesse de propagation est aussi proportionnelle à la racine carrée de la longueur d'onde dans le cas des auges rectangulaires. D'après cela la moyenne des divers résultats d'expérience montre que, dans une auge rectangulaire, une onde de 1<sup>m</sup> se propage avec une vitesse de 74' 7" par minute, c'est-à-dire un peu moins vite que dans le cas des auges circulaires.

On peut aussi comparer ce dernier mode de vibration à celui d'un assemblage de barres rectangulaires oscillant au-

tour de leur centre de gravité situé au quart de la longueur totale de deux lames placées bout à bout. Or, les deux lignes nodales dans l'auge rectangulaire se trouvent, en effet, chacune à une distance de l'extrémité de l'auge égale au quart de sa longueur totale.

L'auteur a aussi étudié les ondes monodales dans les auges cylindriques. On les produit soit en faisant légèrement osciller l'auge elle-même, soit en se servant d'un agitateur en forme de segment de cercle. La vitesse de propagation de ces ondes monodales est, comme celle des autres, indépendante de leur amplitude et elle diminue aussi avec la profondeur dès que celle-ci se trouve inférieure à une certaine limite qui est d'environ 185<sup>mm</sup>.

Le fait que la vitesse de propagation des ondes stationnaires est indépendante de leur amplitude, a pour conséquence leur isochronisme, ce qui permet de les comparer aux oscillations pendulaires, et il est facile de calculer la longueur du pendule dont la durée d'oscillation correspond à chaque système d'onde.

M. Guthrie trouve, ainsi, que dans l'auge cylindrique la longueur du pendule isochrone est égale à la demi-longueur des ondes, tandis que dans les auges rectangulaires les ondes correspondent à un pendule dont la longueur serait égale à la longueur d'onde multipliée par  $\frac{2}{\pi}$ . C. DE C.

D<sup>r</sup> JOHN KERR. — A NEW RELATION BETWEEN ELECTRICITY AND LIGHT.... SUR UNE NOUVELLE RELATION ENTRE L'ÉLECTRICITÉ ET LA LUMIÈRE. (Extrait de *Philos. Mag.*, décembre 1875.)

Après avoir constaté que la diélectrisation a pour effet de rendre biréfringents certains corps solides transparents qui ne le sont pas par eux-mêmes, l'auteur a eu l'idée de rechercher s'il en serait de même pour les diélectriques liquides.

Dans ce but, il a dû modifier un peu l'appareil qui avait servi dans ses premières expériences et que nous avons déjà décrit dans un précédent article<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Voir *Archives*, décembre 1875, t. LIV, p. 411.

Le liquide à examiner est renfermé dans une cavité creusée de part en part dans l'épaisseur d'une plaque de verre allongée et à faces parallèles. Cette plaque est fixée entre deux supports de verre dans une position telle que les faces soient verticales et ses longues arêtes horizontales. L'axe de la cavité est perpendiculaire à ces faces et sa longueur égale à l'épaisseur même de la plaque est de  $\frac{3}{4}$  de pouce. Elle a  $\frac{3}{8}$  de pouce de largeur horizontale sur  $\frac{3}{4}$  de pouce de hauteur. Ses faces latérales sont planes, tandis qu'elle est légèrement voûtée à la façon d'un tunnel.

On ferme hermétiquement les deux bouches de cette cavité au moyen de lames de verre de la meilleure qualité à faces parfaitement parallèles et qui sont maintenues contre les ouvertures au moyen de carrés de caoutchouc légèrement serrés par un cadre en bois.

Le liquide est introduit par un canal étroit qui fait communiquer la cavité avec la partie supérieure de la plaque. Enfin l'épaisseur de celle-ci est parcourue par deux autres canaux situés à égale distance de ses deux faces et conduisant depuis les angles supérieurs, de droite et de gauche, en diagonale jusqu'au milieu de la longueur de la cavité. C'est par eux que les deux électrodes en cuivre servant à transmettre l'action électrique pénètrent jusque dans la masse liquide où leurs extrémités arrondies aboutissent tout près l'une de l'autre.

M. Kerr a eu à surmonter d'assez grandes difficultés pratiques, soit pour obtenir les liquides à l'état de pureté parfaite, soit, surtout pour le nettoyage complet de la cavité de la plaque, lorsqu'il s'agissait de remplacer un liquide par un autre.

Quant à la méthode d'expérimentation, elle est, à peu de chose près, la même que dans les expériences précédentes.

La lumière, provenant d'une flamme de paraffine, pénètre dans la cavité après s'être polarisée en traversant un premier prisme de Nicol et, à son sortir de l'appareil, elle rencontre le second prisme analyseur. En interposant entre ce second prisme et le diélectrique le compensateur décrit pré-

cédemment, l'auteur a pu comparer l'effet de la diélectrisation à celui de la compression ou de l'étirement du verre, ce qui lui a fourni les bases de rapprochements curieux entre les corps diélectrisés et la structure cristalline.

La source d'électricité employée dans ces nouvelles recherches était tantôt un inducteur de Rhumkorff, tantôt une machine électrique ordinaire. Dans le premier cas, les deux électrodes pénétrant dans le liquide étaient reliés à la bobine secondaire et dans le second l'un d'eux communiquait avec le conducteur, tandis que l'autre se déchargeait librement.

Les liquides qui ont fait l'objet de ces études sont : le bisulfure de carbone, le benzol, la paraffine et les huiles de kérosène, l'essence de térébenthine, l'huile d'olive, l'huile de ricin.

Lorsque l'action électrique est puissante, il arrive souvent qu'il se produit des décharges brusques à l'intérieur de l'appareil, mais cet accident a peu d'inconvénients, parce qu'il se reconnaît de suite à l'agitation de la masse liquide.

Quelques lignes traduites textuellement du mémoire et se rapportant à une première expérience faite avec le sulfure de carbone feront comprendre la marche générale des phénomènes.

« La chambre étant complètement obscurcie, la lumière d'une flamme étroite est lancée dans le premier prisme de Nicol. Les deux prismes sont séparés par une distance de quatre pieds et le diélectrique est à environ un pied de l'œil de l'observateur. Avant l'extinction par l'analyseur, la lumière qui a franchi le liquide forme une bande verticale étroite et nettement définie à égale distance des deux extrémités des électrodes.

« Le plan de polarisation est à  $45^{\circ}$  sur l'horizon.

« Aussitôt que le conducteur de la machine est chargé, la lumière reparait fixement et très-nettement dans le polariscope qui l'avait totalement éteinte. Dès que le conducteur a été déchargé la lumière disparaît de nouveau complètement et instantanément.

« Si, après avoir rétabli la lumière par l'action électrique, on interpose le compensateur formé d'une étroite lame de

verre comprimé horizontalement, il se produit de nouveau une extinction complète ou tout au moins une grande diminution de l'éclairement. Par contre, l'éclat lumineux est toujours fortement accru par l'interposition d'une lamelle étirée horizontalement.

« Après une extinction totale, il suffit d'un seul tour, même lent, de la machine électrique pour ramener graduellement la lumière qui reprend tout son éclat à la fin d'un tour entier. Dans ce cas, le compensateur à compression horizontale produit une extinction complète. »

Les divers liquides dont s'est servi le D<sup>r</sup> Kerr ne se sont pas tous prêtés également bien à ce genre de recherches.

Six d'entre eux cependant ont fourni des résultats nets et constants. Ce sont le sulfure de carbone, le benzol, la paraffine, les huiles de kérosène, l'huile de térébenthine et l'huile d'olive.

Tous ces liquides deviennent biréfringents dès qu'ils sont diélectrisés. Ils agissent alors sur la lumière comme des cristaux à un axe parallèle aux *lignes de forces*.

L'énergie de cette action biréfringente est loin d'être la même pour tous. Sous ce rapport le plus actif est le bisulfure de carbone, tandis que la paraffine et les huiles de kérosène sont les plus faibles.

Ces divers liquides sont certainement beaucoup moins isolants que le verre. Toutefois, en tenant compte de cette circonstance, certains d'entre eux, tels que les bisulfures de carbone, paraissent lui être supérieurs sous le rapport de l'énergie de leur action biréfringente. En outre, les liquides se distinguent des diélectriques solides par une absence complète de force coercitive, c'est-à-dire par la grande facilité avec laquelle ils peuvent devenir biréfringents à l'instant même de la diélectrisation et cesser de l'être dès que l'influence électrique est supprimée.

D'après le D<sup>r</sup> Kerr, les expériences que nous venons de résumer sont de nature à suggérer les hypothèses suivantes :

1° Les particules des corps diélectrisés ont une tendance à se grouper en files parallèles aux lignes de force.

2° Les changements de structure moléculaire qui résultent de l'action intermittente de l'électricité se produisent avec une certaine difficulté et avec lenteur dans les solides, tandis qu'ils peuvent se succéder rapidement dans les liquides.

3° Les lignes de force, qui coïncident avec les axes des files de particules, représentent des lignes de compression dans toute une classe de diélectriques tels que le verre et des lignes d'extension dans une autre catégorie comprenant le bisulfure de carbone.

C. de C.

E. EDLUND. — DÉMONSTRATION EXPÉRIMENTALE QUE LA RÉSISTANCE GALVANIQUE DÉPEND DU MOUVEMENT DU CONDUCTEUR.

(Mémoire présenté à l'Académie royale des Sciences de Suède le 12 mai 1875, *Svenska Vet. Acad. Handlingar*, tome III, n° 11; *Pogg. Ann.*, 1875, tome CLVI, p. 251.)

Dans la nouvelle théorie qu'il a donnée récemment des phénomènes électriques, M. Edlund est arrivé à la conclusion que la résistance galvanique n'est point indépendante de l'intensité du courant comme on l'a généralement admis jusqu'ici, mais qu'elle doit lui être au contraire proportionnelle. Pour prouver expérimentalement l'exactitude de cette déduction théorique, il a cherché à vérifier l'existence d'un phénomène connexe qui en découle nécessairement, à savoir la variation d'intensité du courant avec le déplacement du conducteur.

En effet, suivant la théorie de M. Edlund l'intensité  $i$  du courant se mesure par la quantité d'éther qui passe pendant l'unité de temps à travers la section  $a$  du conducteur; c'est ce que l'auteur a appelé la mesure mécanique de l'intensité du courant :

$$i = \delta ah$$

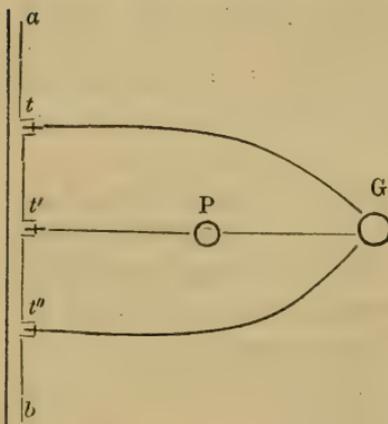
en appelant  $\delta$  la masse de l'éther libre dans l'unité de volume du conducteur, laquelle est constante lorsqu'il s'agit d'un courant galvanique et  $h$  la vitesse de l'éther. On voit par cette expression que, si la résistance est proportionnelle à  $i$ , comme l'indique la théorie de M. Edlund, elle doit nécessairement aussi être proportionnelle à  $h$ , c'est-à-dire à la vitesse

relative des molécules d'éther par rapport aux molécules du conducteur. Si donc le conducteur se déplace dans le même sens que l'éther,  $h$  étant diminué, la résistance doit décroître proportionnellement; elle doit augmenter, au contraire, si le conducteur se déplace dans un sens opposé au mouvement de l'éther.

De plus, on peut voir très facilement que la variation que l'intensité du courant subit par suite de la mise en mouvement du conducteur est proportionnelle à la vitesse de ce mouvement et à la section du conducteur.

Restait à faire la preuve expérimentale de cette variation d'intensité du courant avec le déplacement du conducteur, et c'était là précisément le but du travail dont nous rendons compte ici. Vu les difficultés qu'auraient présenté, pour ces expériences l'emploi de conducteurs solides et la nécessité d'opérer sur des substances qui possèdent une résistance assez grande, l'auteur a pris pour ces observations des liquides, mauvais conducteurs, tels que l'eau ordinaire, l'eau distillée et l'alcool. Ce procédé ne laisse pas toutefois que de présenter certaines complications résultant de la polarisation et de l'inégalité des électrodes ainsi que de la variation que subit cette polarisation par suite du mouvement du liquide.

Après divers essais préliminaires, l'auteur s'est arrêté au procédé suivant :



Un tube cylindrique en verre  $ab$ , rempli du liquide sur lequel on opère, présente trois tubulures équidistantes  $t, t'$  et  $t''$  dans lesquelles pénètrent trois fils d'or portant à leur extrémité une petite rondelle du même métal servant d'électrode.

Le courant d'une pile  $P$  va par le fil d'or à la tubulure  $t'$ , là il se divise

en deux branches qui vont à travers le liquide contenu dans le tube aux tubulures  $t$  et  $t''$  et de là par les deux autres fils au galvanomètre G, puis retournent enfin à la pile. G est un galvanomètre dont les aiguilles, aussi astatiques que possible, sont suspendues à un mince fil d'argent présentant une résistance notable à la torsion et qui a pour effet que la position d'équilibre est presque invariable et indépendante de la position du plan de déclinaison magnétique. Ce galvanomètre présente deux couches de fil, offrant toutes deux le même nombre de tours et la même résistance. Les extrémités de l'une de ces couches étaient reliées aux deux bouts du circuit G P  $t'$  t G, les deux extrémités de l'autre couche aux deux bouts du circuit G P  $t'$   $t''$  G, de manière que les deux courants parcourent le galvanomètre en sens opposé. Toutes les circonstances étant d'ailleurs dans les deux circuits absolument les mêmes, le courant de la pile se divise entre eux en deux parties égales, et l'aiguille du galvanomètre ne reçoit presque pas d'impulsion, parce que leur action sur elle se neutralise parfaitement ; il n'en sera plus de même lorsque la résistance sera modifiée dans l'un ou l'autre de ces circuits ou dans tous les deux.

Cela étant quand le liquide entre en mouvement, par exemple de  $a$  vers  $b$  l'une des deux parties du courant galvanique suit la même direction que le liquide en mouvement, mais l'autre partie va en sens inverse de ce liquide. Si le pôle positif de la pile est relié à  $t'$ , la portion du courant qui va de  $t'$  en  $t''$  est de même sens que le mouvement du liquide, la portion  $t't$  de sens contraire.

Si donc il y a réellement dépendance entre le mouvement du conducteur et l'intensité du courant elle doit se traduire ici par une différence entre les deux moitiés du courant qui traverse l'appareil et par une déviation de l'aiguille du galvanomètre. Or c'est précisément ce qui se produit.

En effet la tubulure intermédiaire  $t'$  étant reliée au pôle  $+$  de la pile, on a observé au galvanomètre dès que le liquide a commencé à couler de  $a$  vers  $b$  une déviation indiquant que la partie du courant  $t' t''$  qui avait la même direction

que le courant liquide avait une plus grande intensité que l'autre. Pour éliminer l'effet de l'inégalité des électrodes et des modifications apportées à leur polarisation par le mouvement du liquide, on pouvait répéter l'expérience en renversant tantôt le sens du mouvement du liquide, tantôt le sens du courant. Le résultat fut toujours le même, c'est-à-dire que le mouvement du liquide eut toujours pour effet d'augmenter l'intensité du courant qui allait dans le même sens que lui et de diminuer l'intensité du courant de sens contraire.

Pour que les déviations soient régulières, il est nécessaire que le liquide employé possède une très-grande résistance. On peut reconnaître sans peine en effet que la déviation galvanométrique qui marque la variation d'intensité résultant du déplacement du liquide conducteur est presque indépendante de la résistance de ce liquide. Sans diminuer cette déviation on peut donc, en choisissant un liquide doué d'une résistance suffisante, éliminer presque complètement l'influence perturbatrice de la polarisation.

L'auteur a fait un grand nombre d'expériences avec de l'eau distillée ou de l'alcool additionné d'eau. Le liquide qui s'écoulait d'un réservoir en cuivre renfermant de l'air fortement comprimé à sa partie supérieure traversait le tube d'expérience avec une vitesse moyenne de  $9^m$  à  $10^m,5$  par seconde. Ce tube avait  $5^{mm},5$  de diamètre et  $270^{mm}$  de longueur totale; l'intervalle entre les tubulures était de  $70^{mm}$ . La pile employée se composait de deux éléments de Daniell. Un essai préalable servait à constater dans chaque cas que le seul fait du mouvement du liquide ne produisait aucun courant galvanique sensible au galvanomètre.

Les deux séries d'expériences exécutées de la sorte avec de l'eau distillée et de l'alcool contenant  $24\%$  d'eau furent parfaitement concordantes et conduisirent toutes deux au résultat qui a déjà été indiqué ci-dessus.

M. Edlund fit une troisième série d'expériences sur l'eau de l'aqueduc de Stockholm. Cette eau présente une conductibilité 50 fois plus grande que celle de l'eau distillée. La po-

larisation étant par ce fait beaucoup plus forte, il fallut prendre des précautions spéciales pour qu'elle n'influat pas sur la direction des déviations. On avait soin en particulier, avant de faire l'expérience, de laisser passer le courant pendant un temps suffisant pour que la polarisation des électrodes fût complète, et de plus de prendre un courant faible (2 couples Daniell). Le tube d'expérience était vissé à un robinet de l'aqueduc, la quantité de liquide qui le traversait était dans ce cas illimitée, la vitesse d'écoulement plus régulière, et les déviations au galvanomètre plus constantes. La direction de ces déviations concorda toujours dans cette série avec les résultats des séries précédentes, démontrant de même que la résistance galvanique de la colonne d'eau est plus petite, quand le courant d'eau et le courant galvanique suivent la même direction et par conséquent plus grande, quand ils vont dans deux directions opposées. Ces déviations sont diminuées du reste par le fait de la polarisation et ne donnent point la mesure exacte de la modification que subit la résistance galvanique par suite du déplacement du conducteur.

Enfin M. Edlund a contrôlé encore ces résultats au moyen d'une seconde méthode qui consistait à faire passer à travers la colonne liquide des courants alternants égaux, se succédant avec une grande rapidité, de manière à éliminer la polarisation. Tant que ces courants étaient en effet égaux il n'y avait point de déviation au galvanomètre, mais aussitôt que la colonne liquide était mise en mouvement, on obtenait toujours une déviation dont la direction indiquait que le plus fort des courants alternants était celui qui suivait la même direction que le courant du liquide.

*Ces deux méthodes d'observation indépendantes ont conduit par conséquent au même résultat final, prévu par la théorie de M. Edlund, savoir que la résistance galvanique diminue, si le conducteur se meut dans la même direction que le courant galvanique et augmente au contraire, si les deux courants suivent des directions opposées.*

E. S.

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE

S.-H. SCUDDER. — FOSSIL BUTTERFLIES.... PAPILLONS FOSSILES.  
(*Memoirs of the American Association for the advancement of Science*, I. Salem, 1875.)

Quoique cette monographie soit écrite et publiée en Amérique, les matériaux qui y sont décrits appartiennent aux gisements européens et se trouvent dans les collections d'Aix, Marseille, Zurich, Paris, Londres, Vienne. Dans un volume quarto d'une centaine de pages accompagné de 3 planches bien exécutées, l'auteur nous donne un résumé de ce qui a paru jusqu'à présent sur les papillons fossiles, avec copieuses citations en français et en allemand des écrits de MM. Heer, de Saporta, etc., et il y joint le résultat de ses propres recherches qui consistent surtout en la description de deux espèces nouvelles et un transfert de cinq espèces d'un genre dans un autre. La liste des papillons connus est très-courte; il n'y en a encore que neuf, savoir 3 *Nymphales*, 4 *Papilionidæ* et 2 *Urbicolæ*; en voici du reste les noms:

- 1 *Neorinopsis* (*Cyllo*) *sepulta*, Butl. Éocène sup. d'Aix.
- 2 *Lethites* (*Satyrites*) *Reynesii*, Scudd. Éocène sup. d'Aix.
- 3 *Eugonia* (*Sphinx*) *atava*, Scudd. Miocène moy. de Radoboj.
- 4 *Milothrites* (*Vanessa*) *Pluto*, Scudd. Miocène moy. de Radoboj.
- 5 *Coliates* *Proserpina*, Scudd. Éocène sup. d'Aix.
- 6 *Pontia* (*Pierites*) *Freyeri*, Scudd. Miocène moy. de Radoboj.
- 7 *Thaites* *Ruminiana*, Heer. Éocène sup. d'Aix.
- 8 *Thanatites* (*Vanessa*) *vetula*, Scudd. Miocène inf. de Rott.
- 9 *Pamphilites* *abdita*, Scudd. Éocène sup. de Marseille.

Trois ailes ou fragments d'ailes ont été décrites comme appartenant à des papillons, sous les noms de *Cyllonium Boisduvalianum*, Westw. et *C. Hewitzonianum*, Westw. du Purbeck d'Angleterre, et *Paleontina volitica*, Butl. des calcaires de Stonesfield; M. Scudder pense que ces restes ne sont pas ceux des Lépidoptères.

Comparant les espèces éteintes avec les formes vivantes

qui s'en rapprochent le plus, l'auteur trouve que trois sur cinq des papillons d'Aix ont leurs analogues dans la région Indo-Malaise, une est très voisine de formes vivant dans l'Amérique tropicale, tandis que la dernière, le *Thaites Ruminiana* est représentée par le genre *Thais* qui se trouve dans la région méditerranéenne dont Aix fait partie.

Le *Thanatites vetula* de l'Aquitainien est très voisin des *Thanaos* très répandus dans la zone tempérée de l'hémisphère nord et principalement dans le Nouveau Monde.

Le Miocène moyen ou Mayencien n'a donné que trois espèces, dont l'une appartient à un genre éteint, dont les formes vivantes les plus rapprochées se trouvent dans l'Afrique tropicale et les régions Indo et Australo-Malaise. Les deux autres appartiennent à des genres encore existant (*Pontia* et *Eugonia*), dont la distribution est semblable à celle des *Thanaos*.

Le lecteur trouvera aussi dans le mémoire de M. Scudder une discussion sur la comparaison de ces résultats avec ceux auxquels conduit l'étude des flores tertiaires; mais il me semble que le nombre des Lépidoptères connus est réellement beaucoup trop petit pour pouvoir servir à des considérations étendues sur ce sujet. Enfin, un chapitre spécial est consacré à rechercher quelles plantes servaient probablement de nourriture aux chenilles tertiaires. M. D.

### BOTANIQUE.

D<sup>r</sup> Paul SAGOT. — SUR LA GERMINATION DES GRAINES SEMÉES AVANT LEUR MATURITÉ. (Extrait du *Bulletin de la Société botanique de France*, Mars 1874.)

M. le D<sup>r</sup> Sagot a fait d'intéressantes observations sur la germination des graines qui n'ont pas encore atteint leur maturité complète, mais dont l'embryon est cependant déjà formé.

L'appréciation du degré de maturité d'une graine n'est malheureusement pas chose des plus faciles. Il arrive souvent qu'une graine de petite dimension ou n'ayant pas sa couleur normale est cependant déjà tout à fait formée. Le moyen le plus sûr de mesurer le degré de non-maturité consisterait à

l'évaluer en fractions du temps nécessaire au développement complet des graines de chaque espèce.

Pour simplifier, M. Sagot s'est contenté d'estimer le poids des graines non mûres qu'il semait, en fractions du poids de graines mûres de même espèce.

Il semait donc dans de bonnes conditions de terrain, de température et d'humidité des graines pesant  $\frac{1}{2}$ , ou  $\frac{1}{3}$ , ou  $\frac{1}{5}$ , etc. de ce qu'elles auraient pesé à maturité complète.

En général, il a trouvé que les graines les moins mûres sont celles qui germent le plus lentement. Les jeunes plantes qui en résultent restent, il est vrai, assez longtemps chétives, mais elles finissent pourtant par reprendre leur vigueur normale.

Il n'y a pas de poids minimum au-dessous duquel une graine cesse de germer et qui soit général à toutes les espèces. Ainsi le *Polygonum orientale*, d'après M. Sagot, ne peut germer au  $\frac{1}{4}$  de son poids normal, tandis que le *Pisum sativum* germe encore au  $\frac{1}{10}$  et  $\frac{1}{12}$  de ce poids.

Enfin, il a fait germer avec succès des graines de blé récoltées en juillet, encore vertes et à prisperme laiteux, ce qui confirme les observations de plusieurs praticiens, et en particulier celles de M. Duval-Jouve.

---

D<sup>r</sup> E. WARMING. — DES RACINES DU NEOTTIA NIDUS AVIS LIN.

Le fait que les racines de certaines plantes se transforment parfois en bourgeons à feuilles est déjà connu depuis longtemps et mentionné dans la plupart des traités de botanique. Il a été signalé pour la première fois par Vaucher qui l'observa chez le *Neottia nidus avis*, espèce de la famille des Orchidées. Cette observation, confirmée depuis par plusieurs botanistes et en particulier par M. Prilleux, a été contestée par M. Drude. Il est vrai que ce mode de ramification n'a lieu qu'accidentellement chez le *Neottia*, en sorte qu'il peut fort bien avoir échappé à un observateur attentif.

M. Warming, qui a étudié de nouveau cette question, confirme pleinement l'existence de cette transformation curieuse, dont il a reproduit les phases successives dans une planche détaillée.

C. de C.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1875.

- 
- Le 2, bise assez forte pendant quelques heures de la soirée.  
 3, idem.  
 4, forte bise tout le jour.  
 5, idem.  
 6, forte bise dans la soirée.  
 7, très-forte bise tout le jour ; quelques flocons de neige à midi.  
 8, forte bise le matin.  
 9, bise assez forte pendant quelques heures de la soirée.  
 10, bise assez forte pendant quelques heures de la matinée.  
 12, brouillard le soir ; couronne lunaire le soir.  
 13, brouillard à différentes reprises.  
 15, brouillard depuis midi.  
 16, brouillard épais tout le jour.  
 17, idem.  
 18, idem, neige et grésil le matin.  
 19, brouillard jusqu'au soir ; la pluie commence tard dans la soirée.  
 20, pluie dans la nuit et le matin ; brouillard.  
 21, pluie le matin ; brouillard le soir.  
 22, brouillard le soir.  
 24, idem.  
 25, brouillard tout le jour.  
 26, brouillard le matin.  
 27, gelée blanche le matin ; ciel très-clair, forte bise depuis 10 heures matin.  
 28, gelée blanche le matin.  
 29, brouillard le matin et le soir.  
 30, forte bise depuis 2 heures après midi jusqu'au soir ; les nuages indiquaient dès le matin à 8 heures une forte bise dans les régions supérieures, le vent soufflant encore du Sud à la surface de la terre.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 <sup>er</sup> à 6 h. soir .....	718,11	Le 5 à 6 h. matin .....	713,70
8 à 10 h. matin.....	731,00	9 à 4 h. après midi .....	729,27
10 à 10 h. matin .....	732,26	11 à 4 h. après midi .....	728,82
16 à 10 h. matin .....	734,26	19 à 4 h. après midi .....	728,02
25 à 10 h. matin .....	738,93	27 à 6 h. matin .....	733,57
28 à 4 h. après midi.....	737,42	30 à 2 h. après midi .....	731,07
31 à 10 h. soir.....	734,07		

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.	Midi.			Écart avec la temp. normale.	cm	
1	717,81	-9,30	2,44	4,76	2,8	1,2	2,97	-1,61	740	810	...	...	E.	1	1,00	7,3	-0,9	163,7	
2	717,08	-10,07	1,96	4,15	3,1	0,4	3,27	-1,28	750	940	...	...	NE.	1	1,00	7,3	-0,9	158,5	
3	745,40	-11,78	2,54	4,50	3,3	1,9	3,15	-1,37	790	880	...	...	NNE.	1	1,00	6,9	-1,1	156,3	
4	715,07	-12,15	3,37	5,31	4,1	2,2	2,64	-1,85	680	800	...	...	NE.	2	1,00	6,7	-1,2	155,6	
5	714,38	-12,87	4,66	6,48	5,7	3,1	2,43	-2,03	769	840	...	...	NE.	3	0,96	...	...	155,0	
6	722,09	-5,20	4,13	5,83	7,1	4,0	2,39	-1,84	772	930	...	...	NE.	3	1,00	6,4	-1,2	148,9	
7	726,73	-0,60	5,38	6,95	6,6	4,0	2,31	-2,09	768	820	...	...	NE.	3	1,00	5,8	-1,7	148,2	
8	730,54	3,18	6,28	7,74	8,2	4,4	2,19	-2,18	779	860	...	...	NNE.	2	0,64	5,5	-1,9	145,8	
9	729,93	2,53	3,00	4,35	7,2	1,4	2,96	-1,38	787	820	...	...	variable	0,79	0,79	6,2	-1,4	143,0	
10	731,49	4,06	3,56	4,79	5,9	2,0	2,64	-1,67	760	830	...	...	NE.	1	0,58	5,7	-1,5	141,5	
11	732,42	1,95	4,70	5,83	9,5	0,8	2,69	-1,59	812	960	...	...	SO.	1	0,66	5,7	-1,4	138,9	
12	730,11	2,60	1,09	2,11	5,3	1,8	3,73	-0,51	863	950	...	...	SO.	1	0,89	...	...	137,8	
13	730,40	2,86	1,19	0,27	1,6	6,6	4,19	-0,02	834	960	...	...	SSO.	1	0,78	6,1	-0,9	137,3	
14	731,51	3,93	0,07	0,76	1,6	1,9	3,84	-0,34	830	860	...	...	E.	1	1,00	6,1	-0,8	137,0	
15	733,49	5,87	1,42	2,16	2,5	0,2	3,85	-0,30	931	960	...	...	E.	1	1,00	5,9	-0,9	133,5	
16	733,47	5,83	3,06	3,71	4,6	1,5	3,55	-0,58	920	1000	...	...	SSE.	1	1,00	5,7	-1,0	133,8	
17	730,43	2,77	2,83	3,39	5,1	1,3	3,72	-0,39	992	1000	...	...	SE.	1	1,00	5,6	-1,0	130,1	
18	728,79	1,11	0,51	1,01	2,2	1,2	4,24	+0,15	959	980	...	0,8	1	1,00	5,8	-0,7	131,5		
19	728,46	0,76	1,96	2,35	2,6	0,6	3,89	-0,19	987	1000	...	...	SE.	1	1,00	...	...	131,0	
20	729,84	2,13	1,47	1,16	2,6	4,2	3,08	+1,01	970	930	...	8,9	12	0,96	3,7	-0,7	129,8		
21	733,20	5,48	4,53	4,29	0,8	8,6	5,92	+1,86	927	830	...	1,2	3	0,91	5,8	-0,5	128,3		
22	734,17	6,44	5,30	5,14	0,7	10,7	5,78	+1,72	853	630	...	...	NO.	1	0,77	5,8	-0,4	129,6	
23	735,76	8,02	6,99	6,90	4,9	10,2	6,33	+2,31	834	770	...	0,4	...	variable	0,96	0,0	125,5		
24	737,42	9,66	3,75	3,72	2,1	6,5	5,49	+1,38	904	960	...	...	NNE.	1	0,63	6,1	-0,2	124,3	
25	738,11	10,34	0,52	0,51	1,0	3,1	4,83	+0,78	998	1000	...	...	SSO.	1	0,92	5,7	-0,3	126,2	
26	736,15	8,36	2,05	2,13	1,4	5,4	4,60	+0,56	861	670	...	...	variable	0,58	...	...	...	125,0	
27	733,96	6,46	2,11	2,24	0,5	4,9	4,10	+0,06	774	650	...	...	NE.	2	0,02	5,9	+0,1	124,2	
28	736,77	8,95	0,04	0,15	2,2	3,5	3,68	-0,36	813	710	...	...	SE.	1	0,42	5,9	+0,1	123,5	
29	735,11	7,28	0,63	0,39	2,8	1,2	3,85	-0,19	879	950	...	...	variable	0,79	0,79	5,8	+0,1	122,0	
30	731,80	3,95	1,80	2,08	2,0	5,8	4,52	+0,49	842	720	...	...	N.	2	0,54	5,9	+0,2	120,2	
31	733,12	5,25	0,93	1,25	4,5	3,2	3,99	-0,04	822	760	...	...	variable	0,88	0,88	5,8	+0,2	119,6	

## MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1875.

6 h. m. 8 h. m. 10 h. m. Midi. 2 h. s. 4 h. s. 6 h. s. 8 h. s. 10 h. s.

**Baromètre.**

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	721,46	721,90	722,34	722,03	721,78	722,09	722,50	722,68	722,90
2 <sup>e</sup> »	730,52	730,75	731,15	730,67	730,15	730,23	730,40	730,64	730,69
3 <sup>e</sup> »	734,79	735,06	735,61	735,11	734,69	734,84	734,99	735,16	735,13
Mois	729,11	729,43	729,89	729,46	729,06	729,24	729,48	729,68	729,75

**Température.**

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	4,23	4,19	3,68	2,93	2,66	2,92	3,36	3,76	4,14
2 <sup>e</sup> »	2,74	2,73	1,32	0,04	+ 0,42	+ 0,06	- 0,26	- 0,83	- 1,09
3 <sup>e</sup> »	+ 1,46	+ 1,43	+ 2,43	+ 3,73	+ 4,81	+ 4,21	+ 2,99	+ 2,36	+ 1,68
Mois	- 1,73	- 1,72	- 0,75	+ 0,36	+ 0,98	+ 0,57	- 0,11	- 0,64	- 1,09

**Tension de la vapeur.**

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	2,72	2,65	2,71	2,78	2,84	2,74	2,79	2,71	2,72
2 <sup>e</sup> »	3,62	3,61	3,77	3,95	4,04	4,06	4,05	4,02	4,00
3 <sup>e</sup> »	4,62	4,69	4,87	4,95	5,04	5,05	4,87	4,85	4,71
Mois	3,69	3,68	3,82	3,93	4,01	3,99	3,93	3,89	3,84

**Fraction de saturation en millièmes.**

1 <sup>re</sup> décade	815	785	772	749	750	735	774	779	804
2 <sup>e</sup> »	955	950	902	864	847	876	891	923	939
3 <sup>e</sup> »	896	909	878	821	777	802	846	880	902
Mois	889	883	852	812	791	804	837	861	882

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	° 5,40	° 1,88	0,88	+ 6,42	mm —	cm 151,65
2 <sup>e</sup> »	— 3,76	+ 1,13	0,93	+ 5,82	9,7	134,07
3 <sup>e</sup> »	— 0,17	+ 5,74	0,67	+ 5,86	4,6	124,40
Mois	— 3,02	+ 1,79	0,82	+ 6,04	11,3	139,54

Dans ce mois, l'air a été calme 3,58 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,23 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 54°, 2 E., et son intensité est égale à 41,05 sur 100.

## TABLEAU

DES

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1875.

- Le 2, brouillard depuis 10 heures du matin.  
 3, neige dans la nuit du 2 au 3; brouillard le matin, clair le soir.  
 4, brouillard et forte bise l'après-midi et le soir.  
 5, brouillard et forte bise le matin.  
 7, 8, 9, 10, ciel très-clair.  
 11, clair le matin, brouillard et forte bise le soir.  
 12, brouillard et forte bise, surtout le matin.  
 13, 14, 15, 16, ciel très-clair.  
 18, 19, idem.  
 20, neige et brouillard jusqu'à 6 heures du soir; le ciel s'éclaircit plus tard.  
 21, brouillard et forte bise au milieu du jour.  
 23, clair le matin; brouillard depuis 2 heures après midi.  
 25, forte bise le soir.  
 26, forte bise presque tout le jour.  
 27, 28, 29, ciel très-clair.  
 30, brouillard tout le jour.  
 31, ciel très-clair.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à 6 h. soir.....	552,05	Le 1 à 2 h. après midi.....	550,57
9 à 10 h. soir.....	560,43	5 à 6 h. matin.....	543,99
15 à 10 h. soir.. ..	567,05	11 à midi.....	558,64
22 à 10 h. soir.....	570,99	18 à 6 matin.....	562,33
28 à 6 h. soir.....	568,20	27 à midi.....	564,85
31 à 10 h. soir.....	564,81	30 à 8 h. matin.....	562,83

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
1	550,79	-11,16	550,57	551,14	0	-1,30	-11,0	5,0	.....	.....	.....	SO.	0,38
2	551,66	-10,27	551,27	552,03	-11,16	-4,36	-12,0	-10,0	.....	.....	.....	SO.	0,92
3	549,09	-12,82	548,36	549,82	9,85	2,97	-13,5	7,7	100	11,0	.....	variable	0,43
4	546,00	-15,89	545,60	546,46	14,01	7,05	-17,4	10,6	.....	.....	.....	NE.	0,68
5	544,98	-16,89	543,99	546,63	16,19	9,15	-18,2	13,4	.....	.....	.....	NE.	0,46
6	552,14	-9,71	549,34	553,25	-12,47	5,38	-13,9	10,7	.....	.....	.....	variable	0,21
7	556,39	-5,43	554,95	557,92	9,93	2,74	-11,0	7,3	.....	.....	.....	NE.	0,03
8	559,18	-2,62	558,54	559,43	-10,44	3,15	-11,2	9,0	.....	.....	.....	NE.	0,00
9	559,71	-2,07	559,22	560,43	10,97	3,60	-13,0	7,8	.....	.....	.....	NE.	0,02
10	559,90	-1,86	559,70	560,30	-15,59	8,15	-16,7	13,9	.....	.....	.....	NE.	0,02
11	559,04	-2,70	558,64	559,61	-14,42	6,91	-15,9	13,0	.....	.....	.....	NE.	0,40
12	560,98	-0,74	559,44	562,30	-11,14	3,56	-14,2	8,4	.....	.....	.....	NE.	0,72
13	563,20	-1,50	562,92	564,31	7,78	0,13	-10,5	4,1	.....	.....	.....	NE.	0,03
14	565,17	-3,49	564,53	565,91	-4,58	3,14	-5,3	3,1	.....	.....	.....	NE.	0,00
15	566,42	-4,76	565,63	567,05	4,16	3,62	-5,0	2,6	.....	.....	.....	NE.	0,00
16	566,33	-4,69	565,74	567,02	-4,17	3,67	-6,5	0,8	.....	.....	.....	NE.	0,00
17	563,53	-1,90	562,94	564,31	6,44	1,46	-7,8	3,7	.....	.....	.....	NE.	0,28
18	562,56	-0,95	562,33	562,89	-6,82	1,14	-7,6	4,8	.....	.....	.....	NE.	0,09
19	562,74	-1,15	562,42	563,39	8,40	0,38	-9,2	6,7	.....	.....	.....	NE.	0,03
20	564,02	-0,01	563,45	564,82	8,09	0,01	-8,5	7,1	.....	10,4	.....	SO.	0,80
21	567,73	-6,17	565,45	569,82	2,70	5,43	-5,4	0,7	.....	.....	.....	NE.	0,61
22	570,51	-8,96	569,99	570,99	-2,73	10,91	0,0	8,5	.....	.....	.....	NE.	0,51
23	570,51	-8,96	569,99	570,44	2,73	6,37	2,7	0,4	.....	.....	.....	NE.	0,59
24	570,32	-8,81	570,18	570,72	5,24	3,04	-6,3	3,7	.....	.....	.....	NE.	0,16
25	569,30	-7,71	568,72	569,82	7,25	4,08	-8,9	6,0	.....	.....	.....	NE.	0,33
26	566,89	-5,66	566,19	567,96	8,17	0,20	-9,4	6,8	.....	.....	.....	NE.	0,30
27	565,10	-3,64	564,85	565,78	-10,27	1,86	-11,5	8,8	.....	.....	.....	NE.	0,13
28	567,50	-6,06	566,27	567,80	7,61	1,84	-9,8	5,0	.....	.....	.....	NE.	0,00
29	566,04	-4,62	564,69	567,86	-6,47	1,02	-9,2	6,0	.....	.....	.....	NE.	0,10
30	566,33	-4,93	565,83	564,20	9,70	1,17	-10,7	8,0	.....	.....	.....	NE.	0,97
31	564,30	-2,92	563,88	564,81	8,91	0,34	-11,2	7,2	.....	.....	.....	NE.	0,06

Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

## MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1875.

6 h. m. 8 h. m. 10 h. m. Midi. 2 h. s. 4 h. s. 6 h. s. 8 h. s. 10 h. s.

**Baromètre.**

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	552,35	552,69	552,96	552,96	552,93	553,12	553,37	553,48	553,57
2 <sup>e</sup> »	563,05	563,28	563,39	563,33	563,31	563,46	563,64	563,81	563,89
3 <sup>e</sup> »	567,30	567,43	567,52	567,43	567,30	567,41	567,59	567,55	567,66
Mois	561,11	561,34	561,49	561,44	561,38	561,53	561,73	561,80	561,90

**Température.**

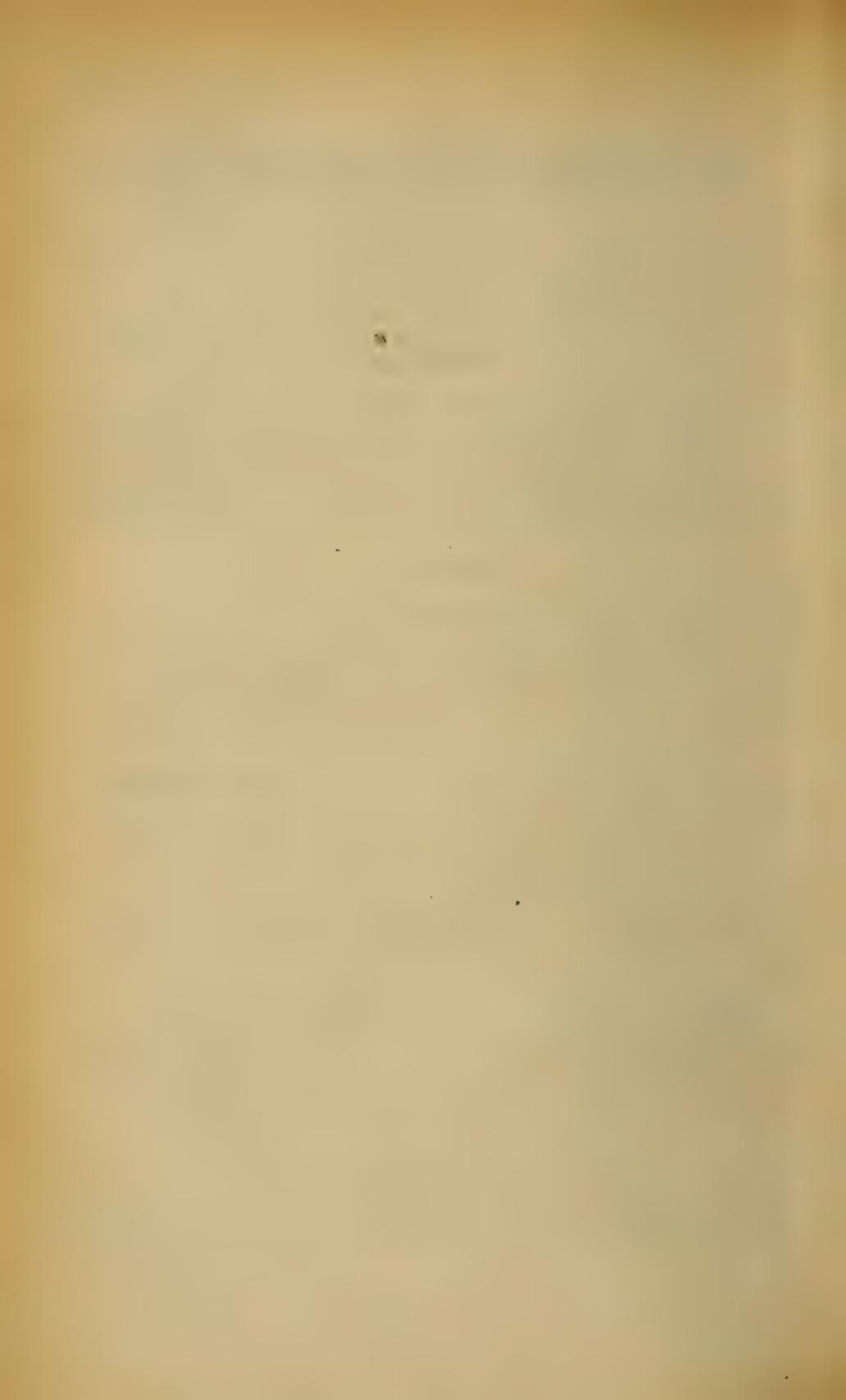
1 <sup>re</sup> décade	—12,23	—11,90	—11,54	—9,85	—10,20	—12,34	—12,74	—12,57	—12,46
2 <sup>e</sup> »	—8,23	—8,66	—7,85	—6,49	—5,88	—7,62	—7,90	—7,53	—7,28
3 <sup>e</sup> »	—6,71	—6,71	—5,07	—4,34	—4,99	—6,02	—6,06	—6,34	—6,35
Mois	—8,98	—9,01	—8,05	—6,81	—6,96	—8,57	—8,81	—8,73	—8,62

	Min. observé.*	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	—13,79	—9,56	0,30	mm 11,0	mm 100
2 <sup>e</sup> »	—9,05	—5,43	0,24	10,4	150
3 <sup>e</sup> »	—7,75	—4,01	0,34	—	—
Mois	—10,12	—6,26	0,29	21,4	250

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

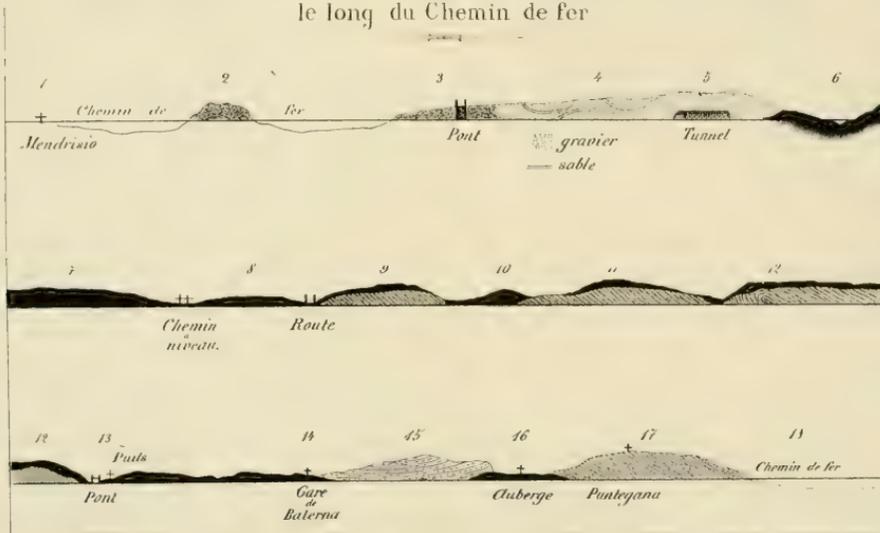
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 7,30 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 83,51 sur 100.





COUPE prise entre MENDRISIO & CHIASSO, Canton du Tessin,  
le long du Chemin de fer



Terrain tertiary  
ou crétacé

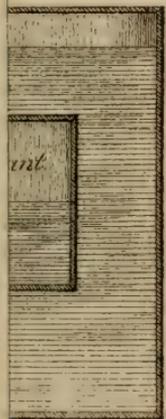
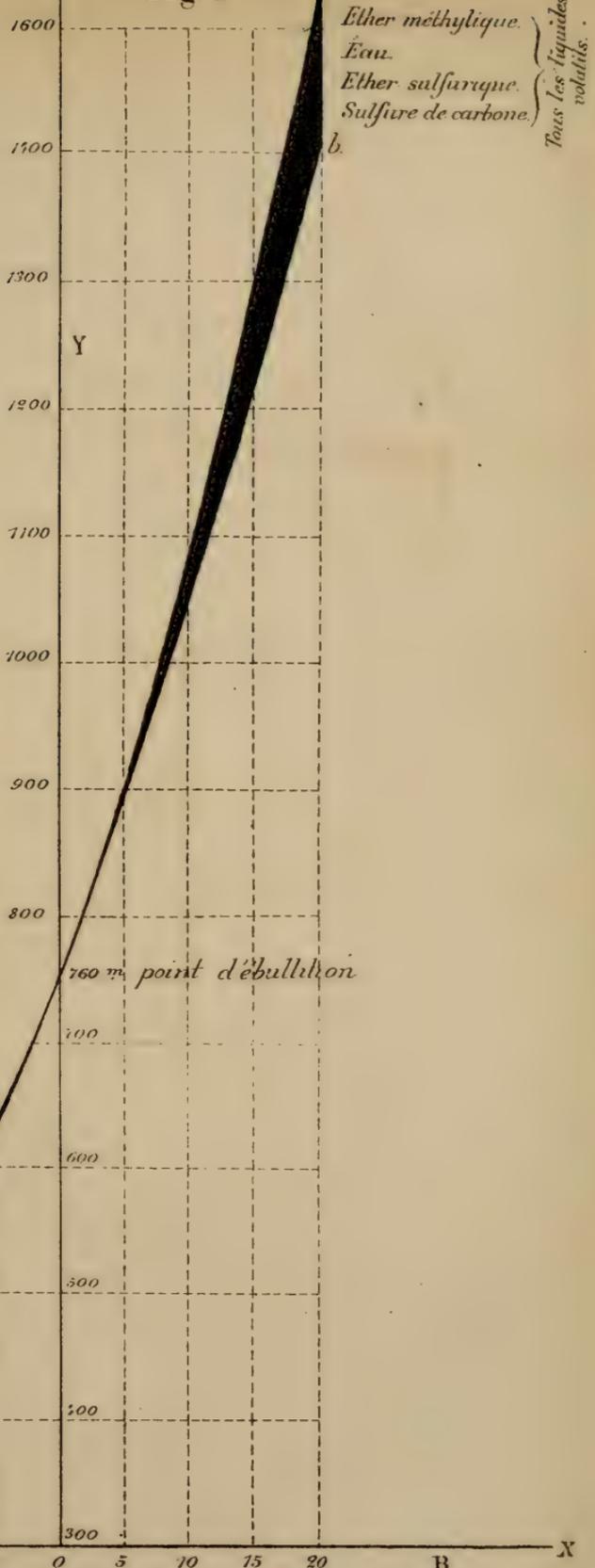
Alluvion  
ancienne

Terrain  
glaciaire

Gravier  
Gravier  
stratifié

Post-glaciaire

Fig. 2



*a.*

*b.*

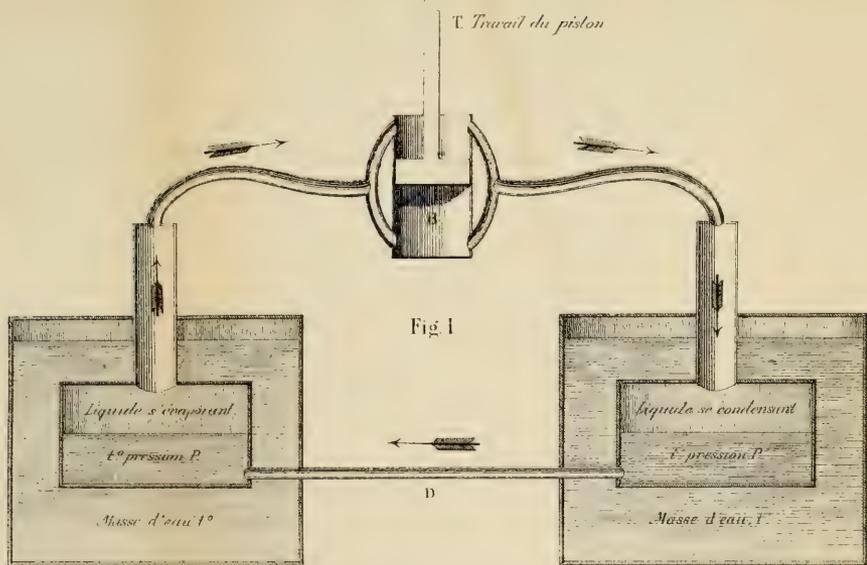
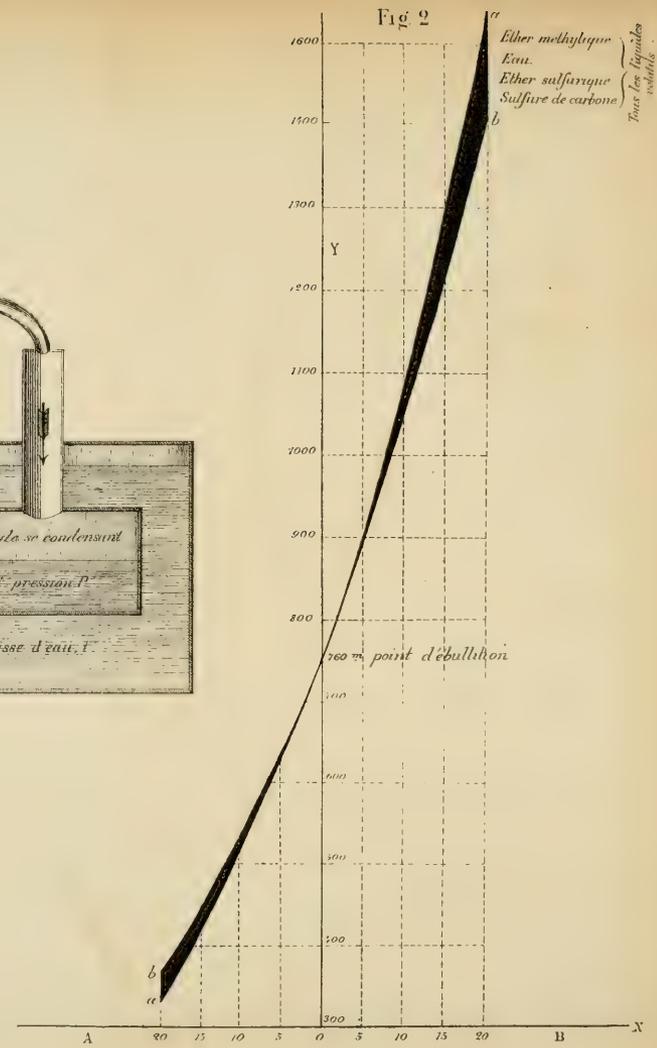


Fig 1

Dans la Fig 2, la droite A. B. des abscisses ou des températures devrait couper l'axe des Y ou des pressions au point C. Pour la figure, nous la faisons passer au point 300 ce qui ne change rien à la courbe



SUR LES  
CHALEURS SPÉCIFIQUES DES SOLUTIONS SALINES

PAR

**M. C. MARIGNAC**

---

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève,  
dans sa séance du 3 février 1876.)

---

Bien que la science possède déjà un certain nombre de données relatives à la chaleur spécifique des solutions salines, cependant soit que ces déterminations ne soient pas encore suffisamment nombreuses, soit qu'elles ne se rapportent pas à des substances formant des séries parallèles, il ne semble pas que l'on puisse répondre avec une entière certitude aux deux questions suivantes qui offrent cependant quelque intérêt :

Ces chaleurs spécifiques sont-elles tellement liées à la nature des acides et des bases qu'elles forment des séries exactement parallèles, de telle sorte que l'on puisse les calculer au moins approximativement, comme on peut le faire pour les densités, lorsqu'on a déterminé, par d'autres sels, l'influence séparée de la base et de l'acide, ou bien varient-elles d'un sel à un autre, par des causes indépendantes de la nature de la base et de l'acide ?

Dans le cas où cette dernière alternative serait établie, y aurait-il une relation entre les variations de la chaleur spécifique des solutions et quelque autre propriété des sels, en particulier leur tendance à former des hydrates définis et cristallisables ?

C'est dans le but de pouvoir répondre à ces questions que j'ai entrepris un travail assez étendu sur les chaleurs spécifiques des solutions. Ces déterminations ont été faites de la manière suivante.

Un vase cylindrique en platine renfermant 170 gr. d'eau, ou une quantité équivalente d'une solution saline, est suspendu au milieu d'un cylindre en fer blanc, entouré lui-même d'une seconde enveloppe. On fait circuler entre les deux enveloppes un courant d'eau venant d'un réservoir dont la température est toujours inférieure à celle du laboratoire, en sorte qu'il est facile, en réglant la vitesse, de maintenir la température de cette enceinte à un degré tel que le thermomètre plongé dans l'eau du vase intérieur servant de calorimètre n'éprouve aucune variation sous l'influence du rayonnement et de l'évaporation. Ce thermomètre est divisé en  $\frac{1}{50}$  de degré; la lecture au moyen d'une lunette horizontale permet, avec quelque habitude, d'apprécier assez exactement le  $\frac{1}{500}$  de degré.

Comme source de chaleur, j'emploie un ballon en platine très-mince, d'une capacité d'environ 50 cent. cubes, dans lequel j'introduis 27 gr. d'eau. Un thermomètre divisé en  $\frac{1}{10}$  de degrés, plonge dans l'eau de ce ballon, qu'il ferme exactement au moyen d'un tube de caoutchouc serré entre la tige du thermomètre et la tubulure du ballon.

Pour procéder à l'expérience, on verse dans le calorimètre 170 grammes d'eau à une température un peu inférieure à celle que l'on estime pouvoir demeurer stationnaire sous l'influence du rayonnement et de l'évaporation, et on l'amène peu à peu à devenir complètement stationnaire en touchant le vase de temps en temps avec la

main. C'est la partie délicate, mais la plus essentielle de l'opération ; elle exige beaucoup de temps les premières fois. Mais quand on répète ces expériences tous les jours, pendant près de deux années, comme je l'ai fait, on finit par en prendre une telle habitude qu'on arrive assez rapidement à réaliser cette condition. Il y a un grand avantage à ce que la température du laboratoire soit aussi constante que possible, car alors on peut faire rapidement succéder les expériences les unes aux autres en se remettant toujours dans les mêmes conditions.

Lorsqu'on a constaté que la température du calorimètre ne varie plus, même en agitant le thermomètre pour mélanger les diverses couches d'eau, on chauffe le ballon à deux ou trois degrés au-dessus de la température à laquelle on veut le plonger dans le calorimètre et on suit la marche du thermomètre intérieur, en agitant continuellement le ballon jusqu'à l'instant où il marque la température voulue. En général je portais cette température à 32 degrés au-dessus de celle du calorimètre. A cet instant on plonge le ballon dans le calorimètre et on l'agite, tout en suivant la marche du thermomètre du calorimètre pour noter le maximum de température auquel il parvient. La durée de l'expérience, depuis l'instant où l'on plonge le ballon dans le calorimètre jusqu'au maximum, est d'environ une minute et demie, et la variation de température du calorimètre, dans les conditions où j'opérais, de cinq degrés environ.

Après une expérience faite ainsi sur l'eau, j'en fais une semblable en remplaçant celle-ci dans le calorimètre par la solution saline dont je veux déterminer la chaleur spécifique. Une première observation fait connaître très-approximativement quel poids il faut prendre de cette solu-

tion pour qu'elle équivale aux 170 grammes d'eau. En opérant ensuite sur ce poids, et en intercalant entre ces essais quelques expériences sur l'eau pure, on peut facilement réunir dans la journée deux séries de cinq ou six observations chacune, l'une sur l'eau, l'autre sur la solution saline, faites toutes dans les mêmes conditions, de telle sorte que, soit les variations de température observées, soit les limites extrêmes de ces températures, diffèrent au plus de quelques centièmes de degré. Ces conditions dispensent de toute correction pour l'influence du rayonnement, puisqu'elle s'exerce exactement de la même manière sur l'eau et sur la solution saline, en même temps qu'elles écartent presque complètement les erreurs qui pourraient provenir d'un défaut de graduation des thermomètres ou d'un manque de concordance entre les deux thermomètres <sup>1</sup>.

En opérant comme je viens de le dire, on obtient la chaleur spécifique des solutions pour les températures comprises entre celle de l'enceinte et cinq degrés au-dessus, soit, pour la moyenne de mes expériences entre 19 et 24°. Mais on peut aussi renverser les conditions de l'observation, en laissant toujours 170 grammes d'eau dans le calorimètre, et en substituant aux 27 grammes d'eau contenus dans le ballon intérieur une quantité équivalente de la solution saline. On obtient ainsi la chaleur spécifique moyenne entre 21 et 52 degrés.

J'ai fait les déterminations les plus nombreuses par ce dernier procédé qui n'exige pas une quantité considérable des solutions. Cependant j'ai tenu à appliquer les deux

<sup>1</sup> Voir, pour plus de détails, un mémoire précédent sur le même sujet : *Archives*, novembre 1870, t. XXXIX, p. 217.

méthodes à un certain nombre de sels pour constater la variation qu'éprouvent, avec la température, les chaleurs spécifiques des solutions. D'ailleurs les résultats obtenus dans ces deux conditions se contrôlent réciproquement et leur comparaison peut faire juger du degré d'approximation auquel on parvient. D'après l'ensemble de mes observations, et par la comparaison des résultats obtenus pour plusieurs solutions dont j'ai repris les chaleurs spécifiques à plusieurs reprises et à des époques différentes, je crois que la plupart des déterminations doivent être exactes à moins de 0,002, sans nier toutefois que dans quelques cas rares l'erreur puisse atteindre 0,003 dans certains jours où la température du laboratoire n'a pas pu être maintenue assez constante.

Autant que la solubilité des sels me l'a permis, j'ai déterminé les chaleurs spécifiques de solutions renfermant pour un équivalent de sel 200, 100 et 50 équivalents d'eau; pour quelques substances très-solubles j'ai pu opérer en outre sur des solutions plus concentrées.

Au commencement de mes expériences j'avais compris aussi dans ce travail les solutions plus étendues à 400 équivalents d'eau. Plus tard j'y ai renoncé et je laisserai de côté les résultats obtenus pour des solutions aussi étendues, car lorsqu'on veut en tirer parti pour comparer les chaleurs spécifiques moléculaires des solutions, il faut multiplier les chiffres donnés par l'expérience par un facteur si considérable (plus de 7,200) que la comparaison des nombres ainsi obtenus n'offre plus d'intérêt en raison de l'erreur dont ils peuvent être affectés.

Les résultats de toutes mes expériences sont résumés dans le tableau suivant, dans lequel j'indique soit les chaleurs spécifiques des solutions rapportées à l'unité de

poids, soit les chaleurs moléculaires obtenues en multipliant celles-ci par le poids moléculaire des solutions. On remarquera que, bien que j'emploie les formules atomiques des sels, j'ai calculé les chaleurs spécifiques pour des poids équivalents en doublant les formules des chlorures et azotates alcalins afin de rendre les résultats plus comparables. Au reste, pour éviter toute confusion, j'ai indiqué, à la suite de la formule de chaque sel, le poids adopté pour son équivalent ou, pour parler plus exactement, pour la quantité mise en dissolution dans 50, 100 ou 200 molécules d'eau.

J'ai porté dans ce tableau les chaleurs spécifiques avec quatre décimales, telles qu'elles m'étaient données par la moyenne des cinq ou six déterminations faites sur chaque solution. On peut sans inconvénient supprimer la quatrième décimale, puisque la troisième peut être déjà affectée d'une erreur d'une ou deux, rarement de trois unités. Mais j'ai dû la conserver pour pouvoir établir la comparaison des chaleurs spécifiques entre 19 et 24° et entre 21 et 52°, comparaison sur laquelle je reviendrai dans les observations dont je ferai suivre ce tableau.

J'ai introduit dans ce tableau quelques-unes des déterminations que j'ai déjà publiées il y a quelques années. Mais je dois remarquer à cette occasion que j'ai dû refaire complètement celles qui sont relatives à la chaleur spécifique des solutions de sulfate de soude, ayant constaté dans mes anciennes expériences une erreur assez grave, que je ne puis attribuer qu'à quelque accident dans la préparation des solutions.

Formules	Equiv.	Chaleurs spécifiques			Chaleurs moléculaires			Tempér. o
		50 Aq	100 Aq	200 Aq	50 Aq	100 Aq	200 Aq	
<b>Chlorures, Bromures, Iodures (1).</b>								
H <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	72,9	0,8787	0,9336	0,9650	855	1749	3544	20-24
K <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	149,2	0,8312	0,9032	0,9483	872	1760	3555	17-22
		0,8344	0,9055	0,9490	876	1765	3558	20-51
K <sup>2</sup> Br <sup>2</sup>	238,2	0,7691	0,8643	0,9250	875	1762	3550	20-51
K <sup>2</sup> I <sup>2</sup>	332	0,7153	0,8301	0,9063	881	1770	3563	20-51
Na <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	117	0,8760	0,9280	0,9596	891	1779	3566	16-20
		0,8779	0,9304	0,9623	893	1783	3577	22-52
Na <sup>2</sup> Br <sup>2</sup>	206	0,8092	0,8864	0,9388	895	1778	3573	20-52
Na <sup>2</sup> I <sup>2</sup>	300	0,7490	0,8499	0,9174	899	1785	3578	20-51
Az <sup>2</sup> H <sup>8</sup> Cl <sup>2</sup>	106,9	0,8850	0,9382	0,9670	891	1789	3585	20-52
Ca Cl <sup>2</sup>	110,9	0,8510	0,9154	0,9554	860	1749	3546	20-25
		0,8510	0,9174	0,9550	860	1753	3544	21-51
Sr Cl <sup>2</sup>	158,4	0,8143	0,8942	0,9430	862	1751	3544	21-26
		0,8165	0,8950	0,9424	864	1753	3542	19-51
Ba Cl <sup>2</sup>	208	0,7799	0,8751	0,9319	864	1757	3549	22-27
		0,7805	0,8762	0,9325	865	1759	3551	21-52
Mg Cl <sup>2</sup>	95,4	0,8607	0,9245	0,9581	857	1752	3540	18-23
		0,8665	0,9235	0,9594	862	1750	3545	22-52
Mn Cl <sup>2</sup>	125,9	0,8510	0,9154	0,9526	873	1763	3549	19-52
Ni Cl <sup>2</sup>	130	0,8310	0,9017	0,9451	856	1740	3525	24-55
Cu Cl <sup>2</sup>	134,2	0,8642	0,9200	0,9563	894	1778	3571	19-51
Zn Cl <sup>2</sup>	136,3	0,8842	0,9330	0,9590	916	1807	3583	19-51
(1)								
		10 Aq	15 Aq	25 Aq	10 Aq	15 Aq	25 Aq	
Az <sup>2</sup> H <sup>8</sup> Cl <sup>2</sup>	106,9	»	»	0,8134	»	»	453	20-52
Ca Cl <sup>2</sup>	110,9	0,6176	0,6741	0,7538	179,6	256,7	422,8	21-51
Mg Cl <sup>2</sup>	95,4	»	0,6824	0,7716	»	249,4	421	22-52
Ni Cl <sup>2</sup>	130	»	»	0,7351	»	»	426,4	24-55
Cu Cl <sup>2</sup>	134,2	0,6241	»	0,7790	196,1	»	455	19-51
Zn Cl <sup>2</sup>	136,3	0,6212	0,7042	0,7960	196,5	286,1	466,7	19-51

Formules	Equiv.	Chaleurs spécifiques			Chaleurs moléculaires			Tempér. o
		50 Aq	100 Aq	200 Aq	50 Aq	100 Aq	200 Aq	
<b>Azotates (1).</b>								
H <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	126	0,8752	0,9273	0,9618	898	1786	3584	21-52
K <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	202,4	0,8320	0,9005	0,9430	917	1803	3586	18-23
		0,8335	0,9028	0,9475	919	1808	3603	22-52
Na <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	170,2	0,8692	0,9220	0,9545	930	1816	3599	18-23
		0,8712	0,9220	0,9576	932	1816	3610	22-52
Az <sup>2</sup> H <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	160	0,8797	0,9293	0,9610	932	1821	3614	20-52
Ag <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	340	0,7505	0,8491	0,9131	931	1817	3598	25-52
		0,8471	0,9116	0,9511	901	1790	3580	20-25
CaO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	164	0,8463	0,9110	0,9510	900	1789	3580	21-51
		"	0,8903	0,9400	"	1791	3583	21-26
SrO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	211,5	0,8169	0,8905	0,9392	908	1791	3580	19-51
		"	"	0,9304	"	"	3592	21-26
BaO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	261	"	"	0,9294	"	"	3588	19-51
		0,7507	0,8510	0,9162	924	1813	3602	21-26
PbO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	331	0,7500	0,8507	0,9173	923	1813	3606	18-51
		0,8501	0,9133	0,9546	891	1780	3578	17-22
MgO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	148,6	0,8517	0,9145	0,9537	893	1782	3575	21-52
		0,8320	0,9027	0,9473	898	1786	3580	19-51
MnO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	179	0,8228	0,8949	0,9409	891	1772	3559	24-55
NiO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	183	0,8228	0,8949	0,9409	891	1772	3559	24-55
CuO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	187,3	0,8256	0,8992	0,9475	898	1788	3588	18-50
		0,8234	0,8990	0,9461	897	1789	3585	20-52
ZnO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	189,4	0,8234	0,8990	0,9461	897	1789	3585	20-52

(1)		10 Aq	15 Aq	25 Aq	40 Aq	45 Aq	25 Aq	
H <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	126	0,7212		0,8043	220,7		463,3	21-52
Na <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	170,2		0,7299	0,7946		321	492,6	22-52
Az <sup>2</sup> H <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	160	0,6942	0,7437	0,8090	236	319,8	493,5	20-52
CaO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	164	0,6255	0,6856	0,7597	215,2	297,5	466,5	21-51
MgO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	148,6		0,6777	0,7568		283,7	453	21-52
NiO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	183			0,7171			454	24-55
ZnO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	189,4	0,5906	0,6410	0,7176	218,2	294,5	459	20-52

H<sup>2</sup>O, Az<sup>2</sup> O<sup>5</sup> + 5 Aq; Ch. sp. 0,6551; Ch. mol. 141,5  
 Az<sup>2</sup> H<sup>2</sup>O, Az<sup>2</sup> O<sup>5</sup> + 5 Aq; Ch. sp. 0,6102; Ch. mol. 152,5

Formules	Equiv.	Chaleurs spécifiques			Chaleurs moléculaires			Tempér. o
		50 Aq	100 Aq	200 Aq	50 Aq	100 Aq	200 Aq	
<b>Sulfates (1).</b>								
H <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	98	0,9155	0,9545	0,9747	914	1812	3604	16-20
K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	174,2	»	0,8965	0,9434	»	1770	3560	18-23
		»	0,9020	0,9463	»	1781	3571	19-52
Na <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	142	0,8753	0,9250	0,9576	912	1796	3583	19-24
		0,8784	0,9270	0,9596	915	1800	3591	21-52
Az <sup>2</sup> H <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	132	0,8789	0,9330	0,9633	907	1802	3595	19-51
MgO, SO <sup>3</sup>	120,5	0,8654	0,9225	0,9517	883	1772	3552	19-24
		0,8690	0,9230	0,9550	887	1773	3553	22-52
MnO, SO <sup>3</sup>	151	0,8440	0,9125	0,9529	887	1780	3574	19-51
NiO, SO <sup>3</sup>	155	0,8371	0,9102	0,9510	883	1779	3571	25-56
CuO, SO <sup>3</sup>	159,3	0,8411	0,9084	0,9503	891	1780	3572	18-23
		0,8520	0,9148	0,9528	902	1792	3582	22-53
ZnO, SO <sup>3</sup>	161,4	0,8420	0,9106	0,9523	894	1786	3582	20-52
GlO, SO <sup>3</sup>	105,3	0,9009	0,9457	0,9703	906	1802	3595	21-52
Al <sup>2</sup> / <sub>3</sub> O, SO <sup>3</sup>	114,3	0,9041	0,9465	0,9722	917	1812	3611	21-53
(1)								
Na <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	142		15 Aq	25 Aq		15 Aq	25 Aq	
Az <sup>2</sup> H <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	132		»	0,8191		»	485	21-52
GlO, SO <sup>3</sup>	105,3		0,7385	0,8030		297	467,3	19-51
Al <sup>2</sup> / <sub>3</sub> O, SO <sup>3</sup>	114,3		»	0,8285		»	460	21-52
			»	0,8400		»	474	21-53

Formules	Equiv.	Chaleurs spécifiques			Chaleurs moléculaires			Tempér. °
		50 Aq	100 Aq	200 Aq	50 Aq	100 Aq	200 Aq	
<b>Chromates (1).</b>								
H <sup>2</sup> O, CrO <sup>3</sup>	118,5	0,8962	0,9419	0,9698	913	1807	3606	21-53
K <sup>2</sup> O, CrO <sup>3</sup>	194,8	0,8105	0,8896	0,9407	887	1775	3570	20-51
Na <sup>2</sup> O, CrO <sup>3</sup>	162,6	0,8560	0,9134	0,9511	909	1793	3579	21-52
Az <sup>2</sup> H <sup>8</sup> O, CrO <sup>3</sup>	152,5	0,8767	0,9304	0,9630	923	1817	3613	22-53
<b>Carbonates.</b>								
K <sup>2</sup> O, CO <sup>2</sup>	138,3	0,8458	0,9104	0,9513	878	1765	3556	22-27
		0,8509	0,9157	0,9543	884	1775	3567	21-52
Na <sup>2</sup> O, CO <sup>2</sup>	106,1	0,9037	0,9409	0,9675	909	1793	3585	21-26
		0,9072	0,9435	0,9695	913	1798	3593	21-52
<b>Phosphates, arsénates, pyrophosphates, métaphosphates.</b>								
$\frac{1}{2}(\text{Ph}^2 \text{O}^5, \frac{1}{2} \text{Na}^2\text{O}, \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O})$	120	0,9070	0,9499	0,9704	925	1823	3610	24-55
$\frac{1}{2}(\text{As}^2 \text{O}^5, \frac{1}{2} \text{Na}^2\text{O}, \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O})$	164	0,8707	0,9264	0,9595	926	1819	3611	26-57
$\frac{1}{2}(\text{Ph}^2 \text{O}^5, \text{Na}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O})$	142	"	0,9345	0,9617	"	1815	3598	23-54
$\frac{1}{2}(\text{As}^2 \text{O}^5, \text{Na}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O})$	186	0,8550	0,9112	0,9500	928	1809	3596	25-56
$\frac{1}{2}(\text{Ph}^2 \text{O}^5, 2\text{Na}_2\text{O})$	133	"	0,9375	0,9666	"	1812	3608	24-55
$\frac{1}{2}(\text{Ph}^2 \text{O}^5, \text{Na}_2\text{O})$	102	0,9129	0,9525	0,9761	914	1811	3613	24-55
(1)		10 Aq	15 Aq	25 Aq	10 Aq	15 Aq	25 Aq	
H <sup>2</sup> O, CrO <sup>3</sup>	118,5	0,6964	"	0,8251	207,9	"	469	21-53
Na <sup>2</sup> O, CrO <sup>3</sup>	162,6	"	"	0,7810	"	"	478,4	21-52
Az <sup>2</sup> H <sup>8</sup> O, CrO <sup>3</sup>	152,5	"	"	0,7967	"	"	480	21-52
K <sup>2</sup> O, CO <sup>2</sup>	138,3	0,6248	0,6831	0,7596	199	279	447	21-52
Na <sup>2</sup> O, CO <sup>2</sup>	106,1	"	"	0,8649	"	"	481	21-52
$\frac{1}{2}(\text{Ph}^2 \text{O}^5, \frac{1}{2} \text{Na}_2\text{O}, \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O})$	120	"	"	0,8444	"	"	481,3	24-55
$\frac{1}{2}(\text{As}^2 \text{O}^5, \frac{1}{2} \text{Na}_2\text{O}, \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O})$	164	"	"	0,7884	"	"	484	26-57
$\frac{1}{2}(\text{Ph}^2 \text{O}^5, \text{Na}_2\text{O})$	102	"	"	0,8495	"	"	469	24-55

Formules	Equiv.	Chaleurs spécifiques			Chaleurs moléculaires			Tempér. o
		50 Aq	100 Aq	200 Aq	50 Aq	100 Aq	200 Aq	
<b>Acétates (1).</b>								
H <sup>2</sup> O, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	120	0,9568	0,9769	0,9874	976	1875	3673	21-52
K <sup>2</sup> O, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	196,3	0,8572	0,9170	0,9550	940	1831	3625	20-51
Na <sup>2</sup> O, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	164	0,9026	0,9414	0,9644	960	1849	3630	20-25
		0,9037	0,9430	0,9687	962	1852	3646	19-52
CaO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	158	0,8914	0,9362	0,9670	943	1833	3634	20-25
		0,8959	0,9392	0,9663	948	1839	3631	22-52
SrO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	205,5	0,8505	0,9127	0,9513	940	1830	3620	20-52
BaO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	255	0,8166	0,8911	0,9396	943	1831	3622	19-52
PbO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	325	0,7925	0,8797	0,9322	971	1869	3659	21-26
		0,7939	0,8808	0,9327	973	1872	3661	18-51
MgO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	142,6	0,9055	0,9473	0,9712	944	1840	3635	21-52
MnO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	173	0,8937	0,9371	0,9666	959	1849	3647	19-52
NiO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	177	0,8943	0,9366	0,9653	963	1852	3646	25-56
ZnO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	183,4	0,9138	0,9538	0,9730	990	1892	3681	19-51

**Oxalates.**

H <sup>2</sup> O, C <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	90	0,9423	0,9653	0,9814	933	1824	3621	20-52
K <sup>2</sup> O, C <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	166,3	0,8389	0,9083	0,9504	895	1786	3579	21-52

(1)		5 Aq	10 Aq	25 Aq	5 Aq	10 Aq	25 Aq	
H <sup>2</sup> O, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	120	0,7320	0,8220	0,9157	153,7	246,6	522	21-52
K <sup>2</sup> O, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	196,3	»	0,6391	0,7728	»	240,5	499,4	20-51
PbO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	325	»	»	0,6824	»	»	529	18-51

ZnO, C<sup>4</sup> H<sup>6</sup> O<sup>3</sup> + 30 Aq, Ch. sp. 0,8674; Ch. mol. 627. Cette solution demeure sursaturée à froid. Il en est de même de la solution d'acétate de plomb à 25 équiv. d'eau.

J'ai trouvé pour l'acide acétique monohydraté :

Chal. spéc. 0,4932. Chal. mol. 59,2.

Ces nombres sont intermédiaires entre ceux obtenus par M. Régnault (0,4618 entre 15 et 20°) et par MM. Favre et Silbermann (0,5082).

Nous tirerons d'abord de ces résultats la comparaison des chaleurs spécifiques des solutions salines déterminées à la température ordinaire avec celles que l'on trouve pour un intervalle d'environ 30 degrés au-dessus de cette température. Bien que ces deux déterminations n'aient pas été faites sur tous les sels embrassés dans mon travail, elles portent cependant sur un assez grand nombre de cas pour que l'on puisse en tirer une conclusion générale.

Cette comparaison sera facilitée par le tableau suivant dont les chiffres indiquent l'augmentation, en dix-millièmes, des chaleurs spécifiques en passant de la température inférieure à la température supérieure, pour les solutions salines à 50, 100 et 200 équivalents d'eau. Le signe — indique les cas peu nombreux où l'observation indiquerait une diminution de chaleur spécifique.

Substances	50 Aq	100 Aq	200 Aq
K <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	32	24	7
Na <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	19	23	27
Ca Cl <sup>2</sup>	0	20	— 4
Sr Cl <sup>2</sup>	22	8	— 6
Ba Cl <sup>2</sup>	6	11	6
Mg Cl <sup>2</sup>	58	— 10	13
K <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	15	23	45
Na <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	20	0	31
CaO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	— 8	— 6	— 1
SrO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	»	— 2	— 8
BaO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	»	»	— 10
PbO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	— 7	— 3	11
MgO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	16	12	— 9
K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	»	55	29
Na <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	31	20	20
MgO, SO <sup>3</sup>	36	5	3
CuO, SO <sup>3</sup>	109	64	25
Na <sup>2</sup> O, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	9	16	43
CaO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	45	30	— 7
PbO, C <sup>4</sup> H <sup>6</sup> O <sup>3</sup>	14	11	5
Moyenne	25	16	11

On remarquera d'abord que, dans la plupart des cas, les différences sont inférieures à la limite des erreurs d'observation, celles-ci pouvant bien s'élever, entre les deux expériences, à 30 ou 40 dix-millièmes. Il n'y a donc aucun intérêt à poursuivre cette comparaison pour chaque cas particulier. Mais on peut espérer que les erreurs d'expériences se compensant en grande partie sur un aussi grand nombre de déterminations, les conséquences tirées de leur ensemble seront suffisamment justifiées.

Les cas où l'expérience indiquerait une diminution de chaleur spécifique sont très-peu nombreux, et pour aucun d'eux cette diminution n'atteindrait un millième, en sorte qu'elle est beaucoup au-dessous de la limite des erreurs d'observation. Il est donc fort probable que la chaleur spécifique des solutions salines augmente toujours avec la température.

La moyenne des résultats obtenus montre aussi, comme on pouvait le prévoir, que cette augmentation est d'autant plus grande que les solutions sont plus concentrées.

On remarquera d'ailleurs que ces chiffres n'expriment pas en réalité l'accroissement absolu de la chaleur spécifique, mais la quantité dont cet accroissement surpasse celui de l'eau, puisque mes expériences donnent toujours la chaleur spécifique des solutions comparée à celle de l'eau entre les mêmes limites de température.

Mais à côté de ces observations générales, ces expériences prouvent que l'accroissement de la chaleur spécifique est très-rapide pour certaines solutions. Ce fait est surtout remarquable pour le sulfate de cuivre, et il m'est impossible de l'attribuer à une erreur, car j'ai fait trois fois, à trois époques différentes, la série entière des déterminations relatives à ce sel, dans les deux conditions de

température, et je suis toujours retombé sensiblement sur les mêmes nombres dont j'ai indiqué la moyenne.

Cherchons maintenant en nous appuyant sur l'ensemble de ces observations à répondre aux deux questions que nous avons posées au début de ce mémoire.

Il est impossible de méconnaître un certain degré de parallélisme dans les diverses séries de sels. Les bases se rangeraient le plus souvent à peu près dans le même ordre. Mais cependant on rencontre de très-nombreuses exceptions à cette règle.

Ainsi tandis que les solutions d'acide chlorhydrique et d'acide azotique présentent des chaleurs spécifiques inférieures à celles des sels alcalins correspondants, c'est l'inverse qui a lieu pour les acides sulfurique, chromique, oxalique et acétique. Tandis que les divers azotates de la série magnésienne ne diffèrent les uns des autres que de quantités insignifiantes et qu'il en est de même pour les sulfates des mêmes bases, nous voyons au contraire de très-grandes différences pour leurs chlorures et leurs acétates. Les chaleurs moléculaires du chlorure et de l'acétate de zinc surpassent de 20 à 40 unités celles des sels de soude correspondants, au contraire celles du sulfate et de l'azotate de zinc sont inférieures de 15 à 30 unités à celles des sels de soude. Ces exemples suffisent pour montrer que les chaleurs spécifiques des solutions ne dépendent pas uniquement de la nature de l'acide et de la base des sels.

Pour avoir une connaissance plus précise de ces différences, et pour savoir quels sont les sels qui s'écartent le plus, dans l'un ou l'autre sens, de la moyenne générale, j'ai fait le calcul suivant dont je ne donnerai d'ailleurs que la conclusion.

En comparant successivement les sels de soude à ceux de toutes les autres bases, j'ai établi la différence moyenne de leurs chaleurs moléculaires. Comparant ensuite les chlorures aux autres sels de même base, j'ai déterminé également la différence moyenne résultant du remplacement des acides les uns par les autres. Connaissant ces différences (correspondant à ce que MM. Favre et Valson ont appelé les modules des densités pour les solutions salines), et partant des solutions de chlorure de sodium dont les chaleurs spécifiques peuvent être considérées comme bien connues, il est facile de calculer les chaleurs moléculaires que présenteraient les diverses solutions salines si tous les genres de sels formaient réellement sous ce rapport des séries régulières et parallèles. Comparant ensuite les valeurs ainsi calculées aux chaleurs moléculaires déterminées par l'expérience, j'arrive au résultat suivant :

Pour la moitié environ des sels que j'ai étudiés les différences entre les chaleurs moléculaires réelles et les chaleurs calculées sur l'hypothèse précédente, ne dépassent pas la limite des erreurs admissibles. Mais il y a presque autant de cas où ces différences ne peuvent en aucune façon être attribuées à des erreurs d'observation, et l'on trouve à peu près autant de sels pour lesquels la chaleur moléculaire réelle dépasse la valeur moyenne que de ceux pour lesquels elle lui demeure inférieure.

Je citerai particulièrement les deux séries suivantes de substances présentant les plus grands écarts :

En plus	En moins
Zn Cl <sup>2</sup>	H <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>
Cu Cl <sup>2</sup>	H <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>
K <sup>2</sup> O, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	CuO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>
H <sup>2</sup> O, S <sup>3</sup>	ZnO, Az <sup>2</sup> O <sup>5</sup>

En plus	En moins
$H^2O, C^4 H^6 O^3$	$ZnO, SO^3$
$ZnO, C^4 H^6 O^3$	$K^2O, C^4 H^6 O^3$
$NiO, C^4 H^6 O^3$	$K^2O, C^2 O^3$
$H^2O, C^2 O^3$	$Ni Cl^2$
$H^2O, Cr O^3$	$NiO, Az^2 O^5$
$Az^2 H^8O, Cr O^3$	

Je dois ajouter que ces différences rapportées aux chaleurs moléculaires sont à peu près du même ordre de grandeur pour les solutions à 50, 100 et 200 équivalents d'eau, par conséquent en réalité si on les rapportait aux chaleurs spécifiques de ces solutions elles correspondraient à des écarts quatre fois plus considérables pour les premières que pour les dernières. Ce fait prouve bien qu'elles ne sont point dues à des erreurs d'expériences.

D'ailleurs l'inspection du tableau précédent me paraît établir suffisamment que la cause de ces anomalies ne peut être cherchée dans la tendance plus ou moins prononcée de certains sels à se combiner avec l'eau de manière à former des hydrates définis cristallisables, car on ne voit pas de différence bien marquée sous ce rapport entre les deux séries de sels indiquées dans ce tableau et caractérisées par le sens inverse dans lequel elles s'écartent de la moyenne. On peut encore citer à l'appui de cette observation les faits suivants :

La différence entre les chaleurs moléculaires du sulfate et du chlorure de potassium est exactement la même que celle qu'on observe entre le sulfate et le chlorure de sodium, bien que le sulfate de potasse soit anhydre, tandis que celui de soude prend 10 équivalents d'eau de cristallisation.

Il y a identité presque absolue de chaleur moléculaire pour les solutions de sulfate et de chromate de potasse,

et de même pour celles d'acide sulfurique et d'acide chromique. Or si les deux sels de potasse sont également caractérisés comme sels anhydres, il est difficile au contraire de trouver deux corps plus différents l'un de l'autre, quant à leur affinité pour l'eau, que les deux acides, car l'acide chromique cristallise à l'état anhydre par la simple évaporation de ses dissolutions dans l'air sec à la température ordinaire.

Nous pouvons donc conclure, en résumé, que la chaleur spécifique des solutions dépend en grande partie de la nature des acides et des bases des sels, mais qu'elle n'en dépend pas uniquement, en sorte qu'on ne peut pas la calculer d'après leur composition. Elle peut être modifiée d'une manière assez importante par d'autres causes, spéciales à chaque sel et dont la nature demeure encore inconnue. Ces causes ne paraissent pas en rapport avec la tendance plus ou moins grande des sels à se combiner avec l'eau pour former des hydrates définis et cristallisables.

Mes expériences confirment, pour la plupart des sels, l'observation faite par tous les auteurs qui se sont occupés du même sujet, savoir que les chaleurs spécifiques des solutions salines sont fort inférieures à la somme des chaleurs spécifiques de leurs éléments (sels et eau séparés). Cependant elles établissent que ce n'est point une loi générale, car la plupart des acétates présentent une relation inverse, particulièrement ceux de zinc, de plomb et de nickel. Les solutions d'acide acétique présentent la même anomalie, et ce fait est d'autant plus remarquable que dans ce cas nous pouvons réellement comparer la chaleur spécifique des solutions à celle des éléments pris eux-mêmes à l'état liquide, tandis que pour les sels pro-

prement dits on ne peut introduire dans le calcul de la somme que la chaleur spécifique des sels solides.

Dans le premier mémoire que j'ai publié sur les chaleurs spécifiques des solutions <sup>1</sup>, j'ai cherché à expliquer les différences considérables que l'on observe entre ces chaleurs et celles de leurs éléments, en supposant que les variations de température déterminent un changement dans la constitution chimique de ces solutions, changement qui entraîne un dégagement ou une absorption de chaleur. Cette chaleur dégagée ou absorbée tend à augmenter ou à diminuer l'élévation de température produite par la chaleur fournie au liquide par une source extérieure, et tend par conséquent à diminuer ou à augmenter sa chaleur spécifique apparente.

M. Berthelot a donné une autre explication de la diminution de chaleur spécifique des solutions <sup>2</sup>. Il faudrait admettre, suivant lui, que la solution renferme le sel anhydre uni avec un certain nombre d'équivalents d'eau, et formant ainsi un ou plusieurs hydrates définis et dissociés, la proportion des plus hydratés croissant avec celle de l'eau, suivant des équilibres comparables à ceux des systèmes étherés. Ailleurs il remarque, avec raison, que ces proportions doivent aussi varier avec la température. Il suppose en second lieu que l'eau de ces hydrates acquiert un état physique analogue à celui de l'eau de cristallisation dans les sels *solides*, c'est-à-dire que sa chaleur spécifique diminue de moitié. Les écarts observés pour les solutions salines, ne surpassant guère 45 unités, et étant même beaucoup moindres dans presque tous les cas, il suffirait pour les expliquer d'admettre que la proportion

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, Novembre 1870.

<sup>2</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, 5<sup>e</sup> série, T. IV, p. 43.

totale de l'eau, qui est réellement combinée au sel anhydre dans une solution étendue, s'élève au plus à 5 équivalents.

Je remarquerai d'abord, au sujet de cette théorie, qu'il faudrait, dans plusieurs cas, admettre l'existence d'hydrates renfermant une plus grande quantité d'eau que ne le suppose M. Berthelot. En effet il ne faut pas comparer la chaleur spécifique de la solution à celle de l'eau seule, mais à la somme des chaleurs spécifiques de l'eau et du sel et quand bien même on n'introduirait dans ce calcul que la chaleur spécifique des sels solides qui nous est seule connue, tandis qu'en réalité il faudrait sans doute y faire figurer celle des sels à l'état liquide qui serait notablement supérieure, on voit, par le tableau général de mes observations, que l'écart pour plusieurs chlorures peut aller jusqu'à 70 ou 80 unités (en évaluant en moyenne à 20 la chaleur spécifique moléculaire d'un chlorure). Il faudrait donc admettre des hydrates à 8 ou 9 équivalents d'eau. Je reconnais du reste que je ne vois dans ce fait aucune objection sérieuse, puisque nous connaissons des hydrates définis, cristallisés, renfermant une proportion d'eau plus considérable encore.

Deux objections plus sérieuses à mes yeux sont les suivantes.

Il semble difficile d'admettre que l'eau d'un hydrate dissous soit dans un état physique comparable à celui de l'eau solide, et d'un autre côté, si l'explication donnée par M. Berthelot est fondée, il semble que la diminution de chaleur spécifique des solutions devrait être en rapport avec la tendance des sels à se combiner avec l'eau. Or j'ai montré que l'on n'observe rien de pareil. C'est ainsi, pour en citer encore un exemple, que les solutions des sels de

potasse ont une chaleur spécifique moléculaire inférieure à celle des sels de soude, et cependant les premiers ont bien moins de tendance à former des hydrates définis.

D'ailleurs cette explication ne serait applicable qu'aux sels dont les solutions présentent une diminution de chaleur spécifique. Or il me paraît également difficile d'admettre que les acétates n'aient pas la faculté de former des combinaisons avec l'eau, comme les autres sels, lorsqu'ils entrent en dissolution, ou de supposer pour l'eau de ces hydrates un état physique différent, et tel qu'elle présenterait une chaleur spécifique supérieure à celle de l'eau liquide.

Mais si je ne puis accepter complètement l'explication donnée par M. Berthelot, si je suis disposé à écarter l'idée d'un changement dans l'état physique et dans la chaleur spécifique de l'eau combinée au sel dans une solution, j'accepte au contraire entièrement une partie de cette explication où je trouve une expression plus claire et plus précise de l'idée un peu vague que j'avais moi-même émise.

C'est l'existence de ces hydrates définis et dissociés dont la proportion varierait avec celle de l'eau et avec la température. En effet si une élévation de température entraîne la dissociation d'une partie de ces hydrates, il doit nécessairement arriver que ce changement dans la constitution chimique de la solution détermine un dégagement ou une absorption de chaleur qui doit diminuer ou augmenter sa chaleur spécifique apparente.

On conçoit d'ailleurs que cet effet doit aller en diminuant à mesure que la solution renferme une moindre proportion de ces hydrates, c'est-à-dire à mesure que la température s'élève, ce qui explique l'augmentation assez

rapide de chaleur spécifique que mes expériences ont constatée.

Objectera-t-on peut-être qu'il faudrait alors admettre que, dans la plupart des cas, la dissociation de ces hydrates entraînerait un dégagement de chaleur, et qu'il est peu probable que leur formation se fasse avec absorption de chaleur ?

Je ne trouve pas cet argument bien concluant. Un sel, en se dissolvant dans l'eau, dégage d'autant plus de chaleur, ou en absorbe d'autant moins, que la dissolution a lieu à une température plus élevée. Ce fait signalé, il y a vingt-cinq ans par M. Person, a été vérifié récemment par un grand nombre d'expériences très-exactes de M. Berthelot. D'un autre côté la chaleur spécifique de sa solution est inférieure à celles de l'eau et du sel séparés. Ces deux faits sont absolument corrélatifs l'un de l'autre. Mais lequel des deux doit-il être considéré comme la cause, lequel comme l'effet ? Pour moi je suis disposé à croire que la diminution de chaleur spécifique des solutions n'est que la conséquence du dégagement de chaleur résultant de la dissociation des hydrates définis qui y sont contenus.

Tous les chimistes, je crois, admettent que les alliages métalliques présentent une constitution chimique tout à fait semblable à celle des solutions aqueuses. Cependant, comme l'a montré M. Regnault, ils n'offrent point la même diminution de chaleur spécifique. Si l'explication que je soutiens est exacte, la cause de cette différence est facile à comprendre, puisqu'il ne peut y avoir dissociation de ces alliages tant qu'ils demeurent au-dessous de leur point de fusion.

J'ai encore à signaler quelques observations sur les

chaleurs spécifiques des dissolutions de quelques mélanges de sels. J'ai choisi des sels non susceptibles de se décomposer, mais dont les uns paraissent sans action réciproque, tandis que d'autres peuvent former des sels doubles. Le tableau suivant résume les comparaisons que l'on peut établir entre les chaleurs spécifiques de ces solutions et celles des solutions des sels simples qui entrent dans leur constitution.

Dissolutions séparées				Dissolutions mélangées			
Chaleurs moléculaires			Somme	Ch. spéc.	Ch. mol.	Tempér.	
Na <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	50 Aq	893	1808	0,8810	1814	20-50°
Na <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	+	50 Aq	915				
Na <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	100 Aq	1783	3583	0,9300	3589	id.
Na <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	+	100 Aq	1800				
K <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	100 Aq	1760	3530	0,8994	3530	17-22°
K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	+	100 Aq	1770				
K <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	200 Aq	3553	7115	0,9443	7104	id.
K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	+	200 Aq	3560				
Na <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	50 Aq	893	1769	0,8560	1769	21-53°
K <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	50 Aq	876				
Na <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	100 Aq	1783	3548	0,9187	3552	id.
K <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	100 Aq	1765				
Na <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	200 Aq	3577	7135	0,9563	7140	id.
K <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	+	200 Aq	3558				
K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	+	100 Aq	1770	3542	0,9096	3542	20-25°
MgO, SO <sup>3</sup>	+	100 Aq	1772				
K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	+	200 Aq	3560	7112	0,9495	7116	id.
MgO, SO <sup>3</sup>	+	200 Aq	3552				
K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	+	100 Aq	1770	7206	0,9344	7212	24-28°
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , 3SO <sup>3</sup>	+	300 Aq	5436				
K <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	+	200 Aq	3560	14393	0,9667	14420	id.
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , 3SO <sup>3</sup>	+	600 Aq	10833				

On voit que les différences entre les chaleurs moléculaires des solutions et celles de leurs mélanges sont très-faibles, ne dépassant pas sensiblement l'ordre des erreurs

dont ces déterminations sont susceptibles. Cette remarque s'applique aussi bien aux sels susceptibles de se combiner pour former des sels doubles qu'à ceux qui n'ont pas cette propriété.

Toutefois on ne pourrait pas généraliser cette conclusion qui ne s'appuie que sur un trop petit nombre d'exemples. En tout cas elle ne pourrait être étendue aux sels acides; j'ai montré en effet dans un mémoire précédent que la chaleur moléculaire d'une solution de bisulfate de soude surpasse notablement celle de ses éléments <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Archives*, Novembre 1870.

Les rectifications que mes nouvelles expériences m'ont conduit à apporter à la chaleur spécifique des solutions de sulfate de soude rendent cette différence plus grande encore que je ne l'avais supposé. On aurait en effet :

	H <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	Na <sup>2</sup> O, SO <sup>3</sup>	Somme	Na <sup>2</sup> O, H <sup>2</sup> O, 2 SO <sup>3</sup>
50 Aq	914	912	1826	1866
100 Aq	1812	1796	3608	3646
200 Aq	3604	3583	7187	7230

---

LES  
ANCIENS GLACIERS DE LA VALLÉE DE LA WIESE

DANS LA FORÊT-NOIRE

PAR

M. V. GILLIÉRON

(Planche III.)

---

Dans un temps déjà loin de nous, les bénédictins du couvent de St-Blaise, dans la Forêt-Noire, craignaient de voir des glaciers se former sur le flanc méridional du Feldberg, et quand un été froid y laissait subsister des nappes de neige, les populations de la vallée étaient convoquées pour les remuer avec la pioche et en activer la fonte <sup>1</sup>. Si Agassiz était alors venu dire, comme il l'a fait plus tard <sup>2</sup>, qu'un glacier avait rempli autrefois la vallée de Baden (Oosthal), il aurait trouvé plus de crédit chez les moines, qu'il n'en a eu auprès des géologues du pays. Walchner <sup>3</sup> paraît être en effet le seul qui ait admis positivement l'existence d'anciens phénomènes glaciaires dans la Forêt-Noire. Fromberz, qui avait déjà étudié fort en détail les dépôts de galets et de blocs de toutes les vallées, répondit à Agassiz <sup>4</sup>, et on ne peut disconvenir que

<sup>1</sup> Arnsperger in : G. Leonhard, Beiträge zur mineral. und geogn. Kenntniss des Grossherzogthums Baden. Heft 2, p. 91.

<sup>2</sup> Leonhard's Jahrbuch 1841, p. 566.

<sup>3</sup> Handbuch der Geognosie. 2. Auflage, p. 643.

<sup>4</sup> Geogn. Beobachtungen über die Diluvialgebilde des Schwarzwaldes, 1842, p. 396.

quelques-unes de ses rectifications de détails ne soient probablement fondées. Ses études l'avaient amené à repousser d'une manière absolue l'intervention des glaciers dans la formation des terrains diluviens. Les géologues badois se sont en général rangés à sa manière de voir, ainsi M. G. Leonhard <sup>1</sup> et la plupart de ceux qui ont travaillé au lever de la carte géologique du pays à l'échelle de  $\frac{1}{500000}$ . M. Sandberger <sup>2</sup>, qui a fait l'étude de la feuille comprenant l'Oostal, trouve que Fromherz a répondu victorieusement à Agassiz. M. Vogelgesang <sup>3</sup> repousse l'hypothèse de débâcles de lacs émise par Fromherz, mais attribue le transport des blocs uniquement aux torrents. M. Schill <sup>4</sup>, en revanche, est disposé à admettre avec Walchner qu'il y a eu un glacier dans la partie supérieure de la vallée de la Wuttach, mais il n'en a pas trouvé d'indices certains dans le territoire de ses cartes; il rejette du reste entièrement les débâcles de Fromherz. Les autres mémoires officiels qui ont été publiés jusqu'à présent se rapportent à des régions si basses qu'il est invraisemblable que des glaciers locaux s'y soient jamais étendus, et qu'il n'y a pas lieu de s'étonner que leurs auteurs n'en parlent pas.

Comme opposition à cette négation à peu près générale de l'action des glaciers dans la Forêt-Noire, nous avons

<sup>1</sup> Geogn. Skizze des Grossherzogthums Baden. 1. Auflage, p. 47; 2. Auflage, p. 160.

<sup>2</sup> Geolog. Beschreibung der Gegend von Baden, p. 10 (Les travaux géologiques officiels du grand-duché de Bade [cartes et descriptions] sont publiés dans : Beiträge zur Statistik der inneren Verwaltung des Grossherzogthums Baden).

<sup>3</sup> Geolog. Beschreibung der Umgebungen von Triberg und Donaueschingen, p. 108, 109.

<sup>4</sup> Geol. Beschr. der Umgebung von Waldshut, p. 18. Voir aussi Geol. Beschr. der Umgeb. der Bäder Glotterthal und Suggenthal, p. 20.

l'opinion de M. Hogard qui leur attribue même l'apport de tout le diluvium de la vallée du Rhin. Il figure dans les environs de Bâle un terrain erratique glaciaire <sup>1</sup> venant du Jura par la vallée de la Birse, et un autre venant de la Forêt-Noire par celle de la Wiese, avec cette différence que le premier serait juxtaposé à celui du Rhin, tandis que le second lui serait superposé.

Je me suis proposé d'examiner ces différentes opinions contradictoires, à la lumière des faits que l'on peut constater dans le bassin de la Wiese. Cette rivière prend sa source au Feldberg, la montagne la plus élevée de la Forêt-Noire, et reçoit des affluents d'autres régions d'une altitude presque aussi considérable, du Belchen par exemple. Les géologues badois n'ont pas encore fait le lever détaillé de cette contrée; mais j'ai eu pour guide un ouvrage de M. P. Merian qui, quoique publié depuis plus de 40 ans; n'a encore rien perdu de son actualité <sup>2</sup>.

Habitué un peu aux Alpes, où les forces de la nature semblent travailler à l'envi pour offrir partout des affleurements à l'œil du géologue, je me suis trouvé un peu dépaysé dans la Forêt-Noire; elle m'a fait l'effet d'une chaîne de montagnes parvenue à l'état de repos. Les rivières claires et pures vont toujours leur chemin accoutumé, et semblent craindre d'entamer leurs rivages. Il faut un effort de l'esprit pour se rappeler qu'il y a en elles une force destructive qui ne se repose jamais. Partout dans le fond des vallées, les habitants ont assuré la

<sup>1</sup> Recherches sur les formations erratiques, p. 22; Atlas, pl. I, fig. 4 et 5. — Recherches sur les glaciers et les formations erratiques de la Suisse; carte des comblements erratiques.

<sup>2</sup> P. Merian, Geognostische Uebersicht des südlichen Schwarzwaldes, 1832.

domination exclusive des forêts et des prairies ; on y peut voir parfois les roches en place, mais il est bien rare qu'une petite déchirure du sol vienne mettre à jour les dépôts meubles. En revanche, les travaux industriels et l'établissement de nouvelles voies de communication compensent un peu cet inconvénient. Mais ce qui est une autre source de difficulté dans les recherches que je me proposais, c'est la persistance de la même formation géologique sur de grands espaces et la répétition des mêmes variétés d'une roche sur les différents points du territoire qu'elle occupe. Dans le domaine du gneiss, par exemple, il est souvent impossible de savoir si tel ou tel bloc provient des parties plus reculées de la vallée, ou s'il est simplement descendu des flancs voisins.

La vallée de la Wiese débouche dans la plaine du Rhin près de Bâle. Dans sa partie inférieure la rivière coule dans une plaine de six lieues de longueur, qui s'étend jusqu'au delà de Zell, et n'est accidentée que par d'anciennes berges, d'autant plus nombreuses et plus élevées qu'on se rapproche davantage du Rhin.

Dans cette région je n'ai pas trouvé d'indices certains du passage d'un glacier. Sans doute quelques blocs qui dépassent la taille des galets ordinaires des rivières, l'existence de matériaux de transport jusque sur le sommet de collines élevées, le lœss qui monte peut-être aussi haut, sont des faits pour l'explication desquels on est tenté d'avoir recours à l'hypothèse glaciaire ; mais on ne peut envisager comme preuve sans réplique de l'extension d'un ancien glacier jusqu'à tel ou tel point donné, que la présence de dépôts informes où la boue et les ma-

tériaux de toutes grosseurs forment un mélange intime tel que n'en produisent jamais les eaux courantes ou tranquilles; dans ce genre de dépôts les galets striés ne manquent jamais non plus, si toutefois il y a des roches de dureté moyennes, propre à recevoir les stries et à les conserver, et des roches plus dures qui puissent les produire. Or dans cette partie de la vallée je n'ai rien observé de pareil.

Dans le bassin supérieur de la Wiese (fig. 4), en revanche, dont j'ai parcouru toutes les vallées un peu importantes, les traces de la présence d'anciens glaciers m'ont semblé manifestes, quoiqu'elles ne s'y présentent pas sur une aussi grande échelle que dans les Vosges. C'est dans la vallée de Präg qu'on peut le mieux les observer, soit parce que c'est là que le phénomène a eu la plus grande extension, soit parce que les corrections de la route qui sont en voie d'exécution ont mis à jour le sol plus qu'il ne l'est dans aucune autre partie du bassin. C'est donc par là que je commencerai.

#### *Vallée de Präg.*

La vallée de Präg aboutit à celle de la Wiese, à Geschwend. Il est évident que c'est au travail séculaire des eaux que sont dues les plaines bordées d'anciennes berges qui forment le fond des deux vallées à leur point de réunion. Dans cette région, on n'a guère d'indice d'un dépôt glaciaire que dans une petite élévation que l'on a à sa droite, quand on quitte la route de Todtnau pour prendre celle de Präg; mais cet accident du sol peut aussi bien être dû à la roche en place qu'on ne voit pas qu'à un glacier. A un quart de lieue à l'est de Geschwend,

la vallée et la route tournent au sud, et l'on voit en place le terrain de transition, composé de parties schisteuses et d'autres à structure plus massive. Ces dernières ont des surfaces polies ; la roche est trop fissurée pour qu'il soit bien vraisemblable, comme l'admet Fromherz <sup>1</sup>, que ce soit l'eau du torrent qui ait produit cet effet ; cependant cette explication ne pourrait pas être écartée d'une manière absolue, si une correction de la route n'était pas venue mettre à jour ce que n'a pu voir Fromherz, savoir une surface striée des mieux caractérisées. Les stries ont rigoureusement la direction de la vallée du côté d'amont, la surface qui les porte est irrégulière, en sorte qu'il n'est pas possible de se représenter qu'elles soient l'effet d'un glissement des deux parois d'une fissure l'une sur l'autre. Le sol qui recouvre la roche dans les environs contient des galets isolés de roches cristallines, qui viennent des parties supérieures de la vallée ; mais un véritable dépôt glaciaire n'est pas à jour.

En continuant à suivre la route on voit çà et là des roches polies moins bien caractérisées ; en même temps les talus dont la coupe est encore fraîche montrent un mélange de boue passablement fine, de galets et de petits blocs plus ou moins arrondis formant une collection de toutes les roches de la vallée, et enfin de fragments anguleux qui sont probablement descendus directement des flancs ; mais je n'y ai pas trouvé de galets striés.

En revanche un peu plus en amont, une correction de la route a entamé sur un petit espace une colline de terrain de transition en place. On y voit du poli glaciaire avec stries et, en contact, un dépôt glaciaire parfaitement

<sup>1</sup> Geogn. Beobachtungen über die Diluvial-Gebilde, p. 276.

certain, car c'est une boue fine ou sableuse renfermant des galets striés. Des fouilles mettraient sans doute à jour sur une étendue plus considérable ces témoignages irrécusables du passage d'un glacier.

Avant d'arriver à un défilé rocheux qui resserre la vallée, on trouve encore un talus où l'on voit aussi un limon assez fin, mélangé de roches en partie étrangères à cette portion de la vallée, et des surfaces polies qui ici, il est vrai, sont sans stries. Au défilé, qui est à mi-chemin de Geschwend à Präg, on voit beaucoup de roches polies sur la nouvelle et l'ancienne route; ces surfaces n'ont pas de caractère particulier qui oblige de les attribuer au glacier de la vallée; mais on ne peut croire que difficilement que ce soit le cours d'eau qui les ait produites, parce que, sauf à un seul endroit, il n'y en a pas aux parois qu'il a formées en se frayant le passage où il coule à présent.

Avant l'auberge de Präg, les travaux de correction de la route ont aussi mis à jour des roches polies qui ont conservé quelques stries, puis un autre dépôt glaciaire avec galets striés, identique à ceux que nous venons de voir plus en aval.

En amont de Präg, la partie moyenne de la vallée descend dans la direction du SSO.; la partie inférieure, que nous venons de parcourir, va au NE. Pour opérer le changement de direction, le ruisseau fait un coude aigu du côté du SO, afin de contourner une colline élevée qui forme la limite naturelle de ces deux parties. Pour franchir cet obstacle, il y a quatre chemins, qui représentent quatre époques dans le développement des voies de communications. Le plus ancien est sans doute un sentier qui conduit directement au sommet de la colline; le plus

moderne est une belle route, à pente très-douce, qui fait un grand coude du côté du SO, et dont l'établissement m'a permis de constater la continuation des dépôts glaciaires. Près de l'auberge de Präg, immédiatement après avoir traversé le ruisseau pour passer sur le flanc droit de la vallée, la route coupe une éminence allongée, et y met à jour un dépôt où le mélange de matériaux de toute grosseur depuis la plus fine particule, et quelques traces de stries sur les galets, nous forcent à reconnaître un dépôt glaciaire, malgré son peu d'élévation au-dessus du lit actuel du ruisseau. Ce serait fastidieux de signaler les amas de ce genre qui continuent à se montrer plus haut aux talus de la route; plusieurs ne tarderont pas à devenir plus ou moins méconnaissables, à cause de l'établissement de la végétation; mais, à l'heure qu'il est, ils se distinguent au premier coup d'œil des débris qui proviennent du terrain de transition en place. A l'un de ces dépôts se rattache une petite colline qui est en dessous de la route, encore en aval de Präg; la formation d'une pente du côté opposé au ruisseau et la variété des débris qui la composent, ne s'expliquent bien qu'en l'attribuant au glacier. Les roches avec poli suffisamment caractérisé manquent à peu près complètement dans cette partie.

Vis-à-vis, sur le flanc gauche de la vallée, se trouve le village de Präg; c'est une région où il y a beaucoup de matériaux transportés, qu'on voit dans toutes les constructions; mais il n'y a presque pas d'affleurements, et l'on ne peut par conséquent trouver des preuves que ce soit un glacier qui les ait apportés.

Parvenu au haut de la colline, on est dans la partie moyenne de la vallée. La route continue à monter dans le terrain de transition, en restant à une assez grande

hauteur au-dessus de la rivière, jusqu'à ce qu'elle quitte la vallée au commencement de sa partie supérieure. Les talus d'éboulis couvrent la plus grande partie de l'espace où la roche n'est pas en place; mais les traces du passage du glacier peuvent être constatées sur plusieurs points: il y a d'abord du poli glaciaire avec stries sur des roches qui surgissent dans les éboulis non loin de la colline dont il vient d'être question. Plus haut les talus de la route nous montrent, comme plus en aval, des lambeaux de dépôts glaciaires avec fragments émoussés de roches variées. Ça et là on voit des blocs de granit-gneiss rouge qui atteignent un mètre cube, et qui font contraste avec les débris foncés provenant du terrain de transition en place. Puis on arrive à une colline qui semble barrer la vallée. Pour la contourner, la route en a entamé les flancs, et mis à jour un dépôt glaciaire parfaitement caractérisé. C'est un mélange intime de particules terreuses, de fragments à angles plus ou moins émoussés, et de blocs; la teinte générale est rougeâtre, parce que le granit-gneiss à feldspath couleur chair y prédomine beaucoup; il y a aussi un petit nombre de fragments du terrain de transition, dont quelques-uns portent des stries tout à fait distinctes. Ce dépôt s'appuie sur le flanc O. de la vallée, avec les schistes noirs duquel il offre un contraste frappant. Du côté d'amont la colline est élevée d'environ 20 mètres au-dessus du ruisseau, qui vient passer au pied sans mettre à jour la roche en place; aussi il semble que ce soit la présence de l'amas de débris qui l'a forcé à se détourner et à se frayer un passage plus à l'est, où il a creusé son lit dans les schistes. Il est possible qu'il ait eu déjà ce cours-là avant la période glaciaire; mais ce qui est certain c'est que nous avons

ici une moraine transversale à la vallée aussi caractérisée que celles des Alpes ou des Vosges.

A partir de ce point la route continue à monter, mais la configuration de la vallée se prépare pour ainsi dire à changer de caractère : on quitte bientôt le terrain de transition d'une désagrégation facile, pour passer dans le domaine du granit-gneiss massif; aussi le torrent est toujours moins encaissé, et il est bientôt à la hauteur de la route. Nous sommes alors dans la partie supérieure de la vallée : le ruisseau a un cours tranquille et n'est plus directement encaissé; il coule dans une plaine d'environ 40 mètres de largeur, qui s'élargit bientôt davantage et qui est bordée de pentes douces et boisées. On a établi en travers un barrage, afin d'accumuler les eaux du ruisseau de manière qu'elles puissent servir au flottage des bois. A-t-on profité pour cela d'une digue naturelle d'origine glaciaire ? C'est possible, mais on ne peut s'en assurer; il m'a seulement paru que le barrage avait des dimensions plus grandes qu'il n'était nécessaire pour soutenir la pression des eaux qui s'élevaient derrière quand on le fermait complètement.

Plus en amont la pente du thalweg s'accroît bientôt, mais le fond de la vallée reste large; elle devient plus étroite dans les régions où la roche en place oppose une plus grande résistance à la désagrégation. On ne trouve plus de moraines barrant la vallée, mais l'existence de dépôts glaciaires m'a paru probable sur différents points. En effet les pentes sont quelquefois modifiées par des épaulements composés de débris, d'autres fois il y a près du ruisseau des plateaux couverts de blocs reposant, autant qu'on peut en juger, sur des débris plus petits, en sorte qu'ils ne paraissent pas provenir de la décomposi-

tion sur place de la formation sous-jacente. La preuve qu'ils ont été transportés ne peut toutefois pas se tirer de la roche, car cette région est formée de gneiss dont toutes les variétés se succèdent sur de petits espaces, et semblent se reproduire indéfiniment. En outre quand on considère que nous avons sous les yeux, dans cette vallée, les résultats de l'érosion de toutes les périodes géologiques qui se sont écoulées depuis le commencement de l'époque triasique et peut-être depuis plus longtemps encore, on sent la nécessité d'être réservé dans la classification des dépôts de transport qu'on y rencontre.

*Vallée de la Wiese proprement dite.*

Comme je l'ai dit plus haut, la partie inférieure de la vallée de la Wiese ne nous offre aucune preuve directe de l'extension des glaciers jusque dans cette région. Plus en amont, entre Mambach et Wembach, la vallée se resserre par suite de la présence d'un granit très-massif; on n'y voit pas de poli glaciaire. Un amas de débris plus ou moins arrondis, dont quelques-uns méritent presque le nom de blocs, se trouve à l'endroit où la route fait un coude pour passer le ruisseau débouchant de la vallée latérale de Herrenschwand; mais ce peut être là un dépôt de la rivière, qui remonterait du reste à une époque assez reculée, car il est à environ 30 mètres au-dessus du lit actuel.

La vallée est encore assez étroite quand on approche de Schœnau; mais un peu en aval de cette localité, elle s'élargit assez subitement. La route ayant été corrigée dernièrement, on a une coupe assez fraîche dans le talus au bas du flanc de la montagne: ce qu'on y voit n'indique

pas un dépôt glaciaire caractérisé ; il y a des débris étrangers au terrain de transition qui est en place, mais pas de galets striés. Un bloc montre une assez grande surface toute couverte de stries qui ont plutôt les caractères de celles que l'on rencontre parfois aux parois d'une fissure suivant laquelle un glissement s'est opéré. Au même endroit une colline de porphyre gris vient s'intercaler entre la route et la rivière ; du côté nord elle montre des surfaces plus ou moins polies et moutonnées ; mais je n'y ai pas reconnu de stries ; ce peut être le résultat de l'action de la glace en mouvement, mais aussi un effet du courant de la Wiese, qui a dû une fois venir frapper ces rochers peu élevés au-dessus de son lit actuel.

De Schoenau à Geschwend, la plaine qui forme le bas de la vallée est accidentée par des berges de terrasses et par de petites collines. Lorsque la végétation ne recouvre pas entièrement ces dernières, on y trouve presque toujours la roche en place, et rien de ce qui est à jour ne fournit la preuve que le glacier ait pris part à leur formation. Cela ne veut cependant pas dire que nous ne soyons pas encore au point où les glaces sont arrivées. J'envisage comme probable que ce sont elles qui ont poli les rochers de porphyre gris, au sud du débouché de la vallée d'Aitern ; cette assertion peut, il est vrai, être contestée, parce qu'on n'y trouve point de stries, et que les surfaces sont plus ou moins rudes ; en creusant la vallée les flots de la Wiese auraient pu produire le même effet, et laisser aussi les galets épars ou en petits dépôts que l'on rencontre à la même place, et ailleurs sur la partie inférieure des flancs de la montagne. Ce qui me paraît devoir faire pencher la balance en faveur du glacier, c'est

que le moutonnage est partout également bien conservé jusqu'à une trentaine de mètres au-dessus de la route ; si l'on veut l'attribuer à l'eau, il faut admettre que celui d'en haut est plus ancien que celui d'en bas ; or la désagrégation l'aurait certainement fait disparaître pendant le temps qu'il a fallu à la Wiese pour approfondir sa large vallée de plus de 30 mètres. Il faut encore remarquer que si le glacier de Präg est descendu jusque dans cette région, c'est contre ce rocher que son action a dû s'exercer avec le plus de force à cause du coude que fait la vallée.

Dans la partie septentrionale du village de Geschwend, on observe sur la route des roches polies, qu'on est fort tenté d'attribuer aussi à l'action glaciaire, quoiqu'elles n'aient pas de stries, parce qu'il y a des veines cristallines qui sont rabotées, et forment une seule et même surface avec la roche plus tendre qui les renferme. Au même endroit on trouve quelques dépôts de matériaux de transport qui sont plus ou moins bien lavés, et qui annoncent ceux que l'on observe immédiatement après à Schlechttau. Ce dernier village est à mi-chemin de Geschwend à Todtnau. A la première maison du côté du sud, se trouve une exploitation de gravier et de sable assez considérable, dans un épaulement sur le flanc gauche de la vallée. Ici l'intervention de l'eau est incontestable ; le gravier et les sables sont plus ou moins régulièrement séparés en couches qui présentent deux inclinaisons opposées, l'une vers l'amont ; l'autre vers l'aval de la vallée. On n'y trouve absolument que des roches cristallines et point de stries. Le bas de l'exploitation est à environ 15 mètres au-dessus de la Wiese ; l'épaulement où elle est ouverte monte bien plus haut, jusqu'à un plateau fai-

blement incliné, où les débris anguleux de la désagrégation actuelle des rochers supérieurs viennent recouvrir les galets plus ou moins arrondis qui le composent.

D'autres épaulements semblables se voient encore plus au nord, et le talus de la route permet de constater qu'ils sont aussi composés de matériaux de transport. Pour bâtir les maisons septentrionales du village, on a aussi mis à jour du gravier plus ou moins bien stratifié et aussi appliqué contre la pente. Enfin un autre épaulement sur le flanc droit est de composition analogue, du moins d'après les indications fournies par le sol des champs.

Ce ne sont pas là des dépôts glaciaires incontestables, puisque le travail de l'eau est évident à plusieurs endroits; mais les variations d'inclinaison de la stratification les rend absolument identiques aux graviers et sables stratifiés qui sont en liaison intime avec le terrain glaciaire dans l'intérieur de la Suisse. On ne peut les considérer comme le résultat d'une débâcle de grandes masses d'eau; un tel événement ne trie pas le sable pour en former des bancs et des nids dans les graviers. On pourrait y voir plutôt des dépôts de la rivière, et admettre qu'elle les a laissés sur les flancs à mesure qu'elle approfondissait la vallée. Mais deux difficultés se présentent dès l'abord: c'est la présence d'une proportion de sables beaucoup plus grande que partout ailleurs dans le diluvium de la Forêt-Noire, et l'existence de couches inclinées du côté d'amont. Toutefois je regarderais cette explication comme plausible, s'il s'agissait seulement de petits lambeaux placés à différentes hauteurs; mais ce sont des dépôts puissants, presque continus, sujets aux éboulements, d'un transport facile, qui ne seraient jamais restés en aussi grandes masses sur des pentes rapides, pendant

que la rivière aurait été occupée à creuser la vallée dans des roches dures.

Pour se passer de l'hypothèse glaciaire, on pourrait faire encore une autre supposition plus compliquée. La vallée ayant d'abord été formée lors du soulèvement, ou creusée une première fois par érosion, un mouvement du sol en aval ralentissant le cours de la rivière, elle a rempli la vallée de gravier jusqu'à la hauteur où nous en trouvons actuellement; plus tard, par une cause ou par une autre, son cours étant devenu plus rapide, elle a déblayé avec facilité et en peu de temps ses anciennes alluvions, en laissant sur les flancs celles que nous venons de décrire. Mais cette supposition est inadmissible, parce que partout où une rivière remanie des matériaux meubles, elle façonne ses rivages en terrasses; dans les environs de Schlechnau on n'a pas la moindre trace de cette configuration du sol, tandis qu'en aval à partir de Geschwend on l'observe jusqu'au Rhin. Il me paraît donc que la seule explication qu'on puisse donner de ces dépôts, c'est qu'ils proviennent d'un glacier. Ce sont les eaux de la fonte qui se déversaient sur ses flancs qui ont trié les matériaux, et les ont plus ou moins stratifiés en assises horizontales ou diversement inclinées.

Entre Schlechnau et Todtnau, il y a à mentionner des lambeaux de dépôts analogues aux précédents et des rochers plus ou moins moutonnés, mais où rien n'indique d'une manière décisive qu'il faille y voir l'action d'un glacier plutôt que celle d'un cours d'eau. Il y a la même remarque à faire en amont de Todtnau sur des surfaces semblables, qui ne sont pas non plus bien élevées au-dessus du lit actuel de la Wiese.

Dans le haut du village de Brandenburg, la rivière

tombe en cascade sur un rocher de gneiss. En montant pour arriver au-dessus, on voit au talus du chemin, surtout près du haut, des débris à angles émoussés ou même assez arrondis, parmi lesquels il y en a d'un porphyre rouge qui ne paraît pas être en place sur la pente. Un bloc de 3 mètres cubes, engagé dans ce dépôt, présente des surfaces rudes dans les parties exposées à l'air depuis longtemps, tandis que la portion inférieure, dégagée depuis peu, est tout à fait polie. Enfin la pente prend un peu le relief de la fig. 2 ; ce n'est qu'un peu plus haut sur le flanc que se trouvent les débris qui proviennent de la désagrégation actuelle. Il me paraît assez probable qu'un glacier a laissé là une partie des matériaux qu'il transportait.

Un peu plus en amont, la vallée semble à moitié barrée par un épaulement qui forme une espèce de digue sur le flanc gauche, et qui force la Wiese à faire un détour ; la végétation couvre entièrement cet accident dans le relief général ; c'est peut-être une ancienne moraine, peut-être aussi seulement un cône de déjection d'un affluent qui passe maintenant au sud.

Non loin du pied du Feldberg, la vallée paraît barrée comme à Brandenburg, mais ici il n'y a ni rocher ni cascade ; ce n'est qu'au bas de la pente transversale que la rivière atteint la roche en place, le ravin où elle se précipite est creusé dans des débris (fig. 2). Le plateau qui le borde des deux côtés se continue sur une certaine longueur, puis il finit par une contre-pente du côté d'amont, marquée surtout sur le flanc droit ; au delà la vallée reprend la largeur qu'elle avait en aval, et la rivière cesse d'être directement encaissée. La composition de ce palier est visible dans les berges en éboulement au bord de la

Wiese et au talus du chemin. Il y a des blocs jusqu'à la grosseur de 3 ou 4 mètres cubes; mais la masse principale est semblable aux produits de la désagrégation du gneiss sur les croupes de la Forêt-Noire, à cette différence près qu'il y a non-seulement des fragments anguleux ou à arêtes émoussées, mais d'autres qui sont presque aussi arrondis que des galets de rivière. Il n'y a aucun parti à tirer de la nature des roches que l'on y rencontre, car ce ne sont que des variétés de gneiss qui toutes se trouvent en place sur de petits espaces au Feldberg et dans ses environs, et se répètent partout à l'infini. Il n'est cependant pas possible que cette masse de débris provienne de la décomposition de la roche en place; il ne se forme pas de pareils amas là où il y a un torrent à cours rapide, qui emporte à mesure qu'ils se détachent tous les fragments de petite taille; les galets roulés et les blocs montrent qu'il y a eu transport, et transport par un glacier, car il n'y a aucune trace de triage par les eaux, et un glacier seul peut expliquer l'existence d'une contre-pente du côté d'amont.

Au Feldberg nous sommes à l'origine de la vallée de la Wiese; il nous reste à parcourir les vallées latérales du côté droit, en commençant par leur débouché comme nous l'avons fait pour celle de Präg.

#### *Vallée de la Wiese rouge.*

Cette vallée aboutit à Brandenberg.

Au débouché il y a un accident de relief en forme de digue transversale; on ne peut affirmer que ce soit une moraine, parce qu'on n'en voit pas la composition.

Peu en amont de ce point, un chemin de construction

récente quitte bientôt le thalweg pour s'élever sur le flanc droit en faisant un coude. Le talus ne met nulle part à jour la roche en place, mais un mélange de fragments de toute taille, depuis celle d'un grain de sable aux blocs de plus d'un mètre cube; parmi ces derniers on est tenté de distinguer ceux qui sont descendus du flanc à leurs angles aigus, et ceux qui ont été transportés à leurs formes plus arrondies; cependant cela ne suffirait pas pour permettre d'affirmer l'origine glaciaire d'une partie de ces débris, s'il n'y avait pas, mêlés aux autres, des fragments et des blocs d'un porphyre rouge que j'ai retrouvé en place tout au fond de la vallée. Rien du reste dans le relief du sol ne fait reconnaître qu'on est en présence d'un dépôt glaciaire; mais il n'en est pas de même un peu plus en amont. Là, en effet, on a entre la pente du flanc droit et le ruisseau un plateau comme à la fig. 2; il est composé de blocs et de débris, autant du moins qu'on en peut juger par quelques éboulements au bord du ruisseau, qui s'est creusé un ravin de 10 à 15 mètres de profondeur sans mettre à jour une roche en place. Du côté d'amont ce plateau se termine par une contre-pente qui a environ 7 mètres de hauteur au bord du ruisseau; on peut la suivre de là jusqu'au chemin mentionné qui est resté à une certaine élévation sur le flanc droit.

Plus haut dans la vallée je n'ai pas trouvé d'autres indices de la présence d'un ancien glacier.

### *Vallée de Muggenbrunn.*

Le ruisseau de cette vallée arrive à Todtnau par un petit défilé où le gneiss est en place. Sur le flanc droit on a mis à jour, sur plusieurs mètres de puissance, un dépôt

glaciaire informe des mieux caractérisés. Des fragments de toutes grosseurs jusqu'à 1 mètre cube, sont reliés par une boue fine qui en forme une masse assez solide; la variété des roches éloigne toute idée que ce soit un produit de la désagrégation des couches en place; la boue fine, qu'il y ait eu transport par eau courante.

Sur le flanc gauche de la vallée, un peu plus en amont, mais encore à proximité de Todtnau, le creusement d'une cave à bière est venu nous révéler la composition d'une pente où il n'y avait pas d'affleurement, et où le relief ne faisait rien soupçonner de particulier.

La figure 3 représente la coupe mise à jour du côté N.; celle du côté S. était identique pour l'ensemble. Aux 10 mètres de puissance de cette paroi, il faudrait en ajouter en dessous la moitié autant pour l'espace que je n'ai pas pu voir, parce que les murs de la cave étaient déjà construits. D'après les déblais on n'a pas attaqué la roche en place, et il est probable qu'on ne l'a pas même atteinte. Dans cette coupe, sous une assise peu épaisse de terre végétale et de débris anguleux descendus du haut, on voit une couche de gravier et de sable en bancs très-irréguliers et fort entremêlés, mais séparés par des lignes distinctes; il y a deux plongements opposés, mais tous deux perpendiculaires à la direction de la vallée; c'est l'inverse de ce que nous avons eu à Schlechnau; l'intervention de l'eau dans cette partie est hors de tout doute.

La couche au-dessous est de composition analogue, mais séparée par une ligne très-tranchée; ce sont des matériaux plus ou moins arrondis de toutes les grandeurs, du grain de sable ordinaire à un bloc de  $\frac{3}{4}$  de mètre cube; à cause de l'absence de triage suivant la grosseur, on est porté à y voir un dépôt glaciaire propre-

ment dit; cependant la certitude n'est pas complète, parce que les parties fines y manquent; ce pourrait être l'alluvion d'une eau assez torrentielle pour transporter des blocs de près d'un mètre cube; mais la partie supérieure ne pourrait être attribuée à la même cause. Les matériaux présentent la même variété que dans le glaciaire informe du flanc droit. Je ne pourrais ici que répéter ce qui a été dit à propos de Geschwend, pour arriver à la conclusion que la stratification de ces graviers est due aux eaux de fonte d'un glacier, conclusion qui acquiert un degré de vraisemblance de plus ici, où nous avons un affleurement de glaciaire informe dans le voisinage, et peut-être même directement au-dessous des couches qui sont l'œuvre de l'eau.

Un peu en amont de ces deux points, les indices de dépôts analogues ne manquent pas, mais il est inutile de s'y arrêter; seuls ils ne suffiraient pas pour démontrer qu'un glacier a descendu la vallée.

Au contour de la route dans le village de Aftersteg, on exploite du gravier lavé qui est autour d'un bloc de plus de 2 mètres cubes; c'est en revanche plutôt un dépôt informe qu'on a mis à jour à quelque distance, en creusant les fondements d'une maison. Ces deux genres de formations se distinguent très-bien des éboulis plus récents qui les recouvrent, et ils sont assez élevés au-dessus de la rivière.

AMuggenbrunn se réunissent les ruisseaux qui viennent des deux branches supérieures de la vallée. Au nord du confluent on voit, sur une puissance de 10 mètres, un dépôt de glaciaire informe parfaitement caractérisé. Il y a des blocs de 1 mètre cube et au-dessus et des galets de toutes grosseurs, à angles émoussés, mais non roulés; les uns et

les autres sont répartis sans aucune espèce d'ordre dans une masse composée de particules de la taille d'un grain de sable à celle de poudre impalpable. Sur la rive gauche du ruisseau qui vient du nord-est, la continuation de ce dépôt forme un plateau semé de blocs ; le talus de la route en montre la composition. Faut-il y rattacher le plateau plus considérable sur lequel s'élève la partie méridionale du village ? Cela me paraît probable, mais ce n'est pas prouvé, parce que la berge élevée qui l'accompagne ne présente point d'affleurement.

À partir de Muggenbrunn les deux branches supérieures de la vallée n'offrent que des indices peu sûrs de transport par les glaciers, et je les passe sous silence.

#### *Vallée de Todtnauberg.*

Cette vallée est latérale à celle de Muggenbrunn. Le chemin qui y conduit monte d'abord sur le flanc gauche de cette dernière, pour passer sur un éperon de gneiss schisteux, à 30 mètres environ au-dessus du confluent des ruisseaux ; la roche, qui semble avoir été mise à jour depuis peu, est moutonnée ; par suite de sa position elle a dû subir d'une manière toute particulière l'action du glacier qui descendait de Muggenbrunn. Quant à celui qui venait probablement de Todtnauberg, il n'a pas laissé de traces incontestables de son passage. On ne s'en étonne pas quand on parcourt la partie supérieure de la vallée au-dessus du village : toutes les pentes sont douces, il n'y a pas un seul rocher qui fasse tant soit peu saillie ; aussi le névé qui couvrait cette région devait opérer sa descente sans se charger de matériaux de transport.

*Vallée de Wieden.*

En suivant la grande route qui part d'Uzenfeld pour remonter cette vallée, on trouve bientôt en place les schistes du terrain de transition. On exploite là des blocs d'un granit à feldspath rouge parfaitement identique à celui qui forme le sommet du Belchen; je ne sais pas d'où ils viennent, mais il est sûr qu'ils sont étrangers à la région où ils se trouvent. La vallée est bientôt resserrée par une gorge rocheuse, où il y a quelques dépôts erratiques; mais ils sont mieux caractérisés sur les pentes au-dessus. Sur le flanc droit on les voit plus ou moins bien au talus d'un chemin et à quelques déchirures du sol: ils sont probablement informes. On remarque aussi des surfaces de rochers moutonnées auxquelles manquent pourtant, du moins dans les affleurements naturels, les stries caractéristiques.

Vis-à-vis, sur le flanc gauche, monte un chemin qui met encore mieux à jour un sous-sol analogue à celui du flanc droit; quand il a changé de direction pour contourner un ravin latéral, on arrive à un endroit où l'on a creusé dans du gravier distinctement stratifié, mais incliné d'environ 30° à l'est, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction de la vallée. Ce point est élevé d'au moins 50 mètres au-dessus du thalweg.

Plus au nord, sur le même chemin, un autre amas erratique forme une sorte de moraine transversale appliquée sur le flanc de la vallée; il renferme des blocs de plus d'un mètre cube. Nous avons donc de nouveau ici des dépôts de transport variés, parmi lesquels il y en a où l'action de l'eau est indubitable, mais où la direction

de la stratification ne permet pas de songer à les attribuer à une rivière descendant la vallée. Plus en amont, jusqu'à Wieden, on trouve sur bien des points des matériaux erratiques, mais ils ne se présentent pas dans des conditions telles qu'on doive nécessairement faire intervenir le glacier pour les expliquer ; aussi je ne m'y arrête pas.

#### *Vallée de Aitern.*

Pour aller à Aitern on monte d'abord sur une pente douce, qui est probablement due aux déjections que le ruisseau a déposées dans la plaine de la Wiese. Avant le village la vallée semble barrée par une petite colline, qui ne laisse qu'un passage assez étroit pour le ruisseau, et qui a une pente marquée du côté d'amont. Sur le chemin on y voit de la roche en place, ce n'est donc pas une moraine proprement dite, comme on pourrait le croire. Cependant dans les prés et les champs de la croupe on ne trouve que des galets de roches variées, arrondis ou à angles simplement émoussés. Il n'est pas impossible d'en attribuer l'apport au ruisseau ; mais pour cela il faut en faire remonter le dépôt à une époque où le sommet de la colline était le thalweg de la vallée, et où le ruisseau n'avait pas encore creusé en amont pour y former une contre-pente.

Le village de Aitern est adossé à la pente rapide du flanc gauche de la vallée, sur les schistes du terrain de transition. La roche en place est çà et là à jour, mais ce qui frappe bien davantage ce sont les blocs de roches cristallines, surtout de gneiss, qui se trouvent partout et qui ont servi à toutes les constructions ; ils sont accompagnés d'une grande quantité de fragments plus petits de

même nature. A 50 mètres environ au-dessus du ruisseau, on a exploité du sable ou du gravier dans l'intérieur du village; mais je n'ai pu m'assurer si c'est dans un dépôt stratifié ou non. L'intervention d'un glacier me paraît du reste nécessaire pour expliquer le transport de blocs déposés sur une pente aussi rapide.

En amont du village, soit dans le fond de la vallée au bord du ruisseau, soit sur les pentes inférieures, on continue à voir des blocs qui dépassent un mètre cube. Les plus gros sont tout à fait différents du gneiss et du porphyre rouge qui ont succédé ici au terrain de transition; ils appartiennent à un granit-gneiss qui occupe de grands espaces plus en amont.

La partie supérieure de la vallée, divisée en deux branches, ne m'a pas présenté de dépôts dont on puisse voir l'intérieur suffisamment. On ne peut donc que présumer l'origine glaciaire de différents accidents de relief; dans la branche orientale il y a un éperon de débris qui a intercepté un peu le cours du ruisseau et occasionné la formation d'un marais en amont; vis-à-vis du point où le thalweg de la branche occidentale tourne à l'est, on remarque une petite colline qui, si elle n'est pas formée par la roche en place, pourrait bien être une moraine frontale.

#### *Vallée de Oberböllen et de Neuenweg.*

Ces deux vallées descendent directement du Belchen. Je n'ai parcouru celle de Neuenweg qu'en amont du village, et n'y ai trouvé que des indices peu sûrs de transport glaciaire; peut-être y en a-t-il d'autres plus bas; le temps nécessaire pour les rechercher m'a manqué.

Dans la vallée d'Oberböllen, c'est à un quart de lieue

en amont de Wembach, sur le flanc droit, que l'on commence à trouver des traces de l'existence d'un glacier ; la pente s'adoucit beaucoup à environ 30 mètres au-dessus du thalweg, et il y a çà et là beaucoup de galets apportés ; on remarque particulièrement ceux du terrain de transition, qui n'est en place que plus en amont ; mais on n'a pas d'affleurement qui montre suffisamment quelle est la manière d'être du dépôt ; il n'est du reste pas très-puissant, car la roche en place apparaît çà et là. Presque tout le long de la vallée, on rencontre de même des galets ou de petits blocs transportés, mais c'est à une moins grande hauteur au-dessus du ruisseau. En revanche, sur le sentier qui de Niederböllen s'élève sur le flanc droit pour conduire à Neuenweg, on voit à mi-hauteur de la pente des fragments arrondis de diverses roches cristallines déposés sur les schistes de transition. Il faut un effort de l'esprit pour se représenter que ces galets soient restés là depuis que le ruisseau les aurait apportés, à l'époque où la vallée n'aurait encore eu que la moitié de la profondeur qu'elle a actuellement. Cette explication serait pourtant la plus plausible, si nous n'avions pas trouvé des phénomènes glaciaires indubitables dans les régions voisines. Ainsi, quoique nous ne soyons pas amenés à croire forcément à l'existence d'un glacier dans la vallée d'Oberböllen, il y a de forts indices qu'elle n'en a pas été dépourvue.

---

#### REMARQUES GÉNÉRALES.

1. Je crois avoir fait sans parti pris les observations que je viens d'exposer, et les avoir discutées de même en examinant les différentes explications qu'on en pou-

vait donner. Cependant il existe sur les phénomènes diluviens de la Forêt-Noire une hypothèse que j'ai seulement mentionnée en passant, c'est celle de Fromherz. La lecture de son livre<sup>1</sup> montre qu'il a étudié les faits dans toutes les vallées de la Forêt-Noire; aussi, en me proposant de les examiner à mon tour, je m'attendais à les trouver beaucoup plus concluants en faveur de ses opinions que cela n'a été le cas. Il est arrivé au résultat qu'il n'y a pas la moindre trace de la présence d'anciens glaciers dans la Forêt-Noire; il ne pouvait guère faire autrement, puisqu'après avoir parcouru quelques parties de la Suisse, il pense que les glaciers des Alpes ne se sont pas étendus à plus de quelques lieues (p. 95) du point où ils s'arrêtent actuellement. Pour expliquer le diluvium de la Forêt-Noire, il suppose d'anciens lacs qui se sont écoulés subitement par suite de ruptures provenant de violents ébranlements du sol; dans d'autres vallées ces mêmes commotions ont produit des éboulements; les eaux ont été arrêtées et ont formé des lacs temporaires, qui se sont écoulés de même par suite de la rupture de la digue qui les soutenait (p. 38 et 70).

Je ne m'arrêterai pas aux objections générales que l'on peut faire à cette théorie, qui était tout à fait conforme aux idées d'une école encore puissante à l'époque où écrivait Fromherz; on est moins disposé maintenant à faire intervenir les catastrophes dans l'histoire du globe. Mais cette considération ne pouvait pas me dispenser d'examiner si, dans le bassin de la Wiese, les faits sont bien tels que Fromherz a cru les voir, et s'ils sont en quelque mesure favorables à ses conclusions.

<sup>1</sup> Geognostische Beobachtungen über die Diluvial-Gebilde des Schwarzwaldes.

Sur sa carte, Fromherz a figuré les anciens lacs qu'il a cru reconnaître; ils sont très-nombreux et très-grands dans les régions orientales de la Forêt-Noire; dans notre bassin il n'y en a que deux, l'un dans la partie supérieure de la vallée de Präg, l'autre dans celle de la Wiese, au pied du Feldberg. Pour ce dernier Fromherz pense qu'il a été formé temporairement par des éboulements (page 278), ou bien qu'il existait depuis longtemps derrière un barrage de gneiss; de violents tremblements de terre auraient causé l'éboulement, ou bien opéré la rupture du barrage. C'est à peine si sur les lieux on trouve une apparence de justification de ces suppositions. A l'endroit d'où la débâcle serait partie, le profil de la vallée est un peu plus étroit, parce que le gneiss y est plus résistant qu'ailleurs; pour la même raison le ruisseau tombe en cascade, mais la vallée est toujours assez large et les pentes trop douces pour qu'on parvienne à se représenter qu'elle ait été fermée à cette place à une époque aussi rapprochée de nous. Les dépôts de sable et de gravier de Schlechnau, dont il a été question ici p. 148, ne sont pas formés derrière un éperon de roche en place, comme le croit Fromherz (p. 280); ils font au contraire eux-mêmes saillie sur le flanc de la montagne; il me semble que s'il y a une chose qu'il soit impossible de se représenter, c'est que de véritables bancs de sable aient été laissés là par une masse d'eau en mouvement, qui aurait dû remplir la vallée jusqu'à 40 ou 50 mètres de hauteur.

Le lac représenté dans la vallée de Präg y commence du côté d'amont à un point coté à la hauteur de 4161 pieds sur la carte de l'état-major badois, tandis que les points culminants des flancs de la vallée qui devaient ren-

fermer le lac à son autre extrémité du côté d'aval, n'atteignent pas 4000 pieds. A la rigueur on peut se représenter qu'il y ait eu un lac de moins d'un quart de lieue de longueur dans la partie supérieure de la vallée de Präg; mais les conditions de niveau ne permettent pas d'aller au delà. A l'endroit où doit avoir eu lieu la rupture qui aurait laissé échapper les eaux du lac tel que l'entend Fromherz, la vallée est un peu plus étroite qu'ailleurs, mais la plaine a encore 40 mètres de largeur et elle est bordée de pentes douces; on ne trouve rien qui corresponde à la gorge étroite dont il parle à la page 274. Il est vrai qu'en aval le ruisseau commence à s'encaisser dans un ravin, parce qu'il passe d'une roche dure à une roche tendre, mais le profil général de la vallée n'en est pas sensiblement modifié; ce ne peut être là la gorge cherchée, car si on la remplissait maintenant artificiellement, on n'opérerait pas la moindre accumulation d'eau dans la partie supérieure, dont le thalweg est à une altitude plus grande.

Fromherz mentionne comme amas de galets (p. 274) la moraine frontale décrite ici p. 144. Je ne parviens pas à m'expliquer comment il a pu se représenter que les eaux d'un lac se déversant subitement aient déposé un barrage de débris en travers de la vallée et avec une contre-pente en amont, au moment même où leur impétuosité devait être la plus grande.

Dans les autres vallées du bassin de la Wiese, Fromherz suppose des débâcles provenant d'accumulation d'eau par suite d'éboulements. J'ai examiné les endroits où ces phénomènes doivent s'être passés, et je n'en ai trouvé aucun qui ne soulève des objections du même genre que celles que je viens de faire. Il a été, je crois,

parfois plus heureux lorsqu'il s'est servi pour expliquer ses observations des agents atmosphériques et des eaux courantes ordinaires.

2. C'est dans la vallée de Präg que les phénomènes glaciaires se présentent le plus au complet, quoiqu'elle ne commence pas au point le plus élevé de la région, c'est-à-dire au Feldberg. Cela tient sans doute à la circonstance qu'elle conserve plus longtemps que d'autres le caractère de haute vallée : son origine est à 1310 mètres<sup>1</sup> ; à une lieue de distance de ce point elle est encore à près de 1000 mètres, et les croupes qui la bordent se maintiennent à une hauteur proportionnelle. Cette région pouvait donner lieu à la formation de névés d'une certaine importance, et par conséquent alimenter un glacier assez puissant.

La vallée principale de la Wiese recevait les névés du Feldberg (1495 mètres), dont la croupe assez large pouvait en fournir une certaine quantité ; cependant le glacier qui en provenait ne paraît pas s'être élevé bien haut sur les flancs de la vallée, sans doute parce que celle-ci s'approfondit très-rapidement ; déjà au pied du Feldberg elle n'est guère à plus de 800 mètres.

La vallée de Muggenbrunn a eu un glacier peut-être aussi puissant que celui de Präg et pour la même raison. A son origine elle a deux hautes vallées qui, à leur point de réunion à Muggenbrunn, sont encore à 970 mètres.

Les vallées de Wieden et de Aitern ont de même des parties supérieures de plus de demi-lieue de longueur entre des croupes élevées ; aussi les dépôts glaciaires s'y trouvent jusqu'à une certaine hauteur dans la région inférieure.

<sup>1</sup> Ces indications de hauteurs et celles qui suivent sont empruntées à la carte de l'état-major badois.

Quoique descendant d'une des sommités les plus élevées de la Forêt-Noire, le Belchen (1415 mètres), les deux vallées d'Oberböllen et de Neuenweg ne présentent que des dépôts glaciaires moins bien accusés qu'ailleurs; cela tient à ce qu'elles sont plus avancées dans leur formation que les autres, c'est-à-dire qu'elles sont profondément creusées jusqu'à leur point de départ; les deux villages presque au pied de la montagne, ne sont en effet qu'à 740 mètres. En outre le sommet du Belchen ne présente qu'une surface de dimensions fort restreintes en comparaison du Feldberg, et par conséquent la quantité de névé qu'il fournissait à chacune des nombreuses vallées qui l'entourent était peu considérable. Ensuite les croupes qui le continuent sont moins hautes que celles qui partent du Feldberg; elles n'atteignent le plus souvent pas 1000 mètres.

Ainsi ce qui a surtout déterminé la formation de glaciers d'une certaine importance dans la Forêt-Noire, ce sont des croupes élevées enveloppant de hautes vallées, plutôt que la présence des sommités culminantes.

3. Le territoire dont il est question dans cette notice est à peu près de la même étendue que celui de la vallée de St-Amarin dans les Vosges, et il y a sous tous les rapports tant de ressemblance entre les deux chaînes qui suivent le cours moyen du Rhin, qu'il est naturel que ce soit là que nous allions chercher des termes de comparaison. Dans la vallée de la Wiese les témoignages de l'action glaciaire sont rudimentaires en comparaison de ceux des Alpes. Il n'en est pas de même dans celle de St-Amarin; s'il y avait encore un glacier, la théorie qu nous occupe aurait pu y prendre naissance aussi bien que dans le Valais, car les phénomènes s'y présentent sur une

assez grande échelle pour qu'on y trouve de véritables *paysages glaciaires*<sup>1</sup>. En outre le point où ils cessent est à une altitude moindre que dans le bassin de la Wiese : Wesserling, où se trouvent les dernières moraines frontales, est à environ 440 mètres, tandis que Schœnau, que le glacier de la Wiese ne paraît guère avoir dépassé, est à 542 mètres. On trouverait peut-être une des raisons de ces différences, en comparant les roches des deux régions sous le rapport de leur aptitude à fournir de plus ou moins grandes quantités de matériaux de transport au glacier ; j'ai trop peu parcouru la vallée de St-Amarin pour avoir une opinion à cet égard. Quant aux conditions d'altitudes elles sont à peu près les mêmes ; le point de départ du glacier qui venait mourir à Wesserling n'est qu'à 1310 mètres ; mais les croupes qui bordent la vallée conservent une hauteur qui se maintient mieux, surtout sur le flanc gauche, que celles qui leur correspondent autour du bassin de la Wiese.

Je crois qu'une partie au moins de la différence du développement des phénomènes glaciaires tient à la disposition différente des vallées dans les deux régions. Celle de St-Amarin se compose d'une branche principale, et de branches latérales qui sont perpendiculaires à la première. A mesure que la masse de glace qui formait le glacier principal avançait, et se trouvait toujours plus diminuée par la fonte, elle recevait continuellement de nouveaux affluents ; les principaux lui sont arrivés à Wesserling ou un peu en amont, au moment même ou sans cela elle aurait peut-être fini d'exister. Dans le bassin de la Wiese, les choses ont dû se passer un peu différem-

<sup>1</sup> Consulter surtout E. Collomb, Preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les vallées des Vosges, 1847.

ment. Au lieu d'un seul tronc principal, il y en avait deux qui descendaient les vallées de Muggenbrunn et de Präg. Le dernier avait un assez long parcours dans une région déjà basse, et il ne rejoignait celui de Muggenbrunn que lorsqu'il était déjà bien réduit. L'apport de glace des vallées de Wieden et de Aitern, qui avait lieu ensuite, ne paraît pas avoir été suffisant pour faire arriver le tout jusqu'au débouché de la vallée d'Oberböllen, qui peut-être n'avait pas elle-même un glacier capable de descendre jusqu'à la Wiese.

---

#### RÉSUMÉ.

1. Les vallées de Präg, de la Wiese, de Muggenbrunn et de Aitern ont gardé des témoignages évidents de l'existence d'anciens glaciers. Ces témoignages sont moins sûrs dans les vallées d'Oberböllen et de Neuenweg.

2. Les glaciers les plus importants n'ont pas été ceux qui sont partis directement des points culminants, le Feldberg et le Belchen, mais bien ceux qui ont commencé dans de hautes vallées entre des croupes élevées.

3. Les phénomènes glaciaires du bassin de la Wiese ne sont pas aussi frappants que ceux de la vallée de St-Amarin dans les Vosges ; les différences d'altitude n'expliquent guère ce fait ; peut-être provient-il de la disposition des vallées les unes par rapport aux autres, disposition qui n'est pas la même dans les deux bassins.

---

#### EXPLICATION DE LA PLANCHE III

Fig. 1. Réseau des vallées du bassin supérieur de la Wiese à l'échelle de  $\frac{1}{200000}$ .

*i*, glacière informe.

*s*, glacière stratifiée.

*r*, roches polies ou moutonnées.

Fig. 2. Dépôt glaciaire formant barrage dans la vallée de la Wiese.

Fig. 3. Dépôt glaciaire en partie stratifié à Todtnau.

---

RECHERCHES  
SUR LA  
PUTRÉFACTION DE L'ALBUMINE  
ET SUR  
SA TRANSFORMATION EN GRAISSE  
PAR  
**M. Alfred SÉCRETAN**

---

Les preuves de la transformation de l'albumine en matières grasses, aussi bien les preuves tirées de la physiologie que celles fournies par la chimie et la pathologie, ne sont pas encore assez concordantes pour qu'on puisse admettre positivement que la graisse est un produit de décomposition de l'albumine.

La physiologie nous apprend que les animaux nourris exclusivement de viande dégraissée, n'engraissent pas, mais produisent cependant encore de la graisse. Celle-ci préexistant déjà dans l'organisme, rien ne prouve qu'elle soit formée par la viande.

*Tscherinoff*<sup>1</sup>, en nourrissant des poules uniquement de viande maigre, les vit engraisser d'une façon extrême, mais viande maigre ne veut pas dire dégraissée.

*Fischer* dit que les abeilles continuent à produire de la cire lorsqu'elles ne se nourrissent que d'albumine et de sucre.

*Voit et Berlepsch* attribuent l'augmentation de la production de la cire par des abeilles nourries exclusivement de sucre et de pollen, à l'albumine contenue dans le pol-

<sup>1</sup> Kühne, *Physiol. chemie*, p. 372.

len. Mais *V. Schneider*<sup>1</sup> démontre clairement que la petite quantité d'albumine du pollen ne suffirait pas pour augmenter la production de la cire d'une façon relativement si considérable. Ce serait plutôt le sucre qui remplirait ce but. *Gundelach* a du reste prouvé qu'en nourrissant des abeilles uniquement avec du sucre de raisin, la cire continuait à être produite.

La fermentation ne nous fournit pas de preuves plus positives. Examinons en premier lieu la formation de l'adipocire.

En ouvrant au cimetière des Innocents<sup>2</sup> les fosses communes dont les plus grandes contenaient jusqu'à 1500 cadavres entassés les uns sur les autres et enterrés depuis 15 ans, on y trouva du gras de cadavre représenté par des masses irrégulières, d'une substance grisâtre, molle, friable. Leur aspect, leur forme et leur consistance les faisaient ressembler à du fromage blanc ordinaire ; le linceul avait laissé une impression à leur surface. L'odeur n'en était pas repoussante ; à quelques endroits les muscles pouvaient encore être reconnus à leurs fibres et à leur couleur plus ou moins rouge.

Orfila décrit un estomac, un morceau de peau et deux testicules, qu'il avait enterrés huit mois auparavant, comme étant transformés en une graisse jaunâtre, ayant l'odeur du fromage de Roquefort et étant composée d'acides gras et de chaux. D'après *Chevreul*, en effet, le gras de cadavres<sup>3</sup> est un savon d'ammoniaque, de potasse et de chaux, combiné avec beaucoup d'acide margarique et un peu d'acide oléique.

<sup>1</sup> *Annalen der Chemie und Pharmacie*, CLXI, 235. 1872.

<sup>2</sup> Orfila, *Méd. lég.*

<sup>3</sup> *Dict. de méd.* Robin et Littré, 1865, p. 682.

Trouvé sur des corps enterrés seulement depuis 3 à 5 ans, le gras de cadavres est mou, flexible, léger et contient beaucoup d'eau; tandis que provenant de cadavres enterrés depuis 30 à 40 ans, il est sec, friable, en feuillets blancs serrés, quelquefois transparent, ressemblant à de la cire. La couleur en est parfois très-brillante, à reflet argenté. Par la chaleur, le gras de cadavres devient mou et fond d'après *Gibbes*<sup>1</sup> à 160° F, se solidifie à 110°.

D'après Orfila, le gras de cadavres ne se forme que là où il existe de la graisse et une matière azotée; la substance grasse fournit les acides margarique et oléique et la matière animale, l'ammoniaque<sup>2</sup>.

Voilà l'origine du gras de cadavres.

En effet, sa formation ne pourrait provenir d'autres sources, puisque les muscles isolés ne se transforment que difficilement en gras de cadavres, et seulement lorsqu'ils sont très-riches en graisse.

D'un autre côté, la graisse séparée des parties contenant l'ammoniaque, exsangue et lavée dans la potasse ne se change pas en gras de cadavre.

Lesueur et Orfila ont encore montré que la peau ne se transforme en cette dernière substance que lorsque le tissu cellulaire sous-cutané n'a pas été enlevé.

Il est certaines circonstances qui influent sur la formation du gras de cadavres dans la terre.

Les cadavres ne sont complètement transformés en matières grasses qu'après 3 ans de séjour en terre; dans l'eau la transformation est plus rapide.

Celle-ci n'a jamais été observée d'une manière complète sur des corps enterrés isolément, mais bien sur des cadavres enterrés par groupes.

<sup>1</sup> Verhandl. der physico-med. Gesellschaft in Würzburg, III, 370.

<sup>2</sup> Orfila, Méd. lég.

Dans les fosses communes, les cadavres qui sont au fond de la fosse paraissent se transformer les premiers.

La transformation n'est pas également rapide dans chaque terre.

Une épaisse couche de terre au-dessus est nécessaire.

Les corps gras et robustes se transforment plus rapidement, les maigres se momifient plutôt.

Le sexe n'a pas d'influence.

Les jeunes se transforment plus vite que les vieux.

Voici comment Orfila explique la formation du gras de cadavres : Tout fait croire que les cadavres entassés dans les fosses se décomposent d'abord, comme dans les fosses où il n'y a qu'un seul cadavre ou comme à l'air ; mais qu'après un temps déterminé, une autre espèce de décomposition se produit, c'est-à-dire la transformation en graisse. Les causes de la saponification paraissent dépendre de ce que la terre, dans les fosses communes, est trop peu considérable pour la quantité innombrable de cadavres, et que par là elle est bientôt saturée des produits volatils de la putréfaction. Elle arrête celle-ci par le fait qu'elle ne recueille plus ses produits. Le contraire aurait lieu si les cadavres se décomposaient à l'air ou isolément dans la terre, c'est-à-dire que la décomposition continuerait comme elle a commencé, parce que les gaz ont libre issue dans l'air ou peuvent être absorbés dans la terre.

Comme les produits gazeux de la putréfaction dans les fosses communes agissent de nouveau sur les parties molles, ou bien sont retenus dans les tissus, il apparaît une nouvelle sorte de décomposition.

Nous laisserons de côté les théories émises autrefois par Fourcroy et Thouret.

L'adipocire a été produite artificiellement. *Gibbes*<sup>1</sup> en a formé par l'action de l'eau courante et de l'acide nitrique. *Quain*<sup>2</sup> cite la transformation en adipocire d'un cœur normal d'enfant dans de l'alcool dilué (1 d'alcool sur 8 d'eau).

Le microscope montra des changements analogues à ceux de la dégénérescence graisseuse pendant la vie. Les mêmes phénomènes se passèrent dans un cœur de mouton ayant séjourné dans l'acide nitrique dilué.

Quain dit encore, en décrivant un morceau de muscle des lombes d'un cheval :

La substance avait le même aspect que le blanc de baleine, mais était plus foncée et plus friable. A la surface on voyait des traces rouges représentant les limites du faisceau musculaire. Cette matière répandait une odeur ammoniacale, elle flottait sur l'eau et était presque entièrement soluble dans l'éther ; la quantité insoluble présentait au microscope un réseau de fibres disposées parallèlement par places. L'évaporation de la solution étherée produit des masses granuleuses et graisseuses. L'adipocire elle-même présente au microscope des rubans opaques formés de cristaux en feuillets et des disques plans consistant en aiguilles radiées. Par l'éther tout disparaît, à l'exception des fines fibres. Il s'est donc produit de la graisse.

*Virchow*<sup>3</sup> remarqua les mêmes transformations dans une jambe et un pied qui avaient macéré pendant une année dans de l'eau courante. Il s'était formé une substance légère, blanche, possédant toutes les propriétés, particulièrement le même point de fusion, que l'adipocire véritable.

<sup>1</sup> Philos. Transactions, 1794-1795.

<sup>2</sup> Med. chir. Trans. XXXIII, 140, 1850.

<sup>3</sup> Verhandl. der phys. med. Gesellschaft in Würzburg, III, 369.

Les muscles étaient transformés et remplis de masses graisseuses et granuleuses. La graisse fond facilement, se refroidit ensuite facilement et cristallise en perles rondes blanches et en aiguilles radiées. La peau de cette jambe, décomposée en grande partie, était couverte de nombreux champignons du genre *Penicillum*, probablement le même que Blondeau, comme nous le verrons, a trouvé sur le fromage de Roquefort.

L'adipocire artificiellement produite par la putréfaction lente des tissus contenant de l'albumine, particulièrement des muscles, renferme, d'après les analyses de *Wetherill*<sup>1</sup>, de l'acide palmitique qui, d'après les observations de Hoppe, serait lié à de l'ammoniaque.

L'albumine, en effet, semble être ici la source de la production de la graisse ; mais ne faut-il pas aussi tenir compte de la graisse contenue primitivement dans les tissus ?

Jusqu'ici il n'a pas encore été fait d'analyse prouvant que la graisse trouvée dans l'adipocire n'était pas la même que celle qui préexistait dans les tissus, ni qu'elle provint directement de l'albumine ou bien d'une autre substance.

On ne peut donc pas affirmer d'une manière positive et exclusive que la graisse provienne de l'albumine.

La fermentation nous fournit un autre fait qui semble être une preuve presque évidente de la transformation des substances albuminoïdes en graisse.

En effet, *Blondeau*<sup>2</sup>, dans ses intéressantes recherches sur les changements chimiques qu'éprouvent les fromages de Roquefort, pendant leur séjour dans les caves, a trouvé que la caséine se transformait en matières grasses.

<sup>1</sup> Kühne, *Physiol. Chemie*, 373.

<sup>2</sup> *Annales de chimie et de physique*, 4<sup>me</sup> série, I, 1864, p. 208.

L'analyse du fromage frais, c'est-à-dire tel qu'on l'apporte dans les caves de Roquefort, donna les résultats suivants :

100 grammes de ce fromage contenaient :

Caséine	85,43
Matière grasse	1,85
Acide lactique	0,88
Eau	11,84
	<hr/>
	100,00

La petite quantité de matière grasse ne peut, d'après Blondeau, être qu'un peu de beurre entraîné mécaniquement pendant la préparation du fromage.

Après un mois de séjour dans les caves, ce fromage change complètement d'aspect. La caséine ressemblait à un corps gras.

100 grammes de fromage contenaient :

Caséine	61,33
Matière grasse	16,12
Chlorure de sodium	4,40
Eau	18,15
	<hr/>
	100,00

La caséine avait diminué, la matière grasse augmenté.

Une troisième analyse faite sur 100 grammes du même fromage, mais qui avait séjourné 2 mois dans les caves et qui avait acquis toutes les qualités qu'il était susceptible d'acquérir donna pour résultat :

Caséine	43,28
Matière grasse	32,31
Acide butyrique	0,67
Chlorure de sodium	4,45
Eau	19,16
	<hr/>
	99,87

Les 32,3 parties grasses étaient composées de 18,3 de margarine et 14,0 d'oléine.

Blondeau fit une quatrième analyse de 100 grammes du même fromage ayant séjourné 2 mois dans les caves et une année hors des caves. Celui-ci était devenu brun et avait acquis une odeur et un goût forts et piquants. Leurs parties constituantes étaient représentées par :

Caséine	40,23
Margarine	16,85
Oléine	1,48
Chlorure de sodium	4,45
Eau	15,16
	78,17

Les substances qui manquent sont en solution dans l'eau, dans laquelle Blondeau trouva des acides butyrique caproïque, caprique et caprylique.

Ces acides sont saturés par de l'ammoniaque dans le fromage de Roquefort qui a vieilli et forment du butyrate, du caproate, du caprate et du caprylate d'ammoniaque. C'est au caprate d'ammoniaque que Blondeau attribue la saveur piquante du vieux fromage de Roquefort. Quant à la cause de la transformation de la caséine en matières grasses, il l'attribue au végétal mycodermique du genre *Penicillum*, qui se forme sur le fromage dès qu'il est placé dans les caves.

Des observations analogues furent faites peu de temps après par *Brassier*<sup>1</sup>, mais avec des résultats différents.

Celui-ci analysa 300 grammes de fromage qui avait séjourné 2 mois dans la cave du Conservatoire des Arts et Métiers. Ce fromage avait l'odeur de Roquefort et était couvert de végétations mycodermiques, mais les 300

<sup>1</sup> Henle und Meissner Jahresbericht 1865, page 332.

grammes avaient perdu 10 grammes de substance grasse, et contenaient de la leucine et de l'ammoniaque; la caséine avait diminué. La même quantité de fromage après 4 mois de séjour dans la cave, ainsi qu'après 7 mois, avait perdu une quantité de graisse encore plus considérable.

Mais Brassier ne paraît pas avoir recherché la cause de la différence entre ses résultats et ceux de Blondeau, ni avoir examiné la question de savoir si la préparation du fromage et les différences entre les lieux de conservation n'avaient pas eu d'influence. Il s'est contenté de contredire Blondeau.

La chimie ne nous fournit pas de preuves directes de la transformation de l'albumine en graisse, car par l'oxydation des corps albuminoïdes on n'a pu trouver que des acides gras inférieurs. Cette transformation ne pourrait donc être produite que par la fermentation ou par la putréfaction.

*Bopp*<sup>1</sup> dit qu'en exposant à l'air un mélange d'albumine, de fibrine ou de caséine et 40-50 fois son volume d'eau à la température de vingt et quelques degrés, on obtient les meilleures conditions pour produire chez ces corps la putréfaction.

La substance solide disparaît bientôt et il se forme un liquide trouble, à odeur caractéristique, et dans lequel les matières primitives sont méconnaissables au bout de 4-6 semaines.

Comme produits de décomposition, Bopp trouva de la leucine et de la tyrosine, en outre une substance sirupeuse se rapprochant de ces deux corps, mais en trop petite quantité pour être analysée, et un corps volatil à odeur caractéristique. Celui-ci cristallise en petits feuillets solu-

<sup>1</sup> *Annalen der Pharmacie*, 69-70, 1849.

bles dans l'éther, qui se colorent en rose et après en rouge brun par l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique dilué. L'odeur en est excessivement pénétrante.

Bopp ajoute que l'albumine, la fibrine et la caséine se comportent d'une manière semblable quant à leurs produits de décomposition.

Pour pouvoir prouver que l'albumine, dans sa décomposition et dans certaines circonstances semblables à celles dans lesquelles se forme l'adipocire, se transforme en graisse, il faudrait prendre des substances albuminoïdes complètement délivrées de leur graisse et les mettre dans des conditions favorables à la putréfaction. C'est le but du présent travail.

Il y a une année environ que M. le professeur Nencki a placé dans la terre, dans l'eau courante et dans l'eau stagnante certaines quantités d'albumine dégraissée préalablement.

Nous avons entrepris de rechercher les produits de décomposition de ces substances, et nous allons décrire les résultats que nous avons obtenus. Nous saisissons l'occasion de remercier M. le professeur Nencki de nous avoir facilité la tâche, soit par les indications qu'il nous a données, soit par la bienveillance qu'il nous a continuellement témoignée.

Nos premières recherches furent faites sur les produits de décomposition de l'albumine dans l'eau courante.

Le 18 avril 1874, M. le professeur Nencki avait extrait l'albumine de 24 œufs de poule, en les traitant par l'alcool. Cette albumine fut filtrée à l'aspirateur et traitée trois fois par l'éther, de manière à être complètement dégraissée. Il obtint ainsi 92 grammes d'albumine contenant

25,58 p.  $\frac{0}{100}$  d'eau, ce qui représente 68,5 grammes d'albumine séchée à 110°.

Mis ensuite dans un vase en argile poreuse de 21 cent. de long sur 8 de diamètre et d'une contenance de 750 cent. cubes, le contenu fut humecté ; le vase, couvert d'un couvercle en étain, fut enfermé dans une caisse en bois et placé le 20 avril dans de l'eau courante sur le bassin à macération de l'Institut pathologique de Berne.

Le 3 novembre 1874, c'est-à-dire environ 7 mois après, le vase fut ouvert et le contenu mis dans l'éther jusqu'au 11 avril 1875, jour où nous commençons nos recherches.

Après avoir décanté l'éther, nous le distillons et nous obtenons un résidu jaune, à réaction fortement acide, d'un aspect gras et d'une odeur excessivement piquante, pénétrante et désagréable, rappelant l'odeur de l'indol, mais cependant différente. Les matières décomposées sont agitées encore à trois reprises dans de l'éther, et celui-ci est distillé.

Les résidus sont analogues au premier, mais moins considérables. Réunis et mis sur un dessiccateur, ils ne tardent pas à cristalliser en petites aiguilles. Le poids du résidu total est de 0,926 gramme.

Nous y ajoutons un peu d'eau distillée, quelques gouttes d'une solution de baryte jusqu'à réaction alcaline, et enfin une petite quantité d'éther. Au fond du vase il se dépose une poussière jaune que nous reconnaissons être du soufre. Le liquide se divise en deux couches, la supérieure jaune clair, l'inférieure d'un blanc sale.

Par la distillation de la première, nous obtenons un corps analogue à l'indol, ayant également une odeur rappelant celle des excréments, et un peu celle de la naphty-

lamine. Après y avoir ajouté sept fois son volume d'eau, nous chauffons et filtrons, après quoi, par le refroidissement, il se dépose de petits cristaux. Ce qui reste sur le filtre est traité de la même façon et donne de mêmes cristaux, en y ajoutant quelques gouttes d'une solution de soude. Les cristaux sont lavés. Leur eau-mère a une odeur également intense.

Ceux-ci présentent au microscope de petits feuilletts irrégulièrement dentelés semblables aux cristaux de l'acide benzoïque.

1. Par l'acide nitrique fumant, il ne se produit pas de précipité rouge, il n'y a pas même trace de coloration rouge; mais il se produit une coloration verdâtre et le liquide se trouble. En chauffant, le trouble disparaît et le liquide devient jaune. Par l'adjonction de quelques gouttes du même acide, l'odeur change et devient analogue à celle du nitrophénol. La couleur reste jaunâtre.

Cette réaction nous prouve l'absence évidente d'indol, qui en solution aqueuse devient rouge par l'addition d'acide nitrique.

2. Le nitrate d'argent ne donne pas de précipité; en chauffant, nous obtenons un dépôt noir d'argent métallique et le liquide se colore en bleu-violet. En ajoutant quelques gouttes d'acide nitrique pur, la couleur devient rouge.

3. Par le chlorure ferrique, le liquide devient opalescent et légèrement bleuâtre; en chauffant on n'a pas de précipité, mais une coloration jaune.

4. Le sulfate de cuivre ne forme pas de précipité.

5. L'acétate de plomb non plus, mais ici le liquide devient opalin.

6. Le chlorure mercurique se comporte comme l'acétate de plomb.

7. Quelques gouttes d'une solution concentrée de soude dans l'eau-mère précipitent de petits cristaux du corps en question; en chauffant, il se produit une odeur très-pénétrante, irritant la muqueuse nasale, mais très-différente de l'odeur précédente. Ce changement d'odeur ne se produit pas avec la naphtylamine.

Quelques gouttes d'une solution diluée de soude dans l'eau-mère produisent une couleur rose, qui s'accroît en chauffant; le refroidissement trouble le liquide.

8. L'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique dilués donnent une couleur rose clair, surtout en chauffant.

9. L'acide nitrique pur dilué donne à froid une coloration rose violette, qui devient plus intense en chauffant; par l'ébullition le liquide devient subitement jaune sale et se trouble; une substance jaunâtre amorphe, résineuse, flotte dans le liquide et se dépose sur les parois du vase.

Cette réaction par l'acide nitrique est caractéristique pour ce corps qui, n'étant ni de l'indol ni de la naphtylamine, est donc *un nouveau corps chimique*.

Ces cristaux, après une première cristallisation et après avoir été séchés sur l'acide sulfurique, avaient leur point de fusion entre  $91^{\circ}$  et  $92^{\circ}$  C., après une seconde cristallisation, à  $85^{\circ}$ . Mais il était difficile de le déterminer exactement, parce que les cristaux s'affaissaient à mesure qu'ils fondaient.

Le reste de l'extraction par l'éther, c'est-à-dire le liquide contenant la baryte est évaporé et nous donne un résidu très-peu considérable, jaune, presque entièrement soluble dans l'acide chlorhydrique dilué; après avoir filtré et évaporé, nous obtenons de belles aiguilles roses de chlorure de barium; il s'échappe en outre une faible odeur d'acide butyrique.

La substance primitive est maintenant traitée par l'alcool, filtrée, et nous avons un liquide jaune foncé qui présente au microscope de petits cristaux en étoiles.

Par la distillation de ce liquide, il reste une matière brune liquide, sirupeuse, trouble, qui répand une odeur d'excréments diminuant un peu lorsque nous y ajoutons quelques gouttes d'une solution de soude pour neutraliser; il s'en échappe une odeur d'ammoniaque.

Le microscope présente des corps amorphes et de beaux cristaux de leucine, mais pas trace de tyrosine.

Nous ajoutons de l'alcool et nous filtrons.

L'acide chlorhydrique nous démontre l'absence d'acides gras.

Chauffée sur le bain-marie jusqu'à siccité complète, et après avoir été mise sur un dessiccateur, cette substance pèse 5,590 grammes.

Après avoir été traitée par l'éther et par l'alcool, la masse primitive présente au microscope des corps amorphes.

Elle est traitée par l'eau bouillante et filtrée. Il reste une masse qui a l'aspect de matières graisseuses, semblables au gras de cadavres. Celle-ci est séchée à l'air, puis à plusieurs reprises à 100° et 110°. Enfin pulvérisée, et nous obtenons une poudre brunâtre à poids constant de 6,283 grammes.

Cette poudre est reconnue être de l'albumine avec un peu de sels inorganiques, mais il n'y a pas trace de matières grasses. Elle laisse beaucoup de cendres qui dans l'eau distillée donnent une faible réaction alcaline.

Notre *seconde recherche* porte sur de l'albumine décomposée dans la terre.

Le 20 avril 1874, 124 grammes d'albumine contenant 46,1 p. % d'eau, ce qui représente 66,8 grammes d'al-

bumine séchée à  $110^{\circ}$ , provenant de 25 œufs de poule et ayant été complètement dégraissée par les mêmes procédés, sont mis sans être humectés dans un vase d'argile poreux de 750 cent. cubes de capacité. Celui-ci est fermé par un couvercle d'étain et enterré à un mètre de profondeur, le 27 avril, dans un jardin sur la côte du Rabenthal près Berne. Environ sept mois après, c'est-à-dire le 3 novembre, il est déterré et le contenu mis dans l'éther.

Cette seconde recherche et les suivantes ont été faites d'une manière analogue à la première.

Comme produit de la distillation de l'éther, nous avons trouvé une matière semblable à celle de la première recherche; la réaction en est acide et, traitée par la baryte, elle nous donne cette même substance sirupeuse, collante et à odeur analogue, mais nous n'avons plus retrouvé les mêmes cristaux. Sous le microscope on voit des corps amorphes et des gouttelettes de graisse. Chauffée, cette substance répand une odeur de graisse brûlée et d'acroline; elle fait une tache grasse sur le papier. L'acide chlorhydrique ne produit rien. Le poids du résidu tiré de l'éther est de 0,224 gramme.

La distillation alcoolique fournit une matière amorphe et de la leucine, solubles dans l'eau et dans l'alcool. Le poids du résidu est de 2,810 grammes.

La masse solide primitive, après avoir été séchée jusqu'à poids constant, est une poudre noire composée d'albumine et de quelques sels inorganiques; elle laisse beaucoup de cendres à réaction alcaline.

Son poids est de 7,114 grammes.

*Troisième recherche.* Le 26 avril, 80 grammes d'albumine contenant 16,12 p. % d'eau, ce qui représente 67,1 grammes d'albumine séchée à  $110^{\circ}$  furent extraits

de 27 livres de viande de bœuf. Celle-ci avait été finement hachée, traitée par l'alcool, et l'albumine avait été traitée cinq fois par l'éther. Ces 80 grammes d'albumine furent mis dans un vase en argile poreuse de 750 cent. cubes de capacité. Après avoir été humecté, le vase fut fermé avec un couvercle en étain et enterré le 27 avril dans le même jardin jusqu'au 3 novembre.

Le produit de la distillation de l'éther est encore analogue aux précédents. Il ne cristallise pas, ne change pas par l'acide chlorhydrique; chauffé, il répand une odeur de graisse, il est peu soluble dans l'éther, insoluble dans l'alcool.

Le résidu de la distillation alcoolique est rouge-brun, et présente au microscope des masses amorphes et des cristaux de leucine. Son poids est de 0,397 grammes.

La partie solide primitive est noirâtre. Traitée par l'eau bouillante et séchée, elle donne une poudre noire pesant 3,579 grammes laissant beaucoup de cendres à réaction alcaline.

*Quatrième recherche.* Le 27 avril, 89 grammes d'albumine contenant 9,96 p. % d'eau, ce qui représente 80,12 grammes d'albumine séchée à 110°, provenant également de viande et ayant subi les mêmes opérations, sont renfermés dans un vase d'argile et enterrés dans le même jardin jusqu'au 3 novembre.

La distillation de l'éther fournit une substance ne pesant que 0,678 gramme, et qui, traitée par la baryte, laisse un résidu qui ne cristallise pas, mais qui, par l'acide chlorhydrique, devient rouge en étant chauffée et répand une odeur de naphtylamine. Ce résidu ne change pas par l'acide nitrique, il est soluble dans l'éther et répand une odeur de graisse, si on le brûle.

Le produit de la distillation alcoolique est brun, présente au microscope quelques cristaux de leucine et quelques cristaux en aiguilles.

La masse solide est une poudre brune ayant les mêmes propriétés que celles des précédentes épreuves et pesant 7,534 grammes.

Voici le tableau des valeurs en poids des différents résidus obtenus et des quantités d'albumine employées dans ces quatre recherches :

Quantité d'albumine employée.	Poids du résidu de la distillation de l'éther.	Poids du résidu de la distillation de l'alcool.	Poids du résidu obtenu par l'eau bouillante.
I. 92 gr. contenant 25,58 % d'eau représentant 68,5 gr. à 110°.	0,926 gr.	5,590 gr.	6,283 gr.
II. 142 gr. contenant 46,1 % d'eau représentant 66,8 gr. à 110°.	0,224	2,810	7,114
III. 80 gr. contenant 16 % d'eau représentant 67,1 gr. à 110°.	—	0,397	3,579
IV. 89 gr. contenant 9,96 % d'eau représentant 80,12 gr. à 110°.	0,678	2,551	7,534

Après avoir fait ces recherches sur la décomposition de l'albumine dans l'eau courante et dans la terre, nous en fîmes encore trois sur la décomposition de l'albumine dans l'eau stagnante.

Nous avons opéré sur trois quantités d'albumine préalablement dégraissée ayant séjourné sept mois dans l'eau stagnante.

Nous obtenons les mêmes résultats que dans les épreuves précédentes, mais le corps nouveau, caractéristique par son odeur, était en trop petite quantité pour cristalliser.

En résumé, par ces recherches nous avons trouvé à peu près les mêmes produits de décomposition que Bopp; c'est-à-dire la leucine, mais pas trace de tyrosine, une

substance sirupeuse et ce corps nouveau; puis quelques traces de matière grasse, provenant probablement de la quantité de vers qui couvraient ces substances en putréfaction. Le manque de tyrosine vient probablement de ce que l'albumine avait été beaucoup plus longtemps en décomposition que les substances employées par Bopp.

Nous avons voulu nous assurer encore de quelle nature pouvait être le corps que Bopp trouva, mais en trop petite quantité pour qu'il pût l'analyser. Cette substance paraissait avoir beaucoup de rapport avec celle que nous avons décrite.

Dans ce but, nous avons exposé à l'air, dans le laboratoire même de l'Institut pathologique, 200 grammes d'albumine dans 2000 grammes d'eau séparés dans deux vases. Peu de temps après la décomposition commença, le liquide se remplit de bactéries et les parties solides se désorganisèrent.

Au bout de 4 semaines nous ajoutons une certaine quantité d'acide acétique dans un des vases, nous faisons distiller, au liquide distillé nous ajoutons de la chaux jusqu'à réaction alcaline, et ensuite même volume d'éther. Celui-ci est décanté, distillé, le résidu se colore en rouge par l'acide nitrique, et il se forme un précipité rouge de petits cristaux en aiguilles qui, d'après les recherches de M. le professeur Nencki <sup>1</sup>, sont le nitrate de nitrosoindol.  $C^{16}H^{13}(NO)N^3NO^3H$ .

Cette réaction par l'acide nitrique est caractéristique pour l'indol. Mais la quantité que nous avons trouvée de ce corps était peu considérable.

La même opération est faite 3 semaines plus tard sur le contenu du second vase. Nous trouvons la même sub-

<sup>1</sup> Nencki, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, 1875.

stance que celle découverte par nous dans notre première recherche, c'est-à-dire comme produit de la décomposition de l'albumine dans l'eau courante, et nous constatons que c'est le même corps que celui trouvé par Bopp; en outre, nous trouvons encore quelques traces d'indol. Le liquide resté après avoir décanté l'éther, est évaporé et traité par l'acide chlorhydrique, il s'en sépare une faible trace de substance grasse.

Les résultats obtenus par nos différentes recherches nous montrent que l'albumine ne s'est pas transformée en graisse. Bopp arrive aux mêmes conclusions.

On a trouvé quelquefois, il est vrai, des acides gras comme produits de la décomposition des substances albuminoïdes, mais pas des acides gras supérieurs constituant la graisse proprement dite. Les seules recherches qui prouveraient la transformation de l'albumine en graisse sont celles de Blondeau sur le fromage de Roquefort. Mais Brassier ne trouve-t-il pas des résultats contraires? Il serait possible cependant que dans certaines circonstances et sous certaines influences l'albumine se change en graisse. Mais c'est une question qui nécessite de nouveaux travaux.

Nous concluons donc de nos recherches que la transformation de l'albumine en graisse n'est pas probable et que la théorie d'Orfila semble être la vraie, c'est-à-dire que le gras de cadavre ne se forme que là où il existe déjà de la graisse et une matière azotée.

---

DE LA QUANTITÉ DE CASÉINE ET D'AZOTE  
CONTENUE  
DANS LE LAIT DE FEMME  
ET  
DANS LE LAIT DE VACHE  
PAR  
**M. Gustave LACHENAL**

---

M. le Dr Th. Brunner, dans un travail récent <sup>1</sup> sur la composition du lait de femme, a attiré l'attention sur ce fait nouveau que la quantité d'azote obtenue dans l'analyse élémentaire du lait (par la méthode de combustion dans un mélange de chaux et de soude) représente en caséine et en albumine une quantité bien supérieure à celle qu'on obtient par la coagulation directe de ces corps.

Si nous examinons les valeurs de caséine qu'il a trouvées, soit :

par la méthode directe

0,25 % à 0,59 %

soit par la méthode indirecte (c'est-à-dire calculée par l'azote)

1,20 % à 1,38 %

nous constatons une différence considérable, et nous pourrions établir entre les résultats de ces deux méthodes un rapport exprimé par 4,8 à 2,3. Le lait de femme contiendrait d'après ces chiffres de 2,3 à 4,8 fois autant

<sup>1</sup> Pflüger's Archiv für Physiologie, 7 B., 1873.

d'azote que la quantité de corps albuminoïdes coagulés en représente.

Mais les expériences instituées dans cette direction par M. Brunner ne sont pas assez nombreuses — c'est en effet seulement le résultat de deux analyses comparatives qu'il nous donne, — pour qu'on soit autorisé à en tirer des conclusions très arrêtées. Aussi à l'instigation de M. le professeur Nencki j'ai entrepris une série plus longue d'expériences pour vérifier ce fait dont l'existence une fois démontrée permettrait d'inférer que les corps albuminoïdes dans le lait de femme ne peuvent être coagulés en totalité. Cette question offre un certain intérêt non-seulement au point de vue chimique, mais encore par les déductions physiologiques qu'on peut en tirer notamment sur la digestion des différents laits chez les enfants.

Si l'on considère les diverses analyses de lait de femme en ce qui concerne la détermination des corps albuminoïdes, on sera frappé du peu de concordance dans les résultats obtenus jusqu'ici; ceux-ci ont en effet pu varier dans des limites comprises entre : 3,30 grammes et 0,48 grammes de caséine et albumine pour 100 grammes de lait. Cette grande variabilité dans les proportions est, dans une certaine mesure, indépendante de la méthode, puisqu'un même procédé de coagulation peut donner des résultats très différents. Ainsi M. Brunner a trouvé en opérant d'une manière identique sur un certain nombre de laits des quantités très variables de caséine

1,50 % au maximum,

0,48 % au minimum.

La coagulation du reste a toujours été considérée par les auteurs comme lente et difficile et, malgré la diversité

des méthodes, elle est presque toujours incomplète, l'albumine retrouvée dans le liquide filtré ne laisse aucun doute à cet égard. A cette occasion je mentionnerai quelques-uns de ces procédés avec les résultats obtenus, en indiquant les auteurs qui les ont employés.

*Vernois* et *Becquerel* évaluaient la quantité de caséine d'une manière indirecte, en mesurant directement par l'analyse l'eau, la graisse, le sucre et les sels, et, soustrayant du poids total du lait la somme de ces quantités, ils obtenaient un produit qu'ils considéraient comme représentant la valeur de la caséine :

Moyenne 3,92 %.

D'après *Payen*, *Chevallier*, *Simon*, *Clemm*<sup>1</sup>, etc., on obtient la caséine en desséchant le lait et le traitant ensuite par l'éther et l'alcool; ou par l'éther et par l'eau :

Moyenne 3,37 %.

*Chevallier* et *Henry*<sup>2</sup>, de même que *Millon* et *Commaille*<sup>3</sup>, chauffaient le lait à 100° centigrades pour coaguler l'albumine et ajoutaient peu à peu de l'acide acétique pour précipiter la caséine :

Moyenne 1,52 %.

*Tolmatscheff*<sup>4</sup> traitait le lait ou bien à chaud par l'alcool :

Moyenne 2,64 %,

ou à froid par du sulfate de magnésie jusqu'à saturation; la caséine alors précipitait :

Moyenne 1,62 %.

*M. Brunner*, en chauffant et maintenant le lait à la

<sup>1</sup> Schärer, Handwörterbuch der Physiol., B. 2, p. 462 et 464.

<sup>2</sup> Chevallier et Henry, Handwörterbuch der Physiologie, Bd. 2, p. 464.

<sup>3</sup> Millon et Commaille, Comptes rendus, t. LIX, p. 396, 1864.

<sup>4</sup> Tolmatscheff, Hoppe-Seyler, med. chem. Untersuch., p. 273.

température de 100° centigrades, y ajoute de l'acide acétique étendu d'eau, jusqu'à disparition de la réaction alcaline; il introduit alors dans le liquide bouillant du sulfate de soude — sel neutre — jusqu'à saturation de la solution, et formation d'un coagulum :

Moyenne 0,42.

Les recherches dont l'exposé va suivre, ont porté sur le lait de femme et sur le lait de vache, et quant aux méthodes de coagulation, au lieu de m'attacher à une seule, j'en ai suivi plusieurs qui cependant peuvent se résumer dans le procédé par un acide ou par un sel neutre ou enfin par la dessiccation.

En outre toutes ces analyses ont été contrôlées par la détermination directe de l'azote au moyen de la méthode volumétrique de Dumas. Avant d'aller plus loin, je dois mentionner la modification introduite dans cette méthode par M. le professeur Nencki. Il s'agit du remplacement du sable fin par le chromate de plomb. On opérait sur 5 centimètres cubes environ de lait frais qu'on desséchait à 100° centigrades après l'avoir mélangé avec du sable fin préalablement purifié et chauffé au rouge; mais, comme pendant cette calcination le charbon que peut contenir le sable brûle difficilement et qu'il en reste toujours une petite quantité, le lait fut desséché avec du chromate de plomb finement pulvérisé et la calcination eut lieu soit avec du chromate de plomb, soit avec de l'oxyde de cuivre. Un certain nombre d'analyses comparatives nous ont montré que de cette façon le lait pouvait être desséché à +100°, 110° centigrades sans subir de décomposition. Cette modification du procédé offre, soit dit en passant, un grand avantage pour l'analyse élémentaire d'autres

liquides de l'économie; ainsi l'urine, si facilement décomposable, ne serait plus desséchée à une température de  $+100^{\circ}$  centigrades à l'air libre, mais dans le vide, sur l'acide sulfurique, pendant 24 à 48 heures.

L'exécution de ces analyses élémentaires m'a été facilitée par le concours bienveillant de M. le professeur Nencki, dont les conseils ne m'ont jamais fait défaut dans le courant de ce travail et que je prie d'accepter ici l'expression de toute ma reconnaissance.

---

### Expériences sur le lait de vache.

#### *Première analyse.*

Je chauffe au bain-marie 13,1684 grammes de lait frais, non écrémé, pur, auquel j'ajoute quelques gouttes d'acide acétique; il se forme un coagulum abondant, mais l'introduction simultanée d'environ 5 grammes de sel marin empêche la formation d'un caillot compacte en maintenant le précipité divisé; celui-ci se rassemble en partie au fond du vase, en partie mêlé à la graisse à la surface du sérum du lait; le sérum acquiert un certain degré de limpidité; je porte ensuite le tout sur un filtre desséché à  $+100^{\circ}$  centigrades pendant une heure, refroidi dans l'appareil dessiccateur et pesé. La liqueur passe assez rapidement à travers le filtre; on l'essaye pour s'assurer qu'elle ne contient plus de caséine et d'albumine en solution, en chauffant avec quelques gouttes d'acide acétique et un peu de carbonate de soude. La liqueur restant limpide je lave ce qui est sur le filtre d'abord à l'eau distillée pour éloigner les sels du lait et le chlorure de sodium, puis, une fois assuré du départ complet du

sel marin en essayant par l'azotate d'argent le liquide qui passe à travers le filtre, je lave à l'éther pour épuiser la graisse. Le filtre et son contenu sont ensuite desséchés à  $+100^{\circ}$  centigrades, comme il a été dit plus haut, et je pèse. La différence entre les deux poids du filtre constitue la quantité de substances albuminoïdes.

Poids du filtre plus son contenu en	
substances albuminoïdes	gr. 18,8928
Poids du filtre	gr. 18,4998
Différence, soit <i>poids des substances</i>	
<i>albuminoïdes</i>	gr. 0,393
	soit : 2,98 %.

*Deuxième analyse.*

D'après le même procédé :

Poids du lait	gr. 15,1504
» des substances albuminoïdes	gr. 0,4566
	soit : 3,01 %.

*Troisième analyse.*

Poids du lait	gr. 12,4782
» des substances albuminoïdes	gr. 0,4004
	soit : 3,21 %.

Cette dernière expérience a été contrôlée par la détermination de l'azote, au moyen de *l'analyse volumétrique de l'azote du même lait*, comme suit :

Poids du lait 5,1989 grammes.

Azote obtenu 23,5 centimètres cubes,

à la température de  $+13^{\circ}$  centigrades, et à la pression barométrique de 706 millimètres, soit en poids :

0,4952 grammes pour 100 grammes de lait.

Pour calculer la valeur de matières albuminoïdes qui répond à cette quantité, je me suis servi de la formule

de Lieberkühn qui admet dans ces substances 15,5 %  
d'azote, soit :

Substances albuminoïdes 3,14 %.

*Quatrième analyse.*

Poids du lait 20,85 grammes

» des substances albuminoïdes 0,648 »

soit : 3,11 %.

*Analyse volumétrique de l'azote du même lait.*

Poids du lait 5,0788 grammes.

Volume de l'azote obtenu : 22,5 centimètres cubes à  
+10° centigrades, 709<sup>mm</sup> au baromètre,

soit en poids 0,4937 grammes % de lait

Substances albuminoïdes 3,14 %.

**Expériences sur le lait de femme.**

*Première analyse.*

*Le lait est frais et provient d'une femme de 22 ans, pri-  
mipare, accouchée depuis 12 jours.*

Poids du lait 17,092 grammes.

Il est chauffé au bain-marie à +100° et acidulé d'a-  
cide acétique ; j'ajoute du sel marin. Après la coagulation,  
je filtre comme dans les précédentes analyses et je pèse.

Poids des substances albuminoïdes (caséine et albu-  
mine) 0,2744 grammes,

soit 1,61 %.

*Analyse volumétrique de l'azote dans le même lait.*

Poids du lait 6,0708 grammes.

Volume de l'azote : 49 centimètres cubes à + 13°  
centigrades et 722 millimètres au baromètre.

Soit en poids 0,3505 azote pour 100 de lait, représentant en substances albuminoïdes 2,26 ‰.

*Deuxième analyse.*

*Lait d'une primipare de 21 ans, accouchée depuis 15 jours.*

Poids du lait 20,635 grammes.

Ici le procédé de coagulation est modifié ; après avoir acidulé par quelques gouttes d'acide acétique dilué dans l'eau bouillante, je laisse reposer le lait sans introduire de sel marin.

Substances albuminoïdes (caséine et albumine) 0,26  
soit : 1,26 ‰.

*Analyse volumétrique de l'azote dans le même lait.*

Poids du lait 5,1995 grammes.

Volume de l'azote 16,5 centimètres cubes à +16° centigrades et 721<sup>mm</sup> au baromètre.

Soit en poids 0,3501 pour cent de lait.

Substances albuminoïdes 2,23 ‰.

*Troisième analyse.*

*Femme de 24 ans, multipare, au quinzième jour après l'accouchement.*

Poids du lait 21,776 grammes.

Je chauffe en ajoutant de l'acide acétique et du sel marin.

Poids des substances albuminoïdes 0,273 grammes,  
soit : 1,25 ‰.

Le premier liquide qui a passé à travers le filtre est concentré par l'évaporation ; il se forme bientôt des flocons de coagulum ; on pousse la concentration jusqu'à siccité et le produit pulvérulent ainsi obtenu est chauffé

au rouge dans une éprouvette en présence de sodium métallique; le produit de la calcination est lavé à l'eau distillée et porté sur le filtre; je traite le liquide filtré par du sulfate de fer et j'ajoute de l'acide chlorhydrique. A l'instant apparaît le précipité bleu de cyanoferrure de fer, caractéristique de la présence d'une matière azotée dans le résidu desséché. Il est donc certain que toutes les substances albuminoïdes du lait ne se sont pas coagulées et qu'une partie d'entre elles a passé à travers le filtre. Le résidu de l'eau de lavage n'offre pas la réaction de bleu de Prusse.

*Analyse volumétrique de l'azote dans le même lait.*

Poids du lait 5,1523 grammes.

Volume de l'azote 20 centimètres cubes à  $+18^{\circ},5$  centigrades, et 714<sup>mm</sup> au baromètre,

soit en poids 0,4188 azote pour cent de lait.

En substances albuminoïdes 2,70 %.

*Quatrième analyse.*

*Femme de 30 ans, primipare, accouchée depuis quatre jours.*

Poids du lait 7,130 grammes.

Après avoir acidulé et chauffé à  $+100^{\circ}$ , le précipité ne s'effectuant pas, je soumetts le lait à l'action d'un courant de gaz acide carbonique; puis j'ajoute jusqu'à 20 gouttes d'acide acétique; le coagulum ne se produit qu'après avoir neutralisé l'acide par l'ammoniaque liquide. Il n'est pas possible, par la réaction de bleu de Prusse, d'essayer le liquide filtré au point de vue de l'albumine qu'il pourrait tenir dissoute, à cause de la présence dans la liqueur d'une quantité assez notable d'ammoniaque.

Poids des substances albuminoïdes (caséine et albumine) 0,169,

soit 2,30 ‰.

*Analyse volumétrique de l'azote dans le même lait.*

Poids du lait 5,1858 grammes.

Volume de l'azote 24 centimètres cubes à +17° centigrades et 703<sup>mm</sup> au baromètre.

Soit, en poids, 0,4949 d'azote pour 100 de lait.

En substances albuminoïdes 3,19 ‰.

*Cinquième analyse.*

*Multipare de 30 ans, accouchée depuis huit jours.*

Poids du lait 12,196 grammes.

Je concentre le lait au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse; j'ajoute de l'acide acétique et environ 60 grammes d'eau et concentre de nouveau; le mélange abandonné à lui-même montre au bout de 48 heures un précipité pulvérulent. Je filtre. Les premiers 50 grammes du liquide filtré sont soumis à la concentration par l'évaporation qui fait développer des flocons blancs que je reporte sur le filtre; le liquide qui filtre ensuite est évaporé à siccité, et le *résidu après avoir été traité par l'alcool* offre la réaction du bleu de Prusse. L'alcool qui a servi à traiter le résidu est repris par l'évaporation et laisse également un résidu qui est soumis à l'action déjà mentionnée du sodium métallique, du sulfate de fer et de l'acide chlorhydrique, la réaction du bleu de Prusse ne se produit pas. — De ce fait découle la preuve que dans le liquide filtré l'azote décelé par la première réaction est dû à la présence d'une matière albuminoïde et non de l'urée; car l'urée qu'on aurait pu supposer exister dans le lait

pour expliquer l'excès d'azote donné par l'analyse volumétrique, se serait dissoute dans l'alcool, et le résidu alcoolique aurait montré la réaction de cyanoferrure de fer.

Poids des substances albuminoïdes 0,158 grammes,  
soit : 1,30 %.

*Analyse volumétrique de l'azote dans le même lait.*

Poids du lait 5,34 grammes.

Volume de l'azote 18 centimètres cubes à  $+16^{\circ}$  centigrades et 718<sup>mm</sup> au baromètre.

Poids de l'azote = 0,372 pour cent de lait.

Soit en substances albuminoïdes 2,4 %.

*Sixième analyse.*

*Lait d'une multipare de 21 ans, accouchée depuis 9 jours.*

Poids du lait 13,162 grammes.

Il offre une réaction neutre, et en ajoutant quelques gouttes d'acide acétique, il se forme un coagulum pulvérent. Je chauffe à une température de  $100^{\circ}$  centigrades et je filtre. Le liquide filtré est traité par la chaleur à  $100^{\circ}$ , par l'acide acétique et l'ammoniaque étendu. Pas de précipité.

Poids des substances albuminoïdes 0,147,  
soit 1,12 %.

*Analyse volumétrique de l'azote dans le même lait.*

Poids du lait 5,0994 grammes.

Volume de l'azote 22 centimètres cubes à  $+21^{\circ}$  centigrades et 710 millimètres au baromètre.

Poids de l'azote 0,457 grammes pour cent de lait,  
soit 2,94 % en substances albuminoïdes.

*Septième analyse.*

*Lait d'une femme de 27 ans, multipare, accouchée depuis 10 jours.*

Poids du lait 8,789 grammes.

La réaction du lait est alcaline ; chauffé à  $+100^{\circ}$  et acidulé légèrement ; pas de précipité. J'ajoute du sulfate de soude, aussitôt se forme un coagulum abondant que je porte sur le filtre. — Le résidu de l'évaporation à siccité du liquide filtré est une poudre blanchâtre qui chauffée au rouge sur une lame de platine, s'incinère en répandant une odeur très nette de *corne brûlée* ; cette poudre contient donc une substance azotée.

Poids des substances albuminoïdes 0,0988,  
soit 1,12 ‰.

*Analyse volumétrique de l'azote dans le même lait.*

Poids du lait 5,0996 grammes.

Volume de l'azote = 13 centimètres cubes à  $+18^{\circ}$  centigrades et 713<sup>mm</sup> au baromètre,

soit : 0,2753 d'azote pour cent dans le lait,  
en substances albuminoïdes, 1,77 ‰.

*Huitième analyse.*

*Lait d'une primipare de 31 ans, accouchée depuis quatre jours.*

Poids du lait 5,772 grammes.

Ce lait est traité de la même façon que dans l'expérience précédente, c'est-à-dire par le bain-marie à  $+100^{\circ}$ , l'acide acétique étendu et le sulfate de soude.

Poids des substances albuminoïdes 0,0792 grammes,  
soit 1,38 ‰.

*Analyse volumétrique de l'azote dans le même lait.*

Poids du lait 5,06 grammes, desséché avec le chromate de plomb.

Volume de l'azote = 20 centimètres cubes à + 20° centigrades et 714<sup>mm</sup> au baromètre,

soit en poids 0,4272 pour cent de lait,

en substances albuminoïdes 2,75 ‰.

En terminant l'exposé de mes analyses qu'il me soit permis de remercier M. le docteur Conrad, premier assistant de la maternité de Berne, pour l'obligeance avec laquelle il a tenu à ma disposition le lait de femme employé dans ces expériences.

## TABLEAU GÉNÉRAL DES RÉSULTATS

**Lait de vache.**

<i>Analyse directe.</i>	<i>Analyse volumétrique de l'azote.</i>
3 ‰ subs. alb. d <sup>s</sup> le lait.	
3,20       »       »	3,14 ‰ subs. alb. d <sup>s</sup> le lait.
3,12       »       »	3,14       »       »
<u>3,10 ‰ en moyenne.</u>	<u>3,14 ‰ en moyenne.</u>

Ces deux moyennes sont dans le rapport de 1 à 1,01.

**Lait de femme.**

<i>Analyse directe.</i>	<i>Analyse volumétrique de l'azote.</i>
1,6 ‰ subst. alb. d <sup>s</sup> le lait.	2,26 ‰ subst. alb. d <sup>s</sup> le lait.
1,26       »       »	2,26       »       »
1,25       »       »	2,70       »       »
2,30       »       »	3,19       »       »
1,30       »       »	2,40       »       »
1,12       »       »	2,94       »       »
1,12       »       »	1,77       »       »
1,38       »       »	2,75       »       »
<u>1,41 ‰ en moyenne.</u>	<u>2,53 ‰ en moyenne.</u>

Ces deux moyennes sont dans le rapport de 1 à 1,8.

A côté de ce tableau je mentionnerai encore deux analyses <sup>1</sup> volumétriques de l'azote dans le lait de vache; elles ont été faites par M. le professeur Nencki auquel elles ont donné les résultats suivants : 3,94 et 3,85 %, chiffres qui se rapprochent assez de ceux que nous avons obtenus.

En comparant entre eux les résultats de mes analyses, on remarque que pour le lait de vache les quantités de substances albuminoïdes obtenues soit par la coagulation, soit par l'évaluation à l'aide du volume d'azote, sont, à peu de chose près, égales.

Ceci permet de conclure :

1° *Pour le lait de vache les deux méthodes d'estimation sont équivalentes.*

2° *La coagulation des matières albuminoïdes du lait de vache est complète.*

Il n'en est pas ainsi dans le lait de femme. Si l'on examine la moyenne des résultats de mes analyses et même ceux de chaque couple d'analyses pris isolément, on voit constamment que suivant la méthode employée, il existe une différence dans la quantité de substances albuminoïdes obtenues. La quantité coagulée est représentée par un chiffre inférieur à celui de la quantité calculée par la méthode volumétrique et cela dans le rapport de 1 à 1,8. On peut donc en conclure :

1° *Pour le lait de femme les deux méthodes d'estimation ne sont pas équivalentes.*

<sup>1</sup> Travail de M. Félix Schenk dans Archiv für experiment. Patholog. und Pharmacol. von Klebs, etc. 2 Bd., 1 Hef, 1874, p. 26.

2° *La coagulation des matières albuminoïdes dans le lait de femme a toujours été incomplète.*

La comparaison de ces deux laits permet de tirer les deux conclusions suivantes :

1° *Le lait de vache est plus riche en azote et par conséquent en substances albuminoïdes que le lait de femme, dans la proportion de 3,51 à 2,53 ; pour ce rapport j'ai fait usage des deux analyses volumétriques de M. le professeur Nencki, mentionnées plus haut, ce qui augmente la moyenne de mes analyses et la porte de 3,14 à 3,51.*

2° *Après la coagulation le sérum du lait de vache ne contient plus de caséine ni d'albumine, tandis qu'après la coagulation, le sérum du lait de femme tient en solution une quantité de matières albuminoïdes qu'on peut évaluer à la moitié des substances azotées du lait.*

---

SUR  
UNE NOUVELLE LOI FONDAMENTALE DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

PAR  
R. CLAUDIUS

(Lu à la Société bas-rhénane de sciences naturelles et de médecine,  
le 6 décembre 1875.)

---

On sait que W. Weber, pour expliquer les phénomènes électrodynamiques, a imaginé une loi au sujet de la force que deux molécules électriques en mouvement exercent l'une sur l'autre. Soient  $e$  et  $e'$  les quantités d'électricité formant les deux molécules électriques, dont chacune peut être aussi bien positive que négative, et  $r$  leur distance mutuelle, qui doit être considérée comme une fonction du temps  $t$ ; les deux molécules exercent l'une sur l'autre, d'après Weber, une répulsion qui est représentée par la formule :

$$\frac{ee'}{r^2} \left[ 1 - \frac{1}{c^2} \left( \frac{dr}{dt} \right)^2 + \frac{2}{c^2} r \frac{d^2r}{dt^2} \right]$$

dans laquelle  $c$  est une constante.

Helmholtz a élevé des objections contre cette formule, et, quant à moi, pour des raisons tout à fait indépendantes de celles d'Helmholtz, la conviction qu'elle ne répond pas à la réalité s'est imposée à mon esprit. Par contre, mes réflexions m'ont conduit à une autre loi dynamique

que je me permets de communiquer à titre provisoire, réservant pour plus tard le développement complet des motifs qui m'ont conduit à la concevoir. Je dois seulement faire précéder l'indication des formules par quelques remarques explicatives.

Quand on part de cette conception que l'action électrodynamique mutuelle de deux molécules électriques en mouvement s'exerce par l'intermédiaire d'une substance qui existe entre elles, on ne doit pas admettre que cette action dépende seulement du mouvement *relatif* des molécules, mais il faut attribuer également aux mouvements *absolus* des deux molécules une influence sur elle. Si par exemple elles se meuvent parallèlement avec des vitesses identiques, et que par conséquent elles soient en repos l'une relativement à l'autre, elles peuvent néanmoins exercer l'une sur l'autre une action électrodynamique, attendu qu'elles se comportent à l'égard du milieu interposé autrement que ne le feraient des molécules en repos effectif. De plus, en se représentant les choses, il ne faut pas non plus admettre que la direction de la force électrodynamique coïncide avec la ligne droite joignant les deux molécules, mais il faut accorder comme possible l'existence de forces ayant d'autres directions.

Nous représenterons par  $x, y, z$  et  $x', y', z'$  les coordonnées rectangulaires, à l'époque  $t$ , des deux quantités d'électricité  $e$  et  $e'$  censées concentrées en des points, et nous introduirons pour les coordonnées de  $e$  relativement à  $e'$  les notations suivantes :

$$\xi = x - x', \quad \eta = y - y', \quad \zeta = z - z'.$$

La distance entre les deux molécules sera représentée par  $r$ . En outre soient  $ds$  et  $ds'$  deux éléments de trajec-

toire parcourus simultanément par les deux molécules,  $\varepsilon$  l'angle qu'ils font entre eux,  $v$  et  $v'$  les vitesses. Alors si l'on représente par

$$Xee', Yee', Zee'$$

les composantes suivant les axes coordonnés de la force totale (électrostatique et électrodynamique) que la quantité  $e$  éprouve de la part de la quantité  $e'$ , on a les équations suivantes, écrites d'abord sous leur forme la plus générale, où  $k$  est une constante positive dépendante du rapport de grandeur entre la partie électrodynamique et la partie électrostatique de la force, et  $n$  une autre constante dont il sera question plus loin :

$$X = \frac{\xi}{r^3} - k \left( \frac{\xi}{r^3} \cos \varepsilon + n \frac{d^2 \frac{\xi}{r}}{ds ds'} \right) vv' + k \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{r} \frac{d\xi}{dt} \right)$$

$$Y = \frac{\eta}{r^3} - k \left( \frac{\eta}{r^3} \cos \varepsilon + n \frac{d^2 \frac{\eta}{r}}{ds ds'} \right) vv' + k \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{r} \frac{d\eta}{dt} \right)$$

$$Z = \frac{\zeta}{r^3} - k \left( \frac{\zeta}{r^3} \cos \varepsilon + n \frac{d^2 \frac{\zeta}{r}}{ds ds'} \right) vv' + k \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{r} \frac{d\zeta}{dt} \right).$$

De ces équations on peut déduire toutes les forces et actions inductrices exercées par des courants galvaniques les uns sur les autres.

Les trois composantes de la force qu'un élément de courant  $ds$  éprouve de la part d'un autre élément de courant  $ds'$  sont représentées d'une manière générale par les expressions suivantes :

$$eie' ds ds' \left( -\frac{\xi}{r^3} \cos \varepsilon + \frac{d}{ds'} \frac{1}{r} \frac{d\xi}{ds} + \frac{d}{ds} \frac{1}{r} \frac{d\xi}{ds'} - n \frac{d^2 \frac{\xi}{r}}{ds ds'} \right)$$

$$\begin{aligned}
 & ci\dot{i}'dsds' \left( -\frac{\eta}{r^3} \cos\varepsilon + \frac{d\frac{1}{r}}{ds'} \frac{d\eta}{ds} + \frac{d\frac{1}{r}}{ds} \frac{d\eta}{ds'} - n \frac{d^2\frac{\eta}{r}}{dsds'} \right) \\
 & ci\dot{i}'dsds' \left( -\frac{\zeta}{r^3} \cos\varepsilon + \frac{d\frac{1}{r}}{ds'} \frac{d\zeta}{ds} + \frac{d\frac{1}{r}}{ds} \frac{d\zeta}{ds'} - n \frac{d^2\frac{\zeta}{r}}{dsds'} \right),
 \end{aligned}$$

où  $i$  et  $i'$  désignent les intensités de courant, et où  $c$  est une constante positive qui dépend de la constante  $k$  et en outre de l'unité adoptée pour mesurer les intensités de courants.

Il s'agit encore de savoir quelle valeur on doit assigner à la constante  $n$ . Si l'on choisit la valeur 1, les expressions ci-dessus représentent précisément les composantes de la force qu'Ampère a déduite, à savoir d'une attraction ayant pour grandeur :

$$ci\dot{i}'dsds' \left( \frac{\cos\varepsilon}{r^2} + r \frac{d^2\frac{1}{r}}{dsds'} \right)$$

Mais cette formule d'Ampère ne peut pas être vérifiée expérimentalement pour deux éléments de courants isolés ; le contrôle expérimental se rapporte toujours à des cas où l'un au moins des courants est fermé. On peut par conséquent considérer encore d'autres forces comme possibles entre deux éléments de courants, puisque c'est seulement pour le cas où l'un des courants est fermé qu'on trouve le même résultat qu'Ampère a calculé. On obtient ces autres forces en donnant à la constante  $n$ , dans les expressions ci-dessus, différentes valeurs, car dans chacune des trois expressions, le terme qui est affecté du facteur  $n$  et qui est un coefficient différentiel du second ordre par rapport à  $s$  et  $s'$ , devient nul quand on étend

l'intégration à un courant fermé, et ne peut par conséquent avoir aucune influence sur la force qu'un courant fermé exerce sur un élément de courant.

On peut donc, si l'on veut ne tenir pour certain que ce qui a été vérifié expérimentalement, considérer provisoirement  $n$  comme une constante restant à déterminer. Théoriquement parlant, la valeur la plus vraisemblable de cette constante est la valeur qui rend les équations fondamentales les plus simples, à savoir la valeur *zéro* par l'introduction de laquelle ces équations deviennent :

$$X = \frac{\xi}{r^3}(1 - kvv' \cos \varepsilon) + k \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{r} \frac{d\xi}{dt} \right)$$

$$Y = \frac{\eta}{r^3}(1 - kvv' \cos \varepsilon) + k \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{r} \frac{d\eta}{dt} \right)$$

$$Z = \frac{\zeta}{r^3}(1 - kvv' \cos \varepsilon) + k \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{r} \frac{d\zeta}{dt} \right).$$


---

SUR

# LA TEMPÉRATURE DU SOLEIL

Par M. J. VIOLLE

Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble <sup>1</sup>.

(Réponse à M. SORET.)

---

Le dernier numéro des *Annales de l'École Normale supérieure* contient une Lettre de M. Soret, dans laquelle ce savant physicien, jugeant mes expériences avec une courtoisie et une bienveillance dont je tiens tout particulièrement à le remercier, doute cependant « que, dans l'état actuel de la Science, elles puissent conduire à la détermination de la température du Soleil. » En effet, dit-il, « pour pouvoir déduire de ces observations la température du Soleil, il faudrait avant tout connaître la loi du rayonnement de la chaleur à des températures élevées. On a tantôt admis la loi de Newton, tantôt celle de Dulong et Petit; or ni l'une ni l'autre ne sont exactes pour les hautes températures. »

Peut-être M. Soret est-il ici trop affirmatif. Sur la loi de Newton appliquée à de grands excès de température, je passe d'autant plus volontiers condamnation qu'aucun physicien assurément ne réclamera en sa faveur; il serait même injuste aujourd'hui d'adresser quelque critique à cet égard au P. Secchi, car, s'il est d'abord tombé dans une erreur qui peut paraître singulière après les travaux

<sup>1</sup> Nous reproduisons textuellement cette note qui a été rédigée il y a un an, mais qui n'a paru que dans le numéro de novembre 1875 des *Annales de l'École Normale*. La Lettre de M. Soret à laquelle elle fait allusion avait également été reproduite dans les *Archives* (Février 1875, t. LII, p. 89).

mémorables de Dulong et Petit, il a été depuis le premier à la reconnaître ; mais, pour ce qui concerne la loi de Dulong et Petit, je ne pense pas que l'on puisse la condamner aussi facilement. Sans parler, en effet, des raisons théoriques qui militent en faveur de la forme exponentielle pour représenter l'intensité d'une radiation calorifique, et pour ne m'adresser qu'à l'expérience, je trouve en faveur de la loi de Dulong et Petit de puissants arguments. « En réalité le rayonnement d'une source à température quelconque peut sans doute être représenté par une somme d'exponentielles analogues à celle qui suffit pour représenter approximativement les échanges de chaleur des corps noircis aux températures basses ; ces exponentielles seraient d'ailleurs multipliées chacune par un coefficient particulier. Pour celles qui représentent les rayons dominant aux températures basses, les coefficients seraient plus forts, et la base de l'exponentielle serait moindre que pour les autres » (DESAINS, *Leçons de Physique*, t. II, p. 707). D'après ces conclusions, résumant les travaux de deux savants qui ont soumis la loi de Dulong et Petit à une étude de révision si scrupuleuse, on voit que, pour un rayonnement complexe comme celui du Soleil, l'intensité de la radiation peut s'exprimer par une somme de termes de la forme

$$m\alpha^t + m'\alpha'^t + m''\alpha''^t + \dots,$$

et, si les coefficients  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\alpha''$ ... étaient identiques, cette somme se réduirait à

$$(m + m' + m'' + \dots) \alpha^t \text{ ou } M\alpha^t,$$

M désignant un certain coefficient qui serait précisément le pouvoir émissif du Soleil à la température qu'il possède actuellement.

Mais est-il permis, dans une première approximation,

de supposer ainsi  $\alpha = \alpha' = \alpha'' = \dots$ ? C'est, il me semble, l'hypothèse la plus plausible, jusqu'à ce que l'on possède des mesures exactes de ces quantités  $\alpha, \alpha', \alpha'' \dots$ . Et, en effet, les expériences de MM. de la Provostaye et Desains nous montrent que la quantité  $m$  est à peu près constante entre zéro et 300 degrés lorsque le corps rayonnant est un thermomètre à boule nue ou noircie au noir de fumée, mais que, si la boule du thermomètre est couverte d'une feuille d'argent,  $m$  augmente quand la température décroît, de sorte que l'on a

A 63 degrés . . . . .  $m = 0,01090,$

A 150 » . . . . .  $m = 0,00870,$

tandis que  $\alpha$  reste constant et le même dans les deux cas. Ainsi, malgré la différence des pouvoirs émissifs de l'argent et du noir de fumée, malgré même la variation rapide du pouvoir émissif de l'argent, la base de l'exponentielle reste la même pour les diverses radiations venant se superposer aux radiations primitives au fur et à mesure que la température s'élève. Et, bien que ces expériences se rapportent à des circonstances dans lesquelles la chaleur semble beaucoup plus homogène que quand elle émane de sources à températures élevées, cependant l'augmentation parfaitement nette de  $m$  nous prouve une modification sensible de la qualité, ou, si l'on aime mieux, de la composition de la chaleur émise. Cette modification n'ayant amené aucun changement dans la valeur de  $\alpha$ , on peut admettre que  $\alpha$  est sensiblement le même pour toutes les radiations. Mes expériences sur l'acier et la fonte en fusion c'est-à-dire à 1500 et 1300 degrés, conduisent d'ailleurs à la même conclusion, comme on le verra plus bas. Cette constance de  $\alpha$  n'est sans doute pas éta-

blie ainsi d'une manière absolument rigoureuse ; mais, d'une part, les expériences que je viens de citer montrent qu'en l'admettant on ne saurait être bien éloigné de la vérité ; d'autre part, l'hypothèse de  $\alpha$  constant à toute température conduit à une évaluation de la température du Soleil plus élevée que celle qui résulterait de la considération d'une somme d'exponentielles à bases croissantes pour les radiations les plus chaudes, comme le propose M. Desains : la correction qui pourrait résulter de cette considération ne modifierait donc pas le nombre que j'ai proposé pour la température du Soleil dans le sens où M. Soret désirerait me le voir corriger. Aussi M. Soret serait-il disposé à regarder  $\alpha$  comme décroissant au fur et à mesure que la température s'élève ; mais cette manière de voir, qui repose sur l'hypothèse de  $m$  constant, ne saurait être admise.

J'ai fait l'année dernière, aux forges d'Allevard, quelques expériences dans le double but de vérifier si une source de chaleur terrestre donnerait avec mon appareil un effet comparable à celui que produit le Soleil et d'obtenir une évaluation probable de la température vraie du Soleil. Ces expériences, qui ne sont qu'indiquées dans la Note que j'ai publiée aux *Comptes rendus* du 5 octobre 1874, sont exposées en détail dans le Mémoire que M. Henri Sainte-Claire Deville a bien voulu présenter en mon nom à l'Académie des Sciences, et qui contient l'ensemble de mes recherches sur la température du Soleil ; je n'en relaterai aujourd'hui que la portion touchant directement au point en litige.

Si je rapporte ici ces observations, ce n'est point que je conteste l'exactitude des expériences de M. Soret ou du P. Secchi sur des comparaisons analogues ; mais l'em-

ploi d'actinomètres cylindriques de petites dimensions <sup>1</sup> et l'absence de toute préoccupation, relativement aux dimensions du thermomètre et de l'ouverture d'admission, me paraissent rendre bien difficile la discussion de leurs résultats numériques <sup>2</sup>. Je ne rappellerai pas comment j'ai essayé d'écarter toutes ces difficultés <sup>3</sup>, en adoptant pour mon actinomètre une forme et des dimensions plus convenables et en suivant dans la marche des expériences, d'aussi près que je l'ai pu, les leçons que renferme l'admirable Mémoire de Dulong et Petit sur le refroidissement. J'observerai seulement que, dans les recherches actuelles sur la radiation de l'acier ou de la fonte en fusion, la durée de l'expérience étant nécessairement limitée par la durée même de la coulée, j'ai dû opérer par la méthode dynamique, c'est-à-dire que, tout en employant mon actinomètre, je m'en suis servi comme d'un pyrhéliomètre de Pouillet, ce qui conduit d'ailleurs exactement aux mêmes résultats que l'emploi de la méthode statique, ainsi que je m'en suis assuré par des expériences comparatives faites sur la radiation solaire par l'une et l'autre méthode. Si, d'autre part, j'ai choisi comme source de chaleur terrestre une coulée de fonte ou d'acier, c'est que je ne sais guère parmi les températures élevées que les points de fusion ou d'ébullition qui soient connus avec quelque certitude et que, parmi les métaux usuels, le fer, sous ses différentes formes, s'offrait naturellement à moi

<sup>1</sup> MM. de la Provostaye et Desains ont établi, en effet, l'importance des perturbations qui peuvent résulter de l'emploi d'une enceinte trop petite, surtout lorsque cette enceinte est de forme cylindrique.

<sup>2</sup> Quant aux expériences de M. Soret avec les verres bleus de cobalt, l'auteur reconnaissant lui-même que « l'intensité n'a pas d'influence » sur l'effet observé, elles ne me semblent mettre en évidence que la constitution, mais nullement l'intensité de la radiation solaire.

<sup>3</sup> Voir *Comptes rendus* des 18 mai, 29 juin et 5 octobre 1874.

comme étant à la fois le plus facile à obtenir en grandes masses et celui dont la température de fusion est le mieux connue. L'important Mémoire de M. Grüner, inséré aux *Annales des Mines* (7<sup>me</sup> série, t. IV, p. 254, 1873), fournit, en effet, non-seulement les températures de fusion des fontes, laitiers et aciers, mais encore la température de ces corps au sortir des hauts fourneaux ou fours à fusion.

Grâce à l'obligeance de M. Charrière, directeur des forges d'Alleverd, et de M. l'ingénieur Pinat, j'ai pu opérer sur la coulée d'acier de leur beau four Martin Siemens. Je me suis trouvé à Alleverd à une époque où, en vue de la fabrication de ces énormes roues dont on munit maintenant les locomotives à grande vitesse, la coulée qui se renouvelait toutes les douze heures se partageait seulement en cinq ou six temps, employés chacun à remplir un moule de 500 kilogrammes. Le remplissage d'un pareil moule demandait environ 4<sup>m</sup>30<sup>s</sup> : je pouvais donc faire arriver sur mon appareil pendant un temps connu, une minute, la radiation de la veine liquide incandescente qui s'échappait verticalement d'un orifice carré placé au-dessus du moule. Les différentes mesures que j'ai faites pendant deux journées consécutives étant parfaitement concordantes, je ne citerai qu'une seule observation, qui m'a fourni, l'appareil fermé, 14°,4 et, l'appareil ouvert à la radiation, 15°,7. De ces données on tire facilement

$$\alpha^x = 3500 \quad \text{et, par suite,} \quad x = 1063^\circ,$$

$\alpha^x$  étant la radiation de la surface incandescente et  $x$  ce que j'ai appelé la *température effective*, c'est-à-dire la température que devrait posséder le corps pour que, doué d'un pouvoir émissif égal à l'unité, il rayonnât avec

la même intensité que celle avec laquelle il rayonne réellement <sup>1</sup>.

Or la *température vraie*, le métal ayant déjà coulé depuis sa sortie sur une longueur d'environ 0<sup>m</sup>,50, peut être évaluée avec une très-grande approximation à 1500 degrés. Appelons T cette température, on aurait en désignant par E le pouvoir émissif de l'acier en fusion.

$$E\alpha^{\tau} = \alpha^x, \quad \text{d'où} \quad E = 0,037,$$

valeur parfaitement admissible d'après les expériences de MM. de la Provostaye et Desains. Cette valeur est d'ailleurs confirmée par ce fait que, si nous supposons à la fonte en fusion précisément ce même pouvoir émissif, les mesures directes que j'ai faites sur la coulée de fonte du haut fourneau d'Allevard nous donnent pour cette fonte, à 1 mètre environ du trou de coulée,

$$x = 832^{\circ} \quad \text{et} \quad T = 1300^{\circ},$$

ce qui est d'accord avec les nombres de M. Grüner. Tous ces calculs étant d'ailleurs basés sur l'hypothèse de la

<sup>1</sup> La formule qui convient dans ce cas est :

$$\alpha^t \beta \tau + \frac{M}{S} (\theta - t) = \frac{\omega}{S} \alpha^x + \frac{\Omega}{S} \alpha^y;$$

$\alpha$  étant la constante de Dulong, ou 1,0077 ;

$\beta = \alpha - 1 = 0,0077$  ;

$t$  la température de l'enceinte ;

$\theta$  la température du thermomètre ;

$\tau$  l'excès moyen pendant la durée de l'expérience ;

M la masse en eau de la boule du thermomètre ;

S la surface de l'enceinte ;

$\omega$  la surface de la source rapportée à la distance de l'ouverture d'admission ;

$\Omega$  l'ouverture d'admission ;

$x$  la température effective de la source ;

$y$  la température effective de la portion de l'espace environnant la source et vue du thermomètre à travers l'ouverture d'admission.

*Remarque.* —  $\frac{M}{S}$  se détermine très-exactement par une expérience de refroidissement.

constance de  $\alpha$ , cet accord ne paraîtra pas sans doute sans importance au point de vue de l'exactitude de la loi de Dulong aux températures élevées, cette loi étant interprétée, comme je l'ai expliqué plus haut d'après les travaux de MM. de la Provostaye et Desains.

Il est d'ailleurs facile de vérifier que les résultats obtenus avec le Soleil d'une part et l'acier en fusion d'autre part sont bien entre eux dans le rapport qu'exigent nos idées sur la température du Soleil. Sans recourir à aucun calcul et empruntant seulement à mes mesures de la radiation solaire l'une d'entre elles, à la date du 6 septembre 1874, 2<sup>h</sup>15<sup>m</sup>, dans laquelle le thermomètre est monté en 1 minute de 4°,2, on voit que dans le même temps, 1 minute, le thermomètre accuse sous l'influence de la radiation solaire un excès de température environ trois fois et demie plus considérable que celui dû à l'action de l'acier au sortir du four Martin Siemens; et, si l'on admet entre l'intensité d'une radiation et son effet actinométrique une proportionnalité qui ne peut pas être bien éloignée de la vérité, tant que l'on se renferme entre des limites suffisamment étroites, on peut déterminer immédiatement la température qu'il faudrait attribuer à la surface du Soleil pour qu'elle donnât lieu à une radiation trois fois et demie plus intense que celle de l'acier à 1500 degrés. On trouve ainsi, dans l'hypothèse d'un pouvoir émissif maximum, comme *température effective* du Soleil, 1600 degrés environ, c'est-à-dire un nombre presque rigoureusement égal à celui que j'ai été conduit à admettre comme résultat de mes mesures directes de la radiation solaire.

Si maintenant, nous rappelant le fait, extrêmement important, mis en évidence par M. Hirn, de la grande transparence des gaz incandescents, nous supposons que

la surface solaire rayonne comme un bain de métal en pleine fusion, les expériences précédentes nous fourniront le moyen d'obtenir avec une certaine exactitude la température de ce bain métallique. Nous en avons pu déduire, en effet, pour l'un des métaux les plus importants du globe solaire, le pouvoir émissif déterminé, sinon peut-être avec une très grande précision, du moins (ce qui est surtout important pour le but spécial que nous poursuivons en ce moment) dans les conditions mêmes d'expérimentation adoptées pour l'étude de la radiation solaire. Si l'on accepte cette détermination comme donnant une valeur probable du pouvoir émissif de la surface du Soleil, on aura pour la température moyenne vraie de cette surface  $T = 4980^{\circ}$ , ou, en nombre rond, 2000 degrés, avec une erreur probable que j'estime inférieure à 100 degrés.

Tel serait d'ailleurs, à bien peu près, le nombre auquel conduirait une interprétation exacte des expériences mêmes par lesquelles M. Soret croit avoir montré l'inexactitude de la loi de Dulong et Petit aux températures élevées. Remarquons, en effet, que la mesure actinométrique du rayonnement émis par un disque de zircon incandescent ne pourrait fournir la température vraie de ce disque qu'à la condition que l'on connût le pouvoir émissif de la zircon à cette température. En admettant que ce pouvoir émissif est égal à l'unité, comme le fait implicitement M. Soret, ce n'est plus la température vraie qu'il calcule, mais bien la température effective; mais la connaissance de cette température effective conduit immédiatement à la valeur du pouvoir émissif moyen du disque, à condition toutefois que l'on connaisse d'autre part la température vraie du disque. M. Soret évalue cette

dernière température à 2000 degrés, nombre sans doute fort incertain. Acceptons-le cependant et calculons le pouvoir émissif moyen de son disque de zircone à 2000 degrés. Calculons, d'autre part, la température effective du Soleil, telle qu'elle résulte des mesures de M. Soret, au sommet du Mont-Blanc. Admettons maintenant que le pouvoir émissif moyen de la surface du Soleil soit précisément égal au pouvoir émissif du disque de zircone dans l'expérience de M. Soret, et nous trouvons comme température vraie du soleil, 2470 degrés, nombre qui ne diffère pas beaucoup de celui que je conclus de mes recherches et qui lui deviendrait rigoureusement égal si nous attribuions au disque de zircone, comme température moyenne de sa surface rayonnante, la valeur peut-être plus probable de 1500 degrés; mais il y a sur cette température moyenne une incertitude trop grande pour que je veuille conclure de l'expérience de M. Soret autre chose qu'une vérification de l'ordre de grandeur du résultat de mes recherches, et cette vérification je l'y trouve assurément aussi satisfaisante que possible.

La difficulté, je dirais presque l'impossibilité de connaître la température moyenne exacte de la surface rayonnante du disque de zircone, provient de ce que la température moyenne d'une telle surface peut différer beaucoup des températures locales qu'affecteront tels ou tels points en particulier. Et cette difficulté se rencontre non-seulement dans la comparaison des sources terrestres au Soleil, mais aussi dans l'évaluation même de la température du Soleil; de telle sorte que certains points de l'image du Soleil, obtenue au foyer d'une puissante lentille à échelons, peuvent très-bien présenter une température de 2500 degrés (j'adopte sans discussion ce

nombre proposé par M. Berthelot), la température moyenne du Soleil et, à plus forte raison, celle de l'image ne dépassant pas 2000 degrés. Les variations considérables de la température du Soleil d'une région à l'autre de la surface, variations si bien mises en évidence par les observations du P. Secchi, rendent ce double résultat parfaitement possible et suffisent, je crois, pour faire disparaître toute difficulté provenant de la comparaison de deux nombres en apparence contradictoires.

Grenoble, le 14 février 1875.

---

### OBSERVATIONS SUR L'ARTICLE PRÉCÉDENT

Par M. J.-L. SORET.

Je n'ai pas l'intention de répliquer longuement aux pages précédentes, ni surtout de chercher à jeter du doute sur l'intérêt des recherches que M. Violle poursuit avec activité, en s'efforçant de disposer ses appareils de manière à obtenir des valeurs absolues de l'intensité de la radiation et en variant les conditions dans lesquelles il opère. Ce genre d'observations présente une grande utilité au point de vue de la météorologie et de la physique solaire; mais je persiste à croire que dans l'état actuel de la science, il est prématuré de vouloir en déduire la température du Soleil. J'aurai peut-être plus tard l'occasion de revenir sur ce sujet; pour le moment je me bornerai à quelques observations sur la manière dont M. Violle cherche à concilier la loi de Dulong et Petit avec les résultats que j'avais obtenus sur la radiation d'un disque de zircon ou de magnésie chauffé à la lampe oxyhydrique<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, 1872, tome XLIV, p. 220, et t. XLV, p. 252.

D'après la loi de Dulong et Petit l'intensité de la radiation d'un corps est exprimée par  $E\alpha^t$ , où  $E$  représente le pouvoir émissif du corps,  $t$  sa température et  $\alpha$  la constante de Dulong et Petit.

M. Violle admet comme très-plausible la constance absolue de  $\alpha$  pour tous les corps, pour toutes les espèces de rayons et pour toutes les températures. Il est possible que cela soit vrai, et que ce facteur  $\alpha^t$  entre en effet en tout cas dans l'expression de la chaleur émise ; mais cela n'est pas démontré : la vérification de cette hypothèse n'a été faite qu'entre 0 et 300. Est-on en droit d'admettre qu'elle se vérifie encore à 2 ou 3000° ? — Supposons-le pour le moment.

Pour que la loi de Dulong et Petit fut rigoureuse, il faudrait alors que le pouvoir émissif fut constant pour un même corps à toute température. — On sait depuis longtemps qu'il n'en est pas ainsi. Mais on peut supposer que ces variations du pouvoir émissif proviennent d'un changement moléculaire accompagnant la variation de température, la loi de Dulong et Petit restant d'autre part théoriquement exacte.

Dans le cas spécial qui nous occupe, c'est-à-dire la possibilité de calculer la température d'un corps d'après l'intensité de la radiation, il est à remarquer que des variations même assez fortes de  $E$  n'empêcheraient pas d'arriver à peu près au résultat. Ainsi, en prenant pour  $E$  la valeur 1, tandis qu'en réalité elle ne serait que de 0,5, on ferait sur la valeur calculée de  $t$  une erreur de 90° environ ; l'approximation serait donc déjà assez grande s'il s'agissait d'une température de 2000° ou plus.—C'est pour cette raison que j'avais pris simplement la formule que M. Vicaire avait donnée, dans laquelle le

pouvoir émissif est supposé égal à l'unité, ce qui, par conséquent, conduit à ce que M. Violle appelle la température *effective*.

Mais si le pouvoir émissif ne reste pas entre certaines limites, s'il ne présente aucune constance, s'il décroît rapidement quand la température s'élève, alors on doit le considérer comme une fonction de  $t$ , ce qui revient à dire que la loi de Dulong et Petit n'est pas exacte pour les hautes températures.

Dans mes expériences sur la radiation d'un disque de zircon ou de magnésie, je suis arrivé à la température *effective* de  $870^\circ$ . Calculons, au point de vue où nous nous sommes placés, quelle serait la valeur de  $E$  à la température *vraie*  $T$  d'après la formule indiquée par M. Violle :

$$E_{\alpha T} = \alpha^{870}.$$

Supposons que la température  $T$  du disque chauffé à la lampe oxyhydrique fût seulement de  $1500^\circ$ , comme M. Violle en suggère la possibilité : on trouve alors  $E = 0,00797$ . A une basse température le pouvoir émissif de la zircon ou de la magnésie doit, comme pour tous les corps analogues, être compris entre 1 et 0,5 : on voit combien l'élévation de température l'aurait fait diminuer.

Si, comme je le crois très-probable, la température du disque était supérieure à  $1500^\circ$ , et voisine du point de fusion du platine, la détermination du pouvoir émissif serait encore bien plus forte : en admettant  $t = 1900^\circ$  on en déduirait  $E = 0,00037$ .

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## ASTRONOMIE.

### ANNUAIRES ASTRONOMIQUES FRANÇAIS ET BELGE POUR 1876.

L'Annuaire du Bureau des longitudes français a paru, vers la fin de l'année dernière, en un volume in-18 de 588 pages. Il est trop généralement connu pour qu'il soit utile d'annoncer ici ce nouveau volume, si les Notices scientifiques qui y sont jointes, et sont accompagnées de trois planches, ne méritaient une mention spéciale. Nous nous bornerons à une simple énumération.

La première de ces Notices est relative à la création récente, dans le parc de Montsouris près de Paris, à côté de l'observatoire météorologique qui y existe déjà, d'un observatoire astronomique d'étude, qui y sera surtout utilisé, pour le moment, par des officiers de marine. Les instruments qui y sont établis faisaient partie de ceux qui ont servi à l'observation du passage de Vénus, dans la mer des Indes, en décembre 1874. Les principaux sont un équatorial à lunette de 8 pouces de diamètre d'Eichens, un autre à lunette de 6 pouces, provenant de l'atelier de Plainpalais près de Genève, dirigé par M. Th. Turretini; un cercle-méridien de Brunner et une lunette photographique de Lorieux. La Notice a été rédigée par M. le capitaine de vaisseau Mouchez, membre du Bureau des longitudes, chef de la mission française qui a réussi à observer le passage de Vénus à l'île Saint-Paul, par  $38^{\circ}42'50''{,}8$  de latitude australe. On doit au même savant une relation fort intéressante de cette expédition, insérée aussi dans l'*Annuaire*, ainsi que celle de M. Janssen sur sa mission au Japon.

Le même volume renferme encore une Notice de M. le commandant F. Perrier sur l'Association géodésique internationale et le Congrès y relatif réuni à Paris en 1875; un article de M. Marié-Davy sur la déclinaison de l'aiguille aimantée, et les discours prononcés par MM. Faye et Lœvy

aux funérailles de M. Mathieu, membre de l'Institut et du Bureau des longitudes, décédé à l'âge de 91 ans au commencement de 1875.

L'Annuaire de l'observatoire royal de Bruxelles a paru aussi vers la fin de 1875, sous la surveillance de M. Ernest Quetelet, fils du célèbre savant fondateur de cet observatoire. C'est la 43<sup>me</sup> année de la publication de ce petit volume, qui renferme en général, outre les éphémérides astronomiques, des documents statistiques très-détaillés sur la Belgique et diverses Notices scientifiques.

La principale des Notices contenues dans le nouveau volume est une traduction de l'allemand, due à M. Edouard Mailly, d'un article nécrologique assez développé et fort intéressant de M. Schönfeld, directeur actuel de l'observatoire de Bonn, sur son illustre prédécesseur dans cet observatoire, Frédéric Argelander, mort le 17 février 1875, à l'âge de près de 76 ans.

Nous devons à regret nous borner à signaler ici cette Notice, ainsi que celles qui y sont jointes sur l'Observatoire de Bruxelles et sur les observations astronomiques, météorologiques et magnétiques qui continuent à y être effectuées très-activement par MM. Ernest Quetelet, Hooreman, Lancaster et Estourgies. Le premier vient d'étendre à 40 années les résultats de 30 années déjà obtenus sur la température. Le tome XXIV des *Annales* de l'observatoire vient de paraître ; il contient la météorologie de 1874 et les observations méridiennes de 1869 et 1870. On a renouvelé en 1874 la toiture de la salle des instruments méridiens, et on espère que les ministres belges autoriseront l'acquisition d'un grand équatorial, qui serait placé sur la tourelle ouest de l'observatoire. M. Ernest Quetelet s'occupe, depuis 1857, des observations de la position dans le ciel des étoiles ayant un mouvement propre appréciable, et ce grand travail est fort avancé. Le catalogue comprendra à peu près 12,000 étoiles. La Société astronomique allemande, dans sa réunion à Leyde de 1875, ayant reçu de M. Winnecke un rapport sur ce tra-

vail, a estimé que sa prompte publication était d'un haut intérêt pour la science.

A. G.

---

### PHYSIQUE

W.-G. ADAMS. MODIFICATION APPORTÉE PAR L'AIMANTATION A LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE DU FER ET DE L'ACIER. (*Proceedings of the Royal Society*, vol. XXIII, p. 533; *Naturforscher*, VIII, 440.)

M. Adams a fait une série de recherches pour déterminer de quelle façon l'aimantation agit sur la conductibilité électrique d'un barreau de fer ou d'acier, et il est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Le passage d'un courant à travers un barreau d'acier trempé diminue sa résistance galvanique; c'est le contraire qui a lieu par un barreau d'acier mou ou de fer doux, le passage d'un courant qui le parcourt augmente sa résistance.

2° Lorsqu'un barreau d'acier trempé est aimanté au moyen d'une bobine dans laquelle il est placé axialement, la résistance galvanique du barreau subit une diminution directement proportionnelle au carré du courant qui traverse la bobine et cela jusqu'à une certaine limite.

3° Lorsque du fer ou de l'acier doux sont aimantés longitudinalement ou transversalement, leur résistance est augmentée d'une quantité à peu près proportionnelle au carré du courant qui produit l'aimantation.

---

H.-W. VOGEL. ANALYSE SPECTRALE DE LA LUMIÈRE BLEUE DE LA GROTTÉ DE CAPRI. (*Pogg. Ann.*, 1875, t. CLVI, p. 325.)

Dans le spectre fourni par la lumière bleue de la grotte de Capri le rouge a entièrement disparu, le jaune est très-affaibli, de telle sorte que la ligne D est à peine reconnaissable; en revanche le vert, le bleu et l'indigo sont très-brillants, de plus *les deux raies E et b se confondent en une large bande d'absorption très-nette.*

---

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE

C. THOMAS. SYNOPSIS OF THE ACRIDIDÆ, etc. SYNOPSIS DES ACRIDIDES DE L'AMÉRIQUE DU NORD. (Washington, 1873 <sup>1</sup>.)

Cette monographie forme un volume in-quarto de 260 pages environ. La nature même de l'ouvrage ne permet pas d'en donner une analyse détaillée; nous nous contenterons d'en faire connaître rapidement le contenu, afin d'attirer l'attention des entomologistes sur un travail important qui contribuera à faire mieux connaître une partie de la faune d'un pays encore nouveau.

Après une liste de soixante-dix à quatre-vingts mémoires et ouvrages sur les locustes et les sauterelles, l'auteur consacre d'abord quelques pages de notions préliminaires à la structure des insectes qu'il va décrire, puis discute la position des Acridides dans la classe des insectes, leurs affinités et les genres qui composent ce groupe. M. C. Thomas divise la famille des Acridides en deux sous-familles : les Acridinæ et les Tettiginæ. La première sous-famille elle-même se subdivise en Conocephalides, Orthocerides et Xiphocerides qui forment en tout 7 groupes principaux. Quant aux Tettiginæ elles ne forment qu'un seul groupe. Le nombre des genres américains connus s'élève à quarante-cinq, représentés par 227 espèces. Quant à leur distribution géographique, ces genres se répartissent en sept districts : l'Amérique anglaise, les États-Unis de l'Est, le district des Montagnes rocheuses, la côte du Pacifique, le Mexique, les Antilles et l'Amérique centrale. Les genres *Stenobothrus* et *OEdipoda* se trouvent dans les sept districts. Les genres *Opamala* et *Acridium* sont répandus sur toute la surface du continent, l'Amérique anglaise exceptée. Enfin les genres *Perotettix*, *Caloptenus*, *Tettix* manquent à l'Amérique centrale et aux Antilles. Les autres sont plus localisés. M. Thomas décrit quarante

<sup>1</sup> Ce volume publié aux frais du gouvernement des États-Unis fait partie de la collection de monographies écrites par des hommes spéciaux sous la direction générale du Département de l'Intérieur (prof. Hayden, géologue fédéral en charge).

espèces et quatre genres nouveaux. De plus, il signale la présence de six genres qui n'avaient pas encore été reconnus en Amérique, et termine par une liste des espèces décrites par divers auteurs et provenant des pays nord-américains en dehors des États-Unis.

Les espèces nouvelles ne sont pas figurées.

M. D.

---

### BOTANIQUE.

#### POIDS SOULEVÉ PAR LA CROISSANCE D'UN TISSU VÉGÉTAL.

On a remarqué souvent la force avec laquelle des racines, des troncs d'arbres et autres parties des végétaux disjoignent ou soulèvent des corps pesants dans lesquels ils se trouvent comme enchâssés. Rarement, peut-être, ce phénomène a été mesuré d'une manière aussi probante que par M. W.-S. Clark, président du collège d'agriculture du Massachusetts. D'après son 22<sup>me</sup> rapport annuel, publié à Boston, en 1875, il raconte qu'il a placé une courge de 22 pouces de circonférence, de telle manière que tout en recevant les sucs de la tige sans difficulté elle était revêtue en dessus d'une espèce de harnais en fer, de la forme d'un masque ovale composé de barreaux cintrés. Sur ce harnais ou masque était une barre longitudinale fortement assujettie, et une balance romaine, prenant son appui sur la barre, servait à mesurer les poids de plus en plus grands que la courge tenait en équilibre à mesure qu'elle grossissait.

L'expérience ayant commencé le 15 août, le fruit a supporté le 31 octobre *cinq mille livres*. A ce point, l'appareil s'est dérangé. Il n'a pas pu être changé ou réparé, parce que les interstices du masque s'étaient remplis de la matière végétale en croissance, qui débordait même au-dessus des barreaux. L'épiderme avait des fissures, mais l'intérieur du fruit n'avait pas souffert. Le poids de cette courge était, à la fin, de 47  $\frac{1}{4}$  livres. Son péricarpe était plus ferme qu'à l'ordinaire et la cavité centrale était plus petite, avec des graines dans un état normal. Une courge de la même variété, cultivée en plein air, dans le voisinage, est arrivée à peser 123 livres.

---

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1876.

- Le 1<sup>er</sup>, forte gelée blanche le matin et le soir ; brouillard une grande partie du jour.  
 2, couronne lunaire le soir.  
 3, brouillard le matin et le soir.  
 4, brouillard jusque dans l'après-midi ; le soir la bise s'élève avec force et le ciel s'éclaircit ; couronne lunaire dans la soirée.  
 5, très-forte bise tout le jour.  
 6, forte bise tout le jour ; faible couronne lunaire dans la soirée.  
 7, forte bise tout le jour, ciel couvert ; quelques flocons de neige le soir à 10 h.  
 9, gelée blanche le matin ; ciel brumeux, trace de halo lunaire vers 6 h. du soir.  
 10, très-forte gelée blanche le matin ; brouillard depuis 8 h.  
 11 et 12, brouillard tout le jour : le 12 au soir la bise se lève et dure jusqu'au lendemain à midi.  
 14, brouillard depuis midi.  
 15, forte bise tout le jour.  
 18, gelée blanche le matin ; brouillard le soir.  
 19, 20 et 21, brouillard intense avec dépôt de givre.  
 22, légère pluie le matin, brouillard le soir.  
 23, brouillard jusqu'à midi ; ciel clair le reste du jour.  
 24, gelée blanche le matin ; brouillard tout le jour.  
 Du 25 au 31 brouillard constant, plus ou moins intense ; le 28 dépôt de givre.

De nouvelles valeurs normales des différents éléments météorologiques ont été calculées en faisant concourir à leur détermination les observations des dernières années ; pour la température les observations embrassent 50 années (1826—1875) ; pour la pression atmosphérique, 40 années (1836—1875) ; pour l'état hygrométrique 27 années (1849—1875) ; enfin pour la température du Rhône, 23 années (1853—1875). C'est à la comparaison avec ces nouvelles valeurs normales que se rapportent les écarts indiqués dans le tableau de Genève.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 <sup>er</sup> à 10 h. matin .....	734,53	Le 4 à 2 h. après midi.....	728,68
5 à 10 h. soir .....	732,41	9 à 2 h. après midi .....	721,01
11 à 10 h. matin .....	729,39	13 à 2 h. après midi.....	720,84
19 à 10 h. matin .....	737,72	21 à 8 h. soir .....	726,05
24 à 10 h. matin .....	743,61	28 à 4 h. après midi .....	733,38
31 à 10 h. matin .....	739,71		

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige.		Vent domi-nant.	Clarté moy. du ciel.	Temp. du Rhône.		Linnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			0	Midi.	
1	733,95	+6,13	0	2,45	2,24	0	3,70	-0,32	millim.	99	860	1000	..	..	SSO.	1	0,96	0	119,3	
2	732,92	+5,08	-4,6	4,09	4,33	4,6	4,56	+0,54	0,7	+	770	1000	0,3	2	S.	1	0,87	+5,7	118,2	
3	733,02	+5,16	-4,6	4,13	4,39	0,9	5,92	+1,90	5,4	+	860	990	1,9	6	variable		0,97	+5,7	113,5	
4	729,52	+1,65	+0,9	4,51	4,79	4,9	5,88	+1,85	7,0	+	720	1000	0,3	2	variable		0,78	+5,8	116,2	
5	730,51	+2,62	+2,0	3,44	3,45	5,1	2,53	-1,50	6,2	+	630	760	..	..	NNE.	3	0,20	4,6	119,5	
6	729,85	+1,95	-3,0	4,61	4,30	6,8	2,51	-1,72	2,0	-	610	830	..	..	NNE.	2	0,93	4,6	118,9	
7	723,90	+4,01	-5,3	4,42	4,10	5,3	2,40	-1,64	3,2	-	680	840	..	..	NE.	2	0,96	4,5	114,1	
8	723,69	+4,22	-5,7	4,05	3,73	5,7	2,80	-1,24	2,7	-	750	910	..	..	variable		0,97	4,5	115,6	
9	721,56	+6,36	-6,3	3,35	3,63	6,3	3,48	-0,86	0,2	+	760	940	..	..	SSO.	1	0,80	..	109,0	
10	726,70	+1,22	-7,4	3,76	3,44	7,4	3,19	-0,86	4,0	+	830	1000	..	..	SO.	1	0,84	4,7	109,9	
11	728,40	+0,96	-3,9	2,85	2,53	3,9	3,45	-0,60	2,0	-	870	980	..	..	S.	1	1,00	4,7	108,3	
12	726,96	+0,96	-4,4	3,09	2,77	4,4	3,32	-0,74	1,4	-	810	1000	..	..	variable		1,00	4,5	106,5	
13	721,49	+6,13	-4,1	3,28	2,97	4,1	2,90	-1,16	1,9	-	780	850	..	..	NE.	2	1,00	3,7	110,0	
14	725,60	+4,92	-2,8	4,01	0,71	2,8	3,64	-0,43	0,0	+	800	900	..	..	SO.	1	1,00	4,3	101,5	
15	732,83	+6,90	-0,8	0,43	0,72	0,8	3,81	-0,26	1,1	+	760	880	..	..	NE.	2	1,00	4,6	108,4	
16	734,80	+7,33	-1,7	0,68	0,41	1,7	3,39	-0,69	0,5	+	730	850	..	..	NE.	2	1,00	4,6	108,4	
17	735,22	+7,03	-6,1	1,62	1,37	6,1	3,28	-0,81	1,0	+	690	930	..	..	SO.	1	0,78	4,6	102,6	
18	734,91	+8,86	-4,7	1,61	1,38	4,7	3,67	-0,43	1,1	+	690	960	..	..	S.	1	0,88	4,6	99,8	
19	730,73	+5,13	-3,7	1,89	1,69	3,7	4,07	-0,03	0,6	+	890	1000	..	..	SO.	1	1,00	4,6	98,4	
20	732,98	+2,42	-4,2	2,83	2,65	4,2	3,39	-0,69	1,0	+	990	1000	..	..	E.	1	1,00	4,6	100,1	
21	727,34	+0,49	-0,6	0,92	0,78	0,6	3,71	-0,40	1,9	-	1000	1000	..	..	SO.	1	1,00	4,6	102,3	
22	730,23	+4,21	-0,6	3,09	3,20	0,0	4,29	+0,17	1,0	+	900	1000	..	..	SO.	1	1,00	4,7	98,9	
23	740,00	+15,05	-1,7	1,93	2,00	0,6	5,26	+1,13	7,2	+	780	990	2,2	5	N.	1	0,71	4,7	99,0	
24	742,82	+12,99	-2,5	0,89	0,86	1,7	4,72	+0,58	0,2	+	760	990	..	..	calme		0,42	..	96,3	
25	740,73	+12,30	-1,9	1,43	1,49	2,8	3,80	-0,36	1,0	+	960	1000	..	..	ESE.	1	1,00	4,7	96,3	
26	737,78	+10,40	-1,9	0,66	0,76	1,9	4,22	+0,05	0,3	+	940	970	..	..	E.	1	1,00	4,7	95,6	
27	734,35	+6,70	-2,6	0,85	1,01	2,6	4,05	-0,11	4,2	+	890	1000	..	..	SE.	1	0,93	4,6	94,2	
28	735,30	+10,31	-1,8	1,01	1,02	1,8	4,34	+0,16	0,1	+	840	1000	..	..	ESE.	1	0,93	4,6	94,5	
29	737,88	+11,07	-1,8	0,78	1,01	1,2	4,24	+0,05	0,2	+	970	1000	..	..	SO.	1	1,00	4,6	91,5	
30	738,60	+11,07	-2,3	1,42	1,44	0,4	4,22	-0,02	0,2	+	920	1000	..	..	E.	1	1,00	4,5	93,0	
31	738,60	+11,07	-2,3	1,42	1,44	0,4	3,99	-0,22	0,4	+	850	1000	..	..	variable		1,00	4,5	89,7	

## MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1876.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

**Baromètre.**

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	728,68	728,94	729,20	728,64	728,14	728,23	728,20	728,41	728,50
2 <sup>e</sup> »	730,67	731,29	731,45	731,07	730,66	730,82	731,08	731,38	731,30
3 <sup>e</sup> »	736,68	737,06	737,48	737,11	736,35	736,49	736,76	737,07	737,28
Mois	732,16	732,58	732,86	732,43	731,87	731,99	732,17	732,44	732,52

**Température.**

1 <sup>re</sup> décade	3,07	— 2,92	— 1,65	— 0,34	+ 0,28	— 0,01	— 0,71	— 1,45	— 2,20
2 <sup>e</sup> »	— 2,53	— 2,36	— 2,08	— 1,51	— 1,04	— 0,98	— 1,09	— 1,46	— 1,78
3 <sup>e</sup> »	— 1,09	— 1,14	— 0,51	+ 0,40	+ 0,88	+ 0,82	+ 0,11	— 0,40	— 0,67
Mois	— 2,19	— 2,11	— 1,38	— 0,46	+ 0,07	— 0,03	— 0,54	— 1,08	— 1,52

**Tension de la vapeur.**

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	3,45	3,37	3,60	3,74	3,95	3,96	3,88	3,67	3,50
2 <sup>e</sup> »	3,48	3,44	3,44	3,51	3,60	3,64	3,65	3,64	3,58
3 <sup>e</sup> »	4,20	4,18	4,34	4,49	4,44	4,47	4,39	4,30	4,23
Mois	3,73	3,68	3,81	3,93	4,01	4,04	3,99	3,88	3,78

**Fraction de saturation en millièmes.**

1 <sup>re</sup> décade	909	879	842	791	796	817	850	859	873
2 <sup>e</sup> »	917	900	877	857	848	855	861	883	889
3 <sup>e</sup> »	987	985	979	947	906	915	945	962	965
Mois	939	924	902	868	852	864	887	903	914

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre.
1 <sup>re</sup> décade	— 4,27	+ 0,69	0,83	+ 5,01	2,5	115,42
2 <sup>e</sup> »	— 3,67	— 0,41	0,97	+ 4,47	—	104,46
3 <sup>e</sup> »	— 2,02	+ 1,35	0,92	+ 4,61	2,2	95,36
Mois	— 3,28	+ 0,57	0,90	+ 4,68	4,7	104,77

Dans ce mois, l'air a été calme 3,23 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,52 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 83°,1 E., et son intensité est égale à 24,16 sur 100.

## TABLEAU

DES

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1876.

Le 1<sup>er</sup> ciel très-clair tout le jour.

Du 2 à midi au 6 au matin, très-forte bise, qui a été particulièrement violente le 3 et le 4; ces deux jours il y avait du brouillard et il a neigé une partie du jour, surtout le 4, mais la neige a été emportée par le vent et n'a pas pu être mesurée.

7, forte bise tout le jour, et brouillard.

8, forte bise et brouillard jusqu'à midi; puis le vent saute au Sud-Ouest et souffle avec une grande violence jusqu'au lendemain matin à 6 h.; il est tombé dans l'après-midi une assez grande quantité de neige, dont une petite partie seulement a pu être recueillie.

9, forte bise depuis 8 h. matin; brouillard.

10, brouillard le soir.

11, brouillard tout le jour.

12, neige et brouillard tout le jour, avec une forte bise depuis midi.

13, neige tout le jour, par un fort vent du S.-O.

14, brouillard et neige tout le jour.

15, 16, 17, ciel clair.

18, brouillard depuis midi, forte bise tout le jour.

19, 20, ciel clair.

21, neige tout le jour; fort vent du Sud-Ouest au milieu du jour.

23, 24, ciel très-clair.

Du 25 au 31 le ciel a été presque constamment clair.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 10 h. matin . . . . .	566,92	Le 7 à 6 h. matin . . . . .	555,01
8 à 10 h. matin . . . . .	560,44	9 à 10 h. soir . . . . .	558,10
11 à 10 h. matin . . . . .	560,60	13 à 2 h. après midi . . . . .	556,11
19 à 10 h. soir . . . . .	569,42	22 à 6 h. matin . . . . .	561,79
24 à 10 h. matin . . . . .	574,61	28 à 4 h. après midi . . . . .	567,95
31 à 6 h. matin . . . . .	570,54		

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarité moyenne du Ciel.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	566,52	+ 5,16	565,75	566,90	- 4,88	+ 3,73	- 7,4	- 2,4	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
2	566,37	+ 5,04	566,12	566,69	- 5,30	+ 3,34	- 6,5	- 2,6	.....	.....	.....	NE.	2	0,53
3	566,03	+ 4,72	565,23	566,92	- 3,94	+ 4,73	- 4,3	- 3,0	.....	.....	.....	NE.	3	0,99
4	562,13	+ 0,84	561,11	565,93	- 5,52	+ 3,18	- 9,2	- 3,4	.....	.....	.....	NE.	3	0,37
5	559,22	- 2,05	558,64	559,94	- 13,49	+ 6,76	- 17,8	- 13,7	.....	.....	.....	NE.	2	0,33
6	557,09	- 4,16	555,53	558,74	- 16,06	+ 7,29	- 17,7	- 14,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,36
7	555,50	- 5,73	555,01	556,63	- 17,77	+ 8,97	- 19,0	- 16,0	.....	.....	.....	NE.	2	0,83
8	550,72	- 1,79	558,34	560,44	- 13,22	+ 4,39	- 16,2	- 10,6	.....	4,0	.....	variable	2	1,00
9	558,39	- 2,79	558,40	558,68	- 9,69	+ 0,84	- 11,0	- 8,6	.....	.....	.....	NE.	1	0,89
10	550,73	- 1,62	558,54	560,24	- 8,61	+ 0,26	- 10,5	- 7,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,81
11	559,98	- 1,14	559,12	560,60	- 11,00	+ 2,11	- 11,8	- 10,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,99
12	556,87	- 1,99	558,41	557,96	- 10,41	+ 1,50	- 13,0	- 7,6	.....	5,6	.....	NE.	2	0,98
13	559,11	- 4,20	556,54	557,96	- 5,70	+ 3,23	- 5,9	- 5,2	.....	23,4	.....	SO.	2	1,00
14	559,99	- 1,05	558,52	562,34	- 6,30	+ 2,65	- 6,7	- 5,2	.....	7,0	.....	SO.	1	0,96
15	564,41	+ 3,40	562,69	565,43	- 8,86	+ 0,11	- 10,4	- 7,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
16	565,22	+ 4,24	564,69	563,67	- 9,72	+ 0,73	- 11,0	- 6,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,16
17	565,59	+ 4,64	565,29	565,99	- 8,80	+ 0,21	- 11,4	- 5,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,24
18	565,93	+ 5,01	565,49	565,93	- 7,29	+ 1,73	- 9,6	- 4,6	.....	.....	.....	NE.	2	0,82
19	568,77	+ 7,88	567,76	569,42	- 4,94	+ 4,09	- 6,8	- 2,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,04
20	567,34	+ 6,48	566,16	568,53	- 6,07	+ 2,97	- 7,8	- 3,7	.....	.....	.....	NE.	1	0,12
21	563,22	+ 2,40	562,33	564,63	- 8,86	+ 0,19	- 10,0	- 8,0	.....	6,7	.....	SO.	2	0,99
22	564,06	+ 3,27	561,79	567,11	- 7,79	+ 1,27	- 10,0	- 4,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,42
23	571,92	+ 11,16	569,57	573,85	- 6,80	+ 2,27	- 8,8	- 4,7	.....	.....	.....	SO.	1	0,00
24	574,31	+ 13,58	574,09	574,61	- 4,18	+ 4,89	- 6,6	- 0,7	.....	.....	.....	SO.	1	0,46
25	573,29	+ 12,60	573,07	573,85	- 3,01	+ 6,07	- 4,0	- 2,0	.....	.....	.....	SO.	1	0,00
26	573,09	+ 12,44	572,93	573,25	- 2,60	+ 6,18	- 5,4	- 1,3	.....	.....	.....	variable	1	0,34
27	571,40	+ 10,79	570,78	572,46	- 2,32	+ 6,76	- 4,4	- 2,2	.....	.....	.....	SO.	1	0,56
28	568,51	+ 7,94	567,95	569,50	- 4,38	+ 4,70	- 6,0	- 1,8	.....	.....	.....	SO.	1	0,23
29	568,32	+ 7,78	568,06	568,95	- 5,21	+ 3,87	- 7,2	- 2,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,29
30	569,79	+ 9,28	569,38	570,48	- 5,51	+ 3,56	- 7,4	- 1,8	.....	.....	.....	NE.	1	0,11
31	569,71	+ 9,23	568,89	570,54	- 6,18	+ 2,89	- 7,8	- 3,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,00

Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

## MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1875.

6 h. m. 8 h. m. 10 h. m. Midi. 2 h. s. 4 h. s. 6 h. s. 8 h. s. 10 h. s.

**Baromètre.**

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	561,12	561,15	561,28	561,01	560,91	560,96	561,12	561,09	561,10
2 <sup>e</sup> »	562,83	563,30	563,46	563,18	563,07	563,27	563,52	563,68	563,88
3 <sup>e</sup> »	569,65	569,67	569,86	569,74	569,63	569,68	569,93	569,98	570,17
Mois	564,70	564,87	565,03	564,81	564,70	564,80	565,02	565,08	565,22

**Température.**

1 <sup>re</sup> décade	-10,47	-10,05	-9,90	-8,81	-8,74	-9,77	-10,53	-10,27	-10,28
2 <sup>e</sup> »	-8,82	-8,68	-7,21	-6,46	-6,34	-7,36	-8,34	-8,20	-8,16
3 <sup>e</sup> »	-6,55	-6,38	-4,85	-2,77	-2,57	-4,16	-6,07	-5,79	-5,65
Mois	-8,55	-8,31	-7,24	-5,91	-5,78	-7,00	-8,24	-8,01	-7,95

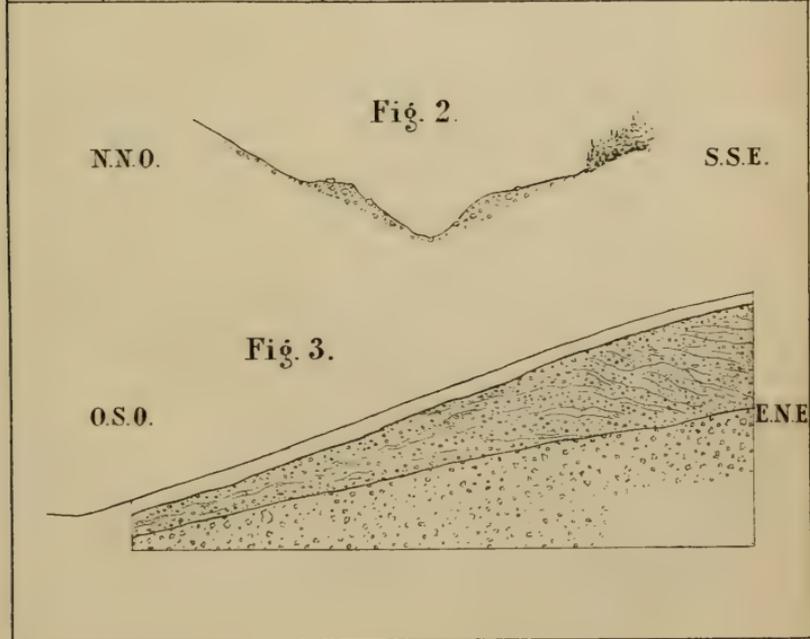
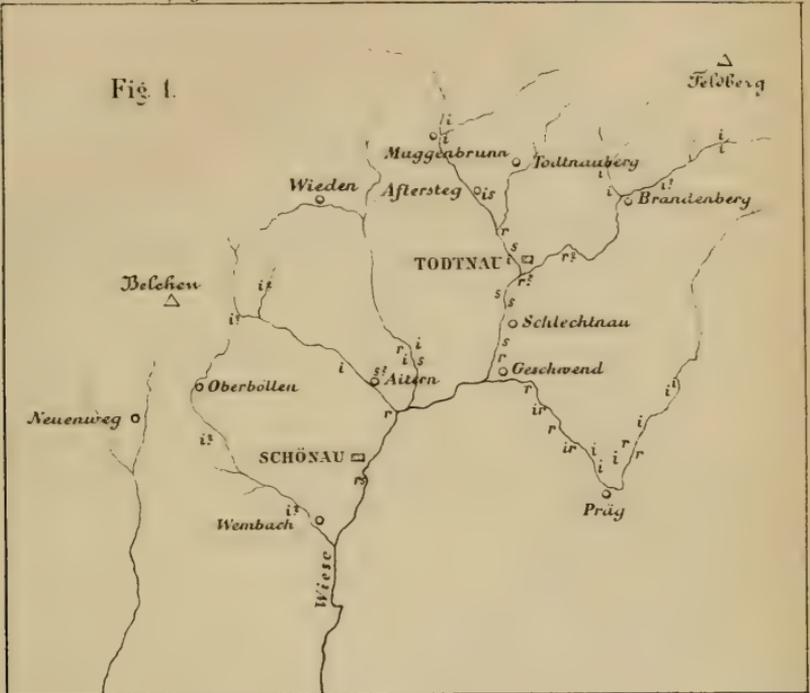
	Min. observé.*	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	-11,96	-8,18	0,67	4,0	50
2 <sup>e</sup> »	-9,44	-5,71	0,53	36,0	520
3 <sup>e</sup> »	-7,05	-2,27	0,31	6,7	80
Mois	-9,41	-5,29	0,50	46,7	650

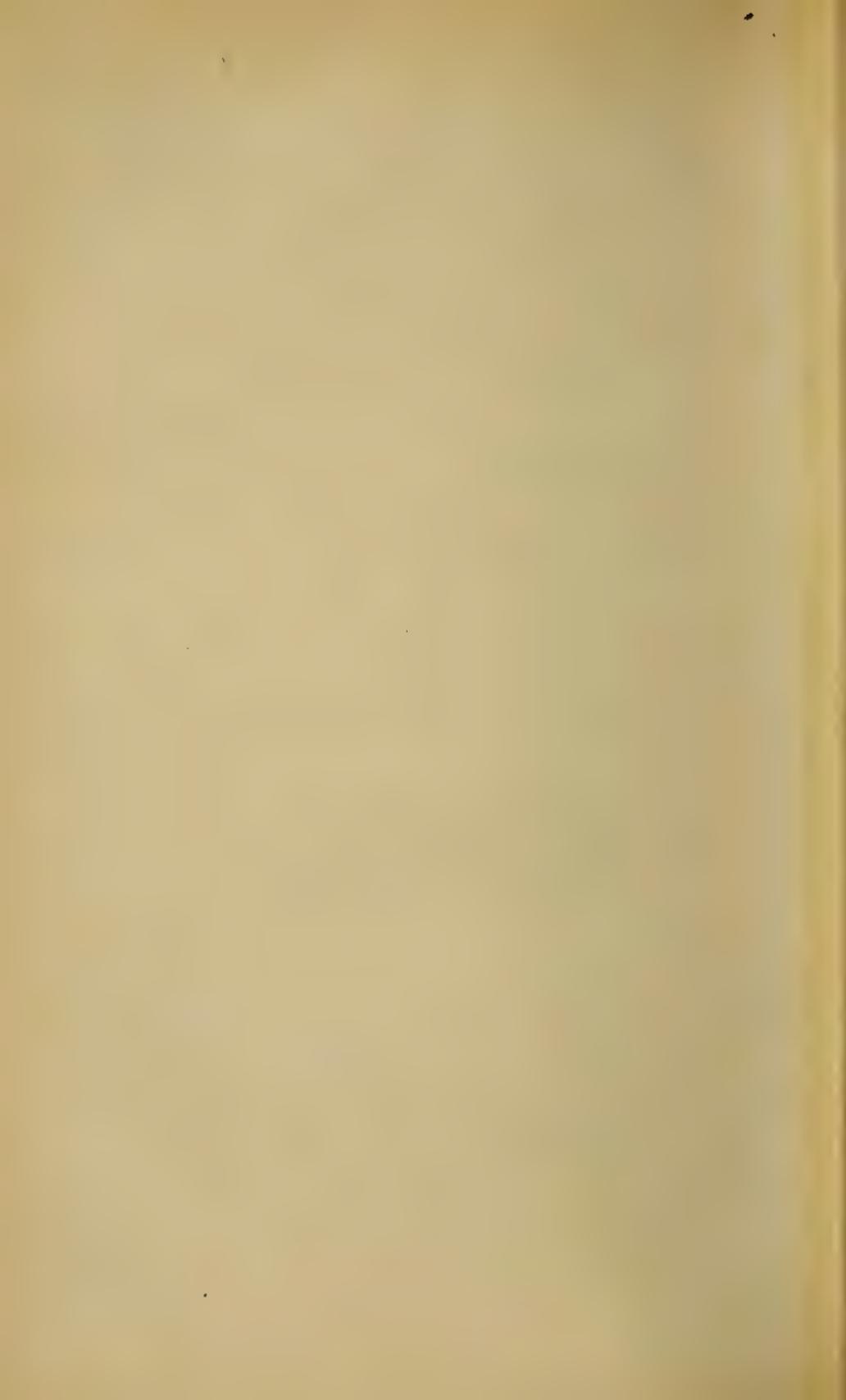
Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,46 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 58,78 sur 100.







DE LA TEMPÉRATURE  
DES  
COUCHES SUPÉRIEURES DE L'ATMOSPHÈRE

PAR  
**M. D. MENDELEEF.**

---

(Communiqué par l'auteur)

---

Pour se faire une idée juste d'un grand nombre de phénomènes météorologiques, pour déterminer la réfraction de la lumière dans les milieux aériens, pour exécuter des mesures hypsométriques et pour beaucoup d'autres recherches, il est indispensable de connaître la loi de variation des températures dans les diverses couches de l'atmosphère. Il n'est donc point étonnant que cette question ait occupé de fort longue date un grand nombre de géomètres, d'astronomes, de physiciens et de géographes. Leslie, Laplace, Poisson, Ivory, Biot, Atkinson, Kovalsky et beaucoup d'autres encore se sont efforcés de découvrir cette loi, en partant de l'hypothèse que la cause première de toute variation de température d'une couche atmosphérique à l'autre est la différence qui existe entre leurs pressions. Or, il y a lieu de croire que les couches supérieures reçoivent la chaleur, non-seule-

ment des couches inférieures, qui atteignent jusqu'au sol, mais encore des rayons calorifiques qui traversent ces couches, parce que généralement l'air, et l'air pénétré d'humidité surtout, n'est pas parfaitement diathermane. Il y a plus, l'air réchauffé par le contact du sol s'élève à travers l'atmosphère et se dilate en déposant une partie de son humidité; une fois arrivé à la couche supérieure, il se répand dans tous les sens.

Le problème à résoudre est donc fort loin d'être simple et exige la connaissance d'un grand nombre de lois qui, jusqu'à ce jour, ne sont point encore découvertes. C'est surtout pour cela que nous trouvons si peu d'harmonie dans les données admises par les divers savants et que nous leur trouvons aussi si peu d'accord avec les résultats de l'observation directe.

Évidemment, dans une question de cette nature, la voie expérimentale doit précéder celle des déductions théoriques.

Si nous admettions que l'air ne se refroidit en passant dans les couches supérieures que par suite de sa dilatation, il ne serait pas difficile d'en déduire la loi de proportionnalité des abaissements de température aux accroissements des hauteurs. C'est cette même supposition que l'on tire souvent, mais à tort, des données fournies par l'observation des températures dans les pays montagneux, aussi bien que lors des ascensions aéronautiques. C'est aussi dans ce sens que furent dirigés la plupart des travaux relatifs aux observations météorologiques dans les diverses régions du globe. Cependant ces observations en pays montueux ont avant tout un caractère individuel.

Humboldt l'a prouvé on ne peut plus clairement dans

son étude sur la question de la limite des neiges éternelles. Les conditions de l'absorption et de l'émission de la chaleur sont entièrement différentes pour la surface neigeuse qui couronne le sommet de la montagne et pour la surface nue des bas-fonds et des vallées ; cette différence est surtout notable lors de la fonte de ces neiges.

Voilà pourquoi les couches d'air en contact immédiat avec la surface des neiges sont loin de présenter dans leurs phénomènes thermiques la même régularité que les couches d'air libre, plus éloignées du sol, fussent-elles du reste à la même hauteur au-dessus du niveau de la mer. Il s'ensuit que pour trouver la loi du changement de température dans les diverses couches consécutives de l'atmosphère, il est indispensable de ne recourir qu'avec beaucoup de réserve aux données des observations météorologiques en pays montagneux. Quand ces observations sont absolument nécessaires, on doit avoir soin de ne les faire qu'à telle époque de l'année où l'état du sol est à peu près le même dans les diverses régions du pied à la cime de la montagne choisie pour lieu d'observation. Les raisonnements pour arriver à la loi des variations thermométriques dans les couches consécutives de l'atmosphère, basés sur les données des observations en pays montagneux, présentent encore l'inconvénient de l'existence des courants réguliers d'air chaud et d'air froid qui se forment le long des pentes de la montagne. Leur formation dépend entièrement de la configuration des lieux ; d'où l'on voit l'individualité du caractère des observations en pays montagneux.

Si donc nous voulons arriver à une loi empirique des variations thermométriques dans les couches de l'atmosphère, nous devons nous baser presque exclusivement

sur les faits observés lors des ascensions aérostatiques. Dès les premiers voyages aériens de Charles et du comte Zambecari, nous voyons l'attention des aéronautes portée sur les observations thermométriques; mais les données numériques recueillies par les premiers expérimentateurs sont en nombre trop restreint. Garnerin et Glassford en Angleterre, Robertson à Hambourg, Zaharoff à St-Petersbourg et Gay Lussac à Paris ont fourni en 1803-1804 des résultats déjà beaucoup plus complets; malheureusement ils se bornent à quelques nombres détachés. Les observations de Barral et Bixio sont encore plus complètes, mais leur ascension fut faite dans des conditions aéronautiques et météorologiques trop défavorables pour qu'on puisse accepter sans réserve les chiffres qu'ils ont recueillis. Ce n'est que grâce à l'Association Britannique qui se prit d'un vif intérêt pour l'étude des régions supérieures de l'atmosphère et donna à MM. Welsh et Glaisher, accompagnés des aéronautes Green et Coxwell, les moyens d'entreprendre entre les années de 1850-1870 une série d'ascensions qui nous fournit des données beaucoup plus complètes et plus précises. Ce sont surtout les observations de M. Glaisher, directeur de l'observatoire météorologique de Greenwich qui méritent à juste titre un intérêt tout particulier, tant par leur nombre que par les hauteurs auxquelles il avait atteint; de plus, elles offrent l'avantage d'avoir été décrites par M. Glaisher dans les comptes rendus de l'association anglaise des années 1862-1866, avec un soin exemplaire.

Néanmoins, il est deux causes d'erreur permanentes (bien que fort probablement peu considérables) que le nombre des observations, quelque grand qu'il soit, ne diminue nullement :

1° Tout d'abord, le thermomètre était placé dans l'intérieur de la nacelle entre l'observateur et l'aéronaute, ce qui fait que les températures obtenues, surtout dans les hautes régions, se trouvent être *supérieures aux températures réelles*.

2° L'aérostat de Glaisher ne pouvait se tenir dans des régions fort élevées, n'étant ni suffisamment grand, ni suffisamment léger ; s'il pénétra dans les couches extrêmes de l'atmosphère, ce ne fut qu'en vertu de la vitesse acquise dans les couches inférieures. Il devait donc s'élever et retomber fort rapidement, conditions rendant impossible une régularité suffisante dans les indications du thermomètre : la moyenne ainsi obtenue *doit surpasser la moyenne des températures réelles*.

Néanmoins les nombres fournis par M. Glaisher offrent des données fort précieuses, même uniques dans leur genre, tant par leur nombre que par le soin avec lequel ils furent recueillis. On sait que M. Glaisher a découvert que dans les couches où ne soufflent pas des vents chauds ou froids, si toutefois le temps est serain, les variations de température offrent un caractère de régularité qui n'implique point cependant leur proportionnalité aux accroissements des hauteurs. L'abaissement des températures est fort rapide dans le commencement ; plus tard, à mesure qu'on monte dans les airs, ce décroissement se ralentit peu à peu. A la surface du sol, pour chaque 200-300 pieds d'élévation, la température baisse de près de 1° Fah. ; à 28 mille pieds au-dessus de la surface terrestre, la même diminution de température correspond à une différence d'altitude égale à 800-1000 pieds. M. Glaisher a trouvé ce résultat, lequel s'accorde du reste assez bien avec ceux des obser-

vations en pays montueux, en prenant les différences des températures correspondantes aux différences des hauteurs calculées au moyen des observations barométriques ; en d'autres termes, il s'est servi de la méthode la plus usuelle : celle des rapports entre les diminutions de température et les accroissements de hauteur. La série des différences de température obtenues lors des diverses ascensions donne lieu à des moyennes différentes pour le temps serein et pour le temps nébuleux. Ce procédé employé par M. Glaisher doit être considéré à notre avis comme fautif : en effet, si nous examinons les moyennes de M. Glaisher contenues dans les mémoires présentés en 1862-63-64, nous voyons aisément que ces moyennes se modifient notablement à la suite de chaque nouvelle ascension. Ce manque d'uniformité dans les moyennes est dû à ce que les variations des températures sont des fonctions, non-seulement de la hauteur, mais aussi de la température initiale. Ce fait découle d'une façon manifeste, non-seulement des observations de M. Glaisher lui-même, mais encore des résultats obtenus à la suite des observations météorologiques en pays montagneux. Citons, pour exemple, les données de M. Plantamour adoptées comme classiques :

	Hiver	Printemps	Été	Automne
	XII, I, II	III, IV, V	VI-VIII	IX-XI
Genève (moy. p. 40 ans)	+0,60	+8,82	+17,77	+9,63
Saint-Bernard (27 ans)	-8,40	-3,36	+5,42	-1,82
Différence <sup>1</sup>	9,00	12,18	12,35	11,45

<sup>1</sup> La cause de l'accroissement de la différence des températures au printemps est évidemment due à la fonte des neiges. Le météorologiste norvégien, M. Mohn, attribue, dans son excellent ouvrage *Grundlage der Meteorologie*, 1875, p. 38, cette variation des différen-

On ne peut donc pas déduire une moyenne générale des différences obtenues dans des ascensions qui ont été exécutées dans des conditions très-variables de température au niveau du sol; or, plus la température des couches d'air qui rasant le sol est élevée, plus la diversité des températures correspondantes à la même élévation au-dessus de la terre est considérable. D'ailleurs, les plus grandes hauteurs auxquelles M. Glaisher est parvenu dans ses nombreuses ascensions diffèrent de beaucoup entre elles, et la moyenne des différences obtenues lors de ces ascensions sera, pour les couches inférieures, le véritable résumé de toutes les observations, tandis que pour les régions élevées cette moyenne ne pourra se rapporter qu'à quelques-unes des données expérimentales, ce qui fait qu'elle ne différera que davantage de sa valeur réelle.

Il est donc impossible de se baser sur les moyennes obtenues par M. Glaisher. Elles ont le mérite d'être d'excellentes données démonstratives, mais n'ont point celui d'offrir un résumé numérique des faits observés.

M. Glaisher cite tous les nombres qu'il a obtenus au grand complet et il nous donne par là le moyen de nous servir de son travail sans avoir égard à la méthode particulière employée par lui. Dans les calculs de cette nature, il est nécessaire d'éviter le procédé habituel de la comparaison des variations des hauteurs et de celles des températures, parce que la détermination des hauteurs se base sur les formules hypsométriques, lesquelles sont fondées sur trois suppositions : l'extension de la loi de Mariotte aux gaz raréfiés, la proportionnalité ces entre les températures à Genève et sur le Grand Saint-Bernard à des différences dans l'état hygrométrique des deux localités.

des variations de température aux hauteurs, enfin le repos complet de l'atmosphère. Or, toutes ces trois hypothèses sont gratuites; les expériences que j'ai faites avec le concours de feu Kirpitchoff, et dont l'exposé se trouve dans mon ouvrage sur l'*Élasticité des gaz*, 1875, t. I, nous amènent à conclure que la loi de Mariotte ne peut pas s'appliquer, du moins exactement, aux gaz raréfiés; plus haut, nous avons déjà prouvé que la proportionnalité des variations de température à celles des hauteurs n'existe pas; quant à l'équilibre stable dans l'atmosphère, on sait qu'il est loin d'être conforme à la vérité.

Tout cela prouve que pour trouver la loi des variations de température dans les diverses couches atmosphériques, c'est la relation entre les variations de températures et celles des pressions qu'il faut déduire des observations aéronautiques; en effet, les unes et les autres sont les données immédiates de l'observation directe. Il n'est pas douteux du reste qu'il doit exister entre les pressions et les températures une relation simple et directe, vu que le changement de la température dépend principalement d'un changement de pression, c'est-à-dire d'une dilatation du gaz <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Si cette cause déterminait complètement la variation de température, nous aurions, d'après la théorie mécanique de la chaleur l'équation suivante, due à Poisson :  $\log \left( \frac{273 + t_0}{273 + t} \right) = 0,291 \log \frac{H_0}{H}$ , où  $t_0$  et  $t$  représentent les températures en degrés centigrades,  $H_0$  et  $H$  les pressions aux deux postes d'observation et le nombre 0,291 est la valeur numérique du rapport  $\frac{c + c'}{c}$ ,  $c$  étant la capacité calorifique de l'air à volume constant, tandis que  $c'$  est la même capacité calorifique à pression constante. Posant  $H_0 = 760$ ,  $t_0 = 13^\circ$  nous aurons pour  $H = 380$  la valeur de  $t = -39^\circ$ ; les observations directes des aéronautes nous donnent dans les mêmes circonstances des valeurs

D'après ces considérations, je m'efforçai de calculer les données de température et de pression recueillies directement par M. Glaisher dans les diverses couches de l'atmosphère. Quelques-unes de ces observations, celles du 17 juillet 1862, par exemple, sont tellement irrégulières pour les couches hautes, que M. Glaisher lui-même les a rejetées dans la déduction de ses moyennes. Il faut de même rejeter tous les nombres obtenus dans des couches où l'on a rencontré un courant d'air chaud venant du Sud-Ouest, correspondant à la direction du Gulf-Stream et augmentant considérablement la température des couches aériennes par où il passe ; c'est, entre autres, le cas des observations du 26 juillet 1863. Par contre, il en est d'autres (celles du 29 septembre

de  $t$  variant entre  $-13^{\circ}$  et  $-18^{\circ}$ . Le refroidissement est donc moindre que s'il était entièrement dû à la dilatation. Mais si nous admettons que l'air en s'élevant et en se refroidissant abandonne une partie de sa vapeur d'eau, laquelle se liquéfie, nous concevons facilement que la température de l'air soit plus élevée. Ainsi, dans notre exemple, 1 kilogramme d'air en s'élevant vers une couche supérieure peut perdre 0,009 kilogramme de vapeur d'eau, en gagnant 5,4 calories. L'élévation de température qui y correspond est de  $22^{\circ}$ . L'air aura donc pour température non plus  $-39^{\circ}$ , comme l'indiquait la formule, mais bien  $-17^{\circ}$ , ce qui se rapproche assez des nombres obtenus par observation directe. Il en résulte donc que deux actions diverses déterminent la température des couches supérieures de l'atmosphère : la dilatation occasionnée par le décroissement des pressions et la différence qui existe entre les quantités de vapeur d'eau contenues dans les couches basses d'un côté et dans les régions élevées d'un autre. La première de ces influences tend à diminuer, la deuxième à augmenter la température de ces hautes régions atmosphériques, et c'est par la combinaison simultanée de ces deux influences qu'il faut expliquer la cause physique de la température réelle. Jusqu'à présent, personne, à ma connaissance du moins, n'a encore traité cette question *dans toute son étendue*, aussi je me propose de la reprendre prochainement dans un article à part.

1863 par exemple), où c'est un courant d'air froid que l'on rencontre dans les couches supérieures d'où résulte un abaissement excessif de température. Les observations faites en temps nébuleux, pluvieux, neigeux, etc., doivent être aussi bien exclues du calcul des moyennes, vu qu'elles rendent impossible toute régularité dans la distribution des températures. Les nuages agissent simultanément comme un écran qui retient l'émanation des rayons calorifiques et comme source de froid ou de chaleur vu que c'est dans leur masse (ou à peu de distance) que s'effectue la condensation des vapeurs et la vaporisation de l'eau. D'ailleurs, après avoir rejeté ces données douteuses, il nous reste encore un fort grand nombre de faits parmi lesquels nous devons attacher du prix surtout à ceux qui ont été recueillis à de grandes élévations, dans les couches où l'on peut obtenir des différences considérables de températures et de pressions.

Comme M. Glaisher avait exécuté ses observations fort rapidement, que leur nombre est fort considérable, et qu'un examen préliminaire a démontré que la relation entre les températures et les pressions est figurée par une courbe assez voisine de la droite, afin d'exclure d'abord les erreurs inévitables des observations détachées, j'ai pris la moyenne de plusieurs données (5 ou 10), voisines tant sous le rapport de la température que sous celui de la pression et obtenues séparément soit pendant l'ascension, soit pendant la descente. L'interpolation entre limites restreintes me fournit les températures moyennes correspondantes à diverses pressions (27, 5; 25; 22, 5, etc., pouces anglais) et me permet d'en déduire les moyennes générales correspondantes à l'élévation et à la descente.

Ce procédé de calcul est indispensable, non-seulement parce que pendant l'ascension la température observée était plus élevée et pendant la descente plus basse que la température réelle, mais encore parce qu'avec le temps la température change et la moyenne des résultats définitifs de l'ascension et de la descente nous donne les résultats les plus conformes à la vérité.

C'est surtout aux ascensions à une hauteur considérable, pendant lesquelles les mouvements d'élévation et de descente se succèdent rapidement et assez régulièrement, que ces considérations sont applicables. Nous pouvons citer entre autre le voyage du 31 mars 1863 : l'ascension commença à 4 heures 10 minutes, et le moment d'arrivée au plus haut point eut lieu à 5 heures 27 minutes, tandis qu'à 6 heures 25 minutes le voyage était terminé, ce qui veut dire que l'ascension avait duré 77 minutes et la descente 58 minutes. Lors de la première période on avait 35 et lors de la seconde 45 observations. La diversité qui existe entre les nombres d'observations lors de l'ascension et de la descente n'influe pas, avec le procédé de calcul employé, sur l'exactitude de la moyenne générale. Pour la déduction des résultats définitifs je me suis servi soit de la méthode graphique, qu'a employée M. Glaisher, soit, plus souvent encore, de la méthode usuelle d'interpolation en cherchant la valeur la plus probable au moyen de plusieurs valeurs. Comme exemple de la méthode, je citerai les données obtenues par M. Glaisher lors de la plus haute de ses ascensions — celle du 5 septembre 1862 — demeurée célèbre dans les annales de l'aérostation. Les données d'observation furent (Report of the 32<sup>d</sup> meeting of the British Association, p. 440) :

Élévation <sup>1</sup>				Descente			
h	m	pouc. ang.	°	h	m	pouc. ang.	°
à 1	5	H=29,17	t=59,0 F				
-	5,3	28,97	57,2	à 2	39	H=27,60	t=53,1 F
-	6	28,38	55,5		38	24,40	52,2
-	10	26,19	45,5		33	25,80	50,8
-	11,5	25,49	43,3		32	25,40	48,0
h	m			h	m		
à 1	12	24,99	42,0	à 2	29,5	24,51	47,0
-	12,5	24,89	40,9		25	23,35	42,0
-	13	24,30	39,5		23,8	22,93	40,0
-	13,5	24,25	38,0		23,2	22,64	40,0
-	14,5	23,70	36,5		20,6	22,24	40,1
h	m			h	m		
à 1	17	23,21	36,0	à 2	19,5	21,85	34,6
-	17,6	22,66	39,5		16,8	20,65	31,1
-	21	20,72	32,1		15	18,46	25,7
-	22	20,07	31,2		14	18,06	24,5
-	24	18,73	26,5		10	17,39	22,5
h	m			h	m		
à 1	25,5	17,93	25,5	à 2	9,5	16,37	18,0
-	27,5	16,82	18,7		9	14,05	17,0
-	28	16,69	18,0		8,7	13,15	11,0
-	29	16,05	17,9		8,5	12,55	2,0
-	32	15,40	15,5				
h	m						
à 1	37	14,55	15,6				
-	38,8	13,85	8,0				
-	48	11,95	0,0				
-	50	11,25	2,0				
-	53	9,75	5,0				

En groupant ces données cinq à cinq (pour la descente le premier et le dernier groupes ne sont que de 4 nombres) nous obtenons les moyennes suivantes :

h	m	H	t	$\frac{dt}{dh}$	h	m	H	t	$\frac{dt}{dh}$
à 1	8	H=27,64	t=52,1F		à 2	35	H=26,30	t=51,0F	
	13	24,43	39,4	3,96		24	23,13	41,8	2,90
	20	21,08	33,1	1,88		15	19,28	27,7	3,66
	28	16,58	19,1	2,55		9	14,03	12,0	2,99
	45	12,27	3,3	3,67					
				moy. 3,01					moy. 3,18

<sup>1</sup> A Wolverhampton, qui avait servi de point de départ, la pres-

Nous tirons de ces derniers nombres les valeurs suivantes correspondantes à l'ascension et à la descente :

Haut. du baromètre en p. ang.	Températures en degrés de Fahrenheit					Différence $\Delta_0$	$\sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n}}$ = 0°,38 Fah.
	Observées		Observations moyennes	calculées par la formule (A)	Observations moyennes		
	Élévation	Descente					
27,5	(1 <sup>h</sup> 8 m) <sup>0</sup> 50,1	(2 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> ) <sup>0</sup> 55,2	(1 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> ) <sup>0</sup> 52,7	52,9	-0,2 F.		
25,0	(1 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> ) 42,6	(2 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> ) 47,3	(1 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> ) 45,0	45,1	-0,1		
22,5	(1 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> ) 35,5	(2 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> ) 38,9	(1 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> ) 37,2	37,3	-0,1		
20,0	(1 <sup>h</sup> 22')	(2 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> ) 30,9	(1 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> ) 30,3	29,6	+0,7		
17,5	(1 <sup>h</sup> 27')	(2 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> ) 22,5	(1 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> ) 22,3	21,8	+0,5		
15,0	(1 <sup>h</sup> 35')	(2 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> ) 14,6	(1 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> ) 13,8	14,1	-0,3		
12,5	(1 <sup>h</sup> 46')	(2 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> ) 6,6	(1 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> ) 6,0	6,3	-0,3		

Les nombres de la quatrième colonne sont les résultats moyens généraux des observations faites pendant ce voyage.

Ces calculs opérés sur les résultats obtenus par M. Glaisher m'ont conduit à la persuasion qu'il existe une relation fort simple entre les pressions et les températures et que cette relation est représentée par une ligne droite, sauf l'erreur inévitable d'observations pareilles, qui ne sort pas du reste des limites d'une précision fort acceptable. Ainsi les observations du 5 septembre 1862 citées plus haut doivent être représentées par la droite :

$$(A) \quad t = - 32,5 + 3,103 H^1$$

où t est la température donnée en degrés Fahrenheit et H la pression correspondante en pouces anglais. Les nombres répondants à cette formule se trouvent inclus dans la 5<sup>me</sup> colonne du tableau précédent. Pour l'ascen-

sion atmosphérique n'avait pas changé, étant restée constamment de 29°,70 et la température oscillait entre 64°,5 et 57°,2.

<sup>1</sup> Pour l'expression parabolique ( $t = - 36,9 + 3,578 H + 0,0117 H^2$ ) la valeur de  $\sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n}}$  est = 0°,25 Fah.

sion du 31 mars 1863, que nous avons aussi mentionnée et lors de laquelle la pression dans la couche supérieure fut égale à 12,4 pouces, la droite la plus probable est figurée par l'équation

$$t = - 29,2 + 2,404 H$$

Je citerai encore trois exemples pris dans les ascensions moins élevées :

Le 30 juillet 1862, par un ciel nuageux et une pression minimum de 23,4 pouces, ils donnent lieu à l'équation

$$t = - 31,7 + 3,20 H$$

Pour l'ascension du 9 octobre 1863, par un ciel entièrement clair et une pression minimum de 22,5 pouces, la droite la plus probable se trouve

$$t = - 33,0 + 2,76 H$$

Le 29 août 1864 le temps était entièrement serein, la pression au maximum d'élévation était de 17,7 pouces, la température variant à la surface du sol entre 72°,5 et 69°,0; pour les couches d'air où H est plus grande que 20 pouces<sup>1</sup>, la droite est figurée par :

$$t = - 37,77 + 3,620 H$$

En général, la relation qui existe entre les pressions et les températures obtenues par M. Glaisher est représentée par une ligne droite :

$$t = C + k H$$

C et k étant des constantes. De là résulte la conclusion empirique que *les accroissements de température*

<sup>1</sup> Suivant M. Glaisher, à cette hauteur avait lieu un courant d'air chaud.

sont proportionnels aux accroissements des pressions, c'est-à-dire :

$$\frac{dt}{dh} = k$$

Le coefficient  $k$  varie d'une ascension à l'autre. La formule suivante nous donne la relation empirique des températures et des pressions

$$t_i = C + H_i \frac{t_0 - C}{H_0}$$

Si donc nous connaissons la valeur de  $C$  et la pression  $H_0$ , ainsi que la température  $t_0$  d'un point quelconque de l'atmosphère par un temps serein, nous pourrions aisément en déduire la température  $t_i$  d'un lieu situé sur la même verticale, mais dans lequel la pression se trouve être  $H_i$ .

Ainsi le problème à résoudre se réduit à la détermination d'une seule constante  $C$ , de laquelle dépend la loi de variation des températures en raison des hauteurs d'ascension.

Si nous comparons les observations les mieux réussies de M. Glaisher, nous remarquerons facilement que la valeur de  $C$  est presque invariable, que les observations aient été faites le matin ou le soir, dans n'importe quelle saison de l'année; de plus, nous voyons qu'elle ne dépend nullement de la température initiale mesurée à la surface de la terre.

Les différences, fort insignifiantes, que nous notons dans la valeur de  $C$  obtenue lors des diverses ascensions ne sauraient être considérées comme essentielles; il est bien plus probable qu'elles ne se relient qu'aux erreurs inévitables dans toute observation.

D'après ce qui précède la valeur de  $C$  est donnée par l'équation :

$$C = \frac{t_i H_o - t_o H_i}{H_o - H_i}$$

l'erreur  $\Delta C$  se rapportera donc aux erreurs d'observations  $\Delta t$  et  $\Delta H$  ainsi qu'il suit :

$$\Delta C = \pm \frac{t_o + t_i - 2C}{H_o - H_i} \Delta(H) \pm \frac{H_o + H_i}{H_o - H_i} \Delta(t)$$

Or, dans des observations détachées, si l'on peut s'attendre aux erreurs 0,05 pouces pour  $\Delta H$  et  $2^\circ$  Fahr. pour  $\Delta t$ , nous trouverons pour  $t_o = 60^\circ$ ,  $t_i = 30^\circ$ ,  $H_o = 30$ ,  $H_i = 20$  une erreur dans la valeur de  $C$  atteignant  $10^\circ,7$  Fahr. Mais les valeurs de  $C$  déterminées d'après les données de M. Glaisher ne diffèrent que fort peu entre elles ; il en résulte *qu'on peut considérer la valeur de  $C$  comme constante.*

La valeur moyenne de  $C$  déduite des observations les plus dignes de foi parmi toutes celles de M. Glaisher est de  $-32^\circ,5$  (Fahr.), ou bien près de  $-36^\circ$  centigrades, soit  $-29^\circ$  Réaumur.

Une fois que nous admettons que  $C$  est un nombre constant, nous obtenons une loi empirique fort simple pour la variation de température d'une couche atmosphérique à l'autre. En degrés centigrades, cette loi sera donnée par l'équation.

$$t_i = -36 + \frac{t_o + 36}{H_o} H_i$$

Nous souvenant de ce qui a été dit plus haut sur les erreurs constantes dans les observations de M. Glaisher, il nous sera facile de concevoir que la moyenne de  $C$  déduite des données d'observation fournies par ce savant doit être plus grande que sa valeur réelle. Ce qui confirme cette assertion, c'est que les observations en pays montueux conduisent à une valeur de  $C$  plus basse que

celle qu'on obtient par l'examen des données de M. Glaiher. En empruntant au Résumé de M. Plantamour les moyennes des 10 dernières années pour Genève et pour le Saint-Bernard, nous trouvons  $C = - 39^{\circ},2$  centigrades et en prenant ces mêmes moyennes pour 30 années consécutives nous obtenons  $C = - 39^{\circ},9$ . Si nous corrigeons ces valeurs en tenant compte de la longitude et de la latitude des deux lieux, nous aurons une valeur approximative de  $C$  égale à  $- 42^{\circ}$  centig. Les moyennes obtenues en juillet et en août, saison où il n'y a presque point de neige sur le Saint-Bernard, donnent  $C = - 36,0$ . En décembre et en janvier, lorsque la neige s'étend parfois jusqu'à Genève, on obtient  $C = - 37,7$ . Au printemps, à l'époque de la fonte des grandes neiges du Saint-Bernard, la valeur de  $C$  est de beaucoup plus considérable, elle varie en général de février à juin entre  $- 40^{\circ}$  et  $- 49^{\circ}$  ce qui dépend probablement d'un abaissement de température dû à la fonte des glaces. Les observations faites (10 ans) simultanément à Chaumont et à Neuchâtel, dont les hauteurs diffèrent de 664 mètres, donnent pour  $C$  la valeur  $- 36^{\circ},4$ . Les observations de M. Bauernfeind faites à Miesing en Bavière sur quatre points, déterminés par le nivellement et dont les extrêmes sont élevés de 1068 mètres l'un au-dessus de l'autre, donnent  $C = - 39^{\circ},5$ . Les premières observations du siècle dernier dues à Charles (Paris), ainsi que celles de Zaharoff (St-Pétersbourg) faites en 1804 assignent à  $C$  une valeur approximative de  $- 40^{\circ}$ . De ces données, ainsi que de bien d'autres encore, on peut déduire avec certitude que, dans les limites de la précision possible dans les observations pour les conditions locales et météorologiques, la valeur de la

constante C reste invariable, du moins dans toutes les couches qu'il a été possible d'atteindre jusqu'à ce jour <sup>1</sup>.

La signification physique de la constance de la valeur de C se comprend d'elle-même : cette grandeur désigne la température d'une couche de l'atmosphère où la pression serait presque nulle si la loi du changement de la température restait la même en dehors des limites atteintes jusqu'à ce jour.

On sait que jusqu'à présent on avait toujours déduit la température des couches supérieures en partant de considérations toutes différentes, beaucoup plus abstraites, et que l'on avait trouvé une valeur aussi très-différente de celle que nous avons obtenue (notamment de 50° à 273° centig.).

Néanmoins, il ne faut pas croire que la valeur de C soit constante sous toutes les latitudes géographiques, parce que dans les régions froides du globe la température est quelquefois inférieure à — 36° <sup>2</sup>. Mais, comme les observations faites par les membres du Club alpin dans les hautes Alpes sur le minimum de la température <sup>3</sup> démontrent que sur les hautes montagnes la température n'est jamais très-basse (à 10,000 pieds angl. — 27° C.), on peut donc croire que la valeur de C sous les latitudes moyennes est assez près d'être invariable. Ainsi donc, en

<sup>1</sup> Il est possible que la loi empirique donnée plus haut ne soit pas applicable aux couches d'air dans lesquelles la pression est inférieure à 9 pouces et que nul aéronaute n'a encore atteintes. La réponse à cette question peut être trouvée par l'étude de la réfraction de ces couches.

<sup>2</sup> L'idée d'une température constante dans l'espace céleste n'est qu'une fiction, car il est impossible d'y supposer n'importe quoi de pondérable ; or, s'il en est ainsi, il n'y a aucun motif de croire que la température des hautes régions atmosphériques soit partout uniformément la même.

<sup>3</sup> Report of the British Association, 1862, p. 363.

résumé, l'on peut dire que l'examen correct des données obtenues, soit dans les montagnes, soit pendant les ascensions aérostatiques, conduit presque toujours à la même valeur de  $C$  ; néanmoins on ne peut pas être bien certain que cette valeur ne change pas avec les latitudes et les longitudes géographiques, avec l'heure de la journée, ou avec la saison, enfin avec l'état des surfaces solaire et terrestre. Pour résoudre ces questions, ainsi que pour confirmer la loi empirique du changement de la température dans les différentes couches de l'atmosphère, il est indispensable de se munir d'une masse de nouvelles observations aérostatiques, exécutées dans différents pays et sous différentes conditions de température, de saison et d'heure.

La portée de la loi du changement des températures, pour la météorologie, la cosmographie, la géodésie et l'astronomie, ainsi que l'intérêt du physicien excité par la simplicité de la relation qui doit exister entre les pressions et les températures dans les différentes couches de l'air, tout cela rend la résolution du problème on ne peut plus nécessaire. Je mentionnerai quelques conséquences, auxquelles l'on arrivera, après avoir admis la loi empirique déduite plus haut. La formule hypsométrique pourrait être déduite sans avoir recours à l'hypothèse gratuite, relative au changement de la température ; les lois de la réfraction, qui dépendent du changement de la température dans les différentes couches de l'air, perdront aussi le caractère arbitraire qu'elles ont aujourd'hui. Les données hypsométriques, ainsi que les observations de la réfraction astronomique et terrestre pourront servir comme moyen de vérification à la loi en question, c'est pourquoi il sera essentiellement utile de joindre aussi aux ascensions aérostatiques prochaines des observations sur

les phénomènes de réfraction. Les nombreuses données sur la température dans les montagnes, obtenues dans les différents pays, peuvent servir comme des moyens pour déterminer les particularités locales de leurs différents points, si on les compare ensuite entre elles en se servant d'une formule facile à déduire de la loi empirique. Si l'on pose  $C = -36^{\circ}$  (C), on peut tirer de la formule hypsométrique cette conséquence, savoir : qu'un changement de  $1^{\circ}$  (C) correspond à une élévation en hauteur égale à  $8000 \left( \frac{1 + \alpha t}{36 + t} \right)$ . Donc, si la température à la surface de l'Océan est  $0^{\circ}$ ; il faut s'élever à une hauteur de 222 mètres pour avoir une diminution de  $1^{\circ}$ ; et si la température est  $+20^{\circ}$ , l'élévation doit être de 153 mètres <sup>1</sup>.

Eu égard à l'urgence du besoin de posséder de nouvelles données sur la température des couches aériennes et notamment des données obtenues à l'aide d'ascensions aérostatiques, il serait fort désirable que les expériences fussent organisées avec le plus grand soin. La France et l'Angleterre ont déjà beaucoup fait pour la résolution de cette question; c'est maintenant le tour des autres États d'accumuler en plus grand nombre les données nécessaires.

Je me fais un devoir d'ajouter encore quelques brèves remarques concernant les méthodes pratiques qui doivent être, à mon avis, employées dans les observations de ce genre et que je me propose de réaliser un jour, si j'en trouve les moyens nécessaires, dans divers parages de la Russie. Le pays, grâce à son climat continental, est très-favorable à des expériences de cette nature. Le plus grand intérêt pour la confirmation de la loi

<sup>1</sup> Humboldt avait trouvé pour les tropiques la hauteur de 180 à 250 mètres, ce qui nous fait croire que dans ces lieux la température C doit être plus haute que dans les zones modérées.

est certainement offert par les ascensions les plus hautes. Dans les couches inférieures de l'atmosphère l'influence de la surface terrestre est évidemment très-essentielle, et cependant le séjour dans les couches supérieures était considéré jusqu'à présent ou bien comme tout à fait impossible, ou bien si l'on s'y risquait, le temps de ce séjour était beaucoup trop court : les aéronautes ne possédaient que des aérostats d'une force ascensionnelle trop peu considérable et n'étaient pas abrités contre l'influence délétère de l'air raréfié. On se souvient de l'accident arrivé récemment à deux aéronautes français, qui avaient tenté d'atteindre les régions fort élevées. Il faut donc, en vue de la précision des observations et de la sécurité de l'observateur dans les couches supérieures, avoir un aérostat d'une aussi grande capacité possible, qui contînt pour le moins 2000 à 3000 mètres cubes d'hydrogène. Le gaz d'éclairage, même s'il est décarburé comme celui du ballon de M. Glaisher, lui est très-inférieur pour les ascensions à des hauteurs considérables. La forme qui semble être la plus apte pour un aérostat destiné aux élévations à de grandes hauteurs, est celle d'un double cône, ayant pour hauteur  $= r \sqrt{3}$ . En employant une forme semblable, on perd, comparativement à la forme sphérique, près de 10 % en surface, mais on gagne beaucoup quant au système des coutures. Les coutures des ballons sphériques les rendent beaucoup trop lourds et offrent peu de garantie de résistance. De plus, la construction pratique de l'appareil est ainsi considérablement facilitée en vue du but essentiel de l'imperméabilité. Pour plus de sécurité, l'observateur devra se placer dans une nacelle hermétiquement fermée, constamment remplie d'air à la pression ordinaire. Un vase elliptique de caoutchouc, solidement entouré de cordes et muni d'une soupape et

d'un réservoir d'air comprimé, suffit à remplir cette condition. L'observateur restera ainsi tout le temps sous une pression assez voisine de la pression atmosphérique ordinaire et pourra, à l'abri de tout danger, faire ses observations et diriger le ballon. De cette manière, en possédant un aérostat des dimensions mentionnées, on peut espérer d'atteindre à des hauteurs qui surpasseront de beaucoup celles qui ont été atteintes par M. Glaisher et d'y accomplir des observations régulières. En outre, il est désirable de posséder de légers appareils enregistreurs qui pourraient inscrire pendant l'ascension le temps, la pression, la température et l'humidité. Possédant de tels appareils, on peut accomplir des observations aérostatiques sans l'aide de l'aéronaute. Dans les couches inférieures, on peut se servir dans le même but d'un aérostat captif. Il me semble fort possible de construire un petit appareil enregistreur, applicable aux observations aérostatiques, en employant des baromètres et des thermomètres métalliques à double effet, c'est-à-dire des appareils munis de deux index ou curseurs mobiles, qui marquent deux traits donnant les mesures l'un de la température et l'autre de la pression. Ainsi, par exemple, la boîte du baromètre doit être munie sur ses deux côtés de plaques élastiques, en sorte qu'à chaque changement de la pression les deux index se rapprochent ou s'éloignent et que leur distance puisse déterminer la pression. Par cette construction, on peut espérer d'éviter l'influence du déplacement inégal des différentes parties de l'appareil.

St-Pétersbourg, nov., 1875.

---

RECHERCHE  
SUR LA  
MACHINE ÉLECTRO-DYNAMIQUE DE GRAMME

PAR

**M. Édouard HAGENBACH**

Professeur à l'Université de Bâle

---

(Communiqué par l'auteur)

---

L'Institut physico-chimique, érigé dernièrement pour l'Université de Bâle et qui a reçu le nom de Bernoullianum en mémoire des grands mathématiciens bâlois Bernoulli, possède une grande salle pour les cours populaires. Cette salle est disposée de telle sorte que les images du microscope solaire, de la lanterne magique, du spectroscope, etc., puissent être facilement projetées sur un grand écran blanchi à la magnésie, présentant six mètres de largeur et montrées de la sorte à quatre ou cinq cents auditeurs à la fois. On peut à volonté employer pour cela la lumière solaire, la lumière électrique ou la lumière de Drummond. Comme la production de la lumière électrique à l'aide d'une batterie de Bunsen ou de Deleuil est toujours très-désagréable et coûteuse, je dus me préoccuper d'employer une machine électro-dynamique pour la production de la lumière nécessaire. Cette solution m'était d'autant plus indiquée que, par les conduites d'eau de la ville, nous disposons dans le laboratoire de physique d'une force d'environ 1  $\frac{1}{2}$  cheval. MM. Heil-

mann, Ducommun et Steinlen, de Mulhouse, qui éclairent depuis un an déjà leur grande fonderie avec quatre machines de Gramme et qui fabriquent maintenant eux-mêmes de ces machines, ont eu la complaisance de m'en confier une pour quelque temps. J'utilisai celle-ci non-seulement pour me convaincre qu'elle suffit à l'éclairage nécessaire, mais pour une étude détaillée des propriétés physiques de ces appareils. Comme l'on peut prévoir avec plus ou moins de certitude que, dans un avenir assez rapproché, les machines électro-magnétiques remplaceront pour les courants forts les piles galvaniques dont l'usage est si incommode, les résultats auxquels ont conduit les recherches que j'ai entreprises récemment dans un but particulier n'en présentent pas moins un intérêt général.

La machine sur laquelle ont porté mes études répond assez exactement au type qui est représenté sur la seconde planche de l'ouvrage de Niaudet-Breguet<sup>1</sup>. La largeur de la machine et par conséquent la longueur de l'électro-aimant comporte 27<sup>cm</sup>. La bobine mobile intérieure avec l'anneau de fil de fer doux se compose de deux parties qui s'introduisent l'une après l'autre dans le circuit; chacune de ces moitiés se compose de 48 petites spirales. Le courant entier, c'est-à-dire celui qui agit dans le circuit extérieur, circule aussi autour de l'électro-aimant. Cette machine n'est pas du reste le dernier modèle; MM. Heilmann, Ducommun et Steinlen construisent à présent des machines perfectionnées qui donnent des effets plus favorables.

<sup>1</sup> *Niaudet-Breguet*, Machines magnéto-électriques Gramme. Paris, 1875. — *Carl*, Repertorium für Experimentalphysik. Band IX, page 85, pl. 13, fig. 2.

Pour la mesure de la résistance galvanique d'après la méthode du pont de Wheatstone, j'obtins :

Pour l'électro-aimant, 1,26 unités de Siemens.

Pour la bobine intérieure (les 2 parties) 0,62

En tout, 1,88

La force électromotrice d'une machine de Gramme est, comme on peut facilement s'en rendre compte, d'une grandeur variable. Elle dépend de la vitesse avec laquelle tourne la bobine intérieure et de l'intensité du courant qui circule autour de l'électro-aimant; ce dernier dépend à son tour de la résistance du circuit extérieur.

Pour exécuter les mesures d'intensité du courant nécessaires au calcul de la force électromotrice, je faisais dériver une faible portion du courant à mesurer à travers un galvanomètre à miroir d'Edelmann. L'expérience préalable m'avait montré combien de centimètres cubes de mélange détonnant le courant principal fournit par minute pour une déviation d'un degré au galvanomètre. J'exprime les intensités de courant au moyen du volume de gaz détonnant qui est fourni à la minute, en le réduisant à 0° et à 760<sup>mm</sup> de pression. Un centimètre cube de gaz correspond à 0,0009926 unités chimiques de 9 milligrammes d'eau décomposée par seconde. De la valeur de l'intensité du courant et de celle de la résistance on pouvait déduire ensuite celle de la force électromotrice; j'exprime celle-ci en éléments zinc-charbon de Deleuil, tels que je les emploie ordinairement pour la production de la lumière électrique. J'ai évalué la force électromotrice d'un de ces éléments de Deleuil à 0,0192 unités chimiques ou à 1,6 Daniell.

Le nombre des tours de la machine était estimé au moyen d'un compteur de Deschiens.

Pour déterminer préalablement dans quelle mesure l'intensité du courant et la force électromotrice dépendent de la vitesse de rotation et de la résistance extérieure, j'ai fait tout d'abord les expériences suivantes.

Je fis marcher la machine avec différentes vitesses en intercalant des résistances extérieures différentes et je mesurai l'intensité du courant dont je déduisais la force électromotrice. J'obtins de la sorte les résultats suivants.

I. Le circuit de la machine fut fermé au moyen d'un fil court et épais dont la résistance pouvait être négligée; on avait donc une résistance extérieure nulle et une résistance totale égale à 1,88 unités Siemens.

Nombre de tours à la minute.	Intensité du courant en centimètres de gaz à la minute.	Force électromotrice exprimée en éléments de Deleuil.
285	46,0	4,5
386	78,0	7,6
421	86,0	8,4
495	97,1	9,4
537	112,6	10,9
584	123,8	12,0
744	150,7	14,6
817	160,3	15,6
879	166,6	16,2
930	172,5	16,8
978	177,7	17,3
1045	183,0	17,8
1082	186,8	18,2

II. Le circuit de la machine fut fermé au moyen d'un fil de cuivre plus long enveloppé de gutta-percha et re-

présentant une résistance de 0,5 unités Siemens, ce qui donnait une résistance totale de 2,98 unités Siemens.

Nombre de tours à la minute.	Intensité du courant en centimètres de gaz à la minute.	Force électromotrice exprimée en éléments de Deleuil.
253	9,3	1,1
365	44,4	5,5
450	69,0	8,5
597	96,8	11,6
818	129,8	16,0
906	140,7	17,3
981	147,9	18,2
1109	161,7	19,9
1175	166,4	20,5
1283	176,3	21,7

III. On introduisit dans le circuit un fil encore plus long représentant deux unités Siemens, ce qui donnait une résistance totale de 3,88 unités.

Nombre de tours à la minute.	Intensité du courant en centimètres de gaz à la minute.	Force électromotrice exprimée en éléments de Deleuil.
539	41,0	8,2
707	70,0	14,0
905	91,2	18,3
1178	110,5	22,2
1416	129,8	26,0
1584	142,1	28,5

Si l'on représente ces résultats graphiquement en prenant les nombres de tours comme abscisses et les intensités de courant comme ordonnées, on obtient des courbes qui ne s'écartent que peu de la ligne droite et

qui présentent une faible concavité vers le bas. L'intensité du courant croît donc à peu près proportionnellement à la vitesse de rotation. En augmentant encore la vitesse au moyen d'un moteur plus fort, on aurait bien pu porter plus loin l'intensité du courant, n'eût été que, au delà de 2000 tours par minute, la machine s'échauffe trop fortement.

Si l'on déduit des tableaux ci-dessus par interpolation les forces électromotrices pour le même nombre de tours mais pour des intensités différentes, ou les forces électromotrices pour une même intensité de courant mais pour des nombres de tours différents, on reconnaît facilement que, pour de faibles intensités de courant, la force électromotrice croît avec l'intensité du courant. Mais, lorsque cette dernière arrive à être assez grande pour développer 80 centimètres cubes à la minute, la force électromotrice n'augmente plus sensiblement avec l'intensité du courant, sans doute parce que le courant faible suffit à produire l'aimantation complète. On reconnaît en outre que, pour une intensité de courant constante, la force électromotrice est sensiblement proportionnelle au nombre de tours, ce qui devait être d'après la loi de l'induction.

Pour la production de la lumière électrique, j'employais un régulateur de Serrin. Je mesurais l'intensité de la lumière à l'aide d'un photomètre de Bunsen, en prenant comme unité de lumière la bougie normale de paraffine de 21<sup>mm</sup>,4 de section, donnant une flamme de 41<sup>mm</sup>,3 de hauteur. Pour mesurer la résistance obtenue lors de l'introduction de la lampe électrique, je mesurais le nombre de tours et l'intensité du courant, puis j'enlevais le régulateur électrique et j'introduisais des résistances de plus en plus grandes jusqu'à ce que je fusse revenu au nombre

de tours et à l'intensité du courant que j'avais d'abord. J'obtins de la sorte, pour la résistance opposée par la lampe électrique, 4,75 unités Siemens; ce qui donnait pour la résistance totale, lors de la production de la lumière électrique, 6,63 unités Siemens.

Les mesures exécutées sur l'intensité lumineuse et l'intensité de courant correspondante m'ont conduit par le calcul et l'interpolation aux résultats suivants :

Nombre de tours à la minute.	Intensité lumineuse en bougies normales.	Intensité du courant en centimètres cubes de gaz à la minute.	Force électromotrice en éléments de Deleuil.
1700	506	119	40,8
1800	567	126	43,2
1900	628	133	45,6
2000	689	140	48,0

Des expériences faites avec le dynamomètre de Prony m'ont démontré que, pour la production de la lumière à 1800 tours par minute, on dépense environ 90 kilogrammètres, c'est-à-dire plus d'un cheval de force.

Or 567 bougies normales équivalent à peu près à 80 becs Carcel; il faut donc, pour la production d'un bec Carcel avec notre machine, 1,1 kilogrammètre. M. Tresca<sup>1</sup> a fait dernièrement des essais avec deux machines de Gramme plus grandes pour déterminer le travail nécessaire à la production de la lumière d'un bec Carcel.

Réunissant ses résultats et les miens, nous avons :

Machine évaluée en becs.	Travail pour 1 bec.
1850 becs.	0,3 kilog <sup>mètres</sup> (Tresca.)
302 »	0,7 » (Tresca.)
80 »	1,1 » (Hagenbach.)

<sup>1</sup> *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1876, t. LXXXII, p. 299.

Cette comparaison conduit donc à la conclusion à laquelle était déjà arrivé M. Tresca, à savoir que le rendement des grandes machines est très-supérieur à celui des petites.

Le moteur à eau de Schmid, qui mettait la machine de Gramme en mouvement, dépensait environ par minute 280 litres d'eau à 4  $\frac{1}{2}$  atmosphères. Au prix de 2 centimes pour cent litres, la lumière électrique coûte donc avec cet appareil 3 francs 40 centimes par heure.

La résistance galvanique d'un de mes éléments Deleuil équivaut à 0,083 unités de Siemens; il faut donc 72 éléments à la suite les uns des autres pour produire la même lumière qu'avec la machine de Gramme à 1700 tours par minute, et 86 éléments pour produire la même lumière qu'avec la machine à 2000 tours; de là il ressort clairement que l'emploi de la machine de Gramme pour la production de la lumière électrique a sur celui de la pile l'avantage non-seulement d'une plus grande commodité, mais aussi d'une grande économie.

La machine de Gramme que j'ai employée suffit amplement pour projeter à une plus grande échelle des photographies, des préparations microscopiques et des spectres.

---

SUR  
LA CONSTITUTION DE LA BENZINE

PAR  
**MM. ADOR et RILLIET**

---

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève,  
dans sa séance du 18 novembre 1875.)

---

L'hypothèse de Kekulé sur la constitution de la benzine, bien qu'admise par la plupart des chimistes, trouve encore des adversaires et, de fait, elle n'est point démontrée absolument; aussi toute vérification nouvelle, tout fait nouveau pouvant s'expliquer à l'aide de cette hypothèse, ont leur importance comme éléments de confirmation de cette théorie. Cette importance est encore plus grande si l'hypothèse de Kekulé est seule en mesure d'expliquer certains résultats obtenus. C'est en suivant cet ordre d'idées que nous avons voulu chercher si les produits d'addition de la benzine ne donneraient pas, soit par eux-mêmes, soit par leurs produits de transformation, une nouvelle preuve à l'appui de la théorie de Kekulé sur la constitution de la benzine. Dans un travail publié dans les *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* (VIII, 1875, p. 1286), nous avons relaté en abrégé nos recherches relatives à l'action du zinc éthyle sur les produits d'addition de la benzine; nous donnons ici le détail des diverses expériences qui ont été faites.

Quand on traite la benzine à froid par une quantité de brome un peu forte, on obtient surtout des cristaux d'hexabromure  $C^6 H^6 Br^6$  et un liquide constitué en majeure partie par du monobromure  $C^6 H^5 Br$ . Les produits d'addition autres que l'hexabromure, qui peuvent et se sont probablement formés, se détruisent par la distillation, même quand on opère dans l'air raréfié. Ces produits se détruisent également d'eux-mêmes au bout d'un certain temps; un essai fait en traitant par l'iodure d'éthyle et le sodium une certaine quantité de benzine bromée par le procédé ci-dessus et qui avait été abandonnée pendant trois mois, a montré que les produits d'addition avaient été totalement décomposés.

Si, au lieu d'employer le brome, on se sert du chlore, on obtient des résultats analogues. C'est ainsi que nous avons traité la benzine à froid et au soleil par un courant de chlore sec jusqu'à ce que le produit de la réaction fût plus dense que l'eau. En distillant ensuite, on n'obtient guère que des produits bouillants à une température relativement élevée et formés en majeure partie d'hexachlorure  $C^6 H^6 Cl^6$ . Le résultat est le même si l'on ajoute à la benzine un peu d'iode. Nous avons essayé aussi l'action du chlore à chaud en traitant la benzine placée dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant et chauffé au bain-marie; nous prolongions l'action jusqu'à ce que le point d'ébullition du liquide eût dépassé  $100^\circ$ . Le produit distillé ne dégageait presque pas d'acide chlorhydrique, preuve qu'il ne renfermait que peu de produits d'addition. Si on prolonge moins l'opération et que l'on distille ensuite le produit dans un courant de vapeur d'eau, après un lavage au carbonate de soude, on obtient une huile plus légère que l'eau, qui est de la benzine non

attaquée. La portion qui reste est plus lourde que l'eau et bout de 80° à 225°; de l'acide chlorhydrique se dégage vers 125°. Un dernier essai a été fait en faisant agir le chlore à l'état naissant au moyen d'un mélange d'acide chlorhydrique et de chlorure de chaux; le produit obtenu renferme alors en majeure partie de l'hexachlorure  $C^6 H^6 Cl^6$ . Comme on le voit, nous n'avons pas réussi à préparer des produits d'addition purs de la benzine, autres que l'hexachlorure ou l'hexabromure. Toutefois on peut obtenir des mélanges renfermant une certaine quantité de ces produits. Les réactions indiquées ci-dessus montrent qu'il s'en forme toujours un peu, puisqu'il y a dégagement d'acide chlorhydrique par la distillation subséquente. En effet, les produits d'addition sont peu stables et décomposables par la chaleur seule, tandis que les produits de substitution résistent à son action. La méthode qui a paru donner les meilleurs résultats pour obtenir un liquide renfermant une certaine proportion de ces produits est la suivante : on traite la benzine refroidie par une petite quantité de brome; nous prenons en général 200 gr. de benzine refroidie jusqu'à cristalliser et 6 gr. de brome; ces 6 grammes sont absorbés rapidement et le dégagement d'acide bromhydrique est insignifiant. Le produit est immédiatement lavé avec soin à l'eau, séché sur du chlorure de calcium et employé autant que possible dans les vingt-quatre heures.

Nous avons ensuite essayé de remplacer dans ces mélanges renfermant une certaine proportion de produits d'addition, l'élément halogène par les groupes méthyle  $CH^3$  ou éthyle  $C^2 H^5$ , afin d'obtenir par une oxydation subséquente un des acides bibasiques connus dérivés de la benzine. Pour effectuer ce remplacement, nous avons

essayé diverses méthodes et d'abord l'action de l'iodure d'éthyle en présence de sodium, l'iodure d'éthyle étant dissous dans de l'éther pur et anhydre. La réaction n'a lieu ni à froid ni au bain-marie; elle ne commence qu'après l'évaporation complète de l'éther et n'est terminée qu'au bout de quarante-huit heures d'ébullition avec réfrigérant ascendant. En oxydant le produit de la réaction par le mélange habituel d'acide sulfurique et de bichromate de potasse, nous avons obtenu de l'acide benzoïque, deux acides bromobenzoïques, de l'acide isophtalique et de l'acide téréphtalique, mais point d'acide phtalique. L'action du cyanure de potassium en présence d'alcool et avec traitement subséquent par la potasse alcoolique n'a point donné de résultat; nous avons pourtant chauffé le mélange pendant plus de trente-six heures à des températures qui ont atteint 250°. L'action de l'éther chloroxycarbonique  $\text{CO ClC}^2\text{H}^5$  en présence d'amalgame de sodium, soit à 1 %, soit à 5 %, a été également tentée, mais sans plus de succès. La réaction est nulle à froid et, quoiqu'elle paraisse commencer à une température plus élevée, nous n'avons pourtant obtenu par ce moyen que des résultats insignifiants. La méthode qui a donné les meilleurs résultats est celle basée sur l'action du zinc éthyle  $\begin{matrix} \text{C}^2 & \text{H}^5 \\ \text{C}^2 & \text{H}^5 \end{matrix} \rangle \text{Zn}$ . Nous traitions 200 grammes environ du mélange résultant de l'action du brome sur la benzine, par 4,5 gr. environ de zinc éthyle. L'action est faible à froid; nous chauffons pendant vingt heures à l'ébullition; l'excès de benzine était ensuite distillé et ce qui passe au-dessus de 110° oxydé par le mélange ordinaire de bichromate de potasse, d'eau et d'acide sulfurique.

L'oxydation est lente; au bout de trente-six heures elle n'est pas complète. On chasse alors par un courant de vapeur d'eau l'excès du liquide organique que l'on peut immédiatement traiter par un nouveau mélange oxydant. Le produit de l'opération est filtré; le liquide traité par l'éther ne lui abandonne que des traces d'acide benzoïque et d'acide isophtalique. Quant au solide resté sur le filtre, on le fait bouillir avec de la soude, on filtre et on acidifie avec de l'acide chlorhydrique; on obtient ainsi un précipité renfermant cinq acides.

Le précipité est repris en entier par l'eau, et l'on porte le tout à l'ébullition pendant quelques heures pour chasser l'acide benzoïque qui se trouve dans le mélange. On filtre à chaud, l'acide isophtalique se trouve dans le liquide; pour le purifier et le séparer des acides benzoïques bromés qui lui sont mélangés, on le redissout après évaporation à siccité dans une petite quantité d'eau et l'on renouvelle deux fois cette opération. L'acide ainsi obtenu est blanc amorphe, se sublimant et fondant au-dessus de  $280^{\circ}$ ; il ne renferme pas de brome et son sel de baryte, très-soluble dans l'eau, cristallise en aiguilles. En traitant le sel d'argent de cet acide par l'iodure de méthyle, on obtient après cristallisation dans l'alcool son éther méthylifique fondant à  $63^{\circ}$ . C'est donc bien de l'acide isophtalique dont l'éther méthylifique fond à  $63^{\circ}$ - $65^{\circ}$  (Baeyer), à  $64^{\circ}$  (Meyer)<sup>1</sup>. Les eaux-mères de cet acide traitées par l'éther ne lui abandonnent que des traces d'un acide fondant au-dessus de  $280^{\circ}$ , par conséquent pas trace d'acide phtalique dont le point de fusion est  $175^{\circ}$ .

Quant à la portion qui ne s'est pas dissoute dans l'eau, on la traite par l'éther qui dissout les acides bromoben-

<sup>1</sup> *Annalen der Chemie und Pharmacie*, CLIX, p. 18.

zoïques qui s'y trouvent et laisse comme résidu un acide amorphe jaunâtre, insoluble dans l'eau et dans l'éther et ne renfermant pas de brome. Cet acide se sublime partiellement sans fondre au-dessus de  $300^{\circ}$  et son sel de baryte se dissout très-difficilement dans l'eau. Par conséquent cet acide possède tous les caractères de l'acide téréphtalique. L'éther, qui doit renfermer les acides bromés, laisse en effet un résidu contenant du brome, commençant à fondre à  $170^{\circ}$ , complètement fondu seulement à  $280^{\circ}$ .

Comme l'acide monobromobenzoïque 1.2 (point de fusion  $137^{\circ},5$ ) forme avec la baryte un sel facilement soluble dans l'eau, tandis que les sels de baryte des deux autres acides monobromobenzoïques sont très-peu solubles; nous avons préparé le sel ammoniacal de notre mélange d'acides bromés, puis précipité par le chlorure de baryum. Le liquide filtré, acidifié et repris par l'éther, ne lui abandonne que des traces d'acide. Le sel de baryte est repris par l'eau chaude; la portion qui se dissout le plus facilement, étant acidifiée, donne un acide fondant mal vers  $160^{\circ}$  (acide bromobenzoïque 1.3, point de fusion  $155^{\circ}$ ).

En résumé, l'oxydation nous a fourni cinq acides : de l'acide benzoïque provenant de la monobromobenzine; deux acides monobromobenzoïques, fondant au-dessus de  $160^{\circ}$ ; de l'acide isophtalique et de l'acide téréphtalique, provenant des deux bibromobenzines 1.3 (liquide) et 1.4 (point de fusion  $89^{\circ}$ ). En revanche nous ne trouvons pas trace d'un acide monobromobenzoïque 1.2 (point de fusion  $137^{\circ},5$ ), ni d'acide phtalique (point de fusion  $175^{\circ}$ ). Ce résultat, contraire à celui que nous attendions, peut cependant s'expliquer en recourant à l'hypothèse de Kekulé.

La première idée qui nous vint à l'esprit, c'est qu'en bromant la benzine nous avons obtenu des produits de substitution, c'est-à-dire deux bibromobenzines isomères et non pas un produit d'addition; cependant la température à laquelle nous avons opéré, vers  $4^{\circ}$ , le peu de brome employé et le peu de temps qu'ils réagissent l'un sur l'autre semblent être peu favorables à une telle supposition. De plus on n'a jamais obtenu la bibromobenzine 1. 3 par la bromuration directe de la benzine; c'est au contraire un mélange de bromure 1.4 et 1. 2 que l'on obtient dans ce cas. Ce mélange devrait fournir de l'acide phtalique, acide dont nous avons constaté l'absence. Nous avons fait néanmoins quelques expériences directes afin de nous assurer que nous n'avions pas eu affaire à des produits de substitution bromés. La présence des produits d'addition est déjà suffisamment indiquée par le dégagement d'acide bromhydrique qui accompagne toujours en abondance la distillation de la benzine bromée dans les circonstances que nous avons indiquées. D'un autre côté, si l'on détruit dans la benzine traitée par le brome les produits d'addition au moyen de la potasse alcoolique à chaud et que l'on fasse réagir successivement sur le produit de cette réaction le zinc éthyle et le mélange oxydant cité plus haut, on n'obtient que de l'acide benzoïque sans traces d'acides bibasiques (acides isophtalique, phtalique, etc.).

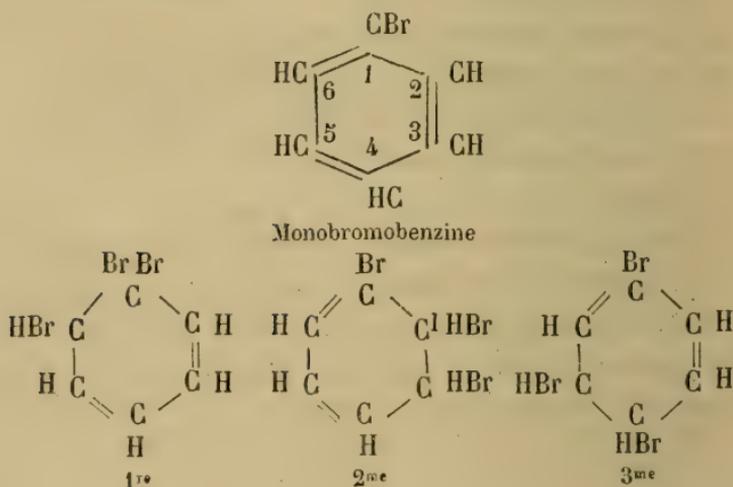
Ajoutons encore que Meyer et Stuber<sup>1</sup> n'ont pas réussi à remplacer dans la bibromobenzine 1. 3 le brome par le groupe  $\text{CH}^{\text{S}}$ , par la méthode de Fittig, c'est-à-dire en la traitant par l'iodure de méthyle et le sodium, tandis qu'en suivant la même méthode de traitement pour les produits

<sup>1</sup> *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft*, IV, p. 959.

d'addition bromés de la benzine, on obtient ensuite par l'oxydation les acides téréphtalique et isophtalique et pas d'acide phtalique.

On peut conclure de ce qui précède que nous nous trouvons bien en présence de produits d'addition bromés et non pas de produits de substitution; mais alors comment se fait-il que l'on obtienne par le traitement indiqué ci-dessus de l'acide isophtalique, de l'acide téréphtalique, mais pas d'acide phtalique? Aucune formule de la benzine ne peut directement en rendre compte, mais on peut peut-être expliquer ce fait en admettant que c'est la monobromobenzine qui, à l'état naissant, fixe deux atomes de brome. Nous disons à l'état naissant; en effet nous n'avons pas réussi à additionner du brome à la monobromobenzine; du moins les produits de la réaction traités par le zinc éthyle et oxydés n'ont pas donné trace d'acides bibasiques.

L'addition du brome à la monobromobenzine pourrait, en partant de l'hypothèse de Kekulé, se faire de trois manières différentes :



On peut admettre qu'en chauffant les produits d'addition de la benzine avec du zinc éthyle, une molécule d'acide bromhydrique se sépare, on aurait alors des benzines bibromées qui, au moment où elles se forment, réagiraient sur le zinc éthyle ou l'iodure d'éthyle en présence de sodium. La formule 1 fournirait un carbure d'hydrogène donnant par l'oxydation de l'acide phtalique ou l'acide brombenzoïque correspondant. D'après la 2<sup>me</sup> formule, on aurait un mélange d'acides phtalique et isophtalique; la formule 3 fournirait les acides isophtalique et téréphtalique, mais pas d'acide phtalique. Les deux atomes de brome auraient été s'additionner aux deux atomes de carbone les plus éloignés de celui qui était déjà bromé, l'addition se faisant toujours à deux atomes de carbone voisins. Nous croyons qu'aucune autre formule de la benzine ne peut aussi bien rendre compte de cette réaction. Il doit cependant aussi se former des produits d'addition bibromés de la benzine ayant la position 1. 2, mais en perdant facilement une molécule d'acide bromhydrique, ils ne fournissent plus que de l'acide benzoïque par un traitement subséquent.

D'un autre côté, si les choses se passent bien de cette façon, comment se fait-il qu'en traitant la benzine par une plus grande quantité de brome qu'il n'est nécessaire pour obtenir de la monobromobenzine, on obtienne, comme produit accessoire, de petites quantités de bibromobenzine 1. 2, bouillant vers 219° et donnant la nitrobibromobenzine fondant à 58°, et comme produit principal, de la bibromobenzine 1. 4, fondant à 89° et donnant la nitrobibromobenzine fondant à 84°, tandis qu'on n'obtient pas de bibromobenzine 1. 3 bouillant vers 215°? Faut-il admettre que la bibromobenzine, obtenue par Riess et

bouillant à 219°, aurait la constitution 1. 3, quoique les recherches de V. Meyer et Stüber s'y opposent; ou bien, ce qui est plus probable, l'action du brome à chaud n'est-elle pas la même que l'action du brome à froid, les produits de substitution ne provenant pas de la décomposition des produits d'addition ?

Pour résoudre en partie cette question, nous avons cherché à produire la bibromobenzine 1. 2 en partant d'un corps dont la constitution soit connue, comme la nitrobromobenzine 1. 4, fondant à 125°. Si on parvenait à la bromer, il est probable que le nouvel atome de brome viendrait se joindre à l'atome de carbone voisin de celui qui est déjà bromé. En remplaçant ensuite le groupe Az O<sup>2</sup> par H, on obtiendrait la bibromobenzine 1. 2. La réaction ne commence que vers 200° et elle est complexe; il faut chauffer à 250°, pendant quarante-huit heures, 10 gr. de nitrobromobenzine avec 9 gr. de brome; la pression est très-forte dans les tubes. Le produit de la réaction se compose de cristaux en forme d'aiguilles baignés dans un liquide formé de deux couches dont la supérieure est de l'eau. On évapore à siccité, on lave le résidu avec de la soude diluée et on reprend par l'alcool. Après plusieurs cristallisations fractionnées, on finit par obtenir des aiguilles blanches peu solubles et fondant à 160°; le tétrabromure de benzine fond également à 160° et cristallise en aiguilles. Outre ces aiguilles on en obtient d'autres qui se subliment et fondent après sublimation à 116°, correspondant à un des tribromures de benzine qui fond à 118°. Il reste enfin une certaine quantité de nitrobromobenzine non attaquée, fondant à 125° et des cristaux de bibromobenzine fondant de 85°-89° (la bibromobenzine 1. 4 fond à 89°) et des aiguilles fondant vers 34°, mais

ne renfermant pas d'azote. Sauf la nitrobromobenzine non attaquée, nous n'avions donc plus de corps nitrés; par conséquent, non-seulement le brome donne des dérivés plus bromés, mais encore l'acide bromhydrique qui se forme réagit sur le groupe  $Az O^2$ , il se forme de l'eau, de l'azote est mis en liberté et un atome de brome prend la place du groupe  $Az O^2$ .

La réaction est analogue si l'on emploie la nitrobromobenzine 1. 2 fondant à  $37^\circ$ . On chauffe une molécule de ce composé avec deux atomes de brome à  $250^\circ$  pendant quarante-huit heures. Il faut ouvrir le tube de temps en temps et la pression est toujours très-forte; il se dégage de l'acide bromhydrique et de l'azote en abondance. A la fin de l'opération, le tube renferme des aiguilles et un liquide qui se sépare aussi en deux couches. Après un traitement à la soude diluée on distille avec un courant de vapeur d'eau; il reste dans la cornue un mélange de tetrabromobenzine fondant à  $160^\circ$  et de tribromobenzine fondant à  $118^\circ$ . Le liquide qui passe avec les vapeurs d'eau renferme des cristaux fondant vers  $85^\circ$  et ne contenant pas d'azote probablement de la dibromobenzine 1. 4, qui fond à  $89^\circ$ ; ce qui reste se compose d'une huile commençant à bouillir à  $225^\circ$ ; les premières portions passant à la distillation jusqu'à  $238^\circ$  laissent déposer par le refroidissement à  $-5^\circ$  des cristaux fondant vers  $85^\circ$ ; les portions passant plus haut jusque vers  $275^\circ$  donnent des cristaux fondant vers  $115^\circ$ . Nous n'obtenons donc comme précédemment que des produits plus bromés et sans azote. L'huile que nous avons obtenue et qu'il ne nous a pas été possible de purifier complètement, soit par refroidissement à  $-25^\circ$ , soit par distillations fractionnées,

est probablement formée en grande partie de dibromobenzine 1. 2.

Il a été fait également des essais pour réduire la nitrobromobenzine par l'acide bromhydrique concentré, mais sans résultat. Nous avons alors essayé l'acide bromhydrique naissant en chauffant en tubes scellés un mélange de 2 gr. de nitrobromobenzine avec 5 gr. d'acide benzoïque et 6 grammes de brome. La température fut maintenue pendant six heures à 240°. La pression était très-forte en ouvrant le tube; on chauffa ensuite jusqu'à disparition du brome. Après la réaction, le contenu du tube est lavé avec de la soude diluée pour enlever les acides benzoïque et brombenzoïque, il reste une huile qui est distillée dans un courant de vapeur d'eau. Le résidu de cette distillation renferme des cristaux fondant après bien des cristallisations fractionnées à 95°, et qui, nitrés, fondent à 83°. (Une des tetrabromobenzines fond à 98°,5 et le produit nitré correspondant à 88°.)

L'analyse a donné :

		Calculé C <sup>6</sup> H <sup>2</sup> Br <sup>4</sup>
Brome,	79.7	81.2
Carbone,	18.8	18.2
Hydrogène,	0.9	0.5

On peut séparer de l'huile, par refroidissement, d'autres cristaux fondant à 159°; la tribromobenzine fond à 160°. Une analyse de brome a donné 76,6 % (calculé 76,19 %). L'huile qui a passé avec les vapeurs d'eau est redistillée et passe de 240°-285°. Rectifiée, la majeure partie passe de 218°-220°. Cette substance ne renferme pas d'azote, mais elle n'est pas pure et, après plusieurs expositions à un froid de — 25° et distillations fraction-

nées, on n'obtient à l'analyse que des résultats approximatifs. Cependant, en traitant la portion bouillante de 218°-220° par l'acide nitrique fumant, on la voit se dissoudre. En reprecipitant par l'eau, après avoir chauffé un instant, on obtient une huile qui se prend au bout d'un jour en cristaux. Ces cristaux purifiés fondent de 56°-58° (La mononitrobromobenzine 1.2 fond à 58°). Analysés, ces cristaux ont donné 57.5 % de brome; la formule  $C^6 H^5 Br^2 AzO^2$  en exige 56.9%. Tous ces produits sont d'une séparation difficile, ce qui explique la difficulté d'obtenir des résultats analytiques exacts et l'impossibilité où nous avons été d'arriver à déterminer exactement le point d'ébullition de la bibromobenzine 1.2. Ces expériences prouvent néanmoins que la nitrobromobenzine fondant à 58° renferme ses deux atomes de brome unis à deux atomes de carbone voisins.

Enfin, un essai tenté pour arriver à une bibromobenzine au moyen de la binitrobenzine et par l'intermédiaire des phénylènes diamines ne nous a pas donné non plus de résultats. En traitant le chlorhydrate de phénylène diamine 1.4 par l'eau de brome, on obtient un produit d'addition bromé qui, dissous dans l'alcool et traité par l'acide azoteux, donne beaucoup de résine et une petite quantité de longues aiguilles très-solubles dans l'alcool et surtout dans l'éther. Ces aiguilles fondent à 117° et renferment du brome mais pas d'azote.

---

# DE L'ACTION CHIMIQUE DU SPECTRE SOLAIRE

SUR LES

SELS HALOÏDES DE L'ARGENT

Par **M. HERMANN-W. VOGEL**<sup>1</sup>.

Traduction.

---

## I. *De la sensibilité des sels haloïdes d'argent à l'égard des couleurs prétendues chimiquement inactives.*

Dans le temps de la daguerréotypie, lorsqu'on opérait encore avec des plaques d'argent exposées aux vapeurs d'iode, de brome ou de chlore, on a souvent observé que ce n'étaient pas seulement les rayons bleus et violets du spectre, considérés comme chimiquement actifs, mais aussi les jaunes et les rouges, qui passaient comme inactifs, qui dans certaines circonstances exerçaient une action sur des couches d'argent iodées, bromées ou chlorées et sur d'autres corps<sup>2</sup>, cette action étant à la vérité sensiblement plus faible que celle des rayons les plus réfrangibles. La photographie moderne au collodion n'a pas donné lieu jusqu'à présent à l'observation d'une action de ce genre de la lumière jaune et rouge; elle offre au

<sup>1</sup> *Poggendorffs-Annalen*, 1874, n° 10, CLIII, 218.

<sup>2</sup> Seebeck, *Göthe's Farbenlehre*, vol. II, p. 716; Becquerel, *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tomes 22, 25, 42; Herschel, *Philosophical Transactions*, 1840-1842, etc., etc.

contraire une opposition des plus tranchées entre les couleurs chimiquement inactives et les actives, et cela non-seulement à l'égard des pigments colorés, mais aussi et d'une manière encore plus marquée à l'égard des couleurs spectrales. En effet, le violet extrême presque invisible exerce une action photographique puissante, qui toutefois, d'après les expériences du D<sup>r</sup> Schultz-Sellack, ne s'étend dans le spectre visible pas au delà de la ligne E dans le vert.

Des expériences récentes m'ont montré non-seulement que la sensibilité des sels haloïdes d'argent à l'égard des couleurs spectrales s'étend beaucoup plus loin du côté du rouge, mais que par certains procédés on peut considérablement la relever pour les parties les moins réfrangibles du spectre<sup>1</sup>. Les plaques impressionnables sur lesquelles j'ai opéré, ont été préparées de la manière ordinaire employée pour la photographie : le collodion additionné d'un chlorure, bromure ou iodure métallique soluble, ou d'un mélange de ces sels, était étendu sur des plaques de verre et celles-ci plongées dans une dissolution d'argent. Quand les sels haloïdes d'argent étaient formés on sortait les plaques et on les exposait mouillées sous la dissolution d'argent, ou bien après ablution encore humides ou enfin à l'état sec. Après l'exposition on développait l'effet non encore apparent produit par la lumière, au moyen d'une dissolution de sulfate de fer mélangée avec du citrate d'argent ou bien par les alcalis. Pour que mes expériences fussent comparables, je n'ai opéré que

<sup>1</sup> L'appareil que j'ai employé dans mes expériences est celui que j'ai déjà décrit dans les *Annales de Poggendorff*, CL, 435, dans une notice préliminaire sur mes observations, qui depuis lors ont été considérablement étendues.

par des jours parfaitement clairs et entre 11 heures du matin et 1 heure après midi<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Les collodions ont été préparés de la manière suivante :

I. *Collodion iodé* : 1 gr. de iodure de cadmium est dissous dans 15 c.c. d'alcool et filtré. Un volume de la liqueur filtrée est étendu de 3 vol. de collodion brut, avec 2 p. 100 de pyroxiline, 50 p. 100 d'alcool et 50 p. 100 d'éther.

II. *Collodion bromé* : 1 gr. de bromure de cadmium est dissous dans 10 d'alcool et filtré. 1 volume de la liqueur filtrée est mélangé avec 4 1/2 de la dissolution de collodion brut mentionnée ci-dessus. J'ajoutais un peu plus de pyroxiline que dans le collodion iodé, pour avoir une couche plus épaisse.

III. *Collodion chloré* : 1 volume d'une dissolution alcoolique de chlorure de calcium, dont 10 c.c. d'après l'essai équivalaient exactement à 1,024 KI, a été mélangé avec 4 vol. de collodion brut.

Au lieu de pyroxiline j'ai employé la *celloïdine* préparée par Schering à Berlin : ce produit, après un traitement approprié, est exempt des matières accessoires (gomme, sucre, xyloïdine, etc., etc.) qui accompagnent toujours le feutre de collodion. J'ai aussi essayé d'augmenter davantage la proportion des sels dans les collodions, comme on peut le voir dans II et III, mais il en résultait une séparation de bromure et de iodure d'argent sous forme de stries.

Le *bain d'argent* était une dissolution de 1 partie de nitrate d'argent dans 10 parties d'eau, à laquelle pour 300 c. c. on ajoutait 6 gouttes d'acide nitrique. Pour le collodion iodé je me servais de préférence d'un bain spécial qui, par 100 gr. de nitrate d'argent, renfermait 0,25 gr. de iodure de potassium, dans le but d'augmenter un peu la proportion de iodure d'argent. Les dissolutions d'argent de la concentration indiquée ont la propriété de dissoudre abondamment l'iodure d'argent et pour cette raison attaquent fortement les plaques de collodion iodé. On obvie à cet inconvénient par l'addition de iodure de potassium. Les plaques bromées, comme je l'ai déjà signalé il y a une dizaine d'années, ne doivent cependant pas être préparées dans un bain renfermant de l'iodure d'argent, parce qu'il s'en précipite toujours une certaine quantité.

Il faut aussi faire observer que l'immersion des plaques bromées et chlorées doit être beaucoup plus prolongée dans le bain d'argent que les plaques iodées, parce que la formation de Ag Cl et de Ag Br est plus lente que celle de Ag I. Ainsi par un temps frais la formation de

Voici les résultats que j'ai obtenus avec les sels haloïdes purs :

*a.* Bromure d'argent.

Dès mes premiers essais avec le bromure d'argent j'ai remarqué qu'avec un spectre suffisamment lumineux et pour une durée suffisante de l'exposition, la sensibilité de ce sel pour les couleurs spectrales s'étendait beaucoup plus loin du côté du rouge que les expériences antérieures ne l'avaient accusé.

L'exposition relativement courte de 7' avait déjà suffi pour que le violet extrême produisit sur du bromure d'argent sec une action qui s'étendait jusqu'au delà de la ligne D; par une exposition plus prolongée et dans des

Ag Br exigeait sept minutes, tandis qu'il n'en fallait que trois pour celle de Ag I.

Dans les bains d'argent plus concentrés la formation de Ag Cl et de Ag Br s'opère plus rapidement, aussi ai-je souvent employé avec succès des bains contenant 12 à 15 p. 100 de Ag NO<sup>3</sup>.

Pour faire *apparaître* l'image j'ai utilisé les dissolutions suivantes :

*a.* La liqueur *acide* (quant aux détails sur les liqueurs acide et alcaline, je renvoie aux *Comptes rendus de la Société de Chimie allemande*, 1873, p. 88, et à mon *Traité de Photographie*, 2<sup>e</sup> éd.) se compose de 5 gr. sulfate de fer, 3 gr. alcool, 100 gr. eau et 0,2 gr. acide sulfurique. Pour l'opération on mélangeait 10 c. c. de cette liqueur avec quelques gouttes d'une dissolution de 1 partie de Ag NO<sup>3</sup> et 1 partie d'acide citrique dans 50 parties d'eau.

*b.* La liqueur *alcaline* est formée de 7 c. c. d'un mélange de 10 c. c. d'ammoniaque avec 90 c. c. d'alcool, auxquels on ajoute 6 à 10 gouttes d'une dissolution de K B contenant 8 p. 100 de sel et 6 à 10 gouttes d'une dissolution de 10 gr. d'acide pyrogallique dans 100 gr. d'alcool. Le développement par l'alcali fournit des images beaucoup plus vives que par l'acide et s'effectue plus rapidement, mais il occasionne facilement des impuretés; on ne peut l'utiliser que pour le Ag Cl et le Ag Br.

circonstances atmosphériques favorables cette action était appréciable jusqu'à la ligne *a* dans le rouge.

Le bromure d'argent sous la dissolution d'argent se comportait différemment à la lumière. La sensibilité pour l'indigo et le bleu était plus grande que celle du bromure d'argent sec; mais par contre elle était plus faible pour des rayons moins réfrangibles.

Je dois faire observer toutefois que l'action exercée sur le bromure d'argent n'est point toujours identique, elle oscille, comme je le montrerai dans un chapitre subséquent, avec la variabilité de la transparence de l'atmosphère pour les couleurs. Ces oscillations se manifestent aussi dans les expériences avec d'autres sels sensibles; de sorte que j'ai été obligé de multiplier beaucoup les expériences pour m'en rendre compte d'une manière exacte.

#### *b.* Chlorure d'argent.

Des essais plus anciens de Seebeck et de Herschel avec des plaques d'argent exposées préalablement à des vapeurs de chlore, avaient indiqué une sensibilité qui commençait dans le violet extrême et s'étendait assez avant dans le rouge et qui se manifestait par une coloration directe de ces plaques semblable aux couleurs spectrales. Avec le procédé au collodion aujourd'hui en usage, M. Schultz-Sellack n'a obtenu, après un éclaircissement prolongé par une large fente, à en juger d'après les spectres originaux que j'ai sous les yeux, qu'un effet s'étendant à peu près de *N* dans le violet extrême jusque un peu au delà de *h* dans le violet<sup>1</sup>. Dans mes propres expériences avec des plaques d'argent chlorées sèches (je n'en ai pas

<sup>1</sup> *Pogg. Ann.*, CXLIII, p. 166.

essayé d'autres), il fallait un éclaircissement très-prolongé, pour obtenir une impression de la lumière par le révélateur; à peu près deux fois et demie plus de temps qu'avec le bromure d'argent, toutes choses égales d'ailleurs. Le 2 janvier 1874 l'action de la lumière s'est étendue à partir de *h* dans le violet jusqu'à B dans le rouge. Le 24 mars cet effet pénétrait encore davantage du côté violet et atteignait L dans le violet extrême. On peut donc en conclure que le chlorure d'argent est sensible jusque dans le rouge<sup>1</sup>.

### c. Iodure d'argent.

J'ai exposé l'iodure d'argent soit à l'état sec, soit mouillé sous l'eau pure et sous une dissolution de nitrate d'argent; les différences dans l'effet produit étaient considérables.

Exposé à l'état sec, l'action commençait à se manifester dans le violet à H'', croissait rapidement jusqu'à G, conservait la même intensité jusqu'aux deux tiers à peu près de la distance de F G, puis s'affaiblissait rapidement jusqu'à F et se continuait faiblement jusque dans le jaune et le rouge. C'est ainsi que le 7 février 1874 h. 0,11' j'ai observé une action jusque près de la ligne A dans le rouge, à h. 1,41' une action près de la ligne C; le 13 mars h. 0,24' l'effet s'arrêtait déjà au milieu entre E et D.

L'iodure d'argent manifestait dans toutes les circonstances une plus grande sensibilité pour la lumière violette très-réfrangible que le bromure d'argent exposé si-

<sup>1</sup> On a aussi essayé le développement par les liqueurs alcalines (voy. la note p. 278) sur le chlorure d'argent et le bromure d'argent; les plaques devenaient plus vives, mais le résultat était le même.

multanément; la sensibilité en revanche était moindre pour le bleu, le vert, le jaune et le rouge.

Sous une dissolution de nitrate d'argent l'iodure d'argent montrait pour l'ultraviolet une sensibilité qui s'étendait plus loin que celle de l'iodure d'argent sec. L'effet augmente rapidement à partir de l'ultraviolet jusqu'à 4<sup>m</sup> au delà de G (à une distance  $GF = 17^m$ ). Entre ce point et G se trouve une raie où l'action est extrêmement énergique, puis l'action tombe subitement et se continue faiblement vers le rouge; le 9 mars, par exemple, jusqu'à D avec 13' d'exposition et le 13 mars jusque près de C avec 16' d'exposition.

Le spectre qu'on obtient de cette manière a quelque ressemblance avec celui de M. J. Muller et du D<sup>r</sup> Schultz-Sellack. Celui de M. Muller s'étend toutefois beaucoup plus dans l'ultraviolet, circonstance qui est due aux prismes de quartz qu'il employait. Le maximum de l'effet, dans les spectres de MM. Muller et Schultz, si l'on en juge d'après les copies originales que j'ai sous les yeux, se borne à une bande près de la ligne G, qui correspond exactement avec la bande de l'effet maximum de mon spectre. Ces deux savants n'ont pas observé que l'action se prolongeât au delà du côté du rouge, ce qui doit être attribué sans doute à ce que l'éclairement n'a pas duré assez longtemps.

L'iodure d'argent lavé et exposé encore humide au même éclairement, a offert, comme Ag I sous une dissolution d'argent, un spectre qui tenait le milieu entre le spectre d'iodure d'argent sec et celui de l'iodure d'argent sous la solution de nitrate d'argent. L'action ne commençait que vers H'', s'élevait jusqu'au point où se trouve la bande de l'action la plus intense en G, elle restait toute-

fois plus faible que l'action exercée sur l'iodure d'argent sous la dissolution de nitrate d'argent, ne diminuait pas aussi subitement au delà du maximum d'action et disparaissait près de F.

*d.* Iodobromure d'argent.

Dans la photographie ordinaire sur collodion on n'emploie jamais l'iodure d'argent pur, mais des mélanges de celui-ci avec du bromure d'argent. L'expérience a montré que les collodions préparés de cette manière donnent des demi-tons plus délicats, des clairs plus finement accusés et des ombres plus détaillées que le collodion avec de l'iodure d'argent pur. J'ai constaté par des essais comparatifs avec des objets terrestres ordinaires que l'iodobromure d'argent est moins sensible aux lumières vives que l'iodure d'argent; mais par contre qu'il est plus sensible que ce dernier aux lumières mates. Quand, par exemple, on prend sur de l'iodure d'argent l'image d'un buste en plâtre, drapé partiellement d'une étoffe noire, on obtient une reproduction très-intense du plâtre blanc, tandis que celle de la draperie noire reste terne. Pendant le même laps de temps l'iodobromure d'argent produit une image moins dure du plâtre, tandis que la draperie foncée et le côté de l'ombre ressortent avec vigueur <sup>1</sup>.

Je reviendrai plus loin sur ce phénomène; il s'agit ici surtout de la sensibilité de l'iodobromure d'argent à l'égard du spectre solaire. M. Muller à Fribourg et M. Schultz-Sellack <sup>2</sup>, après lui, ont établi que la sensibilité de l'iodobromure d'argent s'étend plus loin à partir du violet vers l'extrémité rouge, que celle de l'iodure d'argent pur. Ce

<sup>1</sup> *Photograph. Mittheilungen*, Jahrg. II, p. 112.

<sup>2</sup> *Pogg. Ann.*, t. CIX, p. 151, et t. CLXIII, p. 161.

dernier, d'après leurs expériences, ne se montre sensible à partir de l'ultra violet que jusqu'un peu au delà de la ligne G; à ce point l'action cesse subitement (voy. plus haut).

Le bromure d'argent, au contraire, témoigne encore dans le bleu clair et le vert d'une impressionnabilité qui ne disparaît que près de la ligne E (Schultz-Sellack).

Mes propres expériences ont confirmé ces résultats, avec cette différence que mes plaques accusaient une action au delà de E, et dans quelques cas jusqu'à D. Toutefois les plaques se comportent d'une manière différente, selon qu'elles sont exposées sèches ou humides, sous la dissolution de nitrate d'argent, et selon les proportions de l'iodure et du bromure d'argent.

J'ai essayé plus particulièrement deux couches différentes de iodobromure d'argent: l'une était composée d'un nombre d'atomes égal de Ag I et de Ag Br, et l'autre de 5 Ag I sur 1 Ag Br.

*Exposée à la lumière sous la dissolution de nitrate d'argent*, la couche la plus riche en iodure d'argent se montrait plus impressionnable au violet et à l'ultraviolet et la plus pauvre au bleu clair et au vert <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Le Dr Schultz-Sellack explique la grande sensibilité de l'iodobromure d'argent à l'égard des ombres (comparativement à l'iodure d'argent) par la plus grande sensibilité du premier aux rayons peu réfrangibles, en faisant observer avec raison que les ombres des objets dans l'atelier sont nuancées de couleurs douées d'une faible réfrangibilité par le reflet de parois colorées. La seule objection à faire à cette observation c'est que l'intensité de ces couleurs reflétées dans l'ombre est beaucoup trop faible pour qu'elle puisse exercer une action égale à celle du vert clair du spectre (voy. III<sup>me</sup> partie). Mais l'iodobromure d'argent n'est pas seulement plus sensible à l'égard des ombres que l'iodure d'argent, il l'est en outre généralement pour les objets blancs peu éclairés. La cause pourrait en être attribuée à l'inertie des atomes (Voy. *Pogg. Ann.*, vol. 143, p. 439) qui est surmontée plus facilement dans le bromure d'argent que dans l'iodure d'argent.

Il est assez remarquable que la bande d'action énergique en G que présente l'iodure d'argent sous la dissolution de nitrate d'argent, dont il a été question plus haut, se produit très-nettement aussi sur les plaques préparées à l'iodobromure d'argent.

L'iodobromure d'argent composé d'un atome de chaque sel, lavé et séché, a fourni une image semblable à celle qu'il a donnée exposé humide sous le nitrate d'argent, mais la sensibilité était considérablement diminuée.

La couche sèche de 5 Ag I sur 1 Ag Br s'est comportée d'une manière toute particulière. Tandis que l'action du violet est très-énergique sur la couche sous la dissolution de nitrate d'argent, elle est faible sur la couche sèche; l'action sur la couche humide s'affaiblit subitement; celle sur la couche sèche s'accroît rapidement, s'étend avec la même intensité jusqu'en *b* pour tomber de nouveau et se prolonger plus ou moins dans le rouge, le 12 avril, par exemple, un peu au delà de E, le 13 mars 1874 jusqu'en *a*. Les oscillations de l'intensité de la lumière chimique des différentes couleurs se manifestent ici d'une manière frappante.

Si l'on augmente la proportion de bromure d'argent la plaque dans son ensemble prend plutôt le caractère du spectre du bromure d'argent.

## II. *De l'augmentation de la sensibilité pour la lumière des sels haloïdes d'argent, à l'égard de certaines couleurs, par le mélange de substances d'absorption.*

Les procédés employés dans la photographie et de nombreuses expériences dirigées dans ce but ont fait reconnaître certains corps, appelés *sensibilisateurs*, comme étant doués à un haut degré de la propriété d'augmenter

la sensibilité pour la lumière des sels haloïdes d'argent, en sorte que, avec l'intervention de ces corps, la durée de l'éclairement, pour obtenir les mêmes résultats, est beaucoup plus courte que lorsqu'on emploie les sels haloïdes purs.

La dissolution du nitrate d'argent se place au premier rang de ces sensibilisateurs. Viennent ensuite, bien qu'exerçant une action moins énergique, le prussiate jaune, le tannin, l'acide pyrogallique, la morphine, etc., etc. Ces corps si différents quant à la constitution chimique, ont tous, comme je l'ai montré le premier, la propriété de former des combinaisons chimiques avec le chlore, l'iode et le brôme et c'est à cette circonstance que j'ai attribué le peu de stabilité des sels haloïdes d'argent en présence de ces corps; ces derniers s'emparent de l'halogène qui devient libre pendant l'insolation <sup>1</sup>.

M. Schultz-Sellack a aussi fait intervenir ces corps dans ses recherches spectrales photographiques, mais il est arrivé à des résultats bien différents des miens, puisqu'il a trouvé que les soi-disant sensibilisateurs n'exerçaient aucune influence. Toutefois il accordait à la dissolution d'argent seule une action sensibilisatrice énergique <sup>2</sup>.

Cette circonstance m'a engagé à répéter mes expériences: les nouvelles recherches ont confirmé les résultats des premières, mais j'ai reconnu à cette occasion que dans certains cas l'action sensibilisatrice de ces corps ne se manifestait pas et même que le corps accélérateur pouvait agir comme retardateur; en examinant de plus près

<sup>1</sup> *Pogg. Ann.*, vol. CXXV, p. 329.

<sup>2</sup> *Pogg. Ann.*, vol. CXLIII, p. 161 et 171; *Photogr. Mittheil.*, 7<sup>me</sup> année, p. 30.

ces phénomènes, j'ai montré que la faculté de produire un halogène ne suffit pas pour constituer un corps sensibilisateur, mais qu'il faut en outre que ce corps possède la propriété d'absorber la lumière.

L'acide pyrogallique en est un exemple frappant. Quand on verse une dissolution de cette substance sur une plaque d'iodobromure d'argent sèche et sensible à la lumière, elle devient *beaucoup plus transparente* et en même temps beaucoup moins sensible (par l'insolation dans la chambre obscure et après le développement de l'image) aux places mouillées qu'aux places sèches. Laisse-t-on sécher la dissolution, la plus grande transparence des places mouillées disparaît et les parties pénétrées d'acide pyrogallique sec présentent une bien plus grande sensibilité<sup>1</sup>.

Les expériences qui ont été exposées dans la première partie de ce travail conduisent d'après cela à admettre que l'augmentation de la sensibilité par le plus puissant accélérateur, la dissolution de nitrate d'argent, ne s'exerce pas d'une manière égale pour toutes les couleurs, mais que cet agent rehausse particulièrement la sensibilité pour la lumière, quand il s'agit de rayons très-réfringents, tandis que la sensibilité est plutôt diminuée pour des rayons d'une faible réfrangibilité.

Cela ressort clairement des expériences avec le bromure d'argent. Ce phénomène trouve son explication dans la propriété dont jouit la combinaison du nitrate d'argent avec le bromure d'argent d'absorber les rayons très-réfringibles en plus grande proportion que les rayons peu réfringibles<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> *Photogr. Mittheil.*, 9<sup>me</sup> année, p. 133.

<sup>2</sup> La dissolution de nitrate d'argent n'est pas la seule qui jouisse de la propriété de modifier notablement la sensibilité pour les couleurs. L'action de la morphine, entre autres, est très-remarquable. Une

Ces résultats ont excité mon attention au plus haut degré lorsque j'en ai fait quelques essais avec des plaques sèches de bromure d'argent préparées pour le commerce par Wortley, à Londres, par un procédé qui est encore secret à l'égard de certains détails. J'ai trouvé, à mon grand étonnement, que ces plaques exposées à l'action du spectre, étaient plus sensibles dans le vert, c'est-à-dire près de la ligne E, que dans le bleu clair, c'est-à-dire près de la ligne F. J'avais donc la preuve, contrairement aux expériences antérieures, d'une sensibilité qui était plus prononcée pour une couleur considérée jusqu'à présent comme exerçant une action relativement faible, que pour une couleur douée d'une action énergique. Cette circonstance m'a engagé à soumettre ces faits à un examen approfondi.

Nous avons vu plus haut que la sensibilité des plaques de bromure d'argent ordinaires et sèches diminue graduellement du bleu au rouge. Avec les plaques de bromure d'argent que j'ai préparées moi-même, je n'ai rien observé de semblable à ce qui s'est présenté d'une manière si frappante avec les plaques anglaises de bromure d'argent, savoir une diminution de sensibilité du violet au bleu et un accroissement de sensibilité du bleu au vert. Mais l'explication que j'ai donnée à la page précédente de l'action qu'exerce le nitrate d'argent sur le bromure d'argent m'a conduit à supposer que les plaques

plaque d'argent iodobromurée qui a été préalablement plongée dans un bain de morphine (0,8 de morphine sur 1000 parties d'eau) et séchée, donne, malgré l'extrême dilution de la dissolution, un spectre entièrement différent, beaucoup plus étendu vers le rouge et vers l'ultraviolet, que le spectre du bromure d'argent pur. Ce spectre présente encore quelques autres particularités sur lesquelles j'aurai l'occasion de revenir plus loin.

de bromure d'argent anglaises pourraient peut-être contenir une substance qui absorbât le vert en plus grande proportion que le bleu. On recouvre ordinairement les plaques sèches avec des substances de nature très-différente, telles que le tannin, l'acide gallique, la caféine, la morphine, qui ont toutes la propriété de se combiner avec l'iode et le brome et d'exercer une action sensibilisatrice; parfois on ajoute aussi une matière colorante jaune, dans l'idée de retenir la lumière bleue *chimique*. Le rôle optique de ces *préservatifs* est pour ainsi dire inconnu, et il est douteux qu'ils exercent toujours une influence favorable.

Les plaques de Wortley renferment du nitrate d'urane, de la gomme, de l'acide gallique et un enduit d'une matière colorante jaune. Pour m'assurer si cet enduit exerçait une action, j'ai lavé une de ces plaques avec de l'alcool et avec de l'eau et il en est effectivement ressorti une plaque qui dans le vert n'accusait plus aucun rehaussement de sensibilité.

J'ai alors essayé d'imprégner le bromure d'argent avec une substance douée de la propriété d'absorber plus particulièrement les rayons jaunes et de se combiner avec l'iode et le brome libres, dans l'espoir de rehausser la sensibilité pour le jaune. Dans ce but j'ai choisi une espèce de coralline que M. le prof. Liebermann a mis avec une grande obligeance à ma disposition. La dissolution très-étendue de ce corps donnait dans le spectroscopie une bande d'absorption entre D et E; en exposant des dissolutions plus concentrées l'absorption s'élargissait jusqu'au delà de D, mais le bleu passait en assez forte proportion près de F<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> D'autres espèces de corallines produisaient d'autres absorptions

Cette coralline a été dissoute à l'aide de l'ébullition dans l'alcool, et 16 grammes de la dissolution saturée ont été mélangés à 15 grammes de mon collodion bromé. Les plaques sèches de bromure d'argent préparées avec ce collodion, avaient une teinte rouge prononcée; exposées au spectre elles ont confirmé mes suppositions: ces plaques étaient sensibles dans l'indigo, la sensibilité diminuait vers le bleu clair, était faible à F, puis se renforçait de nouveau et montrait dans le jaune la même intensité que dans l'indigo. Le moyen était donc trouvé de préparer des plaques de bromure d'argent qui pouvaient être affectées par une couleur jusqu'ici envisagée comme chimiquement inactive, c'est-à-dire par le jaune, avec la même énergie que par l'indigo qui était considéré comme la couleur chimiquement la plus active.

Cette expérience pouvait me faire espérer qu'un autre corps capable de s'unir au brome et qui absorberait fortement le rouge, pourrait rehausser la sensibilité du bromure d'argent pour le rouge. M. le Dr Chojnacki a eu l'obligeance de me fournir un corps doué de cette propriété. C'est le picrate de méthylrosaniline. Cette substance absorbe énergiquement les rayons rouges au milieu entre D et C; quand la concentration est plus grande l'absorption s'étend davantage du côté de D; le jaune, le vert et le bleu passaient presque sans affaiblissement, tandis que l'indigo et le violet étaient fortement absorbés.

Par l'ébullition je me suis procuré une dissolution saturée de ce corps vert dans l'alcool; après 24 heures de repos, 2 c. c. de cette liqueur ont été mélangés avec 16 c. c. de collodion bromé qui ont servi comme il a été

qui subissaient des influences marquées par la présence d'un acide libre ou d'un alcali libre.

dit plus haut, à préparer, dans le bain d'argent, des plaques qui ont été lavées et séchées. Les plaques vertes obtenues par ce procédé sont sensibles à la lumière jusque dans le rouge.

La sensibilité diminuait de l'indigo vers le jaune, à partir de là elle augmentait de nouveau et à la place où s'était montré la bande d'absorption mentionnée plus haut on observait une action énergique dans le rouge.

Ces expériences avaient, comme on le voit, constaté l'exactitude de mes suppositions de la manière la plus éclatante, il s'agissait maintenant de leur faire subir l'épreuve d'autres matières colorantes. La coralline s'altère rapidement dans les liqueurs acides nécessaires à la préparation des plaques, elle devient plus jaune et ne produit plus de bande d'absorption dans le jaune. Pour obvier à cet inconvénient j'ai employé dans mes expériences subséquentes des matières colorantes inaltérables, savoir le rouge de naphthaline et la rosaniline.

#### *Expériences avec le rouge de naphthaline.*

C'est à l'obligeance de M. le prof. Hofmann que je dois le rouge de naphthaline. Je l'ai reçue sous la forme d'une dissolution assez concentrée, qui, comme on sait, produisait une belle fluorescence quand on la diluait avec de l'alcool. Les acides n'exercent aucune action sur cette matière colorante.

La dissolution très-étendue de rouge de naphthaline donnait par le spectroscope une bande d'absorption en D, qui était nettement délimitée du côté du rouge, qui se fondait du côté du vert et qui disparaissait tout près de E. Dans le bleu se montrait de nouveau une absorption qui augmentait vers le violet.

Dans une dissolution plus concentrée la bande d'absorption s'étendait dans le jaune jusqu'au delà de la ligne D, et de l'autre côté au delà de F.

*a.* Rouge de naphthaline et bromure d'argent.

Avec ce rouge de naphthaline on colorait fortement en rouge du collodion au bromure de cadmium et l'on préparait des plaques dans le bain d'argent (voy. la note p. 278). Ces plaques lavées et séchées ne présentaient plus de fluorescence et ne produisaient au spectroscopie qu'une faible absorption en D, dans l'indigo et dans le bleu. Après avoir été exposées à la lumière du jour elles ne tardaient pas à devenir brunes, et dès lors elles absorbaient complètement l'indigo et éteignaient en grande partie le bleu, le vert et le jaune; le rouge seul traversait presque sans affaiblissement.

A mon grand étonnement, les plaques bromées fortement colorées, exposées au spectre le 26 novembre 1873, n'ont accusé presque aucune action après le développement. On n'apercevait qu'un faible indice d'une image entre G et H. Quant à l'action énergique dans le jaune, que j'avais espérée, il n'y en avait pas trace.

Il m'a paru dès lors, pour différentes raisons que j'indiquerai plus loin, qu'une coloration trop intense pouvait exercer une influence fâcheuse et j'ai étendu une portion du collodion rouge avec deux parties de collodion incolore et une autre portion avec quatre parties. Les plaques préparées avec ces mélanges se sont comportées en effet comme je l'avais supposé. Le collodion étendu du double de son volume indiquait une action énergique depuis G jusque près de F, où elle disparaissait pour reparaître subitement après le rouge à 4 millimètres de D et

s'évanouir au delà de D. L'action était encore bien plus belle avec le collodion étendu de quatre parties : elle commençait près de H, augmentait jusqu'en G, se maintenait avec le plus d'intensité jusqu'aux  $\frac{2}{3}$  de G F, faiblissait alors rapidement, reparaisait sans vigueur en F, augmentait vers le jaune, atteignait un second maximum en D et disparaissait à 2 millimètres au delà de D. Ces expériences montraient d'une manière évidente qu'une faible coloration par le rouge de naphthaline exerçait une action plus avantageuse qu'une coloration intense. Pour me rendre compte de l'intensité de coloration la plus avantageuse, j'ai ajouté à 40 c. c. du collodion bromé susmentionné 14 gouttes de la dissolution de rouge de naphthaline et à 40 autres c. c. du même collodion 7 gouttes de rouge de naphthaline; j'en ai préparé des plaques et je les ai exposées aux mêmes conditions de lumière le 7 décembre entre midi et 4 heure; la sensibilité se trouva être augmentée par dilution.

Pour voir si une dilution encore plus grande avait le même effet, j'ai préparé un collodion bromé additionné de 7 gouttes de rouge de naphthaline dans 80 c. c. de collodion. Il se trouva être encore plus sensible.

*Il est donc démontré que la sensibilité du collodion au bromure d'argent naphthalinisé, pour le jaune, le rouge, le vert et le bleu clair augmente avec le degré de dilution.*

En continuant la dilution au delà de celle que nous venons de mentionner en dernier lieu il n'en résultait aucun rehaussement ultérieur de la sensibilité.

Je dois remarquer ici qu'avec les couches fortement colorées, la sensibilité pour le jaune était inférieure à celle pour l'indigo (ligne G), mais que pour les couches peu colorées l'action du jaune surpassait nettement celle

du bleu, tout au moins quand on prolongeait l'exposition<sup>1</sup>, et en outre que le maximum de l'action dans le jaune et dans l'orange ne se trouve point à la place de la bande d'absorption de la dissolution étendue de la matière colorante, mais un peu plus du côté du rouge.

*b.* Rouge de naphthaline et chlorure d'argent.

J'ai examiné ensuite l'action exercée par le rouge de naphthaline sur le chlorure d'argent. Dans ce but et selon la méthode connue on a préparé des plaques avec une dissolution de 20 c. c. de collodion au chlorure de calcium à laquelle on avait ajouté 7 gouttes de rouge de naphthaline.

Ces plaques étaient douées d'une sensibilité bien plus grande que celles au chlorure d'argent pur. Tandis que ces dernières ne manifestaient aucune action après une exposition de 15 minutes le 7 décembre, le chlorure d'argent coloré en rouge donnait une image appréciable pour une exposition de même durée.

L'action produite, comme je m'y attendais, était la plus forte autour de D, s'affaiblissait subitement du côté du rouge et un peu moins vite du côté du vert; à cette place l'action était la plus faible, à partir de là elle reprenait un peu et disparaissait à 4 millimètres au delà de G.

Le collodion au chlore mélangé avec le quart de la quantité de la matière colorante a donné le même résultat, avec la seule différence que l'action était encore plus intense vers D et qu'elle disparaissait devant G.

<sup>1</sup> Je dois rappeler ici que l'action du bleu et de l'indigo atteint très-vite un maximum qui n'est pas dépassé lors même que la durée de l'éclairement se prolonge.

J'ai obtenu un spectre encore plus beau avec le même chlorure d'argent coloré en rouge le 24 mars à 4 heure 33 minutes, après une exposition de 9 minutes.

Quand on compare ces images avec l'action produite sur le chlorure d'argent pur, l'action exercée par la substance d'absorption ressort d'une manière frappante. Tandis que pour le chlorure d'argent pur la sensibilité est à son maximum dans le bleu, ce maximum se trouve dans le vert pour le chlorure d'argent coloré en rouge.

D'après cela ce dernier présenterait à peu près la même sensibilité que la rétine.

La substance d'absorption exerce la même action sur le chlorure et sur le bromure d'argent, elle rehausse la sensibilité pour le jaune.

*c.* Rouge de naphthaline et chlorobromure d'argent.

Des plaques ont été préparées avec un mélange formé de parties égales de collodion chloré et de collodion bromé avec 7 gouttes de rouge de naphthaline sur 80 c. c. de collodion. Le spectre produit tenait exactement le milieu entre celui du chlorure d'argent rouge et du bromure d'argent rouge.

*d.* Rouge de naphthaline et iodobromure d'argent.

Je n'ai fait qu'un petit nombre d'expériences avec l'iodobromure d'argent. Il était à prévoir que l'iodure d'argent, qui laisse passer le jaune avec grande facilité et qui pour cette raison est peu sensible pour cette couleur, ne manifesterait qu'imparfaitement l'action de la substance d'absorption. En effet, un iodobromure d'argent contenant un excès d'iode ne montrait aucune sensibilité pour le jaune. Cependant j'ai lieu de croire qu'elle viendrait

en évidence à la suite d'une exposition plus prolongée ; car M. Becquerel <sup>1</sup>, qui a répété mes expériences avec le collodion coloré, a obtenu des actions photographiques énergiques dans le rouge sur l'iodure d'argent à la place de la bande d'absorption de la chlorophylle qu'il avait ajoutée. Avec de l'iodobromure d'argent dans lequel le brome est en excès l'action du rouge de naphthaline est très-nette.

e. Rouge de naphthaline, iodobromure d'argent et nitrate d'argent.

Quand on expose à la lumière du bromure d'argent et de l'iodobromure d'argent sous une dissolution de nitrate d'argent, la sensibilité est considérablement augmentée ; c'est à cette cause qu'est due dans la pratique l'emploi de plaques *mouillées*. Les expériences spectrales nous apprennent que le rehaussement de la sensibilité par le nitrate d'argent ne se manifeste que partiellement, il n'a lieu que pour les rayons très-réfrangibles (voy. plus haut) ; pour les rayons peu réfrangibles, du jaune au rouge, le nitrate d'argent produit plutôt l'effet contraire.

Il devenait dès lors intéressant d'examiner si l'action du rouge de naphthaline serait encore efficace en présence de la dissolution de nitrate d'argent. Dans ce but des plaques ont été préparées avec une dissolution de 80 c. c. de collodion iodobromé à laquelle on avait ajouté 7 gouttes de rouge de naphthaline, puis sensibilisées dans le bain d'argent, exposées humides, enfin développées. Elles se comportaient un peu différemment selon la quantité d'iode employée.

Avec un collodion contenant 1 at. de bromure sur 5 at.

<sup>1</sup> *Comptes rendus*, 27 juillet 1874.

d'iodure il n'y avait aucune action appréciable dans le jaune, l'action la plus forte au contraire, qui coïncide ordinairement avec la ligne *g*, était repoussée beaucoup plus loin vers l'extrémité rouge du spectre et se trouvait à F. On sait que l'iodobromure d'argent pur donne une bande d'action énergique près de G (voy. plus haut), cette bande se retrouve également avec l'iodobromure coloré en rouge.

Quand c'est le brome qui domine dans le collodion, 7 at. de bromure sur 5 at. d'iodure, l'action s'étend déjà davantage, en présence du rouge de naphthaline, du côté du rouge. Si la proportion de brome est encore plus considérable l'action de la matière colorante ressort distinctement, surtout avec des plaques préparées avec le collodion bromé dans un bain d'argent contenant de l'iodure d'argent. Dans tout bain d'argent dans lequel on plonge des plaques préparées avec de l'iodure d'argent il se dissout d'abord un peu d'iodure d'argent. Quand le bain est presque saturé d'iodure d'argent, ce dernier se précipite, comme je l'ai montré il y a dix ans<sup>1</sup>, sur la couche de collodion pendant la préparation de nouvelles plaques. Cette réaction s'explique par le fait que la dissolution d'argent qui au commencement a pénétré dans la couche de collodion contenant de l'iodure de cadmium, perd dans la suite de l'argent en raison de la formation d'iodure d'argent ; mais elle perd par cela même la faculté de dissoudre de l'iodure d'argent et ce dernier se précipite. Lors donc qu'on plonge du collodion au bromure de cadmium dans un bain d'argent de cette nature, on n'obtient pas une couche de bromure d'argent pur,

<sup>1</sup> *Photogr. Mittheil.*, Jahrgang I, p. 32.

elle contient aussi de l'iodure d'argent. L'addition du rouge de naphthaline à une couche de ce genre augmente considérablement la sensibilité pour le jaune et l'orangé.

*f.* Rouge de naphthaline, nitrate d'argent et bromure d'argent.

Le collodion bromé coloré en rouge, dont il a été question plus haut (7 gouttes de rouge dans 80 c. c. de collodion), a été étudié au point de vue de la manière dont il se comporte sous une dissolution de nitrate d'argent.

Une plaque préparée dans un bain dépourvu d'iodure d'argent en liberté a été exposée humide et à côté on a exposé une plaque de bromure d'argent rougie et sèche préparée avec le même collodion.

Ces épreuves montrent que la dissolution de nitrate d'argent n'annule pas l'action d'absorption par la matière colorante, c'est-à-dire la sensibilité pour le jaune et le rouge, mais qu'elle la diminue notablement; d'autre part elle rehausse la sensibilité pour les rayons très-réfrangibles, comme nous l'avons déjà vu dans les expériences sur les sels haloïdes purs (sans matière colorante) (voy. plus haut, 1<sup>re</sup> partie).

*Expériences avec la rosaniline.*

*a.* Bromure d'argent et rosaniline.

Après les essais avec le rouge de naphthaline l'intérêt se portait naturellement sur l'action que produiraient d'autres matières colorantes du même genre. J'ai choisi en premier lieu la rosaniline. Cette substance, comme la précédente, n'est pas altérée par les acides étendus et produit une absorption analogue. Avec une concentration

moyenne l'absorption s'étend au delà de F, mais dans l'autre sens elle n'atteint pas D; ce n'est qu'avec des dissolutions très-concentrées qu'elle dépasse D et s'étend jusqu'à D  $\frac{1}{2}$  C, tandis que de l'autre côté elle croit beaucoup plus rapidement vers le bleu et le violet. Ce qui constitue une différence notable entre le rouge de naphthaline et la rosaniline, c'est que le premier en dissolution étendue éteint aussi le côté violet et que lorsque la concentration est plus grande l'absorption s'étend plus loin vers le rouge. Avec la rosaniline on n'observe pas d'absorption de ce genre à l'extrémité violette.

Pour préparer des plaques on s'est procuré deux collodions, dont l'un sur 80 c. c. contenait 7 gouttes d'une dissolution de 0,15 gr. de rosaniline dans 40 c. c. d'alcool, l'autre 7 gouttes de la même dissolution sur 240 c. c. de collodion.

Ces collodions montraient une grande sensibilité pour le jaune, qui surpassait celle pour le bleu. La différence est beaucoup moins prononcée que pour les deux degrés de coloration des plaques par le rouge de naphthaline. Celle qui était le moins colorée était seulement un peu moins sensible dans le vert à E.

Un fait remarquable est que pour toutes les plaques préparées avec le rouge d'aniline, le jaune, malgré l'action énergique, n'était pas entouré d'un champ lumineux, tandis que le bleu, dont l'action est bien plus faible, l'était. Ce champ lumineux semblable à une auréole se produit toujours sur les plaques photographiques autour des lumières qui exercent une action énergique. Avec le rouge de naphthaline il se présente aussi bien autour du champ jaune qu'autour du bleu. C'est une espèce d'irradiation qui en est la cause.

Ce point demande encore à être éclairci par de nouvelles expériences. La rosaniline nous réserve quelques difficultés, par la réaction qu'elle exerce sur le bain d'argent et qui donne lieu à des taches et à des stries. Les plaques doivent, pour cette raison, être préparées à la température la plus basse possible.

b. Bromure d'argent, rosaniline et nitrate d'argent.

Le collodion au rouge d'aniline, récemment sensibilisé et exposé sous une dissolution de nitrate d'argent, a donné un résultat tout semblable à celui obtenu dans les mêmes conditions avec des plaques de bromure d'argent préparées avec le rouge de naphthaline, c'est-à-dire que la sensibilité pour l'indigo et le bleu était notablement rehaussée par la présence du nitrate d'argent. La sensibilité pour le jaune paraissait au contraire amoindrie, bien qu'encore très-appreciable.

*Expériences avec le vert d'aniline.*

J'ai fait entrer dans le champ de mes essais deux matières colorantes vertes, le picrate de méthylrosaniline et le vert d'aldéhyde. Ces deux corps ont des propriétés optiques assez semblables, ce qui est une condition essentielle de succès et sont suffisamment indifférents en présence des produits chimiques employés dans la photographie.

Le vert de picrate en dissolution étendue absorbe le côté violet jusqu'à G  $\frac{1}{2}$  F, il produit en outre une forte bande d'absorption entre C et D et une plus faible en D. Quand la dissolution est plus concentrée, l'absorption des deux bandes s'accroît vers F; à une encore plus grande

concentration F même disparaît, ainsi que le rouge au delà de C.

Le vert d'aldéhyde en dissolution étendue produit une bande d'absorption simple dans le rouge. Quand la dissolution est plus concentrée, l'absorption s'étend vers F des deux côtés du spectre. L'absorption croît moins vers le rouge pour les deux espèces de verts par une augmentation de la concentration.

Des plaques ont été préparées avec un mélange de 16 c. c. de collodion au bromure de cadmium avec 2 c. c. d'une dissolution de vert de picrate saturée à l'aide de l'ébullition. Exposées au spectre, elles ont répondu à mon attente. Le 13 novembre, dans 15 expositions, elles ont indiqué une action énergique, qui augmentait du violet vers le bleu, se maintenait égale de G jusqu'à  $\frac{5}{4}$  GF, diminuait ensuite peu à peu, s'éteignait presque complètement à D et reparaisait ensuite de nouveau tout près de C. La sensibilité pour le jaune augmentait avec le degré de dilution. Un collodion contenant sur 20 c. c. 1 c. c. de dissolution de picrate, présentait, il est vrai, une diminution de sensibilité du bleu au jaune, mais l'action était beaucoup plus intense dans le jaune qu'avec le collodion plus coloré. Une dissolution plus étendue encore (40 c. c. de collodion sur 1 c. c. de picrate) n'a pas offert un rehaussement ultérieur de la sensibilité pour le jaune. Après cela j'ai entrepris le vert d'aldéhyde, avec lequel on a préparé les collodions suivants :

- |      |   |  |  |  |  |
|------|---|--|--|--|--|
| I.   | 20 <sup>cc</sup> collod. au brom. de cadm. et 40 gout. d'une dissol. sat. de vert d'ald. d's l'alc. |  |  |  |  |
| II.  | 20 <sup>cc</sup> id. id. 10 id. id.   |  |  |  |  |
| III. | 20 <sup>cc</sup> id. id. 5 id. id.  |  |  |  |  |

Le collodion le plus coloré n° 1 n'indiquait aucune augmentation de sensibilité dans le rouge. La sensibilité

diminuait peu à peu de G vers C. Les résultats étaient tout autres avec le collodion plus dilué n° II. Il y avait bien aussi une diminution, mais plus faible, entre G et D, par contre entre C et D on apercevait distinctement une bande où l'action était très-énergique<sup>1</sup>. Le collodion vert le plus étendu n° III a donné les mêmes résultats.

On voit d'après cela que jusqu'à une certaine limite les collodions moins colorés donnent de meilleurs résultats que ceux qui sont plus chargés en couleur.

Mélange de rouge de naphthaline et de vert d'aniline.

Quand on mélange le rouge de naphthaline avec le vert d'aldéhyde on obtient à une certaine proportion une liqueur d'un bleu superbe, ce qui s'explique très-facilement par la comparaison des spectres d'absorption de ces deux matières colorantes. Le rouge de naphthaline éteint le jaune et le vert d'aldéhyde l'orangé. La partie bleue du spectre reste dès lors dominante.

Partant de là j'ai mélangé 5 c. c. de collodion bromé et coloré par le rouge de naphthaline avec 16 c. c. de collodion bromé coloré par le vert d'aldéhyde (voy. plus haut III) et j'ai obtenu une liqueur bleue. Les plaques préparées avec cette liqueur ont présenté le 31 décembre 1870, après une exposition de treize minutes, une action qui s'étendait d'une part jusqu'à la ligne A et d'autre part jusqu'assez avant dans l'ultra violet; tandis qu'une

<sup>1</sup> Le peu de sensibilité pour le côté violet du spectre qu'ont montré les plaques préparées avec le vert d'aldéhyde, ne provient pas de la matière employée, mais de la faible action exercée par le violet le jour de l'observation (9 décembre 1873). Le 31 décembre 1874 à midi 42 minutes après une exposition de 13 minutes, l'action dans le violet est très-énergique et celle dans le jaune encore plus.

plaque préparée avec le vert d'aldéhyde dans la proportion du n° III n'a offert qu'une action moindre. La plaque dont nous avons parlé en premier lieu avait été exposée trop longtemps, l'action dans le violet et dans le jaune avait la même intensité et l'on apercevait des champs prononcés dans les deux parties. Les effets d'absorption ont été plus distincts avec une plaque exposée le 2 janvier 1874, on voyait à D et C des bandes où l'action était plus énergique. Cette plaque présentait l'action la plus forte en D, un second maximum en G et un troisième plus faible en C. L'action dans le jaune a été extraordinairement forte ce jour-là. Des plaques au rouge de naphthaline exposées au même moment ont aussi offert une action plus forte dans le jaune que dans le bleu.

Ces résultats prouvent évidemment que la clarté des différentes couleurs du spectre est sujette à des oscillations sur lesquelles nous reviendrons dans le chapitre suivant.

### III. *Action des pigments et des verres colorés. Rapports entre l'action chimique de la lumière, l'absorption et la dispersion anormale.*

Une erreur très-répandue dans le monde scientifique et photographique consiste à croire que l'action chimique, exercée par les pigments ordinaires et les couleurs du verre coloré, ressemble à un certain point à celle exercée par les couleurs spectrales. Bien que l'on ne méconnaisse pas que les couleurs des pigments ne sont jamais pures, on croit cependant être en droit d'admettre que l'action des couleurs des pigments correspond à l'action de la couleur dominante que notre œil perçoit. Depuis les recherches de Seebeck, Suckow, A. Vogel, Döbereiner et

d'autres, on sait que certaines actions chimiques de la lumière, telles que la formation d'acide chlorhydrique dans un mélange détonant de chlore et d'hydrogène, etc., etc., ne s'effectuent pas sous des verres rouges, mais bien sous des verres bleus. De plus les résultats de la photographie moderne nous montrent que les substances bleues se reproduisent très-souvent en blanc, les vertes, les jaunes et les rouges souvent en noir; ces faits donnent une certaine apparence de vérité à l'ancienne opinion. J'ai montré, il y a déjà quelque temps, en publiant dans mon traité de photographie un tableau des couleurs et sa photographie que cette manière de voir n'est pas exacte, et établi que certains pigments jaunes et rouges, comme le jaune de Naples, l'ocre jaune et la garance agissent assez fortement, certains bleus, comme l'indigo et le bleu de Prusse seulement faiblement sur des plaques photographiques, ce qui est exactement l'inverse de ce que produiraient les couleurs spectrales correspondantes. Ces résultats s'expliquent facilement par la composition optique des matières colorantes en question.

Les différences entre les couleurs spectrales et les couleurs pigmentaires ressortent d'une manière encore plus frappante quand on emploie pour recevoir l'image d'une table des couleurs les plaques de bromure d'argent ou de chlorure d'argent sensibles au jaune et au rouge qui ont été décrites plus haut. Si, ayant égard aux différences de sensibilité que présentent les différents sels d'argent, on a soin de choisir des durées d'insolation correspondantes, on obtiendra à peu près le même résultat quel que soit celui des trois sels, chlorure, bromure ou iodure d'argent, sur lequel on opère, que ce soit avec ou sans addition de couleurs, en d'autres termes, certaines espèces de bleu

comme l'outremer et le cobalt exercent l'action du blanc et certaines espèces de jaune et de rouge, comme le jaune de chrome, le minium et le cinabre se comportent comme du noir. Même la sensibilité plus développée de l'iodobromure d'argent pour le vert spectral ne jouit pas à beaucoup près de l'influence qu'on lui attribue pour reproduire les pigments verts et les feuilles, *quand l'insolation est de courte durée*, car une table de couleurs recueillie sur de l'iodure d'argent pur sous une couche de nitrate d'argent produit le vert tout aussi vif que l'iodobromure d'argent dans les mêmes circonstances. Ce n'est qu'à la suite d'insolations très-prolongées que les actions plus favorables du vert de l'iodobromure d'argent se manifestent clairement. On peut donc très-bien admettre *dans la pratique* que pour des plaques d'iodobromure d'argent humides, l'action des pigments colorés dépend essentiellement de la quantité d'indigo et de violet du spectre qu'ils renferment. Mais il paraît hors de doute que lorsqu'on opère avec une plaque de chlorure d'argent préparée au rouge de naphthaline, qui est notablement plus sensible pour le jaune spectral que pour le bleu spectral (voy. plus haut), l'action des pigments jaunes doit être plus intense et cependant elle ne l'est qu'à un faible degré. Ce fait s'explique facilement si l'on prend en considération la *clarté relative des couleurs spectrales*, qu'on laissait complètement de côté jusqu'à présent dans la comparaison de l'action qu'exercent les couleurs spectrales et les couleurs pigmentaires.

M. Vierordt <sup>1</sup> a déterminé récemment la clarté relative des différentes parties du spectre solaire et représente

<sup>1</sup> *Emploi de l'appareil spectral pour la mesure et la comparaison de l'intensité de la lumière colorée*, par M. Vierordt; Tubingen 1871.

par les proportions suivantes l'intensité de la lumière des différentes parties du spectre solaire :

à B	à C	entre D et E	à E	à F	à G	à H
2	12	100	37	12,8	0,8	0,07

D'après ces chiffres le rapport entre la clarté du bleu spectral à G et celle du jaune spectral à D serait à peu près comme 1 : 100.

Aucun pigment jaune ne présente une clarté relative aussi grande en comparaison de celle du bleu. Un jaune de chrome très-vif paraîtra à peine quatre fois plus clair qu'un riche bleu d'outremer et, d'après cela, une plaque qui serait juste aussi sensible pour le jaune spectral que pour le bleu spectral sera dans le même temps fortement affectée par un bleu d'outremer tandis qu'un jaune de chrome rapproché n'y produira qu'une faible impression, dans le cas qui nous occupe elle serait vingt-cinq fois plus faible. Par conséquent quand on se propose d'obtenir en même temps une action de pigments jaunes à côté de pigments bleus, il faut ou bien éclairer en se servant de verres jaunes appropriés qui atténuent suffisamment le bleu, ou bien rehausser la sensibilité pour le jaune de la préparation qui recouvre la plaque. Les résultats obtenus avec le chlorure d'argent coloré autorisent à espérer qu'on peut atteindre ce but.

Jusqu'à présent on n'a expérimenté que sur un petit nombre de matières colorantes. Ces recherches ont toutefois constaté le fait de l'action photographique des substances absorbantes, et de nouvelles expériences conduiront facilement à trouver des matières colorantes qui possèdent à un haut degré les propriétés voulues. Avec cela il ne faut cependant pas perdre de vue que les matières

colorantes qui seules peuvent être utilisées sont celles qui n'altèrent pas la couche de préparation photographique et qui exercent une influence favorable sur l'opération de réduction photographique.

Ce sujet présente un intérêt théorique en dehors de son importance pratique. Les expériences ont en effet constaté de la manière la plus complète la connexion, supposée d'abord par Herschel et Draper et reconnue ensuite par Schultz-Sellack, qui existe entre l'absorption et le procédé chimique; elles ont en outre élargi la notion qu'on en avait. M. Schultz-Sellack admet que les sels haloïdes d'argent ne sont modifiés chimiquement que par les rayons qu'ils absorbent en quantité appréciable. Mes expériences démontrent que *la faculté d'absorption optique des sels d'argent sensibles n'est pas seule à jouer un rôle dans la sensibilité pour la lumière des plaques photographiques, mais que la faculté d'absorption optique des substances qui sont mélangées avec eux intervient également dans le résultat.*

Ce qui reste encore une énigme, c'est qu'une augmentation de la quantité de la substance absorbante ajoutée ne détermine en aucune façon une augmentation de la sensibilité pour les rayons absorbés, mais quelquefois même le contraire, comme avec le rouge de naphthaline et quelques espèces de vert d'aniline.

Au premier abord la plus grande sensibilité de couches faiblement colorées paraît être un paradoxe. Je crois cependant pouvoir l'expliquer d'une manière satisfaisante.

Le bromure d'argent est déjà par lui-même sensible pour le bleu, le vert, le jaune et le rouge, mais cette sensibilité diminue peu à peu du bleu au rouge et cesse

complètement dans mes expériences à *a*. Quand on ajoute une matière colorante elle augmente aux endroits où apparaît une bande d'absorption. Qu'on suppose maintenant que cette couleur recouvre sous la forme d'une couche du bromure d'argent pur, ce dernier après l'insolation n'indiquera évidemment aucune réaction à la place de la bande d'absorption, parce que la lumière en question a été absorbée avant de pénétrer jusqu'au bromure d'argent.

Il en est à peu près de même quand des molécules de bromure d'argent sont enfermées dans une enveloppe de collodion fortement coloré; dans ce cas l'enveloppe absorbe la plus grande partie de la lumière, avant que celle-ci parvienne à la molécule de matière colorante qui est en contact immédiat avec le bromure d'argent. Cette dernière molécule de matière colorante n'entre par conséquent que faiblement en vibration. Mais il en est tout autrement quand la matière colorante est plus diluée; les rayons de lumière conservent dans ce cas encore assez de force après avoir pénétré au travers de la couche supérieure, pour imprimer une vibration énergique aux molécules inférieures de la matière colorante et en même temps au bromure d'argent contigu.

L'action de la matière colorante ne se manifeste pas seulement par une augmentation notable de la sensibilité pour la portion absorbée du spectre, mais aussi par une diminution notable de la sensibilité pour les rayons plus réfrangibles les plus rapprochés. Ainsi il ressort clairement de la description que nous avons donnée plus haut des plaques colorées par le rouge de naphthaline qu'elles sont beaucoup plus sensibles pour le jaune, par contre moins sensibles pour le vert et le bleu clair que le bro-

mure d'argent pur. Les plaques préparées à la rosaniline, au vert de picrate et au vert d'aldéhyde présentent des propriétés analogues.

Ce phénomène qui s'observe rarement est accompagné de la dispersion anormale décrite par M. Kundt<sup>1</sup> qui existe réellement dans les dissolutions des matières colorantes que j'ai employées, car l'indice de réfraction du côté de la bande d'absorption tourné vers le rouge était très-notablement rehaussé, tandis que celui de l'autre côté était sensiblement diminué.

A l'élévation de l'indice de réfraction correspond un rehaussement de sensibilité et à l'abaissement de l'indice de réfraction correspond une diminution de sensibilité, en sorte que *l'action chimique de la lumière paraît dépendre de la rapidité de la lumière dans les milieux excitables.*

J'avance cette hypothèse sous toutes réserves, ce sujet devant encore être éclairci par de nouvelles expériences.

Une autre particularité de l'augmentation partielle de la sensibilité pour les couleurs spectrales par les substances absorbantes, est que le maximum de sensibilité photographique qui en résulte ne coïncide pas exactement avec la bande d'absorption, mais se trouve repoussé un peu plus près du rouge.

C'est ce qu'on observe par exemple en comparant le spectre d'absorption de la rosaniline avec les spectres photographiques du bromure d'argent coloré par la rosaniline ou bien les spectres d'absorption du vert de picrate et du vert d'aldéhyde avec les spectres des plaques photographiques de la même coloration.

D'ailleurs ce phénomène ne présente rien d'extraordi-

<sup>1</sup> *Pogg. Ann.*, CXLII, p. 163; CXLIII, p. 259; CXLIV, p. 128.

naire depuis que nous savons par les expériences de M. Kundt, que la bande d'absorption n'a pas une position constante, mais qu'elle avance d'autant plus vers l'extrémité rouge du spectre que la dispersion de la substance non absorbante qui a été ajoutée est plus grande<sup>1</sup>. J'ai observé les bandes d'absorption dont il a été question plus haut dans une dissolution alcoolique, tandis que l'absorption dans les plaques a lieu dans la couche de collodion plus réfrangible.

Il est très-probable que dans cette disposition le pouvoir d'absorption des sels haloïdes d'argent *purs* éprouve déjà une modification et cela expliquerait le fait décrit par M. Schultz-Sellack que l'absorption de l'iodure d'argent pur s'arrête tout près de G, tandis que le maximum du spectre photographique de l'iodure d'argent se trouve un peu plus du côté du rouge.

Les résultats de ce travail ne permettent guère de conserver la distinction admise jusqu'à présent entre les rayons chimiquement actifs et les rayons inactifs; tout au plus pourrait-il être question à l'avenir de rayons plus ou moins actifs au point de vue chimique.

La distinction de M. Becquerel entre *rayons excitateurs* et *rayons continueurs*<sup>2</sup> n'est plus soutenable non plus, comme je l'ai d'ailleurs déjà montré dans une précédente occasion<sup>3</sup>.

Lorsque dans les expériences de M. Becquerel la lumière jaune et la lumière rouge continuaient l'action de la lumière bleue sur du chlorure, bromure et iodure d'argent, cela tenait uniquement à ce que l'éclairement préa-

<sup>1</sup> *Pogg. Ann. Jubelband*, p. 615.

<sup>2</sup> *Ann. de Ch. et de Ph.*, nov. 1843.

<sup>3</sup> *Berichte der deutschen chem. Gesellsch.* 6<sup>me</sup> année, p. 1498.

lable avec de la lumière bleue ou avec de la lumière blanche avait modifié chimiquement la couche sensible et avait ainsi accru le pouvoir d'absorption de cette couche pour les rayons jaunes et pour les rayons rouges.

Du reste M. Becquerel, plus récemment, s'est rangé lui-même à cette opinion, car à l'occasion de l'interprétation de mes expériences sur le collodion coloré, qu'il a répétées, il ajoute l'observation suivante : *Cette action d'une matière colorante très-mince, qui enveloppe un corps chimiquement impressionnable, montre que peut-être les substances insolées préalablement comme l'iodure, le bromure et le chlorure d'argent, ne deviennent sensibles à l'action des rayons les moins réfrangibles que par un changement dans la coloration ou dans l'état de leur surface, le pouvoir absorbant de cette surface pour les différents rayons du spectre se trouvant alors changé*<sup>1</sup>.

### CONCLUSIONS

1. Le chlorure d'argent, le bromure d'argent et l'iodure d'argent ne sont pas sensibles seulement pour les rayons très-réfrangibles du spectre solaire, mais aussi pour les rayons peu réfrangibles, toutefois à un beaucoup moins haut degré pour ces derniers.

2. La sensibilité des sels haloïdes d'argent pour différentes couleurs spectrales, ne dépend pas uniquement du pouvoir absorbant optique pour les rayons en question, mais aussi du pouvoir d'absorption optique des corps qui se trouvent mélangés avec eux.

3. Les substances colorées qui favorisent l'acte de réduction photographique et qui absorbent certaines cou-

<sup>1</sup> *Comptes rendus*, 27 juillet 1874.

leurs spectrales, quand elles sont convenablement employées, rehaussent considérablement la sensibilité des sels d'argent pour les rayons absorbés. Par ce procédé on peut augmenter d'une manière notable la sensibilité des sels d'argent pour les rayons rouges, jaunes et verts.

4. Des mélanges de différentes matières colorantes se comportent comme la réunion de chacune prise isolément.

5. Certains corps incolores (comme le nitrate d'argent, la morphine) qui favorisent la réduction photographique modifient aussi d'une manière notable la sensibilité des sels d'argent pour les couleurs.

6. L'action photographique des corps absorbants est dans une certaine relation avec la dispersion anormale, car l'augmentation ou la diminution de l'indice de réfraction est accompagné d'un rehaussement ou d'un abaissement simultanés de la sensibilité.

Les corps tout à fait indifférents qui exercent une influence sur l'indice de réfraction, comme le collodion, par exemple, déplacent par conséquent à la fois et la bande d'absorption et la place où l'action photographique est la plus forte.

7. La couleur réfléchie des pigments colorés exerce une action très-différente de celle des couleurs spectrales; cette différence n'est pas due seulement à la composition optique des couleurs des pigments; mais aussi à leur moindre clarté.

C'est pour cette raison que les couleurs pigmentaires rouges et jaunes n'exercent qu'une action faible sur des plaques photographiques très-sensibles pour le vert, le jaune et le rouge du spectre.

# OBSERVATIONS RADIOMÉTRIQUES

PAR

**M. le prof. E. WARTMANN.**

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève,  
dans sa séance du 2 mars 1876.)

---

Les radiomètres dont je me suis servi m'ont été adressés par M. le D<sup>r</sup> H. Geissler, de Bonn. Ils sont formés de quatre palettes semblables de forme, supportées verticalement par des bras métalliques horizontaux, qui s'entrecroisent à angles droits pour embrasser une petite chape de verre pivotant sur une pointe d'acier. Le tout constitue un léger moulinet qui tourne avec la plus grande facilité dans une enveloppe sphérique de verre où on a fait le vide. Aux extrémités d'un même diamètre, l'observateur voit à gauche une surface blanche qui paraît métallique, et à droite une surface noire.

Dans l'un de mes instruments, que je désignerai par A, les palettes sont carrées : elles ont treize millimètres de côté et sont fixées par leur diagonale au bras de levier. Elles paraissent formées de lamelles extrêmement minces superposées, probablement de mica. Une face est restée nue, et laisse voir par transparence une feuille d'argent qui adhère à l'autre face et qu'on a recouverte extérieurement de noir de fumée mat. De l'angle le plus éloigné jusqu'au centre de rotation, on compte vingt-sept millimètres. La sphère de verre mince, qui enferme le moulinet, est large de sept centimètres.

L'autre radiomètre, que j'appellerai B, a des palettes plus petites. Ce sont des disques circulaires de mica, ayant six millimètres de diamètre et dont le reflet métallique est très-brillant. Le noir de fumée paraît avoir été appliqué au pinceau en couche un peu plus épaisse que sur les palettes de A.

Les deux moulinets tournent plus ou moins rapidement quand on les expose à l'action des flammes, d'un métal incandescent, ou de la chaleur obscure provenant d'une source à haute température. La face noire est repoussée : c'est une rotation *directe*.

Il en est de même quand la radiation n'agit que sur les faces noires des palettes.

Au contraire, il s'établit une opposition complète entre A et B lorsqu'après avoir masqué les faces noires on expose les autres au soleil. Tandis que A persiste dans une rotation directe moins rapide, B en offre une *inverse* tout aussi accentuée.

Pour obtenir de A cette rotation inverse, il faut concentrer les rayons solaires à l'aide d'une lentille, de telle sorte que le foyer atteigne les faces nues, soit directement, soit par réflexion contre la surface intérieure de l'enveloppe de verre, qui joue le rôle de miroir sphérique concave. Dans des conditions favorables, cette rotation peut devenir presque aussi rapide qu'elle l'était dans le sens direct sans concentration. Il est nécessaire d'abriter les faces noires contre toute influence du dehors.

Lorsqu'on expérimente sur B avec une source moins puissante, telle qu'une spirale de platine portée à l'incandescence, ou une lampe modérateur dont la flamme est à la hauteur du plan horizontal des bras du moulinet, la rotation inverse ne s'établit que lentement et avec discon-

tinuité sans le secours d'une lentille ; mais on la réalise aisément par l'emploi de deux sources qui agissent en sens opposé sur les faces nues situées aux extrémités d'un même diamètre, tandis que les faces noires sont dans l'ombre d'un écran.

Si on éloigne la source ou qu'on diminue son énergie, le mouvement du moulinet s'opère par saccades. La vitesse est maximum lorsque le plan de la palette est perpendiculaire à la ligne de plus courte distance au foyer rayonnant. Cette vitesse diminue avec l'obliquité croissante de la palette repoussée, puis s'accélère à l'instant où la suivante reçoit à angle droit l'effluve calorifique.

Sur les deux faces opposées d'une même palette de B, on concentre, à l'aide de lentilles semblables de cent huit millimètres d'ouverture, les rayons provenant de deux lampes modérateurs de même calibre. En variant la distance de l'une d'elles, on arrive à neutraliser complètement leurs influences antagonistes. L'action exercée sur la face noire est alors 11,9 fois plus faible que celle dont le siège est la face blanche ; d'où suit que *pour produire l'équilibre il faut que l'intensité des pressions soit en raison inverse du pouvoir absorbant*. La moindre variation dans la distance ou l'énergie des lampes rétablit le mouvement.

Dans un plan horizontal et concentriquement à l'axe d'un radiomètre, on présente au moulinet un anneau de fer, ayant trente centimètres de diamètre et chauffé au rouge. Les palettes tournent immédiatement avec une rapidité qui devient très-grande lorsque le plan des bras qui les supportent se confond avec celui de l'anneau. La vitesse produite est la même pour des distances égales de l'anneau au-dessus ou au-dessous de ce plan.

Lorsque l'anneau refroidi n'émet plus de lumière, si on le présente verticalement à une palette nue de B, on peut obtenir une faible rotation inverse. Je ne suis pas parvenu à la produire sur A, qui a toujours tourné dans le sens direct.

Les radiomètres ont été disposés au sein d'une caisse noircie, percée d'un orifice supérieur. A l'aide du miroir d'un porte-lumière, on y a fait pénétrer un mince faisceau linéaire de lumière solaire, réfléchi verticalement dans une orientation parallèle au plan des palettes. Celles-ci ont toujours été affectées d'une rotation directe, que le faisceau fût dirigé devant la face blanche ou la face noire : dans ce dernier cas, le mouvement paraît être plus rapide.

Si au soleil on substitue une forte lampe modérateur voisine du miroir, les moulinets exigent pour tourner que les rayons réfléchis soient rendus convergents par une lentille.

L'interposition d'une plaque d'alun très-transparente affaiblit dans une forte proportion l'effet d'une bonne lampe sur A et sur B.

Les deux radiomètres sont insensibles aux plus volumineuses étincelles d'une bobine de Ruhmkorff ou d'une machine de Holtz, qui se succèdent tout près de leur enveloppe ou contre sa paroi. Mais les palettes sont nettement attirées par l'approche d'un corps électrisé, tel qu'un bâton de gomme laque.

Dans le champ magnétique d'un électro-aimant de grande puissance, les moulinets subissent les effets ordinaires de l'induction. Par la clôture du circuit de la pile, on arrête immédiatement B et un peu moins vite A.

Placé dans de l'eau à 12°, au sein d'un vase cylin-

drique de verre ayant treize centimètres de diamètre, A s'est comporté comme dans l'air, mais sa rotation était plus lente sous les mêmes influences.

Le radiomètre B a présenté la rotation inverse quand on a concentré sur une palette nue, à l'aide d'une lentille, le rayonnement d'une forte lampe modérateur.

En chauffant jusqu'à 60° l'eau qui baigne les instruments on laisse les moulinets immobiles <sup>1</sup>.

Si on dispose les radiomètres au-dessus d'un foyer de chaleur, tel qu'une flamme d'alcool, surmonté d'une cheminée dont l'axe coïncide avec celui de l'appareil, l'état de repos ou de mouvement du moulinet n'est point modifié par l'élévation uniforme de la température. La rotation produite par une lampe dont le rayonnement atteint les palettes perpendiculairement à leur surface n'est ni accélérée, ni retardée.

Toutefois, quand le courant ascendant d'air chaud a élevé la température de A jusqu'à fusion de la cire à cacheter qui protège la pointe terminale supérieure de l'enveloppe, le moulinet se déplace un peu avec de nombreuses intermittences, et finit par prendre une faible rotation directe. Cette rotation s'arrête brusquement dès qu'on éloigne la source calorifique, puis se renverse avec lenteur pendant les premières phases du refroidissement.

La différence que présentent les marches dans les deux radiomètres ne saurait résulter de l'inégale superficie de leurs palettes. Il me paraît qu'au sein de B le vide n'est pas tout à fait poussé aussi loin que dans A. De plus les surfaces blanches des palettes de B ont un poli et un

<sup>1</sup> Cette expérience et les suivantes ont été faites avec le concours de M. Casimir de Candolle.

éclat supérieurs à ceux des palettes de A ; leur pouvoir réfléchissant doit être plus considérable.

Ces diverses expériences paraissent confirmer l'opinion qui attribue les mouvements des moulinets aux dilatactions de corps gazeux sous de très-faibles pressions. Après avoir exposé B dans un grand nombre de cas à l'action de faisceaux convergents, j'ai vu se déposer peu à peu sur plusieurs portions de la surface interne du verre une couche très-mince et à peine visible, ressemblant à des cristaux formés par une lente évaporation. Plus tard, j'ai concentré des rayons solaires trop chauds sur une des palettes. Celle-ci s'est écaillée : la couche argentée portant le noir de fumée s'est partiellement séparée du mica. En même temps, la sphère s'est remplie d'une vapeur grisâtre, et le radiomètre, perdant sa sensibilité, se trouve presque dans la condition du point neutre dont parle M. Crookes (*Proceedings of the Royal Society*, tome XXIII, page 276). On ne peut plus obtenir un rotation quelconque, directe ou inverse, qu'en plaçant les palettes au foyer d'une lentille qui concentre un large faisceau de lumière solaire. Je pense que les matières qui se sont ainsi séparées du moulinet proviennent des substances qui ont servi à faire adhérer le noir ou peut-être l'argent. On sait, en outre, que le noir pulvérulent est doué d'un pouvoir d'absorption pour divers gaz. Il faudrait, pour avancer la solution du problème, étudier l'allure d'un moulinet dont les palettes métalliques seraient parfaitement décapées d'un côté, et noircies de l'autre par oxydation ou sulfuration.

Genève, février 1876.

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

---

## ASTRONOMIE.

P. TACCHINI. — IL PASSAGGIO DI VENERE, etc. LE PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL DU 9 DÉCEMBRE 1874, observé à Muddapur (Bengale). Palerme, 1875.

Vers la fin de 1873, le ministre de l'instruction publique du royaume d'Italie consulta M. le professeur Tacchini sur la convenance de former une expédition scientifique, pour prendre part aux travaux entrepris en vue de l'observation du passage de Vénus de l'année suivante par les gouvernements des grands pays d'Europe et d'Amérique. Bientôt après la résolution fut prise d'exécuter ce projet, et le livre que nous avons sous les yeux nous raconte les préparatifs de l'expédition, le choix de son personnel, la description des instruments et de la station, puis le voyage aux Indes, l'établissement à Muddapur, l'installation des observateurs et de leurs appareils, leurs travaux préliminaires, enfin le détail et les résultats des observations. Nous allons suivre rapidement l'auteur dans le récit très lucide et très circonstancié qu'il nous donne de son ouvrage.

Les ambitions des astronomes italiens sont très limitées ; leur personnel et leur matériel peu nombreux. Aussi l'expédition de 1874 leur paraît-elle surtout destinée à discuter les meilleurs procédés d'observation, et comme une expérience en grand pour préparer l'observation définitive de 1882. La grande habileté que possèdent plusieurs d'entre eux dans l'usage du spectroscope, pour étudier la physique solaire, leur fait mettre une importance majeure à comparer le pro-

cédé ordinaire pour observer les contacts au moyen de lunettes, avec le procédé usant dans le même but de ce nouvel instrument, dont ils ont déjà su tirer un si grand parti pour d'autres phénomènes. Nous ne trouverons dans leur compte rendu aucune conclusion relative au but final et essentiel des missions envoyées dans les diverses régions de l'autre hémisphère, savoir la détermination de la parallaxe solaire : mais bien des discussions intéressantes sur les meilleurs modes d'observation et sur les diverses manières d'apprécier le bord du soleil et la grandeur de son disque.

Outre M. Tacchini, le personnel de la mission italienne devait se composer du P. Secchi, de M. le professeur Dorna de Turin et de M. Abetti de Padoue. Le P. Secchi, entravé par sa santé, dut renoncer à ce projet. A son défaut, M. Tacchini obtint le concours volontaire de M. Carlo Morso de Palerme, et il trouva aux Indes celui du P. Lafont, domicilié à Calcutta, et qui le rejoignit à la station choisie. Un jeune mécanicien de Padoue, M. Cagnato, fut aussi enrôlé pour l'expédition.

Le choix de la station où s'établir résulta de diverses circonstances et des indications recueillies par M. le consul Lamouroux, à Calcutta. Afin de répartir le plus possible les chances de réussite, et de ne pas se trouver trop près de missions déjà fixées sur l'emplacement qu'elles occuperaient, il fut décidé de transporter les instruments d'observation à Muddapur, station du chemin de fer de Bombay à Calcutta, à quelques soixante lieues au nord-ouest de cette dernière capitale. L'embarquement se fit à Venise le 16 octobre, et après diverses vicissitudes de voyage, obligeant nos astronomes à modifier leur itinéraire, ils arrivèrent à destination le 15 novembre au soir, après avoir débarqué à Bombay le 11.

Le matériel d'observation suivit deux jours plus tard avec les baraques destinées à l'abriter. Aussitôt tout fut mis en œuvre pour organiser les diverses installations, dont le mémoire que nous analysons donne plan et croquis fort bien

réussis. Il donne aussi la vue du bungalow, loué pour l'habitation des observateurs.

Il fut entendu que pour le jour du passage, MM. Tacchini et Abetti se serviraient du spectroscopie pour l'observation des contacts, et que MM. Dorna, Lafont et Morso emploieraient des lunettes ordinaires. En attendant l'événement et une fois les instruments montés, toutes les observations astronomiques furent soigneusement suivies pour s'y préparer. Ces travaux furent favorisés d'un temps presque constamment clair et propice, répondant à toutes les espérances fondées sur le climat de Muddapur, lorsque le 7 décembre les apparences changèrent et donnèrent aux astronomes les plus fâcheuses appréhensions. Le 8 le ciel était entièrement couvert le matin, et le soleil ne se montra ensuite que par intervalles. La nuit se passa dans une grande anxiété : néanmoins tout était prêt pour les instants critiques du lendemain, calculés de nouveau avec soin par deux des membres de la mission pour la station qu'elle occupait, et dont les coordonnées géographiques avaient été déterminées aussi exactement que possible, par  $24^{\circ} 17' 1''$  de latitude nord et  $5^{\text{h}} 46^{\text{m}} 43^{\text{s}},5$  est de Greenwich.

Lorsque arriva l'instant prévu pour le premier contact de la planète avec le soleil, vers sept heures et demie du matin, les deux observateurs armés de spectroscopes et qui avaient la perspective de pouvoir le constater avec beaucoup plus d'exactitude que les autres, puisqu'ils devaient apercevoir le disque de la planète empiéter sur la chromosphère, ne virent rien du tout à cause des vapeurs de l'atmosphère. Les trois autres notèrent l'instant où le disque du soleil leur parut déformé, et leur instrument leur en donna la possibilité malgré les vapeurs. Mais on sait que cette observation-là, faite par les moyens ordinaires, ne peut offrir qu'une approximation très insuffisante, vu le mouvement très lent de la planète, et les résultats en font foi.

Pour le second contact (intérieur), les circonstances sont infiniment plus favorables, et les trois observateurs, munis

de lunettes, notèrent des instants concordant beaucoup mieux entre eux ; mais les deux autres eurent la même male chance qu'au premier et ne virent rien, faisant ainsi l'expérience que les conditions atmosphériques sont plus difficilement satisfaites pour l'emploi du spectroscopie que pour celui de lunettes ordinaires. Dans l'intervalle entre les deux contacts, profitant de quelques éclaircies, M. Tacchini avait constaté sur le spectre de son instrument une bande d'un noir mat, bien définie, correspondant à la présence de la planète dans le champ, et lui donnant la certitude de la possibilité de pratiquer son observation ainsi qu'il l'avait projeté. Mais les vapeurs interposées y mirent un empêchement absolu.

Pendant la durée du passage, et à diverses reprises, le temps étant devenu serein, M. Tacchini faisant entrer le disque de Vénus derrière la fente rétrécie du spectroscopie, constata et fit constater par son collègue, M. Abetti, que le spectre solaire, au moment de l'entrée et à celui de la sortie, subissait quelques légères modifications, paraissant s'obscurcir autour de la raie C et près de B, c'est-à-dire à la place des deux bandes telluriques connues. Ce phénomène, qui produisait comme deux zones pâles dans cette région, n'était pas instantané, mais durait quelque peu, soit environ un quart de seconde dans la zone de la raie C. Cette apparence est probablement due à l'atmosphère de la planète, composée d'éléments pareils à la nôtre et capables de produire dans ce spectre des altérations analogues.

Quoique la pureté du ciel fût loin d'être parfaite, l'observation du troisième contact put être faite par les cinq astronomes. De même celle du quatrième, après lequel M. Tacchini constata encore la présence de la planète sur la chromosphère pendant environ deux minutes et demie.

Il est inutile de reproduire ici le tableau des instants observés par les cinq astronomes pour les divers contacts des deux astres. Ils pourront servir aux grands calculs d'ensemble encore en cours d'exécution et destinés à déterminer la

parallaxe solaire. Nous nous bornerons à relever les conséquences qu'en tire notre auteur sur les conditions nécessaires à une bonne observation de passage et sur les questions relatives aux variations du diamètre solaire, dont il sera essentiel de tenir compte dans la discussion générale des documents rapportés par les diverses expéditions scientifiques après l'événement du 9 décembre 1874.

Il a déjà été rendu compte dans ce recueil<sup>1</sup> des travaux exécutés par le P. Rosa au Collège romain, et tendant à démontrer l'existence d'inégalités dans le diamètre solaire ne correspondant à aucune cause connue, ni à aucune loi établie. Les conclusions de cet astronome, trop tôt enlevé à la science, basées sur des observations en nombre trop restreint, ont été contestées par d'autres auteurs. Sans partir des mêmes bases, et usant d'autres procédés, la discussion actuelle apporte de nouveaux éléments dans la question et en augmente sérieusement l'importance.

On peut se demander, en effet : Jusqu'à quel point la chromosphère entre-t-elle comme composante dans le disque brillant du soleil ? les dimensions de ce disque seront-elles les mêmes, vues avec une lunette ordinaire ou avec un télescope ? observées avec des instruments analogues, mais dans des lieux différents, ces dimensions ne subissent-elles pas aussi des variations ?

Le fait que les deux observateurs munis de spectroscopes à Muddapur ont observé le troisième contact des deux disques plus de deux minutes avant leurs collègues, qui observaient suivant le procédé ordinaire, a donné beaucoup de force à la présomption que les diamètres du soleil peuvent varier avec les procédés d'observation. La différence entre les deux instants est assez notable pour qu'on puisse présumer en retrouver la trace dans des circonstances ordinaires, en dehors des passages de Vénus.

On a déjà attiré l'attention sur l'influence du lieu d'obser-

<sup>1</sup> *Archives*, novembre 1874, vol. I.I, p. 259.

vation sur la valeur de cet élément : en comparant des observations méridiennes du soleil, faites à Greenwich et à Washington à diverses époques, entre les années 1846 et 1871, on trouve des désaccords réels entre les temps observés et les nombres donnés dans le *Nautical Almanach* pour la durée du passage du demi-diamètre solaire, et ces désaccords ne sont pas les mêmes pour les deux lieux. Les différences entre le diamètre vu au spectroscope et le même diamètre vu par le procédé ordinaire sont d'un ordre un peu supérieur. M. Tacchini, avec ses collègues MM. Dorna et Abetti, s'occupa immédiatement de le constater à Muddapur du 5 au 18 décembre, et une série d'études faites à Palerme<sup>1</sup> au mois d'août 1875, conjointement par MM. Tacchini, Secchi, Dorna et Rayet, est venue confirmer cette prévision. Sur quinze séries d'expériences, faites pendant ce laps de temps, le demi-diamètre spectral ressort en moyenne de 0',124 plus petit que le demi-diamètre méridien observé, qui oscille de quantités plus faibles, tantôt en plus, tantôt en moins, autour du demi-diamètre de l'éphéméride.

Ces séries, non plus que les nombres déduits de l'observation du passage de Vénus, ne sont point suffisantes pour asseoir quelque loi positive sur la matière, mais elles doivent servir d'impulsion aux recherches des astronomes, en leur indiquant un sujet de sérieux intérêt. M. Tacchini réclame pour cette étude le concours des grands observatoires, croyant, en ce qui le concerne, que l'observation du passage du soleil au méridien se ferait avec plus de précision au moyen du spectroscope. L'inconvénient concomitant est que ce procédé exige une atmosphère plus pure que le procédé ordinaire et que par conséquent il réussira plus rarement.

Quel que puisse être le bien fondé de ces présomptions, il en ressort un nouvel élément d'incertitude dans les conclusions à tirer des documents rapportés par les diverses missions envoyées dans l'autre hémisphère en 1874 pour

<sup>1</sup> Memorie degli Spettroscopisti Italiani, vol. IV, p. 118.

observer le passage de Vénus. Si le disque du soleil varie avec le lieu de l'observation, avec le procédé et l'instrument employés à cet effet, il y aura lieu de ne comparer que les observations faites autant que possible dans des conditions analogues, et il faudra tenir compte de ce nouveau point de vue dans la discussion définitive des données du grand problème dont la solution a occasionné et occasionnera encore tant de labeurs : la détermination de la parallaxe solaire.

E. G.

---

AIRY. OBSERVATIONS SPECTROSCOPIQUES DE L'OBSERVATOIRE DE GREENWICH. (*Monthly Notices*, tome XXVI, p. 27. — *Naturforscher*, 1876, n° 5.)

M. Airy a communiqué, le 12 novembre 1875, à la Société astronomique de Londres les résultats des études spectroscopiques qui se poursuivent à l'observatoire de Greenwich depuis l'installation d'une section d'astronomie physique. Ces observations ont eu surtout pour objet la détermination du mouvement des étoiles déduite du déplacement des lignes spectrales de ces étoiles. Elles ont porté généralement sur la ligne F en comparant sa position dans le spectre de l'étoile avec celle qu'elle occupe dans le spectre de l'hydrogène. Les mesures ont été corrigées dans chaque cas du déplacement de l'observateur dans la direction de l'étoile par suite du mouvement de la Terre. La valeur de la vitesse de la lumière, prise comme base de ces observations, est de 185,000 milles anglais par seconde.

Nous donnerons dans le tableau qui suit les résultats obtenus en nous bornant aux observations faites depuis le 31 mai 1875, les seules que M. Airy estime être dignes de confiance. Le mouvement des étoiles qui s'éloignent de la Terre est indiqué par le signe +, celui des étoiles qui se rapprochent par le signe —.

Étoile.	Date.	Vitesse du mouvement en milles anglais à la seconde.
Vega . . . . .	1875 Juin 25	— 48
	» 26	— 16
	Juillet 8	— 39
	» 12	— 47
	» 29	— 38
	» 31	— 54
	Août 30	— 50
	Sept. 3	— 29
$\alpha$ d'Andromède . . . . .	Juillet 29	— 15
	Août 4	— 7
	» 30	— 29
Regulus . . . . .	Mai 31	— 44
$\gamma$ de la Grande-Ourse . . . . .	» 31	+ 62
$\eta$ idem . . . . .	Juin 11	+ 37
	» 25	— 65
	Juillet 12	— 44
$\alpha$ de la Couronne . . . . .	Juin 25	— 119
$\alpha$ d'Ophiucus . . . . .	» 25	— 26
	Juillet 12	+ 154
$\alpha$ du Cygne . . . . .	» 29	+ 58
	» 31	— 70
	Août 2	— 53
	» 30	— 32
$\alpha$ de Pégase . . . . .	Juillet 29	— 10
	Août 4	— 20
	» 30	— 66

On voit que les vitesses obtenues à des dates rapprochées pour une même étoile varient en valeur absolue dans des proportions considérables et même changent de sens. M. Airy ne cherche point à expliquer ce singulier résultat, qui pourrait, ce nous semble, jeter des doutes très graves sur la valeur du procédé employé.

Le même travail contient encore les mesures des lignes obscures du spectre d'Aldébaran, de  $\delta$  de la Vierge et de la planète Mars. Dans le spectre d'Aldébaran, on a reconnu une ligne du sodium, six lignes du fer, une du magnésium et une de l'air. Dans le spectre de Mars on a constaté des lignes de l'hydrogène, du calcium, du fer, du titane, du sodium, de l'air, du chrome et du magnésium.

## PHYSIQUE

D<sup>r</sup> E. EBERMAYER. — DE L'INFLUENCE DES FORÊTS SUR LES CLIMATS <sup>1</sup>.

Pour étudier la question si complexe de l'influence des forêts sur les climats, on a établi depuis quelques années en Saxe, en Suisse (dans le canton de Berne), en France et plus récemment en Bavière des observatoires météorologiques spéciaux. Dans chacun d'eux, il y a une double série d'observations : l'une faite sous bois, l'autre hors bois à une certaine distance de la première et placée d'ailleurs autant que possible dans les mêmes conditions. En Bavière, ces observatoires de météorologie forestière sont au nombre de sept, bien distribués de manière à caractériser les différentes régions naturelles du sud de l'Allemagne : ainsi il y en a un dans le Palatinat, un près des frontières de la Bohême, un au pied des Alpes, etc.

M. le D<sup>r</sup> Ebermayer, qui en a la direction générale, a publié, en 1873, les résultats des premières années d'observation. En voici un résumé :

I. *Température du sol sous bois et hors bois.*

Pour l'ensemble de l'année, la température moyenne du sol est moins élevée sous bois que hors bois. C'est au printemps et surtout en été que la différence entre la température du sol sous bois et celle hors bois est la plus grande : pendant l'été, elle atteint 4° centig. à 60 centim. de profondeur. Par contre, la différence devient très faible en automne et disparaît complètement en hiver.

La température moyenne du sol diminue à mesure que

<sup>1</sup> Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden, begründet auf die Beobachtungen der forstlichen meteorologischen Stationen im Koenigreich Bayern, von Prof. D<sup>r</sup> Ebermayer. — Vol. I avec atlas. Berlin, chez Wiegandt, Hempel et Parey, 1873.

l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer, mais plus à ciel ouvert que sous le couvert des forêts. En Bavière, la diminution est de 1° centigr. par 171 mètres de hauteur à ciel découvert et de 1° centigr. par 198 mètres dans les forêts<sup>1</sup>.

Les forêts modèrent les variations de la température du sol, mais bien plus en diminuant les maxima qu'en augmentant les minima. Sous leur abri, les variations de température se font sentir à une moins grande profondeur, et d'autant moins grande que l'élévation au-dessus du niveau de la mer est plus considérable.

## II. *Influence des forêts sur la température de l'air.*

Elle a les mêmes caractères que leur influence sur la température du sol, quoique moins prononcés; elle abaisse sa moyenne de l'année de 10 % (9°,76 hors bois et 8°,78 sous bois). Elle tempère les extrêmes, mais bien plus en abaissant les maxima de l'été qu'en élevant les minima de l'hiver.

En été, et surtout au milieu du jour, l'air étant moins chaud dans les forêts qu'à l'extérieur, il y a tendance à la formation d'un courant d'air qui répand cet air frais autour des forêts.

La nuit, l'inverse a lieu.

Ce sont, en petit, des courants analogues à ceux que nous observons sur les rives des lacs et sur les côtes de la mer.

## III. *Température des arbres dans les forêts.*

La température des arbres (déterminée au moyen de thermomètres qui pénètrent jusqu'au milieu de leur tronc, les uns placés à hauteur d'homme, les autres près de la

<sup>1</sup> La diminution de la température moyenne du sol est moins rapide que celle de l'air, à mesure que l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer. Dans le Spessart, M. Ebermayer a constaté une diminution de 1° par 128 mètres de hauteur pour la température de l'air hors bois. Cette diminution est plus lente en hiver (141<sup>m</sup>, qu'en été (98<sup>m</sup>). Ces chiffres, qui paraissent faibles, ont été obtenus en comparant les moyennes d'Aschaffenburg avec celles de Rohrbrunn.

couronne) représente une moyenne entre celle de l'air ambiant et celle de la terre où plongent leurs racines.

En été et de jour, la température de l'intérieur des troncs est d'autant plus basse comparativement à celle de l'air ambiant que le tronc est plus épais, que l'écorce conduit moins bien la chaleur. Sans doute la nature du bois influe également; ainsi l'intérieur des troncs des hêtres se rapproche plus de la température de l'air que celui des troncs de chênes.

Près de la couronne des arbres, la température moyenne de leur tronc est un peu plus élevée qu'à cinq pieds de hauteur.

M. Ebermayer s'est servi de ces températures de l'intérieur du tronc, comme on le fait d'ordinaire des températures de l'air ambiant, pour calculer en additionnant les moyennes, les sommes de chaleur reçues pendant la période de végétation. Il a trouvé:

Pour des chênes de 200 ans 2611° centigr.

Pour des hêtres de 60 ans 2608° à 2709° centigr.

Pour des sapins blancs 2058°.

#### IV. *Humidité de l'air sous bois et hors bois.*

La tension de la vapeur d'eau est en général le même sous le couvert des bois et hors bois; mais comme l'air y est plus froid, l'humidité relative est plus grande. Cette influence des forêts sur l'humidité est plus marquée sur les montagnes que dans les plaines; elle l'est également plus en été que dans les autres saisons (10 % de différence en juillet est le maximum).

#### V. *Évaporation d'une surface aqueuse dans les bois et hors bois.*

Sous bois, l'évaporation d'une surface d'eau est de 64 % en moyenne moins forte que hors bois. Cette influence des forêts sur l'évaporation est en été plus forte qu'en hiver; mais elle persiste également en hiver, ce qui prouve qu'elle

est due en partie au calme de l'air dans l'intérieur des forêts.

#### VI. *Influence des forêts sur l'évaporation du sol.*

Elle ressemble en tous points à leur influence sur l'évaporation d'une surface d'eau (84 % pendant la saison de végétation).

M. Ebermayer a, d'ailleurs, constaté par des expériences comparatives que la couche de feuilles et d'humus qui couvre le terrain y a une part aussi grande que le couvert du feuillage.

Tandis qu'en dehors des forêts le sol nu perd par évaporation 100 volumes d'eau, le sol couvert des forêts n'en cède à l'air que 15 volumes, ou, en d'autres termes, tandis que dans le nord de la Bavière l'évaporation enlève, d'avril à septembre, l'équivalent d'une couche d'eau de 408 millimètres de hauteur au sol nu hors bois, elle n'en enlève que 62 millimètres au sol couvert dans l'intérieur des forêts (6 fois moins).

#### VII. *Quantités de pluie et neige tombées hors bois et sous bois.*

Les observations faites dans les sept stations météorologiques de la Bavière, de 1868 à 1871, n'ont permis de constater une influence bien sensible des forêts, ni sur la quantité de pluie totale tombée dans l'année, ni sur son mode de répartition dans les diverses saisons.

Mais elles montrent bien que la quantité de pluie augmente avec l'élévation au-dessus du niveau de la mer, et il est probable que dans les montagnes la fraîcheur de l'air maintenue en été par les forêts s'ajoute à celle qui provient de leur hauteur au-dessus de la mer pour provoquer une condensation plus abondante d'eau.

Tous les pluviomètres placés sous bois ont reçu passablement moins d'eau que ceux qui se trouvaient à découvert. Ainsi à Rohrbrunn, station la plus rapprochée d'Aschaffenburg le pluviomètre hors bois a reçu 1,066<sup>m</sup> de pluie dans l'année et le pluviomètre sous bois 888<sup>m</sup> de pluie dans l'année.

Il y a une différence de 178<sup>m</sup> environ 16 %. Pour les sept stations, la moyenne est 20 % de différence.

Ces différences correspondent en général aux quantités de pluie qui sont retenues par le feuillage. Cependant, il reste une légère différence en faveur des forêts. D'après M. Ebermayer, le feuillage des essences qui perdent leurs feuilles en hiver retient 20 à 22 % de la pluie tombée sur la forêt et l'empêche ainsi d'arriver au pluviomètre placé sur le sol, mais une partie de cette pluie coule le long des branches et du tronc et arrive ainsi jusqu'à terre. Dans les forêts de conifères, les branches vertes toute l'année arrêtent 26 % de la pluie totale.

Dans les expériences qu'il a faites près de Nancy, M. Mathieu, professeur à l'école forestière, avait constaté que la quantité de pluie qui tombe dans une région boisée est de 6 % supérieure à celle qui tombe dans une région dénudée et que le couvert de la forêt retient environ  $\frac{1}{10}$  de cette eau.

Tout compte fait, la terre sous bois reçoit un peu moins de pluie que la terre des champs et des prés ; mais, comme l'évaporation est dans le bois 5 à 6 fois moins forte qu'ailleurs, il n'en peut pas moins rester plus d'eau retenue dans le sol, soit pour servir à la végétation, soit pour alimenter les sources. Voyons ce qu'il en est :

VIII. Dans les stations météorologiques forestières de la Bavière, on a déterminé directement les *quantités d'eau qui arrivent à 1, 2 et 4 pieds de profondeur dans le sol*. Ces déterminations ont été faites au moyen de *lysimètres*, caisses en tôle de diverses profondeurs enterrées à ras du sol, pleines elles-mêmes de terre et aboutissant à leur partie inférieure à un cône muni d'un tuyau qui permet de recueillir et de mesurer l'eau.

Pour l'ensemble de l'année, les lysimètres ont reçu :

Hors bois	50 à 54 %	de la pluie tombée.
Dans les bois privés de litière	67 %	»
Dans les bois où la couche de feuilles mortes et d'humus est conservée	60 à 77 %	»

Ainsi le sol laisse passer dans les bois privés de litière 15 % et dans ceux où cette litière est conservée 24 % de plus sur la pluie tombée dans l'année; mais comme la quantité de pluie qui arrive au sol est moins grande qu'en terrain découvert, il y a compensation; dans l'ensemble de l'année, les terres couvertes de forêts ne fournissent pas plus d'eau aux sources que les terrains nus. Mais les forêts régularisent l'alimentation des sources; les lysimètres y donnent moins d'eau en hiver, mais plus en été.

En résumé, d'après les observations comparatives des stations forestières de la Bavière, les forêts exerceraient dans les plaines une influence peu sensible sur le climat et sur le régime du cours d'eau; mais cette influence devient très-grande dans les pays de montagnes, parce que les terres retenues sur les pentes par l'enchevêtrement des racines forment avec les troncs, les mousses et tous les débris de végétation qui les recouvrent des espèces de bassins régulateurs qui emmagasinent en hiver les neiges et les eaux pour les livrer peu à peu dans les saisons sèches aux sources et aux rivières.

#### IX. *Quantité d'ozone que contient l'atmosphère dans les bois et hors des bois.*

On a fait également des observations ozonométriques dans les stations forestières de la Bavière. On a trouvé que dans les forêts et même dans leur voisinage l'air est plus riche en ozone que dans les contrées peu boisées. Mais comme, même dans les forêts, l'air contient plus d'ozone en hiver qu'en été, on ne peut pas considérer les feuilles des arbres comme une source d'ozone. Si l'atmosphère en contient moins dans les villes que dans les campagnes boisées, c'est qu'il y disparaît constamment par l'oxydation des matières organiques qui y sont accumulées.

En général, la quantité d'ozone contenue dans l'air suit les mêmes variations que celle de l'humidité. Elle est plus abondante dans les mois les plus humides de l'année. Elle est

également plus forte dans les montagnes que dans les plaines.

---

WEYPRECHT. NÖRDLICHTER UND ERDMAGNETISMUS..... AURORES BORÉALES ET MAGNÉTISME TERRESTRE ENTRE NOWAJA SEMLIA ET LA TERRE DE FRANÇOIS-JOSEPH. (*Geographische Mittheilungen von Petermann*, 1875, p. 65; *Naturforscher*, 1875, n° 15.)

Le chef de la seconde expédition austro-hongroise au pôle nord, M. Weyprecht, a fait, à Vienne, une conférence sur cette expédition et sur les données scientifiques qui ont été recueillies par elle. Cette conférence a été publiée dans les *Mittheilungen* de Petermann et en partie reproduite dans le *Naturforscher* d'où nous extrayons les détails qui suivent. Pendant leur voyage de Nowaja Semlia à la Terre François-Joseph, les explorateurs autrichiens estiment avoir rencontré une zone de maximum d'aurore; l'intensité du phénomène varie en effet considérablement, à ce qu'ils pensent, dans une même latitude. Dans cette contrée le phénomène est continu, et, par un temps clair, on en observe toujours au moins des traces; en revanche, il revêt les formes les plus variées et échappe à toute description; il est là, mais on ne voit ni d'où il vient, ni comment il s'est produit.

D'une manière tout à fait générale, M. Weyprecht distingue trois types principaux : de grands arcs réguliers, immobiles, s'élevant au-dessus de l'horizon sud, passant par le zénith et s'éteignant vers l'horizon nord; des rubans lumineux, repliés plusieurs fois sur eux-mêmes et changeant continuellement de place et de forme; enfin la couronne, composée de rayons disposés suivant des méridiens. La lumière est en général d'un blanc un peu verdâtre; dans le cas où le phénomène est le plus brillant et le plus mobile, les couleurs prismatiques apparaissent généralement avec un grand éclat.

M. Weyprecht cite en particulier une aurore du second type observée en février 1874. Un large courant de feu s'é-

tendait de l'Ouest à l'Est, en passant par le zénith et envoyant, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, des vagues lumineuses semblables à des flammes qui se propageaient avec la vitesse de l'éclair et présentaient les couleurs prismatiques. On observait en même temps un tremblement lumineux et des éclairs incessants sur tout l'espace céleste entre l'horizon sud et le pôle ; les rayons de l'aurore se poursuivaient dans une sorte de danse ininterrompue.

Le lien le plus intime existe entre les aurores boréales et les perturbations magnétiques. De 3,000 observations environ faites sur ce point, à toute heure de la journée, M. Weyprecht croit pouvoir tirer les conclusions suivantes :

Les perturbations sont d'autant plus fortes que les mouvements des rayons de l'aurore sont plus intenses et plus rapides, que les couleurs prismatiques se montrent avec plus d'éclat. Les arcs immobiles et réguliers n'exercent presque aucune action sur l'aiguille.

Pour toutes les perturbations, la déviation de l'aiguille s'accomplissait vers l'Est, la déclinaison diminuait, l'inclinaison augmentait.

Il n'a pu être fait d'observations satisfaisantes sur le spectre de l'aurore, ni sur les courants terrestres.

---

F.-C.-G. MÜLLER. — RÉSISTANCE AUX CONTACTS DES CONDUCTEURS MÉTALLIQUES (*Pogg. Ann.*, tome CLIV, p. 361).

Pour s'assurer s'il se produit réellement, comme on l'a parfois affirmé, une résistance particulière au contact des différentes parties d'un même conducteur métallique, M. Muller a mesuré la résistance d'une chaîne composée de 15 anneaux de laiton, présentant 16 contacts différents et tendue au moyen d'un poids de 400 grammes et plus. Cette résistance mesurée pour des courants de différentes intensités, se trouva être indépendante de la force électromotrice et de l'intensité et fut presque insensible. M. Muller en conclut que la résistance attribuée aux points de contact n'existe

pas et qu'en particulier elle n'est point à redouter dans les pinces à vis avec lesquelles on relie ensemble les fils conducteurs, à condition toutefois que celles-ci soient bien décapées.

---

**BOTANIQUE.**

D<sup>r</sup> CARL KRAUSS. — UEBER DIE BEZIEHUNGEN, etc. SUR LE RÔLE DE LA CHLOROPHYLLE DANS L'ASSIMILATION. (Extrait du *Flora*, juin, 1875, n<sup>o</sup> 17.)

On peut évidemment faire trois suppositions relativement au rôle que joue la chlorophylle : ou bien elle préexiste à l'assimilation dont elle est cause conjointement avec le protoplasma ; ou bien elle est un produit de l'assimilation ; ou bien encore elle est à la fois un résultat de l'assimilation et une cause de celle-ci, en tant que l'assimilation n'a lieu qu'à l'aide de la chlorophylle.

La première de ces hypothèses est peu probable, parce qu'elle est incompatible ou peu conciliable avec le fait que la chlorophylle est constamment décomposée par la lumière. La seconde manière de voir fait de la chlorophylle un simple précipité sans utilité pour la vie de la plante. On ne s'explique pas non plus, dans cette supposition, quelle utilité pourrait avoir la présence de la leucophylle dans toutes les cellules qui assimilent.

La troisième hypothèse paraît donc être seule admissible. Elle donne au moins la clef de la relation qui existe entre l'assimilation et les transformations inverses de la leucophylle et de la chlorophylle sous l'influence de la lumière.

On peut, en effet, considérer la leucophylle comme une substance qui, de concert avec le protoplasma, détermine la production de l'oxygène, et, par suite, l'assimilation, précisément en vertu de la tendance qu'elle a elle-même, à se transformer par oxydation, en chlorophylle. Et, inversement, il doit convenir que cette chlorophylle repasse à l'état de leucophylle sous l'action des rayons lumineux qu'elle absor-

be, ce qui permet à la plante d'assimiler le plus possible à l'aide de la plus petite quantité possible de leucophylle.

Ces considérations ont amené l'auteur à faire une expérience dont le résultat, s'il est confirmé, aurait une grande importance.

D'après les recherches antérieures de M. A. Baeyer, la réduction de l'acide carbonique et de l'eau par les plantes aboutirait à la production de l'aldéhyde formique, ce qui peut se représenter par la formule



En se fondant sur cette réaction, le D<sup>r</sup> Krauss a eu l'idée de rechercher si des plantes qui seraient nourries par des substances capables de produire facilement l'aldéhyde formique, verdiraient dans l'obscurité.

Ses expériences ont porté sur des semis de maïs placés sous un récipient opaque et dont les racines plongeaient dans de l'eau contenant  $\frac{1}{15}$  d'alcool méthylique. Au bout de huit jours les feuilles de ces jeunes plantes s'étaient manifestement quoique faiblement colorées en vert. Ce verdissement commence par la feuille la plus inférieure, dont l'accroissement est presque terminé, et il se propage dans chaque feuille de haut en bas.

Des essais analogues ont réussi, mais plus difficilement, en employant l'alcool méthylique. L'effet, dans ce cas, est plus rapide si l'on fait agir des vapeurs d'alcool; mais il faut alors ne le faire qu'avec prudence, car autrement les plantes périssent.

Enfin, ajoutons que des plantes de maïs qui ont verdi naturellement à la lumière changent peu de couleur lorsqu'on les soumet ensuite à l'obscurité en ayant soin de leur faire absorber la solution diluée d'alcool méthylique.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1876.

- 
- Le 1<sup>er</sup>, épais brouillard tout le jour.  
 2, idem.  
 3, idem, dépôt de givre.  
 4, brouillard le matin, dépôt de givre.  
 5, neige dans la nuit et le matin; hauteur de la neige tombée 40<sup>mm</sup>.  
 6, neige dans la nuit et le matin, hauteur 55<sup>mm</sup>; le soir le ciel s'éclaircit, couronne lunaire.  
 7, fort vent du SSO. et du SO. tout le jour.  
 8, idem.  
 9, ciel vaporeux, halo solaire à 2 h.; le soir de 7 à 8 h. couronne lunaire et de 8 1/2 à 9 h. halo lunaire.  
 10, neige dans la nuit et le matin, hauteur 25<sup>mm</sup>; le soir ciel clair, couronne lunaire à 7 1/2 h.  
 12, neige en très-petite quantité dans la nuit du 11 au 12.  
 15, forte gelée blanche le matin, fort vent du SO. le soir.  
 16, fort vent du SSO. tout le jour.  
 19, fort vent du SSO. tout le jour.  
 20, idem, pluie presque continuelle.  
 23, à 6 1/2 h. soir, éclairs au SO.  
 25, gelée blanche le matin.  
 26, fort vent du SSO. presque tout le jour.  
 27, idem.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 <sup>er</sup> à 6 h. matin .....	735,08	Le 7 à 8 h. matin .....	715,90
9 à 10 h. matin .....	723,60	10 à 2 h. après midi.....	718,99
12 à 10 h. soir.....	724,66	13 à 4 h. après midi .....	723,41
16 à 8 h. matin .....	732,03	18 à 10 h. soir .....	721,41
21 à 10 h. matin .....	733,68	23 à 6 h. matin .....	725,98
24 à 10 h. soir.....	731,52	27 à 6 h. soir .....	721,77
28 à 10 h. soir.....	732,35	29 à 6 h. soir .....	730,20

---



## MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1876.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	724,98	725,04	725,01	724,64	723,98	724,09	724,27	724,43	724,49
2 <sup>e</sup> »	726,14	726,60	726,70	726,63	726,05	725,93	726,30	726,76	726,92
3 <sup>e</sup> »	728,71	729,14	729,12	729,05	728,53	728,21	728,22	728,50	728,50
Mois	726,54	726,85	726,87	726,70	726,10	726,00	726,20	726,50	726,57

<b>Température.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	— 2,79	— 2,74	— 1,69	— 0,72	+ 0,36	— 0,20	— 1,43	— 1,90	— 2,39
2 <sup>e</sup> »	+ 2,70	+ 2,39	+ 4,95	+ 6,86	+ 7,46	+ 7,68	+ 6,13	+ 5,92	+ 5,26
3 <sup>e</sup> »	+ 6,32	+ 6,01	+ 8,11	+ 9,86	+ 9,72	+ 9,24	+ 8,08	+ 7,29	+ 7,04
Mois	+ 1,93	+ 1,75	+ 3,64	+ 5,18	+ 5,71	+ 5,44	+ 4,13	+ 3,65	+ 3,17

<b>Tension de la vapeur.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	3,52	3,44	3,55	3,73	3,73	3,59	3,32	3,35	3,26
2 <sup>e</sup> »	4,63	4,73	4,99	5,22	5,31	5,31	5,30	5,43	5,37
3 <sup>e</sup> »	5,68	5,93	6,04	6,27	6,01	6,07	6,14	6,32	6,25
Mois	4,58	4,66	4,82	5,03	4,98	4,95	4,88	4,99	4,91

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	947	921	882	856	796	796	806	836	847
2 <sup>e</sup> »	809	837	735	679	667	662	726	756	782
3 <sup>e</sup> »	788	840	737	682	652	700	759	827	832
Mois	850	867	786	741	706	720	764	806	820

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre.
1 <sup>re</sup> décade	— 3,88	+ 1,40	0,90	+ 4,22	5,0	84,03
2 <sup>e</sup> »	+ 1,02	+ 8,91	0,80	+ 4,29	23,0	78,50
3 <sup>e</sup> »	+ 3,97	+ 12,07	0,81	+ 5,19	44,4	98,41
Mois	+ 0,24	+ 7,30	0,84	+ 4,55	72,4	86,59

Dans ce mois, l'air a été calme 1,53 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,16 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 31°, 4 O., et son intensité est égale à 82,59 sur 100.

## TABLEAU

DES

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1876.

Le 1<sup>er</sup> 2, 3, ciel clair.

4, ciel clair jusque dans l'après-midi, le ciel se couvre le soir.

5, neige et brouillard, fort vent du N.-E.

6, brouillard par intervalles.

7, neige l'après-midi, clair le soir

10, brouillard.

11, 12, ciel clair.

16, neige.

17, ciel clair le matin, brouillard l'après-midi et le soir.

18, ciel clair.

19, neige le matin.

20, neige presque tout le jour et dans la nuit du 20 au 21.

22, fort vent du SO. le soir et jusqu'au lendemain matin.

23, neige et brouillard avec une forte bise l'après-midi et le soir.

24, épais brouillard tout le jour, par une forte bise.

26, neige et brouillard presque tout le jour.

27, idem.

28, idem, forte bise.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM

mm

MINIMUM.

mm

Le 2 à 10 h. soir.....	568,20
9 à 8 h. soir.....	554,65
17 à 6 h. matin.....	566,78
21 à 10 h. soir.....	570,51
25 à 10 h. matin.....	563,13
29 à 8 h. soir.....	567,09

Le 1 <sup>er</sup> à 4 h. après midi.....	565,99
5 à 6 h. soir.....	547,55
10 à 2 h. après midi.....	551,43
19 à 8 h. matin.....	559,50
24 à 6 h. matin.....	558,62
27 à 4 h. après midi.....	559,00

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1876.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
1	366,39	+ 5,91	363,99	367,06	-10,71	-1,64	-11,6	- 8,9	.....	.....	.....	SO.	0,17
2	367,64	+ 7,19	366,54	368,20	- 6,93	+ 2,14	- 8,6	- 4,1	.....	.....	.....	SO.	0,63
3	367,66	+ 7,24	367,22	368,18	- 5,34	+ 3,72	- 7,4	- 1,0	.....	.....	.....	NE.	0,29
4	359,51	- 0,87	354,61	364,01	- 8,13	+ 0,92	-11,4	- 3,2	.....	.....	.....	NE.	0,49
5	348,48	-11,86	347,55	350,56	-16,70	+ 7,66	-17,2	-15,0	.. 80	.. 3,8	.....	NE.	1,00
6	348,48	-12,12	347,65	348,66	-17,68	- 8,05	-19,8	-14,6	.....	.....	.....	NE.	0,58
7	349,38	-10,89	348,52	350,88	-17,10	- 8,08	-18,4	-14,8	.. 70	.. 5,4	.....	NE.	0,74
8	350,33	- 9,90	349,21	351,99	-15,23	- 6,22	-17,8	- 9,9	.....	.....	.....	variable	0,90
9	334,28	- 5,92	353,27	354,63	-13,11	- 4,12	-16,2	- 9,8	.....	.....	.....	SO.	0,37
10	332,29	- 7,88	351,43	352,87	-12,64	- 3,67	-16,2	- 7,5	.....	.....	.....	SO.	0,83
11	353,46	- 6,68	352,20	354,52	-16,55	- 7,60	-19,2	-14,0	.....	.....	.....	NE.	0,16
12	336,69	- 3,41	355,10	357,96	-11,29	+ 2,36	-13,4	- 6,1	.....	.....	.....	SO.	0,02
13	338,50	- 1,57	358,14	339,01	- 8,27	+ 0,64	-10,8	- 4,6	.....	.....	.....	SO.	0,61
14	360,27	+ 0,23	359,34	361,95	- 7,42	+ 1,46	- 9,5	- 5,0	.....	.....	.....	NE.	0,47
15	364,72	+ 4,71	363,04	363,91	- 5,14	+ 3,71	- 9,2	- 2,0	.....	.....	.....	NE.	0,39
16	365,95	+ 5,97	365,33	366,62	- 3,14	+ 5,68	- 4,0	- 0,1	.. 300	.. 20,4	.....	NE.	0,74
17	366,40	+ 6,45	365,78	366,78	- 2,02	+ 6,77	- 3,0	- 0,4	.....	.....	.....	SO.	0,17
18	364,33	+ 4,41	362,41	366,07	- 1,49	+10,25	- 1,4	- 5,8	.....	.....	.....	NE.	0,70
19	360,54	+ 0,65	359,50	361,63	- 3,42	+ 8,31	- 5,6	- 1,0	.. 100	.. 8,4	.....	NE.	0,99
20	363,65	+ 3,78	362,23	365,13	- 2,00	+ 6,69	- 3,9	- 2,6	.. 270	.. 25,2	.....	NE.	0,39
21	369,36	+ 9,51	367,52	370,51	- 0,19	+ 8,84	- 1,0	- 6,2	.. 210	.. 18,0	.....	SO.	0,34
22	368,69	+ 8,86	366,60	367,32	+ 2,48	+11,09	+ 1,0	- 0,2	.....	.. 9,4	.....	variable	1,00
23	361,68	+ 1,87	360,15	364,40	- 5,43	+ 3,14	- 9,0	- 3,0	.. 100	.....	.....	NE.	1,00
24	362,45	+ 0,40	358,62	362,30	-11,53	+ 3,00	-12,4	-10,0	.....	.....	.....	NE.	0,31
25	362,19	+ 2,68	360,90	363,13	- 9,68	+ 3,81	- 9,2	- 1,3	.....	.....	.....	variable	0,94
26	360,19	+ 0,44	359,43	361,52	- 4,72	+ 3,72	- 6,5	- 0,6	.. 130	.. 10,8	.....	NE.	0,96
27	339,87	+ 0,14	359,00	360,70	- 2,47	+ 3,92	- 4,1	- 0,6	.. 200	.. 16,4	.....	NE.	0,98
28	363,92	+ 4,21	361,73	363,74	- 6,11	+ 2,23	- 7,2	- 4,0	.. 250	.. 19,3	.....	NE.	0,31
29	366,59	+ 6,89	366,18	367,09	- 1,22	+ 7,07	- 3,9	- 1,9	.....	.....	.....	NE.	0,31

Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

## MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1876.

6 h. m. 8 h. m. 10 h. m. Midi. 2 h. s. 4 h. s. 6 h. s. 8 h. s. 10 h. s.

**Baromètre.**

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	556,82	556,74	556,70	556,46	556,14	556,00	556,19	556,21	556,30
2 <sup>e</sup> »	560,84	560,94	561,25	561,33	561,31	561,42	561,73	561,90	562,15
3 <sup>e</sup> »	563,59	563,67	563,68	563,59	563,46	563,45	563,71	563,77	563,84
Mois	560,31	560,34	560,43	560,35	560,19	560,18	560,43	560,52	560,66

**Température.**

1 <sup>re</sup> décade	—13,41	—13,37	—11,91	—9,35	—9,25	—10,79	—12,32	—13,22	—13,89
2 <sup>e</sup> »	—7,78	—6,88	—5,01	—3,42	—3,37	—4,95	—5,57	—5,52	—5,80
3 <sup>e</sup> »	—4,76	—3,88	—2,10	—1,11	—1,62	—2,40	—3,77	—3,83	—4,33
Mois	—8,78	—8,19	—6,49	—4,75	—4,86	—6,17	—7,34	—7,65	—8,13

	Min. observé.*	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	—14,46	—8,88	0,54	11,2	150
2 <sup>e</sup> »	—8,20	—2,50	0,54	54,0	670
3 <sup>e</sup> »	—5,97	—0,27	0,74	73,9	890
Mois	—9,67	—4,01	0,60	139,1	1710

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,95 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 65,13 sur 100.



# REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1875

PAR

M. ERNEST FAVRE

---

N<sup>o</sup> VI

J'ai divisé cette revue, comme la précédente, en deux parties. La première comprend l'examen des ouvrages généraux, des descriptions géologiques et de quelques travaux spéciaux de minéralogie, de paléontologie et de géologie dynamique; la seconde traite de l'étude des terrains à partir des formations les plus anciennes jusqu'aux dépôts actuels. Suivant le désir qui m'en a été exprimé par quelques personnes, j'ai réuni à la fin du travail les notes bibliographiques classées dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs; c'est à cette liste que se rapportent les renvois qui se trouvent dans le texte.

La SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE<sup>100</sup> a tenu cette année sa session extraordinaire à Genève et à Chamonix sous la présidence de M. A. Favre. Le sol des environs de Genève, les montagnes calcaires qui l'entourent, le terrain glaciaire, la structure du massif du Mont-Blanc ont fait le sujet de ses études. Il a paru plusieurs relations de cette réunion.

## Ouvrages généraux, descriptions, roches, etc.

## Cartes et descriptions géologiques.

M. B. STUDER <sup>107</sup> a publié le rapport annuel de la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUR l'état de ses travaux.

CARTES. Cette Commission <sup>15</sup> a fait paraître plusieurs cartes :

1° La feuille IX de la carte fédérale à  $\frac{1}{1000000}$  qui comprend une partie des cantons de Zurich, Schwytz, Glaris, St-Gall et Appenzell. Le relevé en avait été commencé par ESCHER DE LA LINTH. M. MOESCH a étudié les montagnes calcaires de ces trois derniers cantons (Glärnisch, Kurfirsten, Sentis, etc.), M. KAUFMANN, celles du canton de Schwytz (Mythen, etc.), M. GUTZWILLER la région de la mollasse. Les terrains les plus variés sont représentés sur cette feuille, du verrucano jusqu'aux terrains récents.

2° Une deuxième édition de la feuille III de la carte fédérale, d'après les recherches géologiques de MM. MOESCH, STUTZ, MERIAN et VOGELGESANG. Elle comprend le cours du Rhin de Schaffhouse à Bâle, avec les régions limitrophes de la Suisse et de l'Allemagne. La plus grande partie est occupée par les montagnes de la Forêt-Noire (gneiss, granit, diorite, serpentine, porphyre et basalte), bordées au sud par le terrain triasique, surtout par le muschelkalk. Au sud et à l'est se trouve la zone des roches jurassiques du Jura qui est de largeur variable et entremêlée de terrains plus anciens (trias) et plus récents (tertiaire et quaternaire); ceux-ci occupent en majeure partie l'angle S. E. de la feuille.

3° La carte à  $\frac{1}{500000}$  d'une partie des Alpes vaudoises qui a été exécutée par M. RENEVIER. Ce remarquable tra-

vail comprend les massifs des Diablerets, du Muveran, de la dent de Morcles, les environs de Bex, un lambeau de la rive gauche du Rhône et le cours de ce fleuve d'Ardon à Bex. Cette région est constituée par les terrains carbonifère, triasique, liasique, jurassique, crétacé, éocène et moderne; le terrain crétacé à lui seul ne compte pas moins de dix subdivisions. L'étude de cette partie des Alpes est très compliquée. Voici longtemps que la disposition des terrains des environs de Bex est une énigme pour les géologues. Nous espérons que M. Renevier nous exposera bientôt, dans un texte indispensable à l'intelligence de cette belle carte, la structure de cette contrée et la nature des formations qu'il a étudiée avec le plus grand soin.

ALPES. M. PLATZ <sup>85</sup> a résumé en quelques pages l'histoire géologique des Alpes et présenté un tableau intéressant du développement successif de cette chaîne. Il étudie la série des formations à partir des roches cristallines, et indique les régions où ces formations sont le mieux représentées, ainsi que les conditions nécessaires à leur dépôt. Le flysch termine la série des roches alpines. A cette époque, les Alpes formaient un plateau peu élevé auquel manquaient encore les grands cours d'eaux. Les dépôts de la mollasse se formèrent à leur pied sans pénétrer dans l'intérieur de la chaîne. Le second soulèvement des Alpes eut lieu à la fin de l'époque tertiaire et fut beaucoup plus considérable que le premier. La période quaternaire fut caractérisée par la création du réseau hydrographique actuel et par l'époque glaciaire.

*St.-Gothard.* M. A. MULLER <sup>75</sup> a donné une description du St.-Gothard, avec une coupe de ce massif et de celui

du Finsteraarhorn. Il en indique le rôle géologique, la structure et les principaux minéraux. Je reviendrai plus loin sur diverses parties de ce mémoire.

Le CONSEIL FÉDÉRAL<sup>16</sup> a continué les publications relatives à la marche du tunnel. Je résume ici la suite des grandes coupes à 1 : 200 fournies par M. Stapff; elles sont accompagnées d'explications très détaillées et mises en rapport avec les séries d'échantillons recueillis :

Mètres.	Côté sud.
304,5—328.	Schiste quartzeux passant au micaschiste (échantillon n° 52).
338—454.	Micaschiste gris plus ou moins foncé, talqueux, quartzeux ou calcaire, alternant avec roche amphibolique (nos 53-58).
454—536,3.	Micaschiste grenatifère alternant avec micaschiste amphibolique (nos 59-60).
536,3—807,5.	Micaschiste quartzeux, schiste quartzeux, quartzite schisteux; alternance de micaschiste calcaire, de schiste amphibolique, de micaschiste grenatifère (nos 61-63).
807,5—1303,6.	Micaschiste grenatifère, amphibolique, alternant avec des bancs de quartzite, des schistes quartzeux, des micaschistes amphiboliques, et des micaschistes chloriteux; certaines couches formées seulement d'amphibole à 1282 <sup>m</sup> et à 1304 <sup>m</sup> (nos 64-77).
	<i>Côté nord.</i>
363—957.	Gneiss granitique alternant avec gneiss œuillé, granit gneissique, micaschiste en bancs peu épais (nos 6-15).
957—1077,6.	Granit gneissique et gneiss granitique avec intercalations de gneiss (nos 16-17).
1077,6—1081,8.	Micaschiste (n° 18).
1081,8—1099,5.	Granit gneissique (n° 17).
1099,5—1121.	Gneiss gris (n° 19).
1121—1123,4.	Eurite compacte [felsite] (n° 20).
1123,4—1310,1.	Gneiss gris avec intercalation de micaschiste de gneiss granitique, de granit gneissique (nos 19-22).

Suivant le rapport mensuel du 31 décembre 1875, la galerie a atteint du côté sud 2599<sup>m</sup> dans des micaschistes amphiboliques, chloriteux et quartzeux. Du côté nord, elle est arrivée à 2810<sup>m</sup> après avoir entièrement traversé le gneiss du massif du Finsteraarhorn, les schistes lustrés et les calcaires de la vallée d'Urseren, associés à du gypse et une roche de décomposition argileuse qui forme la limite méridionale du bassin calcaire d'Andermatt.

M. STAPFF<sup>104</sup> a fait un résumé de ses recherches géologiques dans l'intérieur du tunnel. Il divise les roches traversées sur le versant nord en granit alpin (0-1100<sup>m</sup>), gneiss gris (1100-1537<sup>m</sup>) et granit alpin à structure gneissique (1537-2000<sup>m</sup>), séparé par une couche de contact des roches de la vallée d'Urseren. Il a reconnu partout plus ou moins nettement la schistosité du granit et a observé aussi dans beaucoup de cas une fausse schistosité. Les intercalations de micaschistes proviennent toutes de filons, ainsi que le prouvent les phénomènes qui les accompagnent; l'eurite, dont l'apparition date de deux ou trois époques différentes, a la même origine; les filons de quartz sont assez fréquents. L'auteur décrit aussi les roches du versant sud et leur disposition, puis il traite de la circulation des eaux et de la température de l'air et de la roche.

M. MOESCH<sup>72</sup> regarde comme indéterminables les pentacrinites trouvées par Escher et M. de Fritsch dans la vallée d'Urseren.

*Alpes calcaires.* M. de TRIBOLET<sup>116</sup> a publié un nouveau mémoire sur la géologie du Morgenberghorn. Il y signale la structure de cette montagne et décrit en détail les terrains qui la constituent: ce sont le flysch, le terrain

nummulitique et diverses assises des terrains crétacés et jurassiques.

Le massif des Mythen (canton de Schwytz) a été étudié par M. KAUFMANN<sup>33</sup>. Il est formé de bas en haut d'une argile contenant de la houille et des restes d'*Equisetum* qui appartient au trias; celle-ci est surmontée d'une dolomie compacte, puis viennent des calcaires du Jura brun moyen avec fossiles, des calcaires blancs, très puissants, à *Ammonites polylocus*, et des calcaires schisteux rouges, contenant des foraminifères et quelques autres fossiles mal conservés. Des recherches faites avec M. Moesch dans la région voisine de l'Unterwald ont prouvé à ces naturalistes qu'une partie des terrains de ce pays que l'on croyait crétacés doivent être rangés dans la série jurassique et ont amené la découverte d'un riche gisement de fossiles du lias à Hüttern, près de Buochserhorn.

*Jura.* Dans ses études géologiques sur le Jura Franc-Comtois, M. VÉZIAN<sup>120</sup> commence par définir le bassin jurassien. Il examine ensuite la série des dépôts qui se sont effectués dans ce bassin depuis le terrain de transition jusqu'au terrain actuel; il indique leurs principaux caractères et les conditions dans lesquelles les sédiments ont dû se déposer. Les mouvements du sol qui ont successivement modifié la configuration générale de cette région peuvent se distinguer en 1° exhaussement périphérique, 2° affaissement central, 3° exhaussement latéral, 4° exhaussement local autour de la Serre, 5° oscillation générale. Malgré cela, tous les terrains dont se compose le Jura sont en concordance de stratification depuis le plus ancien, le trias, jusqu'au plus moderne, le terrain miocène supérieur. Les phénomènes qui ont déterminé le comblement du bassin jurassien sont dus à l'action détritique

et à l'action geysérienne. Ces actions ont beaucoup varié dans leur force et leur nature suivant les époques. M. Vézian décrit ensuite les failles du Jura, leur âge et leur mode de formation, les soulèvements en voûte, les événements géologiques accomplis dans le bassin jurassien pendant la période tertiaire, c'est-à-dire le soulèvement du Jura et la formation de son relief actuel.

La deuxième étude est relative à la structure intérieure et à la configuration générale de la chaîne. Sa forme arquée, sa position relativement aux Alpes font le sujet de considérations intéressantes. Le soulèvement n'en a pas été causé directement par les Alpes, mais il a la même origine que celui de cette dernière chaîne. La constitution géognostique du Jura, la répartition des terrains, l'épaisseur des sédiments, l'influence des diverses natures de roches et celles de l'eau sont examinées tour à tour. Enfin, l'auteur signale les érosions et les dénudations dont l'action continue a donné au Jura son relief, les mouvements de la chaîne pendant les dernières périodes géologiques et sa constitution topographique actuelle.

Cet ouvrage est accompagné d'un grand nombre de planches qui servent de démonstration aux diverses théories qui y sont énoncées.

*Recherche de la houille.* Le sondage fait aux environs de Rheinfelden pour la recherche de la houille n'a abouti à aucun résultat, le terrain houiller ne s'étant pas rencontré sur ce point entre le granit et le grès rouge.

M. DUPONT<sup>25</sup> a rendu compte des travaux qui ont été exécutés dans cette localité. Les terrains traversés sont :

Grès bigarré . . . . .	86,87
Terrain permien (grès rouge). . . . .	279,80
	366,67

	m
	366,67
Roches passant aux roches cristallines (schistes micacés sans diorite). . . . .	8,23
Diorite associée au gneiss et au quartzite . . . . .	56,69
Granit . . . . .	1,82
	433 <sup>m</sup> .41

M. MULLER<sup>50</sup> a publié une note sur le même sujet. Il a décrit brièvement l'appareil de sondage et expliqué le choix de la localité au point de vue géologique. Je résume ici la coupe qu'il a donnée des terrains traversés dans la partie inférieure du sondage :

	pieds.
<i>Permien</i> , argile rouge et verdâtre. . . . .	721—1169
Argile foncée . . . . .	1169—1180
Grès grossier bréchiforme à fragments anguleux de quartz et de feldspath . . . . .	1180—1203
<i>Granit</i> . Première intercalation. Roche à grain fin. . . . .	1203—1211
<i>Micaschiste</i> très décomposé . . . . .	1211—1232
<i>Granit</i> feldspathique, rougeâtre, à gros grain. . . . .	1232—1235
<i>Diorite</i> micacée, très variée, parfois gneissique, traversée par des filons granitiques. . . . .	1236—1422

M. Muller regarde cette roche dioritique comme un filon et pense qu'il faudrait faire à quelque distance plus au sud un nouveau sondage qui ne serait pas dépourvu de chances de réussite, bien qu'il en offre moins que le premier. Ces travaux ont prouvé en tous cas que le terrain permien est moins puissant dans cette région qu'on ne l'avait d'abord supposé, ce qui faciliterait une nouvelle opération.

M. DESOR<sup>25</sup> a aussi fait un compte rendu de ces mêmes recherches.

Géologie dynamique, roches, paléontologie.

*Orographie.* Les Alpes ont été l'objet de diverses classifications orographiques. Le principe sur lequel se fonde

M. B. Studer est que les massifs montagneux doivent être limités par les dépressions qui les séparent, les lacs, les vallées et les cols. M. G. Studer et M. de Sonklar ont établi sur cette base une division des Alpes suisses et allemandes que M. WÆBER<sup>122</sup> a essayé d'appliquer à toute la chaîne des Alpes de la mer Ligurienne à la mer Adriatique. Il établit ainsi sept groupes dans les Alpes occidentales, qui s'étendent de la Provence à la vallée de la Dranse, le Grand St-Bernard et la Doire Baltée; dix-neuf groupes dans les Alpes moyennes qui sont séparées des Alpes orientales par les vallées de l'Inn et de la Sill, celles de l'Eisack et de l'Etsch et le col du Brenner, et quatorze dans les Alpes orientales. Ce travail est accompagné d'une carte d'ensemble.

M. LORY<sup>65</sup>, auquel nous devons déjà une note intéressante sur la structure des montagnes\*, a publié un essai sur l'orographie des Alpes de la Savoie et du Dauphiné, considérée dans ses rapports avec leur structure géologique. Les traits caractéristiques du relief d'un système de montagnes sont les accidents longitudinaux et les coupures transversales. Il divise les Alpes en plusieurs zones longitudinales qui sont la région des chaînes subalpines et quatre zones alpines. Elles sont caractérisées par des formes orographiques et des terrains distincts dont il donne brièvement la description. Les failles jouent un rôle important dans la constitution de ces diverses zones et séparent souvent celles-ci les unes des autres.

*Lacs.* M. DENZLER<sup>20</sup> a réuni diverses données sur les profondeurs des lacs en Suisse et les manières dont elles ont été prises.

\* *Revue scientifique*, v.

M. HEIM<sup>51</sup> a fait une série de sondages dans le lac de Lucerne. La profondeur de ce lac est moins grande qu'on ne le croyait. Elle atteint son maximum entre le Grütli et le promontoire de Schilferneck, à 205<sup>m</sup> de profondeur. Le fond du lac est à peu près plat, sauf près de l'embouchure des grands cours d'eau.

*Failles et soulèvements.* Suivant M. Lory<sup>65</sup>, les failles ont été le premier acte des révolutions qui ont façonné le relief des chaînes alpines; puis sont venues de puissantes actions de refoulement latéral. Les gradins déterminés par les failles ont joué le rôle d'obstacles contre lesquels les couches ont été redressées ou plissées et plus ou moins rompues. La formation des chaînes de montagnes est ainsi due en grande partie à la combinaison d'affaissements gigantesques avec des refoulements latéraux.

M. VÉZIAN<sup>120</sup> a fait, à propos de la géologie du Jura, une théorie complète des failles, de leur origine, de leurs principaux caractères, des circonstances qui ont influé sur elles et un examen détaillé des divers modes de soulèvement. Il compare ceux du Jura à ceux des Alpes; puis il étudie les relations qui existent entre les failles et la formation des voûtes.

M. SUËSS<sup>111</sup> a publié un ouvrage d'une grande importance sur le soulèvement des Alpes. Il expose d'abord les principales opinions qui ont été émises sur la formation des montagnes. Puis il décrit en quelques traits caractéristiques la structure des principales parties du système des Alpes, de l'Apennin, des Alpes occidentales et du Jura qu'il y rattache, jusque dans les ramifications les plus orientales de la chaîne; il poursuit ensuite cet examen dans le Balkan, le Caucase et l'Ararat. Toutes ces chaînes ont le même caractère. Leurs deux côtés sont

entièrement différents ; l'un est le résultat du soulèvement et de plissements, l'autre de déchirures, d'affaissements, souvent associés à des éruptions volcaniques. L'identité de leur structure amène à la conclusion qu'elle a été déterminée par une même cause qu'il faut rechercher dans une force agissant dans le sens horizontal ou tangentiel beaucoup plus que dans une force agissant dans le sens du rayon terrestre.

Cette force horizontale a agi en Europe dans la direction du nord ou du nord-nord-est, et ses manifestations peuvent avoir été plus ou moins modifiées par les obstacles superficiels. Les Alpes viennent butter contre des points de résistance, le Plateau central de la France, la Forêt-Noire, le massif de la Bohême, qui ont beaucoup influé sur leur forme ; dans leurs intervalles, la chaîne se développe, s'étale et montre clairement sa structure unilatérale. Cette observation se reproduit aussi dans les détails. Ainsi M. Kaufmann a prouvé que la forme de la lisière des Alpes, entre les lacs de Thoun et de Zurich, dépend essentiellement des masses plus ou moins considérables de *nagelfluh* qui résistaient à cette pression latérale.

M. Suess examine ensuite au même point de vue les autres chaînes de l'Europe, puis il recherche les points où, sur ce continent, les plissements ont eu lieu dans d'autres directions que la grande direction générale indiquée. Je ne puis entrer ici dans toutes les considérations et théories développées par l'auteur. En Amérique comme en Europe, la direction du soulèvement paraît avoir été principalement nord, nord-ouest ou nord-est. Dans l'Asie centrale, au contraire, sud ou sud-est. Les chaînes n'ont dans leur formation aucun ordre géométrique. Elles proviennent des contractions inégales de la

surface de la planète et peuvent atteindre divers degrés de complication, suivant l'intensité de la force et la nature des roches sur lesquelles elle agit. La direction de la contraction peut avoir duré pendant un temps indéfini dans la même direction. Toute la région de l'Europe située au nord des Alpes a été soumise à cette même action qui peut également donner lieu à un soulèvement continental (Scandinavie). Cette force a son siège, suivant M. Suess, dans l'épaisseur même de l'écorce terrestre où elle a agi à diverses profondeurs. On reconnaît à la surface des continents des régions qui sont restées tranquilles ou n'ont été que peu soumises à ce système de contractions, tandis que d'autres ont été constamment le centre de cette action.

*Minéraux et roches.* M. BACHMANN<sup>4</sup> a publié des notes sur divers minéraux trouvés dans les Alpes suisses.

M. SPEZIA<sup>102</sup> a décrit de petits cristaux bleus observés par lui dans la protogine du Mont-Blanc, et qu'il a rapportés au béril. Il signale les observations faites antérieurement sur ces mêmes cristaux qui avaient été attribués au corindon.

M. MULLER<sup>73</sup> a donné une énumération des principaux minéraux du Saint-Gothard.

M. B. STUDER<sup>106</sup> a publié une note sur les porphyres des bords du lac de Lugano. Ces roches ont été étudiées à diverses reprises par de Buch, M. Studer, Hoffmann, Escher, Brunner, Girard et MM. Negri et Spreafico qui, sur la carte géologique de cette région, ont réuni sous la même teinte les porphyres rouges et noirs, le granit de Figino et le pechstein noir de Grantola, plusieurs de ces auteurs ayant constaté des passages entre ces diverses roches et les ayant regardées comme de même

époque. M. Studer regrette que ces géologues n'aient pas établi des divisions dans ces roches qui ont des caractères minéralogiques bien distincts. Il les décrit et donne des analyses chimiques du porphyre rouge et du porphyre noir.

M. L. DE FELLEBERG<sup>55</sup> a aussi donné la description et les analyses des mêmes porphyres qui proviennent du tunnel de Maroggia dans le Tessin.

M. CHAVANNES<sup>60</sup> a fait une nouvelle communication sur l'âge des gypses et des cargneules. Suivant lui, ces roches sont des formations métamorphiques en rapport avec des terrains d'âges divers. M. RENEVIER<sup>55</sup> et M. LORY<sup>62</sup> ont combattu cette manière de voir et les regardent comme des dépôts sédimentaires d'époques diverses. M. GILLIÉRON<sup>44</sup>, qui avait signalé la présence d'une cargneule nummulitique dans le canton de Fribourg, en a retrouvé un nouveau gisement au Twirienhorn, dans la vallée de Diemtigen (Berne).

Un grand nombre de calcaires argileux du Jura (lias, Hauptrogenstein, Cornbrash, calcaire oxfordien) ont comme couleur normale une teinte gris-bleu, et deviennent jaunâtres à la suite d'une longue exposition à l'air. Les deux couleurs ont parfois dans le même bloc une limite très tranchée; mais la structure de la roche est exactement la même. M. MULLER<sup>76</sup> attribue cette couleur jaune à la présence du fer en quantité variable provenant de la décomposition de composés ferrugineux. La couleur bleue est due, au moins en partie, à la pyrite qui existe en proportion notable dans le calcaire argileux oxfordien. Elle peut provenir aussi de matière organique bitumineuse.

Nous devons à MM. KLUNGE et DE TRIBOLET<sup>58</sup> des

analyses de calcaires hydrauliques du Jura neuchâtelois et vaudois. Elles ont été faites sur des chaux produites par une forte calcination et sur les calcaires eux-mêmes. Ces roches se trouvent dans l'étage astartien inférieur, l'étage oxfordien moyen et l'étage vésulien (bathonien inférieur).

M. JACCARD <sup>55</sup> a publié une note sur les phosphorites du Jura neuchâtelois (*Revue pour 1873*, 349).

Dans ses études sur le sol arable, M. RISLER <sup>89</sup> donne trente-sept analyses des roches employées par l'agriculture dans les cantons du Valais, de Vaud et de Genève. Les brisés du Valais qui servent d'engrais dans ce canton ne sont autre chose que la roche connue sous le nom de schistes gris ou schistes lustrés. Il étudie les diverses natures des roches de la molasse, du diluvium glaciaire et des alluvions modernes, et la meilleure manière d'employer ces terrains. Il insiste aussi sur l'utilité des cartes géologiques pour l'agriculture, sujet qui a déjà été traité par cet éminent agronome (*Archives*, 1872, XLIV, 208).

*Paléontologie.* M. SANDBERGER <sup>98</sup> a terminé son ouvrage sur les coquilles terrestres et d'eau douce du monde ancien. Ce vaste travail, dont j'ai déjà parlé, sort par son étendue du cadre qui m'est tracé. L'auteur y décrit méthodiquement les gisements de ces coquilles et ces coquilles elles-mêmes. Cette étude l'amène à des considérations stratigraphiques d'une haute importance pour la classification générale des sédiments, surtout dans les dernières époques géologiques où les formations continentales deviennent beaucoup plus nombreuses. Plusieurs gisements de la Suisse sont décrits dans ce travail.

M. MOËSCH <sup>71</sup> a publié une monographie des Pholadomyes illustrée de 40 belles planches. Ce genre, qui commence

dans le terrain liasique inférieur (zone à *Amm. planorbis*) par une espèce, *Ph. corrugata* K. et D., acquiert de suite, dans les terrains jurassiques, un grand développement, et se continue à travers les terrains crétacés et tertiaires jusqu'à l'époque actuelle où il n'est plus représenté que par le *Ph. candida*. Quelques espèces sont communes au lias et à l'oolite inférieure; aucune ne passe de l'un à l'autre des groupes de terrains que je viens d'indiquer. La description des espèces et leur comparaison sont faites avec le plus grand soin.

Les échinides fossiles de la Suisse, étudiés par MM. Desor et de Loriol et par M. DE LORIOU<sup>59</sup> seul, sont au nombre de 438 espèces qui, suivant ce dernier paléontologiste, se répartissent comme suit :

<i>Espèces jurassiques</i> . . . . .	217
Lias et infra-lias, 6; bajocien, 14; bathonien, 45; callovien, 11; Jura supérieur, 145.	
<i>Espèces crétacées</i> . . . . .	168
Valangien, 52; néocomien moyen, 39; urgonien, 44; rhodanien, 22; aptien supérieur, 16; gault inférieur, 19; vraconien, 13; rhotomagien, 8; craie, 4.	
<i>Espèces tertiaires</i> . . . . .	53
Nummulitique, 43; helvétique, 9; pliocène, 1.	

Aucune espèce ne franchit les limites d'un des trois groupes. En revanche les espèces de transition d'un étage à l'autre sont nombreuses, surtout dans le terrain jurassique supérieur et dans les divisions inférieures du terrain crétacé.

On a remarqué à diverses reprises dans des squelettes de grandes ichtyosaures du lias, des squelettes plus petits du même animal qui ont été considérés comme des embryons; deux de ceux-ci avaient la tête tournée du côté postérieur du grand animal; un échantillon de l'*Ichtyo-*

*saurus avirostris* Wagn. du lias supérieur du Wurtemberg, qui renfermait aussi un jeune individu, a été signalé par M. MÉRIAN<sup>68</sup>; mais dans celui-ci la tête du jeune est tournée en sens inverse des précédents, ce qui fait supposer que la présence des deux squelettes l'un dans l'autre est accidentelle. Ce bel exemplaire a été acquis par le musée de Genève.

Il se fait depuis quelques années, en Autriche, des observations intéressantes sur les faciès différents de terrains contemporains. MM. de Richthofen et de Mojsisovics dans le Tyrol, MM. Suess, Fuchs, Karrer et Hörnes dans le bassin de Vienne, M. Fuchs en Italie, ont montré qu'on devait regarder des terrains divers et possédant des faunes distinctes comme des dépôts de même époque, produits dans des conditions différentes.

A propos d'observations faites dans les terrains tertiaires du bassin de Vienne, M. R. HÖRNES<sup>52</sup> a développé ces observations. La plupart des calcaires et des dolomies des Alpes, regardés aujourd'hui comme des dépôts pélagiques, sont, d'après lui, des formations littorales, tandis que les argiles et les marnes seraient des dépôts de haute mer. M. Hörnes en donne les exemples suivants :

	Rivage et eaux peu profondes.	Dépôts de transition.	Dépôts pélagiques.
Étage méditerranéen (miocène).	Calcaire et conglomérat de la Leitha.	Sables de Potzleinsdorf.	Argile de Baden.
Oligocène du Vicentin.	Couches de Castel-Gomberto.	Couches de Lavarda.	Couches de Sanguonini.
Trias du Tyrol méridional.	Dolomie du Schlern: a) supérieure; b) inférieure.	Calcaire de Cipit.	a) Couches de Saint-Cassian. b) Couches de Wengen.

## II. Terrains.

### Terrains primaires.

M. GASTALDI <sup>79</sup>, qui avait exprimé précédemment l'opinion que les calcaires cristallins des Alpes faisaient partie de la zone de la *Pierre verte*, a reconnu depuis que ces roches sont intercalées dans le gneiss antique ou gneiss central. Elles ne sont pas contemporaines des marbres de l'Italie centrale qui, d'après les recherches récentes de M. de Stefani, appartiennent à l'époque secondaire.

M. MULLER <sup>77</sup> a remarqué l'analogie de certaines roches des Vosges avec des roches anciennes des Alpes. Ces deux chaînes contiennent également les gneiss quartzeux décrits par lui comme des grès métamorphiques et des leptynites (granulites), roches feldspathiques, pauvres en mica, contenant des grains de quartz arrondis, isolés, de grosseur variable, et quelquefois aussi de petits grenats. Cette dernière roche ressemble beaucoup au gneiss à quartz grenu de l'Etlithal, et il lui attribue la même origine.

Il existe dans les Alpes plusieurs exemples de pénétration du gneiss par le granit qui tendent à prouver la formation éruptive de cette dernière roche. Necker, Escher, M. Studer en ont signalé divers cas. M. MULLER <sup>78</sup> a indiqué dans le Fellithal un fait analogue. Le gneiss a été brisé par l'éruption du granit et beaucoup de ses fragments ont été enveloppés par lui. Des phénomènes semblables ont été observés dans les Vosges. L'auteur en conclut à l'origine éruptive d'une partie des granits alpins; une autre partie serait, d'après lui, d'origine sédimentaire et métamorphique, tandis que d'autres encore,

formés et durcis dans les profondeurs du globe, seraient arrivés tels quels à la surface par suite d'un soulèvement.

Le même auteur <sup>75</sup> remarque que le granit joue un rôle peu considérable dans le Saint-Gothard où il n'apparaît que comme roche éruptive : presque tout ce massif, dans la partie traversée par le tunnel, est formé de schistes cristallins, surtout de micaschistes et de roches gneissiques nettement stratifiées. Le quartz grenu constitue un élément important de leur composition ; il s'y trouve en grains fins, arrondis, qui sont disposés en amas dans le sens de la stratification et plus ou moins enveloppés de mica et d'helvétan, mica talqueux verdâtre ou blanchâtre, à éclat soyeux tout à fait analogue au séricite des schistes du Taunus. Ces roches, qui sont des terrains sédimentaires métamorphiques, sont riches en minéraux.

La masse centrale du Finsteraarhorn est formée de roches tout à fait semblables dans la région parcourue par le chemin de fer entre Amstæg et Andermatt. Le Bristenstock est presque entièrement constitué par ces schistes plus ou moins cristallins, presque verticaux, et dans lesquels sont intercalées, sur le versant nord de cette montagne, des couches impures d'anthracite que M. Muller rapporte en majeure partie aux terrains silurien et dévonien ; mais on trouve aussi près du pont de Felli, à Wyler, Wasen et Göschenen, du granit alpin massif qui enveloppe par places des fragments de gneiss, et qui présente souvent des clivages horizontaux.

M. Muller regarde le Saint-Gothard comme formé par de vraies couches disposées en éventail. Il est naturellement conduit à cette théorie par l'opinion que les schistes cristallins sont le produit du métamorphisme des grès.

des calcaires, des marnes et des argiles d'époque ancienne.

D'après M. STAPPF <sup>104</sup>, la structure en éventail du St-Gothard peut être attribuée à de petits glissements très multipliés sur les plans de clivage, glissements dont le résultat final a été de diminuer le degré de plongement primitif de chaque assise, et cela d'autant plus qu'elle s'élève plus haut.

*Pierre verte.* J'ai déjà résumé les recherches de M. GASTALDI sur les terrains anciens des Alpes italiennes et ses discussions avec divers auteurs, spécialement avec M. Lory. M. Gastaldi croit que la zone de la pierre verte appartient aux terrains azoïques. Dans un nouveau travail <sup>59</sup>, il apporte comme preuve le fait que les calcaires dolomitiques qui recouvrent cette zone au Chaberton, à la Rognosa, au Chinivert, etc. (vallées de la Dora Riparia et du Chisone), contiennent des fossiles paléozoïques. Ces fossiles découverts et étudiés par M. Michelotti, sont des coraux des genres *Syringopora*, *Favosites* et *Halysites*, qui sont paléozoïques, des entomostracés du genre *Cythereis* et une empreinte de crinoïde (*Actinocrinus?*). Leur état de conservation est du reste très imparfait. Parfois ces calcaires reposent directement sur la pierre verte (euphotide, serpentine, variolite), et ils ne présentent aucune modification au contact de ces roches. Ailleurs, ils en sont séparés par le terme le plus récent de cette zone, le calcschiste, et ils renferment alors ces traces de fossiles. Si ces roches appartiennent à la série paléozoïque inférieure, la zone de la pierre verte, sur laquelle elles reposent, doit être prépaléozoïque, et l'on ne peut plus faire rentrer dans le trias les gypses, les cargneules et les quartzites qui les accompagnent.

## Terrains paléozoïques.

*Terrain houiller.* M. HEER <sup>49</sup> complète ses recherches sur les végétaux fossiles de la Suisse par l'étude des flores primaires et secondaires. La première livraison de ce nouvel ouvrage contient celle du terrain houiller. La description des espèces est accompagnée d'un atlas de 22 planches. Ces plantes proviennent d'outre-Rhône, de Vernayaz, de Salvan, des Posettes, de Servoz, de la Montagne du Fer, de Taninges, de Petit-Cœur et de divers gisements de la Maurienne et du Dauphiné. Le terrain houiller se prolonge dans le Valais, sur la rive gauche du Rhône, mais sans contenir de plantes fossiles. On ne le retrouve pas dans les Grisons, mais Escher l'a signalé au Titlis, au Bristenstock (Uri) et au Tödi. Plus à l'est il réapparaît dans le Tyrol, au col de Steinach, à la Stangalpe (Styrie) et en Carinthie. Sur le versant sud des Alpes suisses, il se trouve à Mano près de Lugano. Il est formé dans ces divers pays de dépôts terrestres et lacustres. M. Heer en compare la flore à celles de diverses contrées d'Europe et d'Amérique. 64 espèces ont été signalées en Suisse, dont 37 d'Erbignon seulement: 11 espèces sont spéciales à cet ancien continent; les 53 autres appartiennent au terrain carbonifère moyen; 3 d'entre elles sont communes au carbonifère inférieur, 14 au carbonifère supérieur ou permien. Parmi ces dernières, le *Walchia piniformis* seul paraît avoir acquis son plus grand développement dans le permien. On ne peut donc mettre en doute que le terrain anthracifère des Alpes ne soit l'équivalent du terrain carbonifère moyen d'Angleterre et d'Allemagne (*Coal measures*). Il correspond à la partie supérieure de ce terrain (zone des fougères et des

annulaires) dont il contient 31 espèces, tandis qu'il n'en contient que 14 de la partie inférieure (zone des sigillaires et des calamites). La flore de la Savoie (54 sp.) est semblable à celle de la Suisse avec laquelle elle a 34 espèces communes. Sur les 37 espèces du Dauphiné, 17 se retrouvent en Suisse. Cette flore renferme beaucoup plus de sigillaires et de calamites, et elle correspond à la partie inférieure du terrain carbonifère moyen (ainsi que celle de Mano); elle est, par conséquent, plus ancienne que la flore suisse. Ces trois flores ont ensemble 98 espèces. Les espèces du Tyrol et de la Carinthie appartiennent à la zone supérieure; celles de la Stangalpe à la zone inférieure. La flore des Alpes a une très grande ressemblance avec celle de l'Amérique, ce qui prouve la grande homogénéité de la végétation à cette époque. Aucune espèce des Alpes ne se trouve ailleurs que dans le terrain houiller.

Les résultats de cette belle étude paléontologique sont entièrement contraires aux hypothèses d'Élie de Beaumont sur l'âge du terrain anthracifère, hypothèses que la stratigraphie avait déjà entièrement réfutées.

#### Terrains mésozoïques.

*Trias.* M. E. DE MOJSISOVICS <sup>74</sup> a continué la publication de la faune triasique des environs de Hallstatt. Cette nouvelle livraison, accompagnée de 38 planches, renferme la suite de la description des ammonitides (fin du genre *Arcestes*, qui ne compte pas moins de 112 espèces, *Didymites*, 6 sp., *Lobites*, 26 sp.). Le genre *Didymites* a été établi par l'auteur aux dépens des *Arcestes*, et le genre *Lobites* comprend des espèces classées sous les noms de *Goniatites (pars)*, *Clydonites* et *Arcestes*.

Une discussion s'est engagée entre divers géologues

autrichiens et bavaois au sujet de la succession des terrains triasiques dans le Tyrol méridional (Revue pour 1874, 291).

M. DE RICHTHOFEN<sup>88</sup> a réfuté la théorie avancée par M. Gumbel; il a prouvé que les masses puissantes de dolomie auxquelles il a donné le nom de dolomie de Mendola et de dolomie du Schlern, sont d'anciens récifs de coraux et des formations littorales qui ne se sont jamais étendues d'une manière continue sur le Tyrol et dans l'intervalle desquelles se trouvaient des dépôts marneux, pélagiques, contenant une faune plus ou moins abondante. Il explique la formation de ces récifs en les comparant à celle des récifs actuels.

M. DE MOJSISOVICS<sup>75</sup> a poursuivi l'étude de cette question et a acquis de nombreuses preuves de l'exactitude de la théorie de M. de Richthofen; il a examiné la structure des masses dolomitiques, ainsi que leur extension horizontale et verticale, et il en donne une classification. La contemporanéité des dépôts dolomitiques et des dépôts marneux intermédiaires est prouvée par la présence d'espèces communes dans les deux faciès, par la présence locale des masses dolomitiques à divers niveaux dans le faciès marneux, par les intercalations de deux faciès aux points de contact, par des substitutions locales d'un faciès à l'autre et par leurs rapports avec les couches de Raibl qui les surmontent.

M. PICHLER<sup>81</sup> a combattu l'opinion de M. de Mojsisovics sur l'âge des couches à *Cardita* dans le Tyrol septentrional. Il maintient contre cet auteur son opinion déjà ancienne et partagée par M. Gumbel, qu'il existe dans le Tyrol deux couches à *Cardita* séparées par le calcaire du Wetterstein.

TERRAIN LIASIQUE. M. KAUFMANN<sup>53</sup> a découvert à Hüttern (Unterwald) un gisement abondant de fossiles liasiques; plus de 50 espèces y ont été reconnues; je citerai entre autres :

Belemnites acutus Mill.	Ammonites insignis Schubl.
— paxillosus Schl.	— annulatus Sow.
Nautilus striatus Sow.	Lima gigantea Lam.
Ammonites Maugenesti d'Orb.	Pecten textorius Schl.
— margaritatus Montf.	Gryphea cymbium Lam.
— spinatus Brug.	Terebratula numismalis Schl.
— fimbriatus Sow.	Spirifer Walcottii Sow.

TERRAIN JURASSIQUE. M. DE TRIBOLET<sup>446</sup> a rapporté à l'*Eisenstein* les roches jurassiques du sommet du Morgenberghorn. D'après une série de fossiles recueillis à l'Iselten-Alp, au-dessous de la Scheinige-Platte et à l'Erzplatz près de Lauterbrunnen, dans les Alpes bernoises, il conclut que ce terrain renferme un mélange des fossiles des zones des *Ammonites Murchisonæ*, *Humphriesianus* et *macrocephalus*, la plus grande partie d'entre eux appartenant aux couches de Klaus, et qu'il doit être regardé comme l'équivalent plus ou moins exact de cette dernière formation.

M. B. STUDER<sup>108</sup> a prouvé que l'*Eisenstein* ne se trouve pas dans la chaîne du Morgenberghorn.

M. DE TRIBOLET<sup>445</sup> a signalé la présence, au Petit-Château (Chaux-de-Fonds), des marnes à Homomyes ou marnes à *Ostrea acuminata*, intermédiaires entre le calcaire à polypiers, qui leur est inférieur, et la grande oolite qui leur est supérieure; elles sont formées de calcaires marneux et hydrauliques et sont riches en fossiles. Il a étudié<sup>442</sup> aussi divers gisements calloviens du Jura neuchâtelois et du Jura vaudois, et constaté dans plusieurs d'entre eux un mélange de la faune des couches à *Ammo-*

nites *macrocephalus* et de la couche à *Ammonites ornatus*.

*Terrain jurassique supérieur. Alpes.* J'ai publié <sup>51</sup> une description des fossiles du terrain jurassique supérieur des Voirons. La faune en est formée de 38 espèces réparties en deux horizons.

L'horizon inférieur renferme un mélange d'espèces de la zone à *Amm. transversarius* et de celles de la zone à *Amm. bimammatus* (*Belemnites hastatus*, *Argovianus*, *Ammonites Manfredi*, *callicerus*, *hispidus*, *Erato*, *bimammatus*, *perarmatus*, *OËgir*, *eucyphus*, etc.).

L'horizon supérieur, lié au précédent par quelques espèces communes, correspond à la zone de l'*Amm. acanthicus* et renferme aussi quelques espèces tithoniques (*Ammonites isotypus*, *Silesiacus*, *Orsinii*, *flexuosus*, *longispinus*, *Rupellensis*, *acanthicus*, *Terebratula Bouei*, *janitor*, etc.). Les couches plus élevées sont formées de calcaires sans fossiles.

J'ai comparé ensuite ces faunes à celles de régions voisines dans les Alpes occidentales, où les terrains jurassiques supérieurs sont également riches en fossiles. On peut y distinguer quatre faunes successives :

1. Faune oxfordienne proprement dite.
2. Faune semblable à celle de l'horizon inférieur des Voirons.
3. Faune de la zone à *Amm. acanthicus*, appartenant sans aucun doute au terrain kimméridien, très riche en fossiles, semblable à l'horizon supérieur des Voirons, et ayant une analogie frappante avec les faunes du même horizon dans le Tyrol et en Transylvanie; on y trouve aussi une association de quelques espèces tithoniques.
4. Faune tithonique formée d'un mélange des terrains tithoniques inférieur et supérieur.

J'ai insisté dans ce mémoire sur l'âge kimméridien de la zone à *Amm. acanthicus*, sur le classement dans le

terrain jurassique des couches tithoniques, sur les caractères des formations méditerranéennes et sur la variété des faciès dans diverses parties des Alpes. Il n'y a pas eu dans cette région de lacune dans les dépôts sédimentaires entre le terrain oxfordien et le terrain crétacé.

MM. PILLET et DE FROMENTEL<sup>s2</sup> ont donné une description géologique et paléontologique de la colline de Lémenc près de Chambéry. Ils y ont joint la description de quelques fossiles du calcaire grossier de Montagnole, qui fait aussi partie de la série des terrains jurassiques supérieurs. Les terrains qui se voient à Lémenc sont de bas en haut :

*Couche des carrières.* Zone de l'Ammonites tenuilobatus : Belemnites semisulcatus, Sauvanausus, Ammonites tenuilobatus, Weinlandi, flexuosus, compsus, frotho, acanthicus, polyplocus, Doublieri, Aptychus imbricatus, latus, Metaporhinus convexus, Collyrites carinata, plusieurs espèces de bivalves et de brachiopodes, etc.

*Étage du calvaire.* Calcaires à Ammonites lithographicus, couches de Rogoznik : Ammonites Loryi, Silesiacus, Kochi, Staszycii, lithographicus, steraspis, calisto, Aptychus Beyrichi, Terebratula diphyia, etc.

*Couches de la vigne Droquet.* Calcaire dolomitique riche en fossiles coralliens : Belemnites conophorus, ensifer, Ammonites Liebigi, Richteri, transitorius, Aptychus Beyrichi, Pecten subspinosus, Terebratula janitor, Moravica, Megerlea pectunculoïdes, Metaporhinus convexus, Cidaris glandifera, Blumenbachi, coronata, etc.

La superposition de ces diverses assises est parfaitement normale, sans trace de faille ni de contournements. L'assise supérieure n'est pas formée par une brèche, comme cela a été dit, mais par des bancs réguliers de calcaire fin, souvent arénacé. Les conclusions que M. Pillet tire de ses recherches sont que ces trois étages sont tous jurassiques et qu'ils appartiennent au faciès méditerranéen de cette formation. Bien qu'il y ait quelques rectifi-

cations à faire dans la détermination des espèces, cette étude paléontologique a confirmé les résultats obtenus par l'étude des faunes d'autres gisements en montrant en superposition normale, la zone de l'*Ammonites tenuilobatus*, les couches de Rogoznik et celles de Stramberg.

M. HÉBERT <sup>47</sup> a combattu les résultats obtenus par M. Pillet.

Une grande partie des calcaires des Mythen et de l'Unterwald appartiennent, d'après M. KAUFMANN <sup>55</sup> et M. Mœsch au terrain jurassique supérieur (zone de l'*Amm. polyplocus* et calcaire de Stramberg).

*Jura.* M. CHOFFAT <sup>41</sup> a fait un examen détaillé de la série des terrains jurassiques supérieurs dans le Jura occidental; il décrit les subdivisions de l'argovien et du terrain à chailles, du corallien proprement dit et de l'astartien. L'argovien de cette région correspond exactement à celui du canton d'Argovie, soit aux couches de Birminsdorf, d'Effingen et du Geissberg de M. Mœsch. Les trois niveaux du séquanien correspondent aux couches à *Hemicidaris crenularis*, aux couches de Wangen et à celles de Baden. Au-dessus du corallien, représenté aux environs de Saint-Claude par un calcaire compacte, se trouve le séquanien supérieur (astartien, couches de Baden) contenant une faune abondante qui renferme 19 espèces communes aux couches de Baden en Argovie (*Ammonites acanthicus*, *Lothari*, *polyplocus*, *polygyratus*, *subinvolutus*, *Thracia incerta*, *Holectypus corallinus*, *Rhabdocidaris trispinata*, etc.).

Cet horizon est surmonté par le récif corallien de Valfin (91<sup>m</sup>,50) que recouvrent des dolomies et des calcaires portlandiens à *Nerinea trinodosa* et *Natica Marcousana*. Les couches de Valfin sont ici l'équivalent de l'ensemble

du terrain ptérocérien. Le faciès coralligène se présente aussi dans le portlandien, par exemple à la Faucille, et c'est à cet horizon qu'il faut rapporter le récif du Salève. Les coupes données par M. Choffat démontrent clairement la superposition de ces divers horizons coralligènes dans le Jura et leurs équivalences dans l'Argovie.

M. DE TRIBOLET <sup>114</sup> a donné quelques nouveaux détails sur le gisement du terrain virgulien des Brenets déjà connu par les travaux de Nicolet et de M. Jaccard. Ce terrain est la continuation du virgulien du Jura bernois, et probablement synchronique des *Plattenkalke* des environs d'Ulm.

TERRAIN CRÉTACÉ. M. DE TRIBOLET <sup>117</sup> a décrit une nouvelle espèce de crustacé décapode macroure, provenant des terrains valangien et urgonien de Sainte-Croix, et qu'il a nommée *Gebia controversa*.

M. BERTHELIN <sup>6</sup> a donné une liste de 70 espèces de fossiles du gault de Morteaux (Doubs).

En France, M. HÉBERT <sup>48</sup> considère le gault comme formant la partie supérieure du terrain crétacé inférieur, ses caractères minéralogiques le rapprochant bien plus de ce terrain que des dépôts qui le recouvrent. Il montre que, dans le midi, il n'y a aucun passage paléontologique du gault à la craie glauconieuse (étage cénomanién), et que le mélange de fossiles constaté à Cassis provient seulement d'un remaniement des fossiles de la zone inférieure. L'association de fossiles de ces deux horizons, constatée également à Cheville dans les Alpes vaudoises par M. Renevier, lui paraît devoir être attribuée à un phénomène de même nature et ne pas justifier la création de l'étage vraconien établi par cet auteur sur une localité qu'il regarde lui-même comme exceptionnelle et

dont on ne retrouve l'analogie ni dans les Alpes, ni dans le Jura\*.

#### Terrains cénozoïques.

TERRAIN TERTIAIRE. M. DE LORIOU <sup>60</sup> a commencé la description des Échinides de la période tertiaire en Suisse qui forme la troisième partie de l'Échinologie helvétique. Il a conservé la même classification que pour les Échinides crétacés. Cette première livraison contient l'étude des familles des Cidaridées, des Glyphostomes, des Clypéastroïdées et des Cassidulidées.

M. E. BENOÏT <sup>5</sup> a cherché à établir la contemporanéité des terrains tertiaires des contre-forts des Alpes et de ceux qui ont été déposés plus loin de cette chaîne dans le bassin du Rhône et dans le Jura. Ce sont surtout les environs de Seyssel et la vallée des Usses qui ont été l'objet de ses études qu'il résume dans le tableau comparatif suivant :

\* Les fossiles de la faune de Cheville sont tous dans le même état de conservation, et il ne me semble pas qu'on puisse appliquer à cet intéressant gisement la théorie des remaniements invoquée par M. Hébert.

BASSIN DE PARIS.	BASSIN DU RHÔNE ET DES USSES.	CONTRE-FORTS DES ALPES.
Faluns de Touraine.	Mollasse sableuse.	Mollasse de la plaine.
	Bancs solides. Grès coquillier.	Muschelsandstein.
	Mollasse grise.	Mollasse grise du pied des Alpes.
	Mollasse bleue.	Mollasse bleue du pied des Alpes.
	Conglomérat local.	Nagelfluhs.
Calcaire d'Orléans. Calcaire de Beauce. Meulière de Beauce.	Mollasse calcaire gru- meuse. 3 <sup>mes</sup> couches d'eau douce. Lignites.	Flysch (schisteux).
Sables de Fontaine- bleau. Cailloux roulés de...	2 <sup>me</sup> mollasse rouge.	Macigno ; Grès mou- cheté.
	Lits de charriage.	Grès nummulitique. Conglomérat nummu- litique.
Calcaire de Brie. Meulière de Brie.	Grès feldspathique.	Grès de Taviglianaz.
	2 <sup>mes</sup> couches d'eau douce.	Grès argileux
Argiles vertes. Marnes vertes.	Mollasse à gypse.	avec
Argiles smectiques.	1 <sup>res</sup> couch. d'eau douce.	apparences
Marnes à Cyrènes.	Grès micacé (Fucoïdes?)	de Fucoïdes.
Marnes vertes. Marnes blanches.	1 <sup>re</sup> mollasse rouge.	Calcaire argileux et gréseux. Couches violettes.
Gypse parisien. Calcaire de St-Ouen. Sables de Beauchamp. Calcaire grossier. Sables calcaires et li- gnites du Soissonnais.	Sidérolitique.	Sidérolitique.
		Calcaire nummulitique
		Lignites.
		Calcaire nummulitique
CRAIE.		CRAIE

La mer était du côté des Alpes à l'époque nummulitique et du côté du Jura à l'époque miocène. Elle s'est déversée de l'est à l'ouest, mais on ne trouve aucun indice de son déplacement dans le sens longitudinal du bassin. L'étude de la région intermédiaire entre les Alpes et le Jura permet de fixer les relations d'âge des dépôts des bords du bassin qui sont souvent de nature très différente les uns des autres. M. Benoît établit dans ce travail l'existence de deux mollasses rouges qui ont été souvent confondues.

Des sondages pour l'établissement de puits artésiens faits dans les environs de Saint-Gall et de Rorschach ont fourni des coupes des terrains tertiaires qui ont été publiées par M. GUTZWILLER <sup>44</sup>.

M. Ph. DE LA HARPE <sup>45</sup> a donné une liste de 21 espèces de plantes fossiles trouvées à Épalinges, sur Lausanne, dans la mollasse marine (terrain helvétique); les *Cinnamomum* forment la grande majorité d'entre elles. Six de ces espèces n'avaient pas encore été reconnues dans cet horizon; une autre liste de plantes publiée par le même auteur contient les noms de 20 espèces recueillies au Calvaire, près de Lausanne, dans la mollasse grise (terrain langhien), et dont trois sont nouvelles pour ce terrain.

M. BACHMANN <sup>5</sup> a décrit une mâchoire inférieure de *Dinotherium bavaricum* Mey. découverte en 1869 par M. Greppin, au Mont Chaibeut, aux environs de Delémont, dans les sables à *Dinotherium* ou sables et galets vosgiens (Oëningien) qui reposent ici sur la mollasse d'eau douce inférieure. Ces sables contenaient, en outre, des restes du *Dinotherium giganteum*, du *Rhinoceros incisivus* et beaucoup de coquilles d'eau douce. La description de cette belle mâchoire est accompagnée d'excellentes figures.

Le sommet de l'Uetliberg, près de Zurich, est formé d'une nagelfluh dont les cailloux sont libres ou unis par un ciment sableux et calcaire. Ils proviennent des Alpes glaronnaises ou grisonnes, et des grès plus anciens de la mollasse; leur grosseur est très variable; la plupart d'entre eux sont impressionnés. Escher, M. Mousson, M. Moesch ont regardé ce dépôt comme un produit de l'époque glaciaire. M. K. MAYER <sup>66</sup> le considère comme tertiaire\*. Le relief du sol et le fait qu'il est formé en totalité de cailloux roulés sont de graves objections contre l'origine glaciaire de ce terrain. De plus cette roche passe peu à peu à la mollasse. Ce dépôt correspond à l'horizon du *Dinotherium giganteum* (Eppelsheim, Mont-Lébéron, Pikermi, etc.), auquel a succédé le terrain pliocène; il est antérieur à l'érosion des vallées dans la mollasse, ce qui explique sa présence au sommet de l'Uetliberg. Il forme l'horizon supérieur de la mollasse d'eau douce supérieure (Messinien III).

M. HEIM a combattu l'opinion de M. Mayer, et la regarde comme inadmissible jusqu'à ce qu'elle ait été démontrée par la présence de fossiles.

M. MAYER <sup>67</sup> a aussi éliminé du terrain quaternaire, auquel on l'attribuait généralement, la nagelfluh de la presqu'île d'Au, située sur le bord du lac de Zurich, entre Horgen et Wädenswyl. Ce dépôt, qui ressemble beaucoup à la roche de l'Uetliberg, est fluviatile et appartient à l'étage pliocène ou astien. Il n'a aucun rapport dans sa structure avec le terrain glaciaire, et sa situation géographique rend inacceptable l'hypothèse de sa forma-

\* M. B. Studer a déjà émis anciennement cette opinion (Geol. der Schweiz, p 365); il rapporte ce terrain à la partie supérieure de la mollasse, et le regarde comme antérieur à la formation des vallées.

tion par un glacier. Il est exactement identique à la nagelfluh désagrégée de Wædenswyl qui est de 70 mètres plus élevée que lui sur le flanc de la vallée et date de la même époque géologique, mais il est plus récent que la nagelfluh de l'Ulliberg.

**TERRAIN GLACIAIRE.** M. KINKELIN <sup>57</sup> a donné un résumé de nos connaissances sur le terrain glaciaire et l'ancienne extension des glaciers avec une carte qui représente leur étendue et leur distribution en Suisse. Après une introduction théorique, il décrit les bassins glaciaires des deux versants des Alpes et leurs limites relatives. Je ne puis entrer ici dans les nombreux détails de ce résumé très bien fait et accompagné d'une longue bibliographie. La seconde partie de ce travail est consacrée à l'histoire du développement et du retrait des anciens glaciers et des modifications qu'ils firent subir à la faune et à la flore de la Suisse.

Nous devons à M. PROBST <sup>84</sup> un mémoire sur les variations du climat pendant la période quaternaire.

M. SIEGFRIED <sup>99</sup> a publié quelques notes relatives à l'origine de la théorie glaciaire.

Dans une note où M. MARTINS <sup>65</sup> résume les travaux les plus récents sur le terrain erratique, cet auteur admet l'existence de deux périodes glaciaires continentales; la première plus étendue que la seconde. Les limites de celle-ci sont reconnaissables aux moraines frontales bien caractérisées; celles de la première sont plus difficiles à distinguer, ses dépôts ayant été remaniés par les eaux et n'ayant plus la forme de moraines.

*Terrains pliocène et glaciaire.* A la suite de la découverte de fossiles pliocènes dans les terrains de transport de la Lombardie, M. DESOR <sup>22</sup> avait exprimé l'opinion que

les périodes glaciaire et pliocène étaient intimement liées l'une à l'autre et à la période actuelle, et séparées par une ligne de démarcation plus tranchée de la période miocène. M. GASTALDI<sup>58</sup> montre que la séparation la plus nette entre les périodes tertiaire et actuelle se trouve postérieurement au soulèvement des plaines de la Lombardie, au moment où les grands pachydermes remplacèrent la faune marine.

La question de la coexistence des grands glaciers et de la mer pliocène au pied des Alpes a été vivement combattue par cet auteur<sup>58-57</sup>. Il conclut de la disposition des lacs au pied des Alpes que l'existence de ces bassins est la conséquence de la grande extension des glaciers.

A part quelques exceptions, l'ancienne moraine couvre le diluvium alpin qui repose sur la marne pliocène. Ce diluvium qui constitue le sol de toute la vallée du Pô, et se voit par places dans les amphithéâtres de Rivoli, d'Ivrée, du lac Majeur est un dépôt terrestre et non marin, formant au débouché de chaque vallée un cône de déjection qui en contient les roches; il ne renferme aucune trace de corps organisés; les cailloux restent énormes jusqu'à une grande distance du pied des Alpes. Si les glaciers étaient arrivés au bord même de la mer, les mollusques marins qui l'habitaient auraient dû vivre presque entièrement dans l'eau douce.

Les glaciers ne commencèrent leur mouvement de progression qu'après que la mer pliocène se fut retirée dans les limites actuelles. Cet accroissement a été dû soit au soulèvement, soit surtout à un changement de climat. Il fut donc très lent; les eaux qui s'écoulèrent des glaciers emportèrent la couche sableuse pliocène et déposèrent

sur la marne le cône de déjection. Les glaciers arrivant à la plaine fouillèrent ce terrain, puis remontèrent et franchirent l'obstacle. La plus grande profondeur atteinte par eux correspond à celle de chaque lac.

Nous devons à M. DESOR <sup>21</sup> un important ouvrage sur le terrain glaciaire. Il y décrit le paysage morainique, dont le type, si bien caractérisé, se voit sur beaucoup de points des deux versants des Alpes, dans la Haute-Italie, aux environs de Thoune et de Berne, dans le canton d'Argovie, en Bavière, etc. Cette description est accompagnée de cartes à une grande échelle des environs d'Amsoldingen près de Thoune, et de l'extrémité inférieure du glacier de Grindelwald. La période glaciaire n'a pas eu, comme condition nécessaire, la présence d'un froid considérable. Le climat de l'époque pliocène en Italie devait se rapprocher beaucoup du climat actuel ; dans d'autres régions, au contraire, il était plus froid. Il y a eu probablement, ainsi que l'indique la flore, un abaissement constant de la température du commencement à la fin de l'époque glaciaire.

M. Desor reprend la question du rapport des anciens glaciers du versant méridional des Alpes avec la période pliocène et confirme l'opinion de M. STOPPANI <sup>103</sup> (Revue pour 1874, p. 302). Il décrit ses propres observations sur la présence de fossiles pliocènes dans la moraine de Bernate, et donne la liste de ces fossiles. Le remplissage de la plaine lombarde provient, d'après lui, des boues et des sables charriés par les eaux découlant des glaciers. La grande ligne de démarcation dans les temps récents de l'histoire du globe est due au soulèvement des Alpes, entre les périodes miocène et pliocène. Le mouvement continental qui a suivi la période pliocène, a eu une

grande influence sur les plaines lombardes qu'il a exondées, mais n'offre pas des caractères d'une importance égale à ceux de l'exhaussement des Alpes.

Les lignites de Wetzikon et l'alluvion ancienne se sont formés pendant une époque interglaciaire. La dernière extension des glaciers a été plus considérable que la première.

M. SPREAFICO <sup>105</sup> a publié une note sur les coquilles pliocènes découvertes dans le terrain erratique du pied des Alpes.

Les observations faites par M. SORDELLI <sup>101</sup> sur la faune de Cassina Rizzardi l'ont amené à protester contre les conclusions que quelques naturalistes ont tirées de l'étude de cette localité et de gisements voisins. Toutes les coquilles sont plus ou moins roulées. Sur les 98 espèces qu'il décrit, et qui proviennent de ce gisement, 47 vivent dans la Méditerranée, 3 dans les mers tropicales, 48 sont éteintes. Les premières sont surtout des coquilles recherchant des régions chaudes; 32 d'entre elles se retrouvent dans l'Atlantique, et sur ce nombre, 20 habitent dans cette mer des parages méridionaux. Cette faune n'aurait donc pas pu vivre dans les conditions énoncées par M. Stoppani. De plus, toutes ces espèces, entassées aujourd'hui sur un même point, présentent la plus grande diversité dans leurs mœurs, les unes vivant sur les fonds vaseux, d'autres sur les rochers ou le sable, les unes étant tout à fait littorales, les autres habitant une plus grande profondeur. Les cailloux sont presque tous roulés; un petit nombre seulement présentent encore quelques traces de stries. Tout cet ensemble a donc au plus haut degré un caractère de terrain remanié par un cours d'eau, et provient de deux terrains déposés antérieurement et indépendamment l'un de l'au-

tre, le pliocène marin et le glaciaire. L'auteur donne, en terminant, l'énumération de la faune de ces gisements.

M. RUTIMEYER <sup>95</sup> a consacré à l'étude de cette question un mémoire important dans lequel il établit une comparaison entre les glaciers des deux versants des Alpes, et où il décrit la succession des faunes de mammifères terrestres en Italie depuis la fin de l'époque miocène. Il résume ses propres observations sur les environs de Camerlata, et il arrive aux mêmes conclusions que M. Sordelli. L'étude du bassin de Balerna n'a fourni à M. Rutimeyer aucune preuve que la mer et les glaciers se soient rencontrés sur ce point.

L'auteur a figuré sur une carte les observations faites sur l'ancienne extension des glaciers. Ceux-ci ont recouvert, sur le versant nord, des espaces beaucoup plus grands que sur le versant sud, mais leurs dépôts y sont plus disséminés et moins puissants, ce que l'on doit attribuer à la différence des températures. Si les époques glaciaires des deux versants sont contemporaines, cette différence était beaucoup plus accentuée alors que maintenant et n'a pu rester sans influence sur la faune et la flore de ces pays.

L'étude attentive des gisements ne donnant aucune preuve du contact des anciens glaciers et de la mer pliocène, l'auteur passe à l'examen des faunes des mammifères fossiles dans le nord de l'Italie. Les couches de lignite de Leffe, qui alternent avec des marnes et des bancs de craie lacustre, ont fourni beaucoup de restes de vertébrés : *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros*, *Bos etruscus*, *Cervus elaphus*, *C. Dama*, *Castor fiber*, *Emys europæa*, des coquilles d'eau douce, et des plantes. Mais cette faune, qui est postérieure au dépôt du terrain pliocène marin,

est, suivant M. Gastaldi, antérieure aux dépôts glaciaires du versant sud des Alpes. Pour préciser son âge, l'auteur indique la succession des faunes de vertébrés, depuis la fin de l'époque miocène, d'après les recherches de quelques paléontologistes et ses propres observations dans les musées italiens. Cette étude est accompagnée de considérations critiques d'une haute valeur. Il leur compare ensuite les faunes du pourtour des Alpes et d'une partie de l'Europe. J'indique ici brièvement ces diverses faunes à partir des plus anciennes :

1. Lignites de Cadibona, près Savone, surtout riches en *Anthracotherium*.
2. Lignites du Monte Bamboli en Toscane.  
Ces deux dépôts sont miocènes et correspondent à ceux de la mollasse d'eau douce sur le versant nord des Alpes.
3. Lignites de Casino, près Sienne, contenant une faune miocène supérieure ou pliocène inférieure : *Semnopithecus monspesulanus* Gerv., *Hipparion gracile* Kaup., *Antilope Cordieri* Gerv., *Cervus elsanus* Maj., etc. Faune très voisine de celles de Pikermi et d'Eppelsheim, et se retrouvant aux environs de Montpellier.
4. Faune du val d'Arno, faune type du terrain pliocène d'Italie. *Mastodon Arvernensis*, *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros Etruscus*, *Hippopotamus*, *Sus Strozzi*, *Equus Stenonis*, *Bos Etruscus*, *Cervus ctenoïdes*. Une faune contemporaine de celle-ci se retrouve sur plusieurs points de l'Italie. On la connaît aussi en France dans l'Hérault, en Auvergne, dans les environs de Châlons-sur-Saône, dans le crag de Norwich en Angleterre.
5. Faune du Val di Chiana, qui se trouve dans les environs d'Arezzo, associée à des coquilles d'eau douce ; elle appartient soit à l'époque pliocène supérieure, soit à l'époque post-pliocène, et paraît contemporaine du soulèvement de l'Apennin. *Elephas antiquus*, *E. primigenius*, *Rhinoceros hemitæchus*, *Equus caballus*, *Bison priscus*, *Bos primigenius*, *Cervus megaceros*, *C. elaphus*, *Castor Fiber*, *Canis lupus*. C'est dans la partie supérieure du dépôt que les restes de l'homme apparaissent pour la première fois. La partie la plus ancienne de cette faune se trouve dans beaucoup de localités de l'Europe et en particulier de la Suisse (Thaingen, Delémont, Dürnten).

La faune de Leffe est formée d'espèces du val d'Arno et du val de Chiana. Il est probable qu'à cette époque il y avait déjà des glaciers dans les Alpes, peut-être même avançaient-ils en partie jusqu'au pied des montagnes. M. Rutimeyer termine ce travail par des considérations sur la faune qui a succédé en Italie à celles que nous avons indiquées, et dont on retrouve les restes dans les brèches, les cavernes\*, etc.

Après un examen attentif des localités, M. A. FAYRE<sup>50</sup> a aussi combattu l'idée de la présence simultanée au pied des Alpes de la mer pliocène et des grands glaciers. Une coupe prise le long du chemin de fer entre Mendrisio et Chiasso prouve qu'il n'y a pas entre ces localités d'association de fossiles pliocènes avec le vrai terrain glaciaire. Le monticule de Cassina Rizzardi n'a aucune ressemblance avec une moraine; il est formé d'une alluvion post-glaciaire, et les fossiles qui s'y trouvent ont été remaniés par les eaux, ainsi que les cailloux auxquels ils sont associés.

Ces remaniements, qui peuvent être la source de graves erreurs, ont été constatés aussi de la manière la plus positive dans d'autres terrains. On sait quelle longue discussion a eu lieu entre les géologues lyonnais à propos de la présence de fossiles miocènes dans les alluvions anciennes des environs de Lyon. L'étude de ces mélanges, aujourd'hui parfaitement constatés, a été faite avec beaucoup de soin par M. FONTANNES<sup>54</sup> dans le gisement bien connu de la Fuly. M. FALSAN<sup>27</sup> les a aussi signalés près de Meximieux.

*Versant nord des Alpes.* M. ZIEGLER<sup>125</sup> a fait paraître

\* Les faunes des mammifères pliocènes et post-pliocènes de la Toscane ont fait aussi l'objet des recherches de M. Forsyth Major<sup>64</sup>.

une belle carte à  $\frac{1}{150000}$  de la Haute-Engadine, de la Bernina et des vallées environnantes, sur laquelle est indiquée l'extension du terrain erratique.

M. F. DE SALIS <sup>97</sup> a publié des notes sur le terrain glaciaire du bassin du Rhin antérieur et du Rhin postérieur. Les roches principales de la vallée du Rhin antérieur sont le granit, le gneiss, le gneiss granitique, les schistes verts, le marbre blanc, et spécialement le granit de Puntaiglas et une syénite noire qui provient des environs de Truns et de Puntaiglas. Les roches sont encore plus variées dans la vallée du Rhin postérieur. D'après de nombreuses observations, la surface du glacier dans la vallée de Coire devait être à environ 2100 mètres. Un très grand nombre de blocs ont été constatés à 1600 et 1700 mètres.

M. GUTZWILLER <sup>98</sup> a donné le catalogue des blocs erratiques du canton de Saint-Gall, dont la conservation a été décidée. Ces blocs, qui sont nombreux, et dont quelques-uns sont de très grandes dimensions, proviennent tous de l'ancien glacier du Rhin.

M. GERWIG <sup>99</sup> a protesté contre l'opinion de quelques géologues badois que les blocs des environs de Möhringen et de Mösskirch ont pu être amenés par des glaces flottantes, et que les glaciers eux-mêmes n'ont pas apparu dans le grand-duché de Bade au nord du Rhin, à l'ouest du lac de Constance. Il décrit et figure dans deux cartes la contrée envahie par le glacier dans cette région, tout autour de l'extrémité occidentale de ce lac. Le glacier du Rhin s'avancait au nord jusque dans le bassin du Danube, vers Sigmaringen et à l'ouest jusque vers Schaffhouse et Neuhaus.

M. ZITTEL <sup>100</sup> a complété son travail sur les dépôts

glaciaires de la Bavière (Revue pour 1874, p. 309) par quelques nouvelles indications d'ouvrages publiés sur ce sujet, et en annonçant la découverte, dans la nagelfluh préglaciaire, des restes d'un cheval appartenant probablement à une nouvelle espèce.

M. BACHMANN<sup>2</sup> a publié une note sur les marmites de géants découvertes au Längenberg dans le canton de Berne (Revue pour 1874, p. 309).

MM. FALSAN et CHANTRE<sup>28</sup> ont commencé la publication de leur ouvrage sur le terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône. Ce vaste travail est accompagné d'une carte à une grande échelle sur laquelle les auteurs ont représenté d'une manière fort ingénieuse, au moyen de lignes de diverses couleurs, l'étendue que recouvraient les glaciers au moment de leur plus grande extension et la direction qu'ils suivaient. Celui du Rhône est tracé en rouge, ceux du Jura en bleu, ceux du Beaujolais et du Lyonnais en vert, ceux de l'Isère, du Drac et de la Romanche en bistre. Ces indications suffisent déjà pour montrer le grand nombre de glaciers qui aboutissaient dans les plaines du Rhône et la diversité des roches dont se compose le terrain erratique de cette contrée.

Le texte déjà paru contient une partie du catalogue des blocs erratiques dans lequel les auteurs indiquent leur nature, leur altitude et leur position exacte.

M. CHAMBRUN DE ROSEMONT<sup>7</sup> conclut de ses observations sur le diluvium de la Haute-Tarentaise que les grands cours d'eau étaient en activité dans cette vallée quand les grands glaciers avaient disparu, et que, par conséquent, ils n'ont pas pu être produits par eux.

Plusieurs blocs erratiques de calcaire jurassique ont

été découverts dernièrement dans la ville de Bâle. Ils proviennent, suivant M. MULLER <sup>79</sup>, des chaînes du Jura, au sud de cette ville, et ont été charriés par les glaciers alpins qui traversaient ces chaînes ou par les glaciers jurassiens.

*Forêt-Noire.* Ce même savant a aussi reconnu à Bâle des blocs erratiques de gneiss qui proviennent vraisemblablement de ces montagnes.

Les recherches faites par M. GILLIÉRON <sup>42</sup> dans la vallée de la Wiese lui ont fourni les preuves les plus évidentes de l'existence d'un ancien glacier dans cette partie de la Forêt-Noire. L'auteur en a reconnu les restes dans la plupart des vallées des affluents de la Wiese, surtout dans celles de Präg qui descend du Feldberg, et de Muggenbrunn. Ces découvertes sont d'autant plus intéressantes que la présence d'anciens glaciers dans ces montagnes a été niée par presque tous les naturalistes qui les ont étudiées. Le glacier s'arrêtait à peu près à Schönau (542 mètres).

Dans un mémoire sur le chemin de fer de la Forêt-Noire, M. FRAAS <sup>35</sup> signale une véritable moraine glaciaire qui est sur le parcours de la ligne, entre Althengstett et Calw. Des dépôts de cette nature, ajoute-t-il, se trouvent par centaines dans la Forêt-Noire, et l'on ne peut plus se refuser, bien qu'on l'ait fait pendant longtemps, à en rapporter l'origine aux anciens glaciers.

*Affouillement glaciaire.* Cette théorie, soutenue avec talent par M. Gastaldi (p. 377), a été réfutée par M. DESOR <sup>21</sup>. Les lignites de Wetzikon sont peu résistants et auraient forcément été enlevés par le glacier si sa force d'érosion avait été un peu considérable. On peut expliquer que les lacs n'ont pas été comblés par les alluvions, par le fait

qu'entre les deux époques glaciaires ils seraient restés remplis de glace recouverte de boue et de gravier, et au-dessus de laquelle le glacier se serait avancé lors de la grande extension. La formation des lacs est contemporaine du dernier grand soulèvement des Alpes, et, par conséquent, antérieure à l'époque pliocène.

Cette théorie a été aussi combattue par M. JUDD<sup>54</sup>, dans une note sur l'origine du lac Balaton en Hongrie, et par M. HEIM<sup>55</sup>. Cet auteur montre combien elle s'accorde peu, soit avec la forme générale des vallées des Alpes, soit avec les divers accidents qui s'y rencontrent, tels que des éminences de roches tendres qui sont restées au milieu d'elles et qui sont couvertes de stries glaciaires. Le fait que des lacs et des fiords se trouvent au pied de chaînes envahies par les anciens glaciers prouve que ceux-ci les ont remplis et garantis du remplissage par les alluvions. On doit donc plutôt regarder les glaciers comme ayant protégé les vallées contre des agents d'érosion beaucoup plus violents.

FAUNE QUATERNAIRE. La caverne de Thaingen (Revue pour 1874, p. 312) a fourni 24 mammifères, 8 oiseaux et des reptiles, répartis dans deux couches superposées, ainsi que de nombreux restes de l'industrie humaine. Cette faune se compose, suivant M. RUTIMEYER<sup>90-95</sup>, des espèces suivantes de mammifères : la marmotte, le lièvre des Alpes, le hamster, l'ours brun, le glouton, le chat sauvage, le lynx, le lion, le loup, le chien, le renard d'Europe, le renard bleu polaire, le renard rouge de l'Amérique du Nord, le chamois, le bouquetin, le cerf, le renne, le bison, le bœuf musqué, le cochon, le cheval, race éteinte qui, ainsi que le renne, était alors à l'état sauvage, le mammoth et le rhinocéros, plus quelques espè-

ces qui paraissent ne s'y trouver qu'accidentellement. Les ossements du renne et du lièvre des Alpes sont de beaucoup les plus nombreux. Cette petite caverne renferme une association singulière de types polaires, américains, africains et asiatiques, types dispersés aujourd'hui sur une immense étendue. M. Rutimeyer étudie cette association, la compare avec les faunes analogues de Veyrier et de Villeneuve, et examine ensuite les modifications qui se sont produites dans la faune de la Suisse depuis cette époque.

« Il y a donc eu, dit l'auteur, à Thaingen, associée à des types circompolaires, une petite proportion d'espèces de l'Asie septentrionale ; plus tard sont venus s'y adjoindre des animaux qui ne sont connus aujourd'hui qu'en Amérique et des représentants actuels de la faune alpine. Le caractère cosmopolite n'a pas encore disparu, mais a beaucoup diminué à Veyrier où la faune se compose d'animaux polaires et alpins. Plus tard, à l'époque des lacustres, il s'y joint, soit à l'état sauvage, soit à l'état domestique, un certain nombre d'animaux dont le domaine est aujourd'hui l'Asie centrale.» Ainsi l'Asie a envoyé par deux fois son contingent d'animaux à l'Europe.

M. Rutimeyer relie ces faits avec les changements de climat et les oscillations du sol. Il remarque que la subdivision appelée terrain pliocène, ne paraît devoir s'appliquer qu'aux régions méridionales. Au nord des Alpes, la faune de cette période est très peu différente de la faune actuelle ; au sud de cette chaîne, la transformation paraît s'être faite plus lentement. Il y eut donc avant l'époque quaternaire dans l'hémisphère septentrional, deux foyers distincts de vie, l'un circompolaire, indiqué aussi

par la flore si riche découverte dans ces dernières années, l'autre méridional.

M. Rutimeyer <sup>95</sup> indique sept étapes successives dans les modifications subies par la faune de la Suisse depuis le commencement de la période quaternaire :

1. Période interglaciaire, faune des lignites de Dürnten : *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Merkii*, *Cervus elaphus*, *Bos primigenius* \*. Climat tempéré ou chaud.
2. Faune de la couche inférieure de la caverne de Thaingen, type arctique : *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorinus*, *Gulo luxus*, *Canis lagopus*, *Cervus tarandus*. Dépôts opérés dans le voisinage de glaciers ou de courants glaciaires.
3. Faune de la couche supérieure de la caverne de Thaingen ; caractère cosmopolite : animaux du nord, du sud, types asiatiques et américains, faune qui, pour Thaingen, est post-glaciaire, mais qui, dans une plus vaste région, peut être regardée comme glaciaire. Les alluvions de diverses vallées, les terrasses des bords des lacs, correspondent aussi à cette époque ; on y trouve les ossements du mammouth, du cheval, du renne, de la marmotte, ceux du *Rhinoceros*, du *Bison priscus*, du *Bos primigenius* et du *Cervus megaceros*.
4. Faunes de Freudenthal, Liesberg, Veyrier, etc., auxquelles manque le caractère cosmopolite de la faune de Thaingen. Climat froid. Voisinage des glaciers.
5. Faunes du lehm et du gravier de la vallée de Delémont. *Bos primigenius*, ours brun, bœuf domestique, etc. ; pierre taillée et polie.
6. Lacustres de l'âge de la pierre. Les types arctiques manquent ; les types alpins sont rares ; animaux domestiques.
7. Lacustres plus récents ; emploi des métaux ; abondance et variété d'animaux domestiques ; disparition des types alpins. — Confins de l'histoire.

Dans les belles « Études paléontologiques dans le bassin du Rhône, » publiées par MM. LORTET et CHANTRE <sup>61</sup>, ces naturalistes décrivent divers gisements voisins de la Suisse. Parmi les stations de transition entre les périodes

\* On peut ajouter : premières traces de l'homme.

des tertiaire et quaternaire, ils indiquent les lignites de Sonnaz et de la Boisse près de Chambéry, et donnent les listes des plantes, d'insectes et de mollusques qui y ont été recueillis. Ces lignites, dans lesquels les ossements sont moins nombreux qu'à Dürnten, paraissent un peu plus anciens que ceux de ce gisement.

La grotte de Baume (Jura) est aussi de cette époque; elle renferme l'*Ursus speleus*? le *Machairodus latidens*? le *Rhinoceros tichorinus*? et d'autres animaux encore indéterminés.

M. SANDBERGER<sup>98</sup> range les lignites des cantons de Zurich et de Saint-Gall dans le terrain pleistocène. Les dépôts d'Uznach, Dürnten, Wetzikon et Morschwyl, ceux d'Imberg près Sonthofen (Bavière), les lignites de Steinbach près de Baden-Baden et les sables de Mosbach lui paraissent être contemporains; on trouve, dans ces derniers dépôts, des cailloux qui ne peuvent provenir que des dépôts glaciaires de la vallée du Rhin; leur faune et leur flore présentent aussi la plus grande ressemblance. Les lignites de Sonnaz (Savoie) appartiennent à cette même époque.

M. RUTIMEYER<sup>94</sup> a découvert, dans la houille interglaciaire de Wetzikon, quatre bâtons de sapin un peu comprimés, de même apparence que la houille à laquelle ils sont intimement unis. Ces bâtons sont apointis à une de leurs extrémités, et portent, à quelque distance au-dessous de la pointe, les traces d'un lien qui les entourait. Ces objets paraissent avoir appartenu à quelque panier plus ou moins grossier. Ainsi l'homme a vécu là avec l'*Elephas antiquus*, le *Rhinoceros Mercki*, etc., avant la grande extension des glaciers, à une époque assez ancienne

pour que les instruments dont il se servait aient pu être changés en lignite.

M. RUTIMEYER <sup>92</sup> a publié des notes sur des découvertes faites dans les cavernes et dans le terrain quaternaire des environs de Bâle, à Gundeldingen, à Liesberg et à Bellerive (voyez Revue pour 1874, p. 313). Il émet quelques doutes sur la présence du bison et de l'élan dans la caverne de Liesberg, et donne la coupe du cône d'alluvions de Bellerive. Ces trois dépôts ne renferment aucune trace de métaux ni d'ossements humains; celui de Liesberg avec les animaux polaires paraît le plus ancien; celui de Bellerive et probablement aussi celui de Gundeldingen doivent être plus récents, et leur faune correspond à celle des lacustres les plus anciens.

Le même auteur <sup>96</sup>, auquel nous devons déjà un travail sur les chevaux fossiles \*, vient de publier de nouveaux documents sur ce sujet. Il étudie la dentition des diverses espèces vivantes du genre cheval, puis il leur compare celle des espèces fossiles (Veyrier, Thaingen, etc.); il reproduit des dessins de chevaux trouvés dans ce dernier gisement qui donnent une idée très exacte de l'apparence de ces animaux. Il <sup>94</sup> a publié aussi des recherches sur les restes de buffle des dépôts quaternaires de l'Europe.

*Stations lacustres.* L'abaissement artificiel du niveau du lac de Biemme a mis à découvert les nombreuses stations lacustres qui y étaient contenues. M. E. DE FELLENBURG <sup>93</sup> a été chargé de leur étude et a publié sur ce sujet un rapport avec une planche représentant des coupes de plusieurs de ces stations. M. JENNER a exploité celle de Locraz ou Lüscherz, une des plus remarquables de la

\* Verhandl. naturf. Ges. Basel, 1863, III.

Suisse par l'abondance des objets qui y ont été recueillis. Elle appartient à l'âge de la pierre; elle a fourni, entre autres, de beaux instruments de jadéite et de néphrite. Les objets en os, en bois de cerf, les poteries, etc., ont été figurés par M. GROSS <sup>45</sup>. M. KELLER <sup>56</sup> y a signalé un instrument en écorce de bouleau dont l'usage n'est pas encore expliqué. La station de Mörigen, qui est, avec celle d'Auvernier sur le lac de Neuchâtel, la plus riche des stations de la Suisse de l'époque du bronze, a été, comme la précédente, étudiée en grands détails. M. AEBY a donné des renseignements sur celle de Chavannes (Schaffis), qui n'avait pas encore été exploitée avant cet abaissement, et appartient au premier âge de la pierre; elle ne renferme aucune trace de métaux, mais des outils de pierre, de bois et d'os; les poteries sont très grossières; les ossements d'animaux y sont fréquents, les ossements humains beaucoup plus rares; parmi les derniers on a trouvé la partie supérieure d'un crâne travaillée de manière à faire croire qu'elle a servi d'instrument pour puiser ou pour boire. M. UHLMANN <sup>119</sup> a donné les listes des plantes trouvées dans ces trois stations. M. Th. STUDER <sup>109</sup> a énuméré et décrit les nombreux ossements rassemblés dans celles de Locraz et de Mörigen. On ne s'est pas borné à recueillir les restes conservés dans ces stations. Des coupes en ont été prises et des plans ont été levés pour la plupart d'entre elles. M. COMBE a calculé l'étendue occupée par chacune d'elles et par les ponts qui les unissaient au rivage.

M. DESOR <sup>24</sup> a donné la description du bel âge du bronze lacustre en Suisse. Ce magnifique ouvrage, plus archéologique que géologique, est accompagné de sept grandes planches dessinées par M. L. FAVRE. L'auteur

définit l'âge du bronze, décrit les constructions, les coutumes, les mœurs de cette époque, les relations commerciales qui expliquent le caractère étrusque de cette civilisation. Il prend comme type la station de Mörigen qui a fourni une grande partie des objets décrits dans ce travail. L'intérêt de cet ouvrage est encore accru par la comparaison entre le mobilier des tumulus et celui des palafittes, et les conclusions de l'auteur sur la race de l'âge du bronze.

**DÉPÔTS RÉCENTS. Tourbières.** M. RÉSAL<sup>s7</sup> divise les tourbières en deux catégories : les tourbières émergées, très rares dans le Jura, et les tourbières immergées qui sont communes dans cette chaîne. Elles n'y apparaissent généralement pas à une hauteur inférieure à 700<sup>m</sup>; à cette altitude, la tourbe croît en moyenne de 3<sup>m</sup>,03 par siècle. L'auteur donne une liste d'un grand nombre de tourbières du Jura et de la flore qu'elles renferment.

**Éboulements.** M. BALTZER<sup>4</sup> a publié une note sur les éboulements dans les Alpes. Il décrit ceux de Goldau (1806), du Sonnenberg près d'Arth (1874), de Biltlen (1868), dans la vallée de la Linth, qui fut accompagné d'un torrent de boue, du Glärnisch (1593), de Sax dans les Grisons, et il en signale d'autres encore. Plusieurs illustrations et des réflexions générales sur leur nature, leur cause et les moyens de les prévenir sont jointes à cette note.

**Niveaux des lacs.** J'ai signalé (Revue pour 1874, p. 317) la théorie de M. DAUSSE<sup>1s</sup> relativement aux modifications qui s'opèrent dans les niveaux des lacs\*. L'au-

Voyez sur l'abaissement du lac de Genève : Dausse, Actes de la Soc. helv., Genève, 1875, p. 78, et Bull. de la Soc. géol., 1868, XXV, 752; 1875, III, 137. Colladon, Archives, 1870, XXXIX, p. 37; 1871, LI, p. 139.

teur la résume de la manière suivante : « Toutes les fois qu'un lac a son émissaire dans un défilé, dans un couloir, ce couloir se creuse avec le temps, y eût-il même là un affluent charriant des cailloux, comme fait l'Arve à l'issue du Léman; le lac, par conséquent, s'abaisse..... Au contraire, lorsque le lac se déverse sur une plaine, la végétation et surtout un affluent torrentiel, s'il s'en trouve un, exhausse sans cesse ce lac. » M. Dausse en fait l'application aux divers lacs suisses.

*Glaciers actuels.* M. A. FAVRE <sup>29</sup> a recueilli diverses mesures relatives aux oscillations du glacier des Bossons. Ce fut en 1818 qu'il atteignit son maximum de développement. Un gros bloc de granit situé sur la rive gauche du torrent des Bossons, et marqué d'un n° 8, à 393<sup>m</sup> de l'ancienne grande route, indique son extrémité inférieure à cette époque. Il a servi à mesurer les distances du glacier indiquées dans le tableau ci-dessous :

	Dates.	Distances.	Mouvement du glacier.
1	1 <sup>er</sup> octobre 1865	480	Progrès en 10 mois. . . 10 <sup>m</sup>
2	28 juillet 1866	470	
3	31 octobre 1866	493	Recul en 3 mois . . . 23
4	2 août 1867	504	Recul en 9 mois . . . 11
5	6 septembre 1868	566	Recul en 13 mois. . . 62
6	11 août 1869	583	Recul en 11 mois. . . 17
7	5 août 1870	594	Recul en 1 an. . . . . 11
8	26 juillet 1871	608	Recul en 1 an. . . . . 14
9	12 juin 1874	682	Recul en 34 1/2 mois. . 74
			Recul en 8 ans . . . . 212 <sup>m</sup> *

Le retrait du glacier n'a du reste pas été constant depuis 1818. Ainsi de 1851 à 1853 M. Payot a constaté un mouvement de progression bien accentué. En 1853, il fut de 30<sup>m</sup> du 18 mai au 18 juin.

\* Et non 225<sup>m</sup> comme cela a été mis par erreur dans la note de l'auteur.

M. HAGENBACH <sup>4</sup> a exposé les remarquables travaux faits sur le glacier du Rhône par M. Gosset pour étudier la marche de ce glacier, et a décrit la disposition des quatre lignes de pierres peintes qui ont été placées à la surface et qui permettent d'en apprécier les mouvements. Ce glacier s'est retiré de 650<sup>m</sup> et s'est abaissé de 95<sup>m</sup> de 1856 à 1875. Les dernières observations indiquent une augmentation dans la partie supérieure.

Il est reconnu que les glaciers cheminent plus lentement sur leurs bords que dans leur milieu; mais comme l'a remarqué M. MÉRIAN <sup>5</sup>, les couches profondes de la glace avancent avec la même rapidité que les couches superficielles. La preuve en est que les impuretés ne pénètrent pas dans l'intérieur du glacier; on la trouve aussi dans la présence des crevasses transversales et des moulins. On a observé cependant un certain nombre d'exceptions à cette règle qui proviennent de phénomènes locaux et de différences de pression.

---

## NOTES

<sup>1</sup> BACHMANN. Mineralogische Plaudereien. Jahrb. Schw. Alpenclub, 1875, X, 602. — <sup>2</sup> Die neu entdeckten Riesentöpfe am Längenberg im Kanton Bern. Ibid., 594. — <sup>3</sup> Beschreibung eines Unterkiefers vom Dinotherium Bavaricum. Mém. Soc. pal. suisse, 1875, II.

<sup>4</sup> BALTZER. Ueber die Bergstürze in den Alpen. Jahrb. Schw. Alpenclub, 1875, X, 409.

<sup>5</sup> BENOIT, E. Essai d'un tableau comparatif des terrains tertiaires dans le bassin du Rhône et des Ussets. Bull. Soc. géol., 1875, III, 436.

<sup>6</sup> BERTHELIN. Liste des Mollusques fossiles du gault de Morteaux (Doubs). Mém. Soc. Emul. Doubs, 1874, IX, 60.

<sup>7</sup> CHAMBRUN DE ROSEMONT, DE. Note sur le diluvium de la Haute-Tarentaise. Bull. Soc. géol., 1875, III, 481.

<sup>8</sup> CHANTRE. Voy. Falsan. — <sup>9</sup> Voy. Lortet.

<sup>10</sup> CHAVANNES. Origine des gypses et des cargneules. Archives, 1875, LIV, 312. Actes Soc. helv., 1875, 49.

<sup>11</sup> CHOFFAT, P. Le corallien dans le Jura occidental. Archives, 1875, LIV, 383.

<sup>12</sup> COLLOT. Voy. *Société géologique de France*.

<sup>13</sup> COMMISSION GÉOLOGIQUE. Feuille IX de l'Atlas fédéral, à 1 : 100000, coloriée par MM. Escher de la Linth, Gutzwiller, Mœsch et Kaufmann. — <sup>14</sup> Feuille III de l'Atlas fédéral, à 1 : 100000, 2<sup>e</sup> édit. coloriée par MM. Mœsch, Stutz, Mérian et Vogelgesang. — <sup>15</sup> Carte géologique de la partie sud des Alpes vaudoises, à 1 : 500000, par E. Renevier.

<sup>16</sup> CONSEIL FÉDÉRAL. Tableaux et coupes géologiques sur le grand tunnel du St-Gothard. Rapports mensuels. Rapports trimestriels.

<sup>17</sup> COTTEAU. Voy. *Société géologique de France*.

<sup>18</sup> DAUSSE. Note sur l'abaissement et l'exhaussement naturels des lacs. Comptes rendus, 1874, LXXIX, 1274.

<sup>19</sup> DE LA HARPE, PH. Plantes fossiles de la mollasse. Bull. Soc. vaud., 1875, XIII, 692.

<sup>20</sup> DENZLER. Seetiefen-Messungen in der Schweiz. Jahrbuch Schw. Alpenclub, 1875, X, 474.

<sup>21</sup> DESOR. Le paysage morainique, son origine glaciaire et ses rapports avec les formations pliocènes d'Italie, 1875. Extr. Archives, 1875, LIV, 48. — <sup>22</sup> Die Beziehungen der Eiszeit in den Alpen zur pliocenen Formation von Ober-Italien. Verhandl. Schw. naturf. Ges. Chur, 1874, 105. — <sup>23</sup> Le sondage de Rheinfelden. Journal de Genève, 15 janvier 1876.

<sup>24</sup> DESOR et FAVRE, L. Le bel âge du bronze lacustre en Suisse. Ouvr. à part et Mém. Soc. Sc. nat. Neuchâtel, 1874, V.

<sup>25</sup> DUPONT, E. Notice sur le sondage au diamant exécuté à Rheinfelden (Argovie). Ann. des Mines, 1875, VIII, 154.

<sup>26</sup> ESCHER DE LA LINTH. Voy. *Commission géologique*.

<sup>27</sup> FALSAN. Études sur la position stratigraphique des tufs de Meximieux, de Pérouges et de Montluel. Arch. Mus. d'hist. nat. Lyon, 1875.

<sup>28</sup> FALSAN, A. et CHANTRE, E. Monographie géologique des anciens glaciers et du terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône, avec une carte à 1 : 80000, 1875.

<sup>29</sup> FAVRE, A. Note sur le recul du glacier des Bossons. Écho des Alpes, 1875, 15. — <sup>30</sup> Note sur les terrains glaciaires et post-glaciaires du revers méridional des Alpes dans le canton du Tessin et en Lombardie. Archives, 1876, LV, 24.

<sup>31</sup> FAVRE, E. Description des fossiles du terrain jurassique de la montagne des Voirons. Mém. Soc. pal. Suisse, 1875, II.

<sup>32</sup> FELLEBERG, E. VON. Bericht über die Ausbeutung der Pfahlbauten des Bielersees in 1873 und 1874. Mittheil. Bern, 1874, 263.

<sup>33</sup> FELLEBERG, L. VON. Analyse zweier Porphyre aus dem Marogiatunnel im Tessin. Zeitschr. d. geol. Ges., 1875, XXVII, 422.

<sup>34</sup> FONTANNES. Le vallon de la Fuly et les sables à buccins des environs d'Heyrieu, 1875.

<sup>35</sup> FRAAS. Geologisches Profil der Schwarzwaldbahn von Zuffenhausen nach Calw. Württ. nat. Jahresh., 1876.

<sup>36</sup> FROMENTEL, DE. Voy. *Pillet*.

<sup>37</sup> GASTALDI. Cenni sulla Giacitura del Cervus Euryceros. Atti. R. Acad. dei Lincei, 1875, II. — <sup>38</sup> Sur les glaciers pliocéniques de M. E. Desor. Atti Acad. Sc. Torino, 1875, X. — <sup>39</sup> Sui fossili del calcare dolomitico del Chaberton (Alpi Cozie) studiati da G. Michelotti. Bollet. Com. geol. d'Italia, 1875, 346.

<sup>40</sup> GERWIG. Das Erratische in der badischen Bodenseeegend. Naturw. Verb. Karlsruhe, 1870.

<sup>41</sup> GILLIÉRON. Cargaule nummulitique. Actes Soc. helv., 1875. —

<sup>42</sup> Les anciens glaciers dans la vallée de la Wiese, dans la Forêt-Noire. Archives, 1876, LV, 126.

<sup>43</sup> GROSS. Les habitations lacustres du lac de Biemme. Delémont, 1873.

<sup>44</sup> GUTZWILLER. Ueber die bei St-Gallen und Rorschach ausgeführten Bohrversuche zur Herstellung artesischer Brunnen. Ber. St-Gall. nat. Ges., 1873-1874, 370. — <sup>45</sup> Verzeichniss der erratischen Blöcke. Ber. St-Gall. nat. Ges. 1873, 17; 1874, 449.

<sup>46</sup> HAGENBACH. Glacier du Rhône. Archives, 1875, LIV, 307. Actes Soc. helv., 1875, 46.

<sup>47</sup> HÉBERT. Observations sur le travail de M. Pillet relatif à la colline de Lémenc. Bull. Soc. géol., 1875, III, 387. — <sup>48</sup> Bassin d'Uchaux, Ann. des Sc. géol., 1875, VI, 3, 78.

<sup>49</sup> HEER. Flora fossilis Helvetiæ. Die Steinkohlenflora, 1876.

<sup>50</sup> HEIM. Antheil der Gletscher bei Bildung der Thäler. Vierteljahrsschr. Zurich, 1875, XX, 205. — <sup>51</sup> Sondages dans le lac de Lucerne. Revue Scient., 1876, V, 96.

<sup>52</sup> HERNES, R. Facies des sédiments marins. Jahrb. geol. Reichsanstalt, 1875, XXV, 7.

<sup>53</sup> Jaccard. Phosphorites du Jura neuchâtelois. L'Institut, 1873, 341.

<sup>54</sup> JUDD. On the origin of the lake Balaton in Hungary. Geol. Magas. 1876, 5.

<sup>55</sup> KAUFMANN. Géologie des Mythen. Neu. Jahrb. 1875, 389.

<sup>56</sup> KELLER. Unbekanntes Geräthe aus den Pfahlbauten von Lutschertz. Mittheil. Bern, 1874, 281. Indic. d'antiq. suisses, 1874.

- <sup>57</sup> KINKELIN. Ueber die Eiszeit (avec carte), 1876.
- <sup>58</sup> KLUNGE et DE TRIBOLET. Analyses de calcaires hydrauliques du Jura. Bull. Soc. vaud., 1876, XIV, 65. Archives, 1875, LIV, 94.
- <sup>59</sup> LORIOL, P. DE. Faune échinitique fossile de la Suisse. Archives, 1875, LII, 94. — <sup>60</sup> Échinologie helvétique. Description des Échinides tertiaires de la Suisse, 1<sup>re</sup> p., Mém. Soc. pal. suisse, 1875, II.
- <sup>61</sup> LORTET et CHANTRE. Études paléontologiques dans le bassin du Rhône. Arch. du Mus. d'Hist. nat. de Lyon, 1875.
- <sup>62</sup> LORY. Gypse et cargneule. Archives, 1875, LIV, 312. Actes Soc. helv. Andermatt, 1875, 51. — <sup>63</sup> Essai sur l'orographie des Alpes de la Savoie et du Dauphiné. Ann. du Club. alpin franç., 1874.
- <sup>64</sup> MAJOR, F. Considerazioni sulla Fauna dei Mammiferi plioceni e post-plioceni della Toscana. Atti Soc. Tosc., 1875, I, 7.
- <sup>65</sup> MARTINS, Ch. Recherches récentes sur les glaciers actuels et la période glaciaire. Rev. des Deux-Mondes, 1875, VIII, 851.
- <sup>66</sup> MAYER, K. Ueber das Alter der Uetliberg-Nagelfluh. Vierteljahrsschr. Zurich, 1875, XX. — <sup>67</sup> Ueber das Alter der Au-Nagelfluh. *Ibid.*, 465.
- <sup>68</sup> MERIAN. Ueber die Bewegung der Gletscher. Verhandl. Basel, 1875, VI, 291. — <sup>69</sup> Ueber einen angeblichen Embryo von Ichtyosaurus. *Ibid.*, 343. — <sup>70</sup> Voy. *Commission géologique*.
- <sup>71</sup> MÆSCH. Monographie der Pholadomyen. Mém. Soc. pal. suisse, 1874, I, 1875, II. — <sup>72</sup> Pentacrinites de la vallée d'Urseren. Actes Soc. helv., 1875, 49. — Voy. *Commission géologique*.
- <sup>73</sup> MOJSISOVICS, E. DE. Ueber die Ausdehnung und Structur der Sudtyrolischen Dolomitstöcke. Sitzungsber. k. Akad. Wiss., 1875, LXXI. — <sup>74</sup> Das Gebirge von Hallstadt, I, 2 (suite). Abhandl. geolog. Reichsanst., 1876.
- <sup>75</sup> MULLER, A. Das Gebirgsbau des St-Gotthard. Verhandl. Basel, 1875, VI. — <sup>76</sup> Ueber die blaue Färbung einiger Jurakalksteine. *Ibid.*, 280. — <sup>77</sup> Vorkommen von Quarzitgneissen und Granuliten in den Vogesen. *Ibid.*, 270. — <sup>78</sup> Die Granite des Fellithales. *Ibid.*, 267. — <sup>79</sup> Vorkommen erratischer Blöcke in und um Basel. *Ibid.*, 276. — <sup>80</sup> Der Steinkohlbohrversuch bei Rheinfelden. *Ibid.*, 345.
- <sup>81</sup> PICHLER. Aus der Trias der nordlichen Kalkalpen. Neu. Jahrb., 1875, 265.
- <sup>82</sup> PILLET et DE FROMENTEL. Description géologique et paléontologique de la colline de Lémenc sur Chambéry. Extr. des Mém. Acad. Savoie, 1875.
- <sup>83</sup> PLATZ. Geologische Geschichte der Alpen. Verhandl. naturf. Ges. Carlsruhe, 1875, 83.
- <sup>84</sup> PROBST. Époque glaciaire. Wurt. nat. Jahresh., 1875, XXXI, 85.

<sup>85</sup> RENEVIER. Gypse et cargneule. Archives, 1875, LIV, 312. Actes Soc. helv. Andermatt, 1875, 51. — <sup>86</sup> Voy. *Commission géologique*.

<sup>87</sup> RÉNAL. Notice sur les tourbières supra-aquatiques du Haut-Jura. Mém. Soc. Emul. Doubs, 1872, VII, p. 448.

<sup>88</sup> RICHTHOFEN, VON. Ueber Mendola-dolomit und Schlern-dolomit. Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 1874, XXVI, 225.

<sup>89</sup> RISLER, E. Études sur le sol arable. Jour. Soc. d'Agr. de la Suisse rom., 1875.

<sup>90</sup> RUTIMEYER. Die Veränderungen der Thierwelt in der Schweiz seit Anwesenheit des Menschen. Verhandl. Basel, 1875. — <sup>91</sup> Spuren des Menschen aus interglaciairen Ablagerungen in der Schweiz. Arch. für Anthropol., 1875, VIII, 133. Verhandl. Basel, 1875, VI, 333. —

<sup>92</sup> Gisements d'ossements quaternaires. Arch. für Anthropol., 1875, VIII. — <sup>93</sup> Ueber die Ausdehnung der pleistocenen oder quartaeren Säugethierfauna. Actes Soc. helv., 1874, 143. — <sup>94</sup> Ueberreste von Büffel (*Bubalus*) aus quaternären Ablagerungen von Europa. Verhandl. Basel, 1875, VI, 320. — <sup>95</sup> Ueber Pliocen und Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen. Ein Beitrag zu der Geschichte der Thierwelt in Italien seit der Tertiärzeit. 1876. — <sup>96</sup> Weitere Beiträge zur Beurtheilung der Pferde der Quaternär Epoche. Mém. Soc. pal. suisse, 1875, II.

<sup>97</sup> SALIS, F. DE, Notanden über erratische Erscheinungen im Rheingebiet. Jahrb. Schw. Alpenclub, 1875, X, 457.

<sup>98</sup> SANDBERGER. Die Land und Susswasser-Conchylien der Vorwelt. 1870-1875.

<sup>99</sup> SIEGFRIED, J. Geschichtliche Notizen über die Gletschertheorie. Jahrb. Schw. Alpenclub, 1875, X, 584.

<sup>100</sup> SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. Compte rendu de la session extraordinaire, Archives, 1875, LIV, 143. — Revue scient., 1876, V, 87. — *Collot*, Compte rendu sommaire de la réunion de la Société. — *Cotteau*, La S. à Chambéry, à Genève et à Chamonix. La Société helvétique à Andermatt. Session de 1875. — *Vulpian*, Excursions de la Société dans la Suisse, la Savoie et la Haute-Savoie.

<sup>101</sup> NORDELLI. La fauna marina di Cassina Rizzardi. Atti Soc. Ital., 1875, XVIII.

<sup>102</sup> SPEZIA, G. Sul Berillo del protogino del Monte Bianco. Atti Acad. Sc. Torino, 1875, XI.

<sup>103</sup> SPREAFICO. Conchiglie marine nel terreno erratico di Cassina Rizzardi. Atti Soc. Ital., 1874.

<sup>104</sup> STAPPE. Beobachtungen über die Gesteins-, Wasser- und Temperatur-Verhältnisse des Gotthardtunnels. Mittheil. naturf. Ges. Andermatt, 1875, 129. Extrait Archives, 1875, LIV, 310.

<sup>105</sup> STOPPANI. Corso di Geologia, 1873. Il Mare glaciale a' piedi delle Alpi, Riv. Ital., 1874. — Sui rapporti del Terreno glaciale col pliocenico nei dintorni di Como. Atti Soc. Ital., 1875, XVIII.

<sup>106</sup> STUDER, B. Die Porphyre des Luganersee's. Zeitschr. der d. geol. Ges., 1875, XXVII, 417. I Porfidi del Lago di Lugano. Bollet. Com. geol. d'Italia, 1875, 372. — <sup>107</sup> Bericht der geologischen Commission. Actes Soc. helv., 1875. — <sup>108</sup> Sur l'Eisenstein. Neu. Jahrb., 1875, 854.

<sup>109</sup> STUDER, Th. Ueber die Thierreste der Pfahlbautenstation Lusercherz. Mittheil. Bern, 1874. Indic. d'antiq. suisses, 1874.

<sup>110</sup> STUTZ. Voyez *Commission géologique*.

<sup>111</sup> SUESS, E. Die Entstehung der Alpen, 1875.

<sup>112</sup> TRIBOLET, M. DE. Sur quelques gisements calloviens du Jura neuchâtelois et vaudois. Bull., Neuchâtel, 1875, X. — <sup>113</sup> Sur la présence des marnes à Homomyes au Petit-Château (Chaux-de-Fonds). Ibid. — <sup>114</sup> Sur le virgulien des Brenets. Ibid. — <sup>115</sup> Rectification. Ibid. — <sup>116</sup> Geologie der Morgenberghornkette. Zeitschr. d. geol. Ges., 1875, XXVII. Neu. Jahrb., 1875, 174, 622. — <sup>117</sup> Crustacé néocomien. Bull. Soc. vaud., 1875, XII, 657. — <sup>118</sup> Voyez *Klunge*.

<sup>119</sup> UHLMANN. Pflanzenreste aus den Pfahlbauten-Stationen (Bielersee). Mittheil. Bern, 1874, 325.

<sup>120</sup> VÉZIAN. Études géologiques sur le Jura considéré principalement dans sa partie nord-occidentale. Mém. Soc. Émulat. du Doubs, 1872, VII, 193; VIII, 325.

<sup>121</sup> VOGELGESANG. Voyez *Commission géologique*.

<sup>122</sup> WEBER. Ueber die Eintheilung der Alpen. Jahrb. Schw. Alpenclub, 1875, X, 489.

<sup>123</sup> ZIEGLER. Karte des Ober-Engadin und des Bernina-Gebirges behufs Uebersicht der Ausdehnung dortiger erratischen Spuren, 1875.

<sup>124</sup> ZITTEL. Anciens glaciers de la Bavière. Verhandl. geol. Reichsanst., 1875, 46.

SUR  
LA STRUCTURE ET LES MOUVEMENTS DES FEUILLES  
DU  
DIONÆA MUSCIPULA  
PAR C. DE CANDOLLE

---

L'ouvrage de M. Darwin sur les plantes insectivores, ainsi que divers autres travaux récents ont, de nouveau, fixé l'attention des botanistes sur le mouvement des feuilles du *Dionæa muscipula*.

On s'est surtout occupé de la manière dont ces feuilles prennent et tuent les insectes. La plupart des auteurs s'accordent avec M. Darwin pour admettre qu'elles possèdent en outre la faculté de digérer et d'absorber les substances animales. Ils en concluent que la capture des insectes est d'une véritable utilité pour la vie de la plante. Cette opinion ne saurait, cependant, être considérée que comme une hypothèse aussi longtemps qu'il n'aura pas été prouvé, par des expériences directes, que les substances absorbées par la feuille sont réellement assimilées, c'est-à-dire utilisées pour la formation de tissus nouveaux.

Or, s'il existe un certain nombre de faits tendant à établir que les matières animales pénètrent à l'intérieur des feuilles de *Dionæa*, rien ne prouve encore qu'elles

servent efficacement à l'accroissement ultérieur de ces plantes.

Il n'est, d'ailleurs, pas facile de combiner des expériences pouvant fournir une véritable démonstration de la réalité de cette assimilation. La méthode la plus directe consiste à comparer entre elles des plantes dont les unes reçoivent par leurs feuilles une certaine quantité de nourriture animale, tandis que les autres en sont entièrement privées. Il semble que, dans de pareilles circonstances, si l'absorption et l'assimilation par les feuilles ont effectivement lieu, on devra certainement s'en apercevoir à ce qu'une pareille diversité de régime se traduira par une différence notable dans le mode d'accroissement et la vigueur des plantes. C'est dans cette idée que j'ai, pendant l'été dernier, tenté quelques expériences qui ne seront peut-être pas sans utilité bien que leur résultat soit négatif.

Je disposais à cette époque de quatre plantes dont les deux plus vigoureuses ainsi que les deux plus petites étaient tout à fait semblables entre elles. En associant chacune des deux plus grandes avec l'une des plus petites je pouvais, par conséquent, former deux groupes tout à fait comparables. Ces quatre plantes croissaient dans des vases identiques renfermant le même sol et tous placés dans une même terrine au fond de laquelle j'entretenais habituellement une couche d'eau suffisante pour qu'ils fussent constamment humides. Une même cloche de verre recouvrant les vases empêchait l'accès des insectes et achevait de rendre les conditions extérieures aussi identiques que possible pour tous. Cela étant les deux plantes de l'un des groupes ont reçu, chacune, un grand nombre d'insectes ou de fragments de

substances animales telles que des morceaux de viande et du blanc d'œuf, tandis que les deux autres n'ont jamais eu d'autre nourriture que celle que leurs racines puisaient naturellement dans le sol.

Or, après un laps de temps de six semaines, pendant lequel j'ai constamment observé mes quatre plantes avec le plus grand soin, il m'a été impossible de découvrir aucune différence appréciable entre elles, tant sous le rapport de leur apparence générale que sous celui du nombre ou de la dimension des feuilles nouvelles qu'elles avaient produites depuis le commencement de l'expérience. En fait la plus petite de celles qui ont reçu de la nourriture animale n'a pas prospéré davantage que la plus petite de celles qui en ont été privées et la plus grande de ces dernières n'a pas cessé d'avoir la même vigueur que la plus grande de celles qui étaient soumises au régime animal.

Par des mesures directes nombreuses, je me suis, en outre, assuré que les dimensions des diverses parties d'une même feuille n'augmentent nullement par l'effet de la digestion des matières animales. Ce résultat était d'ailleurs facile à prévoir, puisque les feuilles, ainsi qu'on le verra plus loin, ont déjà atteint leur complet développement lorsqu'elles s'épanouissent et deviennent capables de capturer les insectes. Si l'absorption qu'elles effectuent est de quelque utilité, elle ne saurait donc servir qu'à augmenter le nombre et les dimensions des nouvelles feuilles. Je pense par conséquent pouvoir tout au moins conclure de mes expériences que l'absorption des matières d'origine animale par les feuilles du *Dionæa* n'est pas nécessaire au développement normal de cette plante, conclusion toute semblable à celle qui résulte des

recherches de M. Tait <sup>1</sup> sur les Drosera. Néanmoins je ne me dissimule pas que mes observations se rapportent à un trop petit nombre de plantes pour qu'il soit légitime d'en déduire autre chose qu'une simple présomption et je me propose de les recommencer prochainement sur une plus grande échelle et avec plus de précision.

À la fin de l'expérience que je viens de décrire, la saison du repos de végétation étant proche, je me décidai à sacrifier mes plantes pour les faire servir à une étude de leur structure anatomique qui n'a pas, à ce que je crois, fait jusqu'ici l'objet de recherches spéciales.

J'ai pensé que la connaissance de cette structure pourrait aider à élucider la théorie du mécanisme de leur mouvement sur lequel il règne encore une assez grande obscurité. M. Darwin s'est, en effet, surtout attaché à faire connaître les faits relatifs aux fonctions digestives de ces feuilles et il n'a, par conséquent, traité que fort brièvement la question du mécanisme même de leurs mouvements, bien qu'il ait fait, à cet égard, plusieurs observations de la plus grande valeur que j'aurai soin de mentionner plus loin.

On sait que la plupart des mouvements spontanés ou provoqués, chez les végétaux, peuvent s'expliquer aujourd'hui, d'une façon fort rationnelle, par la simple considération de l'état de tension qui existe constamment entre les tissus adultes et élastiques, dont le rôle est purement passif, et les tissus plus jeunes qui, en vertu de leur turgescence variable, agissent avec plus ou moins d'énergie sur les premiers. Les avis sont encore partagés quant à la cause même de la rigidité des tissus turgescents, mais le fait est admis par tout le monde.

<sup>1</sup> Voir *Archives des Sc. phys. et nat.*, t. LIV, nov. 1875, p. 279.

Lorsque les cellules sont très-jeunes, leurs parois minces et sans élasticité constituent des tissus tout à fait mous, en quelque sorte plastiques. Plus tard ces parois devenues plus épaisses acquièrent la propriété de se roidir plus ou moins en raison de la plus ou moins grande quantité d'eau qu'elles absorbent. Suivant les uns cette rigidité variable des membranes cellulaires constitue, à elle seule, la rigidité des tissus turgescents, tandis que, suivant d'autres, cette propriété résulte principalement sinon en entier de la pression hydrostatique de l'eau qui a pénétré par endosmose dans la cavité intérieure des cellules.

Je n'entrerai pas ici dans le détail des arguments que l'on peut invoquer en faveur de chacune de ces deux manières de voir dont la première me paraît cependant préférable. Je me contenterai d'admettre avec les partisans de l'une et de l'autre, qu'à partir d'un certain âge et pendant un certain temps, les cellules du parenchyme sont douées d'une force d'expansion qui est en rapport direct avec la quantité d'eau qu'elles renferment ou dont leurs parois sont imbibées. Les tissus qui ont atteint leur développement complet et dont les cellules ont cessé de pouvoir être turgescentes ne jouissent plus de cette faculté d'expansion. En revanche leur élasticité leur permet de se distendre plus ou moins sous l'action des tissus turgescents auxquels ils sont liés et à l'égard desquels ils jouent le rôle passif de ressorts antagonistes. En général ce sont les masses fibro-vasculaires qui fonctionnent comme tissus élastiques et passifs tandis que le parenchyme agit comme tissu turgescent actif. La répartition de ces deux sortes de tissus dans chaque organe et le sens de leurs tensions réciproques sont donc les circonstances les plus

importantes à connaître pour l'intelligence des changements de forme ou de direction qu'il peut éprouver.

L'affinité des parois des cellules ou de leur protoplasme pour l'eau, et par suite leur turgescence, paraissent varier sous l'influence de causes extérieures très-diverses, telles que les variations de température ou d'éclairement ainsi que les chocs mécaniques; c'est là un fait certain, mais dont il n'est pourtant pas encore possible de se rendre compte, au point de vue chimique ou physique. Il est tout aussi certain que la turgescence des cellules est, parfois, si instable qu'il suffit du plus léger ébranlement pour qu'elles perdent subitement toute rigidité, en abandonnant une partie de l'eau qu'elles renferment ou qui imbibe leurs parois.

Si l'on attribue aux membranes des cellules le principal rôle dans leur rigidité de turgescence, cette cessation subite de la rigidité peut s'expliquer par la production d'un nouvel état d'équilibre moléculaire de la substance même de ces membranes<sup>1</sup>. Les partisans de la pression hydrostatique invoquent d'autres causes, telles qu'une irritabilité spéciale du protoplasma qui, en vertu de cette propriété, abandonnerait une partie de l'eau qu'il contient, et pourrait même, en se contractant, entraîner quelque peu les parois des cellules<sup>2</sup> ou une contractilité de ces membranes elles-mêmes<sup>3</sup>, indépendamment de tout mouvement d'eau.

Quoi qu'il en soit de ces diverses théories, on comprend sans peine qu'une subite cessation de turgescence puisse produire des mouvements rapides et énergiques en per-

<sup>1</sup> Hofmeister, *Die Lehre von der Pflanzenzelle*.

<sup>2</sup> Dr Pfeffer, *Physiologische Untersuch.*, 1873, p. 154 et 155.

<sup>3</sup> Ed. Heckel, *Du mouvement végétal*, 1875, p. 158.

mettant aux tissus passifs de reprendre, en vertu de leur élasticité propre, leur forme et leur position d'équilibre stable. Il est, à priori, fort naturel de voir dans un phénomène de ce genre la cause de la fermeture subite des feuilles du *Dionæa* plutôt que de l'attribuer, sans nécessité, à l'intervention de quelque cause spéciale encore inconnue. Or le but que je me suis proposé est précisément de rechercher jusqu'à quel point la structure de ces feuilles permet d'expliquer leurs mouvements par le simple effet des variations de tension de leurs tissus.

Je vais d'abord décrire la structure de la feuille arrivée à son complet développement, puis j'esquisserai les phases successives de ce développement et il sera, je pense, facile de tirer quelques conclusions de ces deux ordres de faits réunis.

#### STRUCTURE DE LA FEUILLE ADULTE.

La plante, dans son ensemble, se compose de feuilles condensées le long d'une tige souterraine plus ou moins renflée et allongée en un court rhizome (fig. 13). De la base de chaque feuille sort une racine cylindrique qui descend verticalement, et dont la surface lisse est dépourvue de poils. Ces racines sont formées d'une enveloppe cellulaire assez épaisse entourant un certain nombre de faisceaux. Chacune d'elles naît plus tard que la feuille qui lui correspond, mais elle meurt en même temps qu'elle, après avoir atteint une longueur de plusieurs centimètres.

La feuille se compose d'un pétiole ailé et d'un limbe arrondi, dont les deux moitiés sont garnies d'appendices grêles et effilés que j'appellerai dorénavant les *Appendices marginaux*. A l'état normal, lorsque la plante végétè

bien, le pétiole est cordiforme à son sommet, où les ailes atteignent chacune une largeur de 5 à 8 millimètres. Lorsque la plante souffre, surtout si elle manque d'eau, ces ailes se développent beaucoup moins, et restent même souvent rudimentaires sous forme de lanières étroites et atténuées au sommet.

Les deux moitiés du limbe, que je désignerai sous le nom de *valves*, sont reliées entre elles par une côte médiane, saillante en dessous, qui joue pendant le mouvement le rôle d'une véritable charnière. Chacune de ces valves porte, vers son milieu, les trois poils articulés dont l'excitation détermine la fermeture du limbe. Cela dit, voici maintenant quelle est la structure anatomique de ces diverses parties de la feuille.

La nervure médiane du pétiole est parcourue intérieurement, dans toute sa longueur, par un seul faisceau fibro-vasculaire. Celui-ci émet, de distance en distance, quelques faisceaux secondaires qui en divergent sous un angle aigu et qui vont se ramifier et s'anastomoser en tous sens dans les ailes latérales. Cette direction des nervures secondaires du pétiole et leurs ramifications en divers sens constituent, ainsi qu'on le verra par la suite, des faits, dignes d'être signalés, en opposition à ce qui existe dans les valves.

L'épiderme des ailes du pétiole se compose de cellules allongées dont le grand axe est assez uniformément parallèle aux nervures secondaires, sauf vers les bords des ailes. La face inférieure de celles-ci est munie d'un grand nombre de poils étoilés et de stomates dont la fente est de même parallèle aux nervures secondaires. Ces deux sortes d'organes se retrouvent aussi, mais en moindre abondance, sur la face supérieure.

Quant au parenchyme intérieur, il se compose de cellules sinueuses et allongées suivant diverses directions, de telle sorte que leurs extrémités contiguës forment des groupes étoilés entourant des espaces vides. Ainsi, dans la partie de la feuille, qui est entièrement privée de motilité, il n'existe réellement pas d'uniformité de direction entre les axes d'allongement de l'épiderme et du parenchyme, ni même entre ceux des cellules du parenchyme.

L'extrémité du pétiole est réunie à la base du limbe par une partie grêle très-courte parcourue intérieurement par le prolongement du faisceau central du pétiole. Ce faisceau passe ensuite dans la côte médiane du limbe qu'il traverse de la base au sommet. Il reçoit de chaque valve une vingtaine de nervures secondaires parallèles entre elles et faisant avec lui un angle presque droit. Celles-ci s'anastomosent toutes entre elles une seule fois à quelque distance des bords du limbe en même temps qu'elles se relient à une seconde série de faisceaux également parallèles entre eux et provenant des appendices marginaux (fig. 3).

Ainsi les nervures secondaires des valves se distinguent de celles du pétiole, soit par le fait qu'elles se séparent à angle droit de la nervure médiane, soit par leur parallélisme, soit enfin par la circonstance qu'elles ne s'anastomosent entre elles qu'une seule fois sur tout leur parcours. L'ensemble de ces nervures forme donc deux systèmes distincts situés sur le prolongement l'un de l'autre et réunis par une seule anastomose générale. La feuille du *Dionæa* appartient ainsi à la catégorie de celles que j'ai désignées ailleurs<sup>1</sup> sous le nom de feuilles dimères,

<sup>1</sup> Voir ma *Théorie de la feuille*, t. XXXII, p. 13, dans *Archives des Sc. phys. et nat.*, mai, 1868.

parce qu'elles sont composées de deux entre-nœuds distincts. On va voir que cette circonstance se trouve liée à d'autres faits du même ordre et qu'elle n'est pas sans importance pour la théorie du mouvement.

L'épiderme (fig. 1 et 2) des valves se compose de cellules extrêmement allongées dans le sens perpendiculaire à la nervure médiane et, par conséquent, parallèle aux nervures secondaires. Celles de la face inférieure<sup>1</sup> sont notablement plus longues et plus étroites que celles de la face supérieure. Des deux côtés de la feuille les parois externes des cellules épidermiques sont fort épaisses, et leurs couches cuticularisées s'exfolient continuellement sous forme de minces membranes granuleuses. La face inférieure du limbe est munie de poils étoilés et de nombreux stomates; ces derniers sont tous, comme ceux du pétiole, orientés parallèlement aux nervures secondaires.

Sous le rapport de ses productions épidermiques, la face supérieure du limbe diffère de la face inférieure en ce qu'elle est entièrement dépourvue de poils étoilés et de stomates. En revanche elle est couverte d'une multitude de petites glandes presque sessiles, composées chacune d'une trentaine de cellules réunies en une masse de forme turbinée (fig. 4 et 6) dont le sommet arrondi est légèrement convexe. Distribuées sans symétrie apparente, ces glandes sont, en général, séparées dans le sens transversal par la longueur d'une ou deux cellules épidermiques. Elles existent sur les deux parties de chaque valve, c'est-à-dire des deux côtés de l'anastomose géné-

<sup>1</sup> Dans ce mémoire, comme dans ma *Théorie de la feuille* la face postérieure est celle qui regarde l'axe de la tige et devient plus tard sa face supérieure.

rale. On remarque cependant en deçà de cette anastomose une zone assez large qui en est entièrement dépourvue (fig. 3). Au delà des premières ramifications, qui constituent l'anastomose, les glandes redeviennent très-abondantes pour disparaître de nouveau un peu au-dessus de la base des appendices marginaux. Ainsi dans chacune des deux parties des valves le nombre des glandes va en diminuant de la base vers les bords. Sous le rapport des éléments épidermiques comme sous celui de la distribution des faisceaux, chaque valve se compose donc de deux parties distinctes, soit de deux véritables mériphylls (fig. 3)<sup>1</sup>.

Vers le milieu de la face supérieure de chaque valve se trouvent les trois poils excitables disposés comme aux sommets d'un triangle dont la base serait tournée vers le bord du limbe. La structure de ces poils mérite de fixer tout particulièrement l'attention, puisqu'ils jouent le principal rôle dans les phénomènes du mouvement. Leur partie supérieure présente la forme d'un long cône effilé (fig. 5), dont les cellules très allongées ont une consistance rigide. Entre ce cône terminal et la base du poil se trouve une partie plus transparente, qui se distingue à première vue par son apparence blanchâtre, et que j'appellerai l'articulation. Elle est formée presque en entier de deux grandes cellules adossées l'une à l'autre suivant une direction parallèle aux nervures secondaires des valves. Les parois extérieures de ces cellules sont plus minces que leurs parois internes. Elles sont un peu arquées en dedans, et, en outre, plus ou moins plissées transversalement. La base même du poil est à peine

<sup>1</sup> J'appelle mériphyll toute portion de feuilles qui est comprise entre deux anastomoses générales des faisceaux.

plus longue que l'articulation, et se compose d'un grand nombre de cellules dont les plus externes, sans être allongées, sont cependant la continuation évidente de l'épiderme du limbe. En effet, elles forment une couche d'épaisseur égale à celle de l'épiderme dont les cellules vont, d'ailleurs, en se raccourcissant graduellement au voisinage de la base de chaque poil excitable.

En résumé, le cône rigide qui termine cet organe est donc relié à la partie centrale de sa base par un ensemble de parois plus courtes et plus fermes que celles de la surface extérieure et plissée de l'articulation, en sorte qu'il peut osciller de part et d'autre de cette partie centrale qui lui sert de pivot. En outre, il est clair que ce mouvement doit être plus libre dans le sens transversal qui répond aux parois extérieures des deux grosses cellules, c'est-à-dire dans le sens parallèle aux nervures secondaires. Ces oscillations ont sans doute pour effet d'ébranler directement le tissu intérieur de la base du poil, et par suite le parenchyme foliaire sous-épidermique dont il n'est qu'un prolongement.

Ce dernier tissu se compose lui-même de cellules allongées (fig. 9 et 10) dont les grands axes, comme ceux des cellules épidermiques, sont parallèles aux nervures secondaires. En outre, au lieu de former par leur agencement des groupes étoilés ainsi que cela a lieu dans les ailes du pétiole, les cellules de ce parenchyme sont intimement serrées les unes contre les autres dans le sens de leur plus grande dimension. Il existe cependant aussi des méats intercellulaires dans cette couche parenchymateuse, mais ils participent à la symétrie générale qui règne dans tout ce tissu, car ils sont allongés parallèlement

aux nervures secondaires entre lesquelles ils sont symétriquement répartis (fig. 8).

#### DÉVELOPPEMENT.

Les deux plus jeunes feuilles sont insérées passablement au-dessous du bourgeon terminal, que l'on parvient sans peine à isoler. Elles sont si rapprochées l'une de l'autre qu'elles semblent presque opposées, mais leur développement inégal ne permet aucun doute sur leur différence d'âge (fig. 15 et 16). La plus jeune se présente sous forme d'une masse cellulaire un peu aplatie du côté de l'axe, mais dont les bords sont encore arrondis, tandis que la base de l'autre a déjà poussé à droite et à gauche deux ailes rudimentaires qui commencent à engainer l'extrémité de la tige. Ainsi la feuille primordiale est bientôt composée de deux parties distinctes dont l'une basilaire déjà amincie latéralement deviendra le pétiole ailé, tandis que l'autre a encore une forme sensiblement conique et donnera naissance aux valves.

Cette partie terminale ne tarde pas en effet à se creuser longitudinalement du côté de l'axe par suite de l'épaississement transversal de ses bords. Il se forme ainsi deux bourrelets longitudinaux (fig. 17) qui sont les premiers rudiments des valves. L'accroissement longitudinal ainsi que l'épaississement de leur parenchyme résultent d'une formation de cellules nouvelles qui continue jusqu'à ce que le limbe ait atteint sa longueur définitive. Par contre ce parenchyme cesse de bonne heure de produire de nouveaux éléments dans le sens transversal, en sorte que le développement ultérieur des valves est dû presque en entier à l'allongement de leurs premières cellules.

C'est surtout ce qui a lieu pour l'épiderme dont les cellules s'allongent bien davantage que celles du parenchyme (fig. 9 et 10).

A l'origine, lorsque les valves se présentent encore sous forme de deux bourrelets longitudinaux situés à la face supérieure de la feuille primordiale, leurs bords sont tout à fait entiers. Bientôt chacun de ces bourrelets, en s'accroissant dans le sens transversal, s'enroule sur lui-même parallèlement à la nervure médiane qui les unit et leurs bords ne tardent pas à produire une série de petites protubérances qui sont la première ébauche des appendices marginaux. Il ne m'a pas été possible de suivre l'ordre de formation de ces protubérances dont l'apparition m'a semblé simultanée. Elles sont primitivement arrondies en tous sens et leur tissu, plus jeune que celui des valves et encore blanchâtre, permet de les distinguer facilement des bords de celles-ci. Elles produisent fort peu d'éléments nouveaux et presque tout leur développement provient de l'allongement graduel d'un petit nombre de cellules.

Au fur et à mesure que les cellules des valves s'allongent dans le sens transversal ces dernières se déroulent, de sorte qu'elles arrivent bientôt à se toucher par leurs bords opposés. On peut alors constater que les protubérances des deux bords alternent entre elles et, en examinant des feuilles un peu plus âgées, on remarque que les appendices marginaux restent entre-croisés pendant toute leur période d'accroissement, comme ils le sont plus tard toutes les fois que la feuille se ferme par suite d'une excitation. Cette circonstance n'est pas sans intérêt, car l'alternance des dentelures ou des lobes des feuilles n'est point un fait constant dans la nature, la disposition con-

traire étant peut-être même la plus fréquente. On est donc fondé à dire qu'il existe une sorte d'adaptation entre le mode de développement des appendices marginaux et les mouvements qu'ils sont destinés à effectuer à l'état adulte.

On a vu précédemment que le limbe, résultant d'un développement transversal de la partie supérieure de la feuille primordiale, se trouve primitivement dirigé suivant le prolongement du pétiole qui n'est lui-même que la base de cette même feuille primordiale. Ces deux parties changent bientôt de direction relative; le limbe ne tardant pas, en effet, à s'abaisser vers la face supérieure du pétiole du côté de la tige (fig. 14). Il conserve cette direction pendant presque toute la période d'allongement du pétiole, pour se redresser ensuite de manière à reprendre à peu près sa position primitive.

D'après tout ce qui vient d'être dit il n'y a, à proprement parler, aucune différence essentielle entre le pétiole et la partie du limbe qui résulte du simple accroissement transversal des deux bourrelets formés avant l'apparition des protubérances marginales. Le pétiole et cette première partie du limbe résultent, en effet, simplement l'un et l'autre de l'élargissement et de l'épaississement presque simultanés de l'ensemble de la feuille primordiale. Par contre l'apparition des protubérances marginales est le début d'une seconde phase dans le développement de la feuille. Ces dernières représentent une formation locale subséquente et distincte de celle qui a donné naissance à la première partie des valves. Aussi en sont-elles séparées par une anastomose générale de tous les faisceaux, anastomose qui marque toujours le passage d'un mériphyllé au suivant.

Les changements de direction du limbe par rapport au

pétiole correspondent naturellement aux phases successives de l'accroissement des tissus internes. Tant que le limbe est rabattu vers le pétiole et tant que ses deux valves demeurent enroulées, la région antérieure de la feuille, c'est-à-dire celle qui sera plus tard sa face inférieure, est plus développée que l'autre. Son parenchyme forme une couche un peu plus épaisse que celle de la région postérieure, dont elle est séparée par les nervures secondaires, et ses cellules ainsi que celles de son épiderme atteignent leur longueur définitive avant celles de cette région postérieure. C'est sans doute là ce qui produit l'enroulement du limbe qui s'étale ensuite à mesure que le parenchyme de la région postérieure s'allonge et devient plus turgescent, ainsi que cela ressort d'ailleurs clairement de l'examen de coupes transversales faites dans des feuilles encore en train de se dérouler. On constate, en effet, que leur redressement graduel commence vers la nervure médiane, là où le parenchyme de la face supérieure est le plus épais et où les cellules sont les plus longues. Il progresse ensuite peu à peu vers les bords au fur et à mesure de l'allongement des cellules du parenchyme et de l'épiderme.

Les choses se passent tout différemment dans les ailes du pétiole dont le parenchyme s'accroît également et presque simultanément des deux côtés ; aussi ne se produit-il aucun enroulement dans cette partie de la feuille.

Au début de son accroissement, le parenchyme des valves forme un tissu très-compacte, en apparence dépourvu de lacunes. Les méats intercellulaires, dont il a été question plus haut, ne s'y forment, en effet, que plus tard.

L'étude du contenu des cellules du parenchyme et de l'épiderme aurait sans doute une grande importance, mais

il ne m'est pas encore possible de la traiter ici avec tout le développement qu'elle comporterait. Dans les premiers temps, après l'étalement du limbe, la chlorophylle est très-abondante dans les cellules épidermiques, ainsi que dans celles du parenchyme des deux faces. On y remarque une grande abondance de matière granuleuse et de grains d'amidon. Plus tard, ces derniers prédominent sous forme de disques volumineux. Mais je me suis surtout appliqué à suivre en détail le développement des poils de diverse nature qui naissent sur les deux faces des feuilles.

Au moment de l'apparition des premiers rudiments du limbe, sa face antérieure est entièrement recouverte d'une multitude de poils étoilés. En comparant ceux de l'extrémité supérieure de la feuille avec ceux, plus âgés, qui se trouvent vers sa base, on reconnaît facilement que chacun d'eux résulte du développement d'une seule cellule épidermique (fig. 20, 21, 22). Ce sont donc de véritables poils, au sens strict du mot. La face postérieure (plus tard supérieure) de la feuille ne tarde pas à se revêtir elle-même de glandes qui débutent également sous la forme de simples saillies des cellules épidermiques et rentrent, par conséquent aussi, dans la catégorie des poils ordinaires. Chaque cellule devant donner naissance à une glande commence par se tuméfier de manière à faire saillie au-dessus de la surface générale de l'épiderme (fig. 23, 24, 25), après quoi elle se cloisonne parallèlement à celle-ci. La moitié inférieure, ainsi détachée de la cellule épidermique, se divise ensuite en deux, au moyen d'une cloison dirigée perpendiculairement à la nervure médiane. A cet état, la jeune glande, vue de face, ressemble fort à un stomate, mais elle ne tarde pas à en différer par le cloisonnement de sa partie supérieure qui se transforme en

une masse multi-cellulaire convexe au dehors et amincie vers sa base. A l'état turgescant, alors que les valves sont tout à fait étalées, l'épiderme devient convexe entre ces glandes et celles-ci paraissent insérées au fond de légères dépressions de la surface.

Les poils excitables ont une origine entièrement différente de celle des glandes et des poils étoilés dont il vient d'être question. Vu leur petit nombre, il n'est pas aisé de suivre toutes les phases de leur développement. Cette difficulté d'observation est encore augmentée par le fait de l'enroulement des valves qu'il est presque impossible de redresser ; néanmoins en faisant des coupes transversales un peu épaisses, j'ai pu constater qu'ils apparaissent tout d'abord sous forme d'une protubérance multicellulaire (fig. 26 et 27) résultant de l'accroissement local du tissu sous-épidermique et offrant intérieurement une structure fort homogène. Leurs cellules superficielles font primitivement partie de l'épiderme des valves, mais cette couche extérieure ne tarde pas à revêtir un caractère particulier par suite de l'élargissement démesuré de deux de ses cellules dont les parois externes font légèrement saillie à la surface de la protubérance (fig. 29). Ces deux cellules opposées l'une à l'autre, suivant une direction parallèle aux nervures secondaires, sont reliées latéralement par d'autres plus petites avec lesquelles elles constitueront plus tard l'articulation du poil adulte. Peu à peu les parois externes de ces deux grandes cellules se dépriment vers leur milieu et plus tard on voit se former de nouveaux replis analogues, également transversaux en dessus et en dessous de ce premier sillon. En outre les parois extérieures des autres cellules épidermiques de l'articulation se plissent aussi peu à peu de la même manière.

Immédiatement au-dessus les cellules du cône s'allongent en un rebord saillant formant un bourrelet surbaissé, qui emboîte quelque peu la partie supérieure de l'articulation. Enfin les cellules situées au delà du bourrelet se multiplient, puis s'allongent démesurément en forme de fibres dont l'ensemble prend l'aspect d'un long cône acuminé hérissé de côtes longitudinales résultant de l'épaississement des parois extérieures de ces cellules allongées.

Les parois internes des cellules de l'articulation sont revêtues de fines granulations qui, vues sous un faible grossissement, ressemblent quelque peu à des stries de trachées (fig. 11). Mais c'est là une pure illusion dont il est facile de se rendre compte. En fait, ainsi que M. Darwin l'a fort bien remarqué, il n'existe ni trachées, ni vaisseaux d'aucune sorte dans les poils excitable. Ceux-ci sont certainement privés de toute liaison directe avec les nervures, bien qu'ils prennent naissance dans leur voisinage immédiat.

On voit par cette histoire de leur développement que les poils excitable sont d'une nature bien plus complexe que les glandes ou les poils étoilés. Ils rentrent dans la catégorie de ce que les auteurs modernes appellent des émergences<sup>1</sup>, et on peut, jusqu'à un certain point, les comparer aux appendices marginaux. Cette homologie est d'ailleurs rendue probable par la disposition même des poils. En examinant avec soin leur position sur chaque valve, on peut, en effet, constater que les deux plus voisins des bords sont situés en face des interstices des appendices marginaux, dont ils forment comme un second rang plus intérieur alternant avec le troisième poil situé plus près de la nervure médiane.

<sup>1</sup> Sachs, *Traité de botanique*, trad. de Van Tieghem, p. 188.

Il est à remarquer que les poils excitables restent droits pendant toute leur période d'accroissement. Les replis de leur articulation ne résultent donc nullement d'une pression des valves qui, malgré leur enroulement, enclosent toujours un espace vide en rapport avec la longueur des poils (fig. 30). La formation de cette articulation n'est donc pas rendue nécessaire par les conditions du développement du limbe.

A partir d'un certain âge, les feuilles du *Dionæa* deviennent insensibles. On constate alors que les cellules de leur parenchyme supérieur ont atteint les mêmes dimensions que celles du parenchyme de leur face inférieure<sup>1</sup>. Elles ont probablement acquis, dès ce moment, une rigidité permanente qui suffit pour faire équilibre à l'élasticité, sans doute fort diminuée, du parenchyme inférieur et des nervures. En tout cas, le parenchyme supérieur est devenu lui-même un tissu passif, et il n'existe plus dès lors d'antagonisme entre les deux régions de la feuille qui ne tarde pas à se faner et à mourir en restant ouverte.

#### CONCLUSIONS.

D'après ce qui précède on peut, à ce qu'il me semble, se former une idée assez nette des conditions mécaniques qui résultent de la structure de la feuille et qui régissent ses mouvements.

Les ailes du pétiole dont les diverses couches se développent simultanément tout autour de la nervure centrale sont privées de motilité. Si d'ailleurs il se produit

<sup>1</sup> Dans la feuille adulte l'épaisseur du parenchyme supérieur comprend trois rangs de cellules tandis que le parenchyme inférieur en compte quatre, mais les cellules de ces deux couches ont les mêmes dimensions.

jamais quelque variation de tension dans les tissus composant ces ailes, l'irrégularité d'orientation des cellules de leur parenchyme et de leurs vénules doit empêcher ces variations de se traduire par un mouvement accentué et commun à toute leur masse. Elles rentrent, sous ce rapport, dans le cas des limbes de la plupart des feuilles ordinaires.

Mais il n'en est plus de même en ce qui concerne les valves dont les tissus se développent et sont orientés de telle manière qu'il existe un antagonisme prononcé entre les couches du parenchyme de leurs deux faces tout entières. En effet, chacune de ces valves, à l'état adulte, se compose de deux masses de parenchyme toujours inégalement avancées dans leur développement et séparées par un système de nervures et de lacunes orientées suivant une direction commune parallèle aux éléments mêmes de ces masses parenchymateuses et à ceux de l'épiderme des deux faces.

Dans les premiers temps du développement la turgescence des couches du parenchyme situé du côté de la face antérieure l'emporte sur celle des couches de la face opposée et il s'ensuit que les valves s'enroulent du côté de l'axe. Cet enroulement résulte d'une véritable tension qu'il n'est pas facile de vaincre, même si l'on essaie de dérouler des coupes transversales minces. A cet âge, le parenchyme situé du côté de la face postérieure (plus tard supérieure) joue donc encore un rôle passif à l'égard de celui de la face antérieure. Peu à peu la turgescence augmente dans les couches situées vers la face postérieure, dont le développement, ici comme dans toutes les feuilles, est plus lent que celui de la face antérieure. Sous l'action de cet accroissement de turgescence et de

l'allongement des cellules du parenchyme et de l'épiderme de la face postérieure, les valves se déroulent graduellement. Il vient un moment à partir duquel les nervures et le parenchyme situé vers la face antérieure ne jouent plus à leur tour qu'un rôle passif par rapport au parenchyme de l'autre face, qui est devenu turgescant et actif. En vertu de ce changement dans le sens des tensions, les valves non-seulement se déroulent mais même s'écartent l'une de l'autre, parce que le limbe tout entier, y compris les tissus situés dans la côte médiane (fig. 7) tend à devenir concave du côté de la face antérieure, soit inférieure de la feuille. Il sera facile de se rendre compte de cet effet en jetant les yeux sur la fig. 18, qui représente le diagramme d'une coupe perpendiculaire à la côte médiane du limbe. Dans cette figure, le tracé plein représente la position occupée par les valves et les appendices avant l'étalement du limbe, tandis que les lignes ponctuées indiquent leur position après cet étalement ainsi qu'à un état intermédiaire. Suivant ma manière de voir, l'écartement des valves résulte de la turgescence de la région  $b s s b'$  qui tend à rendre la partie  $d N d'$  concave en dessous. Cet écartement est, en outre, accru par la turgescence du reste de la couche parenchymateuse, qui recourbe en dehors les valves mêmes. Enfin ce diagramme est aussi destiné à montrer qu'il existe à la base des appendices, entre ceux-ci et le limbe, c'est-à-dire en  $m$ , une disposition et une forme des tissus assez semblable à celle de l'espace  $b s s b'$  compris dans la côte médiane. Il en résulte que les appendices marginaux exécutent, eux aussi, deux mouvements, dont l'un a pour effet de les rapprocher du limbe, et l'autre de les enrouler quelque peu sur eux-mêmes en les rendant con-

vexes en dehors. Ce dernier effet se manifeste très-nettement lorsque les feuilles sont encore jeunes, mais il est beaucoup moins marqué dans les feuilles âgées.

Le mode même de développement des valves conduit donc à comparer leurs couches parenchymateuses aux deux moitiés supérieure et inférieure du coussinet des feuilles de la sensitive, entre lesquelles il s'établit de même un état d'équilibre instable dont la rupture cause la chute du pétiole. La présence des méats intercellulaires qui existent entre les nervures des valves de *Dionæa*, comme dans le coussinet de la sensitive, achève de rendre cette comparaison plausible.

Il suffit, pour expliquer le mouvement des valves, de supposer que la turgescence du parenchyme de la face supérieure vienne à diminuer ou à cesser subitement, ainsi que cela a lieu dans la moitié inférieure du coussinet des feuilles de sensitive. Une subite cessation de cette turgescence doit, en effet, avoir pour conséquence forcée le retour des nervures et des couches passives de la face inférieure à leur position d'équilibre stable, c'est-à-dire à celle dans laquelle elles ont acquis leur rigidité permanente, en atteignant leur complet développement. L'orientation commune de tous les éléments des tissus suivant une direction parallèle aux nervures secondaires a, en outre, pour conséquence que les variations de tension qui peuvent se produire entre les deux couches parenchymateuses s'ajoutent au lieu de se contrarier mutuellement, ainsi que cela se passe nécessairement dans la plupart des feuilles ordinaires où cette communauté de direction fait défaut.

On sait que lors du mouvement de fermeture produit par l'excitation des poils, les appendices marginaux et le

bord même des valves ne se rabattent et ne s'entre-croisent que postérieurement à la fermeture de ces valves elles-mêmes. Or cette circonstance trouvera une explication plausible dans le fait établi plus haut que ces appendices forment avec le bord du limbe un mériphyllé distinct du corps principal de la feuille. Il doit, en effet, résulter de là que l'excitation des poils ne se transmet que par contre-coup et tardivement à ces appendices.

La force expansive développée par la turgescence dans la couche du parenchyme s'exerce probablement en tous sens, car la courbure des valves, plus forte dans le sens parallèle aux nervures secondaires, est cependant visible aussi perpendiculairement à cette direction.

L'épiderme de la face supérieure joue, sans doute, un rôle passif comme celui de la face inférieure, puisque M. Darwin a constaté par des mesures directes qu'il se raccourcit parallèlement aux nervures secondaires pendant la fermeture des valves. Il est d'ailleurs naturel qu'il en soit ainsi, car les cellules de l'épiderme, cessant de bonne heure de se multiplier, doivent être plus développées que celles du parenchyme sous-jacent, qui les étire en devenant turgescents. Les considérations qui précèdent s'accordent ainsi pleinement avec le rôle négatif que M. Darwin attribue aux nervures dans la transmission du mouvement.

Il reste maintenant à examiner en quoi consistent les fonctions des poils excitable. On doit se demander comment il se fait que le moindre attouchement de l'un d'eux suffise à produire la cessation de la turgescence du parenchyme, tandis que l'épiderme peut éprouver des chocs ou des frictions assez fortes sans qu'il en résulte aucun mouvement des valves. Ici encore il me semble que l'histoire

du développement et la connaissance de la structure interne jettent un jour considérable sur la question.

On a vu, en effet, que le tissu intérieur de ces poils, au point de vue de son origine comme à celui de sa structure, doit être envisagé comme un prolongement direct du parenchyme supérieur de chaque valve. Tout ébranlement éprouvé par l'un d'eux agit donc directement sur un grand nombre de cellules de ce parenchyme lui-même, ce qui n'a pas lieu lorsque l'on attaque les cellules épidermiques. Celles-ci, en effet, s'étaient toutes mutuellement, de sorte qu'il n'est pas possible de les mettre en mouvement, et d'ailleurs elles sont protégées extérieurement par une cuticule fort épaisse. Aussi est-il nécessaire de blesser l'épiderme jusqu'à une assez grande profondeur ou de lui faire absorber des réactifs chimiques pour amener la fermeture des valves sans agir sur les poils excitables.

La structure de ces organes offre elle-même des conditions mécaniques des plus favorables à la transmission de l'effet des chocs qu'ils subissent. Le cône rigide qui surmonte leur articulation joue probablement le rôle d'un long bras de levier dont les oscillations agissent directement sur les parois internes des cellules qui l'unissent à la base, c'est-à-dire au parenchyme turgescent. Toutes les fois que ce cône terminal éprouve un choc, le parenchyme interne de la base du poil subit, par conséquent, une véritable traction dirigée de l'intérieur à l'extérieur. Cette traction se communique simultanément en tous sens à un grand nombre de cellules du parenchyme foliaire, qui se trouve ainsi subitement ébranlé jusque dans ses couches les plus internes.

M. Darwin a étudié avec un soin tout particulier la

manière dont le mouvement se transmet à partir de la base des poils excitaibles. Dans ce but il a fait un grand nombre d'expériences avec des feuilles dont il avait coupé transversalement le parenchyme et les nervures secondaires au voisinage de ces organes, qui, de la sorte, ne communiquaient plus qu'indirectement avec la nervure médiane. Il a constaté par ce moyen que l'excitation se transmet en tous sens autour de la base des poils sans suivre la direction des nervures secondaires, qui ne jouent suivant lui aucun rôle dans cette transmission.

Ces faits s'accordent évidemment avec l'explication du mouvement basée sur la considération des tensions de tissus, c'est-à-dire telle que je viens de l'exposer. Sous le rapport de la turgescence, le parenchyme, dont toutes les cellules sont étroitement unies, est en effet comparable à une masse liquide dans laquelle les pressions se transmettent en tous sens. La cessation de la turgescence produite par l'ébranlement d'une seule cellule affecte toutes les cellules voisines en supprimant la pression qui faisait équilibre à leur force d'expansion et il doit en résulter un ébranlement assez énergique pour amener aussi la cessation brusque de la turgescence de ces dernières.

Je ne me dissimule pas, du reste, que toute cette interprétation du mécanisme des feuilles de *Dionæa* est certainement fort incomplète. Il resterait à expliquer bien des faits qui semblent encore surprenants. La nullité d'action du vent ou des courants d'air projetés sur les poils excitaibles est de ce nombre<sup>1</sup>. A cet égard je me bornerai pour le moment à faire remarquer combien il doit être difficile de diriger, avec quelque certitude, un courant d'air qui

<sup>1</sup> Darwin, *Insectivorous plants*, p. 291.

atteigne sous un angle favorable une surface aussi petite que celle du cône qui termine ces poils. J'ai, comme M. Darwin, constaté que les gouttes d'eau qui les frappent dans le sens de leur longueur sont sans effet sur eux, mais j'ai réussi cependant, plus d'une fois, à provoquer le mouvement en projetant des gouttes d'eau de manière à ce qu'elles les atteignent dans une direction latérale. Il est à présumer que, dans le premier cas, l'eau glisse le long du poil en l'enveloppant de toutes parts sans produire aucun déplacement de la base du cône, ce qui n'a plus lieu lorsque les gouttes sont lancées latéralement avec une force suffisante et sous un angle favorable.

Si les feuilles de *Dionæa* peuvent, comme l'affirme M. Darwin, supporter de violentes averses de pluie sans se fermer, je pense que cela doit tenir soit à ce que les gouttes d'eau les atteignent en général parallèlement à la longueur des poils, soit à ce que ceux-ci, au nombre de six par feuille, n'offrent qu'une surface minime.

Ainsi que je l'ai déjà dit, M. Darwin ne s'est pas prononcé d'une façon explicite à l'égard du mécanisme et des mouvements des valves du *Dionæa*. Les idées qu'il a émises à ce sujet ne s'accordent qu'en partie avec celles que j'ai essayé de faire prévaloir ici. Il admet bien que le principal siège du mouvement réside dans l'épaisse couche cellulaire qui revêt la côte centrale du côté supérieur et il a constaté que l'épiderme de cette couche, de même que celui de la face supérieure des valves, se contracte notablement dans le sens transversal pendant la fermeture de celles-ci. Mais il paraît disposé à attribuer la fermeture des valves à la contraction de ce que j'ai appelé leur parenchyme supérieur, ainsi qu'à celle de l'épiderme, tandis que je suis plus porté à rapporter ce

phénomène à une diminution de la force expansive du parenchyme. D'après ma manière de voir, le parenchyme et l'épiderme de la face inférieure de la feuille ne jouent dans le mouvement de fermeture que le rôle passif d'un ressort qui reprend sa forme naturelle, et j'attribue la réexpansion des valves à une augmentation de la turgescence du parenchyme supérieur. M. Darwin, de son côté, incline à admettre que, pendant cette réexpansion, les couches du parenchyme inférieur exercent une tension active capable de faire diverger les deux valves.

Son principal argument en faveur de cette dernière supposition est tiré de l'expérience suivante<sup>1</sup> : « Ayant subitement plongé dans l'eau bouillante une feuille fraîchement détachée de la plante, je m'attendais, dit-il, à la voir se fermer, tandis que ses lobes se mirent à diverger un peu davantage. Je pris alors une autre feuille bien développée, dont les lobes présentaient un écartement d'environ 80°, et dès qu'elle eut été immergée comme la précédente, cet angle augmenta jusqu'à 90°. Une troisième feuille se trouvait dans un état de torpeur résultant de ce qu'elle venait de se rouvrir après avoir pris une mouche. Elle ne se fermait même plus sous l'action de chocs répétés éprouvés par ses poils excitables. Néanmoins les lobes de cette feuille se mirent à diverger quelque peu dès que je l'eus aussi plongée dans l'eau bouillante. Comme ces feuilles avaient toutes été immergées verticalement, leurs deux surfaces ainsi que leurs poils excitables devaient avoir éprouvé la même impression au contact de l'eau. Je ne puis donc m'expliquer la divergence de leurs lobes qu'en supposant qu'elle résultait de ce que les cellules de leur partie inférieure, en

<sup>1</sup> Darwin, *Insectivorous plants*, p. 319.

vertu de leur état de tension, agissent mécaniquement pour séparer subitement les deux lobes l'un de l'autre dès que les cellules de la partie supérieure, après avoir été tuées, ont perdu leur contractilité.»

Pour ma part, je suis porté à interpréter cette expérience d'une manière différente. Je ne vois, en effet, aucune raison pour que l'action de l'eau bouillante soit plus fatale au parenchyme de la partie supérieure de la feuille, dont l'épiderme ne présente aucune solution de continuité, qu'à celui de la région inférieure, dont l'épiderme est muni de nombreux stomates. Il me semble plus plausible, d'attribuer l'accroissement de divergence des lobes, au moment de leur immersion dans l'eau bouillante, à ce que la région inférieure de la feuille, plus impressionnée que la région supérieure, cède encore plus facilement que d'habitude à la force expansive du parenchyme supérieur.

Un physiologiste éminent, M. Burdon Sanderson <sup>1</sup>, a cherché à prouver que les mouvements des feuilles de *Dionæa* sont, jusqu'à un certain point, en rapport avec leur état électrique. Il a reconnu que leur limbe ainsi que leur pétiole sont habituellement parcourus dans toute leur longueur par des courants dont le sens change brusquement à l'instant de la fermeture des valves, et il compare assez naturellement ce phénomène à ce qui se passe dans les muscles au moment de leur contraction. Sans méconnaître l'importance des expériences de M. Burdon Sanderson, je suis, pour ma part, assez porté à considérer ces courants électriques comme rentrant dans la classe des courants électro-capillaires dont M. Becquerel a, depuis longtemps, établi l'existence habituelle dans tous les

<sup>1</sup> *Proceedings of the royal Soc.*, v. XXI, 1873.

tissus végétaux. Si l'on tient compte de la grande différence de structure qui existe entre le limbe et le pétiole des feuilles de *Dionæa*, on ne sera pas surpris que les courants d'origine électro-capillaire qui doivent y prendre naissance n'aient pas le même sens dans ces deux parties. Quant aux variations subites de ces courants, au moment de la fermeture, elle pourrait bien n'être qu'une conséquence nécessaire des déplacements d'eau qui accompagnent la cessation de la turgescence dans le parenchyme.

Je vais maintenant résumer en quelques mots les principaux points que j'ai cherché à établir dans ce mémoire :

1° L'absorption des matières d'origine animale n'est pas utilisée directement par les feuilles et elle n'est pas nécessaire au développement des *Dionæa*.

2° Les appendices marginaux forment avec le bord du limbe un membre distinct du reste de la feuille, ce qui explique pourquoi leur mouvement n'a pas lieu simultanément avec celui des valves.

3° Les poils étoilés ainsi que les glandes résultent du développement de l'épiderme seul, tandis que le parenchyme sous-épidermique concourt au développement des poils excitables.

4° Il existe des stomates des deux côtés des ailes du pétiole, tandis que les valves n'en ont qu'à leurs faces inférieures.

5° La structure anatomique, ainsi que le développement des diverses parties de la feuille, sont favorables à l'hypothèse d'après laquelle les mouvements de ces deux valves résulteraient des variations de turgescence du parenchyme de leur face supérieure considérée comme seule active.

6° Les poils excitable sont des organes excitateurs qui permettent aux chocs qu'ils éprouvent d'agir directement sur le parenchyme sous-épidermique.

*Explication des planches.*

PLANCHE IV.

- Fig. 1. Épiderme de la face supérieure des valves; *g* glande développée; *g'* glande dont la partie supérieure a avorté. Grossissement = 160.
- Fig. 2. Épiderme de la face inférieure des valves; *s* stomates, *p* poil étoilé. Grossissement = 160.
- Fig. 3. Portion de l'une des valves vue par transparence du côté de la face supérieure et montrant la disposition des nervures ainsi que la répartition des glandes et des poils excitable; *N* nervure médiane du limbe, *n* nervure secondaire, *a* anastomose, *b* appendice marginal; *Na* forme le premier mériphyllé, *ab* le deuxième. Grossissement = 20.
- Fig. 4. Coupe transversale du pétiole; *N* nervure médiane, *n* nervure secondaire. Grossissement = 20.
- Fig. 5. Poil excitable entièrement développé, *cb* partie basilaire, *a* grandes cellules de l'articulation, *de* cône terminal. Grossissement = 160.
- Fig. 6. Glande et épiderme sous-jacent. Section parallèle à la nervure médiane du limbe. Grossissement = 733.
- Fig. 7. Coupe transversale de la côte médiane et de la base des valves. De *d* en *d'* les cellules de l'épiderme et du parenchyme sont allongées parallèlement à la nervure médiane *N*, c'est-à-dire perpendiculairement au plan de la figure. A partir de *d* et de *d'* jusqu'aux extrémités des appendices marginaux, elles sont allongées parallèlement aux nervures secondaires. Grossissement = 70.
- Fig. 8. Coupe d'une portion de valve faite perpendiculairement aux nervures secondaires; *m* méats intercellulaires, *n* nervures secondaires, *g* glande de la face supérieure, *p* poil étoilé. Grossissement = 160.
- Fig. 9. Coupe d'une portion de valve faite parallèlement aux nervures secondaires; *F* faisceau, *P* parenchyme de la face supérieure, *E* épiderme. Grossissement = 333.
- Fig. 10. Coupe d'une portion de valve faite parallèlement aux nervures secondaires; *g* glande de la face supérieure, *P* paren-

chyme supérieur, *n* nervure secondaire, *P'* parenchyme inférieur, *s* stomates. Grossissement = 160.

Fig. 11. Base d'un même poil excitable dont l'intérieur est à la distance focale; *a a* grandes cellules de l'articulation. Grossissement = 333.

PLANCHE V.

Fig. 12. Coupe longitudinale de la base d'un poil excitable; *a a* grandes cellules de l'articulation au-dessus desquelles on voit les cellules de la base du cône. Grossissement = 733.

Fig. 13. Plante entière de petite taille, et représentée de grandeur naturelle.

Fig. 14. Extrémité de la tige. Grandeur naturelle.

Fig. 15. Extrémité du bourgeon terminal portant les deux plus jeunes feuilles *F* et *f*. Grossissement = 70.

Fig. 16. La même vue de l'autre côté.

Fig. 17. Face supérieure d'une feuille plus âgée dont les valves viennent de naître. Grossissement = 70.

Fig. 18. Diagramme d'une section transversale des valves et de leur côte médiane. Les traits ponctués indiquent la position des valves et des nervures secondaires lorsque le limbe est étalé ainsi que dans une position intermédiaire. L'étalement résulte de ce que la partie *b s s b'* tend à devenir convexe du côté *b a b'* et à rendre la partie *s d N d' s* concave en dessous.

Fig. 19. Portion de valve encore enroulée. La coupe est parallèle aux nervures secondaires; *P* parenchyme supérieur, *n* nervure secondaire, *P'* parenchyme inférieur. Grossissement = 333.

Fig. 20, 21, 22. Naissance et premier développement d'un poil étoilé. Grossissement = 733.

Fig. 23, 24, 25. Premières phases du développement d'une glande après le premier cloisonnement parallèle à la surface. Grossissement = 733.

Fig. 26. Coupe parallèle aux nervures secondaires faite dans un limbe encore enroulé; *p* naissance d'un poil excitable. Grossissement = 70.

Fig. 27. Même coupe sous un plus fort grossissement; *p* jeune poil excitable. Grossissement = 160.

Fig. 28. Poil excitable de la figure précédente. Grossissement = 733.

Fig. 29. Poil excitable plus développé; *a a* grandes cellules de l'articulation. Grossissement = 733.

Fig. 30. Poil excitable plus développé; *a a* grande cellule de l'articulation. Grossissement = 160.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

---

## ASTRONOMIE.

L. TROUVELOT. ON THE VEILED SOLAR SPOTS. TACHES SOLAIRES VOILÉES. (*American Journal of Science and Arts*, 3<sup>me</sup> série, vol. XI, p. 169.)

La chromosphère, qui enveloppe tout le globe du Soleil, est la cause vraisemblable des granulations visibles à sa surface. L'épaisseur de cette couche hydrogénée n'est point constante et elle varie de jour en jour au dedans de certaines limites; mais à aucune époque elle n'est apparue aussi mince que pendant l'année 1875, tout spécialement entre le 10 juin et le 18 août.

Cette circonstance était plus intéressante à constater avec une lunette ordinaire, sans le secours du spectroscopie, et elle permettait de mieux discerner la structure de la photosphère sous-jacente. Les gaz de la chromosphère ont, en effet, une certaine transparence qui augmente notablement à mesure que leur épaisseur diminue.

Durant cette période d'affaissement général, les granulations ont paru plus petites et plus distantes qu'à l'ordinaire, et par conséquent le fond gris clair, sur lequel elles semblent projetées, était plus distinct et occupait plus de place que précédemment. L'observation de ce fond gris clair, avec des instruments de grande ouverture, le montre tout autrement qu'uniforme dans les intervalles des granulations. A

côté des très-petits points noirs appelés pores, des flocons d'un gris plus foncé sont répandus irrégulièrement sur toute la surface du Soleil. Ces flocons foncés ont été très-apparents pendant la phase récente d'abaissement de la chromosphère: on pouvait les discerner, en faire le croquis et les reconnaître après plusieurs heures d'intervalle. On a pu même comparer leur nombre aux différentes latitudes héliographiques, et constater qu'ils deviennent plus grands et plus compliqués lorsqu'on approche de l'équateur. Leur caractère le plus marqué est d'avoir des contours très vagues, peu accusés, ternes et diffus, comme s'ils étaient vus à travers un brouillard. Le milieu, au travers duquel ils sont vus, n'est autre que la chromosphère, dont les gaz interposés forment comme un voile au-dessus d'eux. Aussi M. Trouvelot, de Cambridge, U. S., qui a fait ces observations, propose-t-il de les appeler des *taches solaires voilées*.

Il a vu les granulations de la chromosphère projetées sur les taches voilées comme partout ailleurs; mais elles n'y paraissent pas aussi régulièrement distribuées, quelques-unes étant serrées ensemble, tandis que d'autres sont clair-semées. De petites facules sont souvent ainsi formées par l'agrégation de plusieurs granules en une seule masse. Un jour ces granulations parurent comme sous l'influence d'une force motrice qui les rangeait en files régulières; d'autres fois suivant des figures capricieuses très remarquables.

Souvent les granulations projetées au-dessus des taches voilées ont une mobilité extraordinaire qu'on ne trouve nulle part dans les phénomènes solaires, excepté peut-être dans le voisinage immédiat de taches ordinaires en pleine activité de formation, démontrant évidemment l'existence de forces immenses en conflit au-dessous de la chromosphère.

A plusieurs reprises, dans les régions équatoriales du Soleil, il a pu s'assurer que les taches noires devenues visibles, se voilent ensuite par l'interposition de matières chromosphériques, en sorte que les taches ordinaires et les taches voilées sont de même essence. Mais les taches voilées se re-

trouvent à des latitudes beaucoup plus élevées que les autres, parfois accompagnées de facules. Il en a observé jusqu'à 6 ou 8° des pôles. Elles ne diffèrent alors des taches ordinaires que par leur grandeur et leur activité. Si quelques taches noires se montrent momentanément dans ces parages, elles ne durent pas, comme si les forces nécessaires, pour balayer au-dessus les gaz chromosphériques, n'étaient pas suffisantes.

L'impression résultant pour l'auteur de l'étude de ces phénomènes est que les taches voilées sont des fissures ou de réelles ouvertures dans la photosphère, vues à travers les gaz imparfaitement transparents de la chromosphère, et remplies de vapeurs expulsées par les forces intérieures de la fournaise solaire. Dans les régions équatoriales seulement, ces forces sont assez grandes pour percer et écarter les matières de la couche supérieure interposée. L'observation directe lui indique que la chromosphère est empêchée, par une force émanant de l'intérieur, de se précipiter dans l'ouverture produite par la tache. Aussitôt que cette force perd de son énergie, la chromosphère tend à couvrir la tache, et elle y fait irruption aussitôt que la force cesse. Il a vu fréquemment l'ombre et la pénombre paraître comme couvertes par une violente chute de neige, dont les flocons sont probablement les granulations de la chromosphère plus ou moins dispersés par les forces émanant des taches.

Les conclusions de M. Trouvelot sont, on le voit, en grande partie nouvelles, et elles contrarient diversement les systèmes qu'on a imaginés pour expliquer les apparences solaires. Ce n'est point ici le lieu ni le moment de les discuter, d'autant plus qu'il annonce de nouvelles communications pour les appuyer. Son mémoire prouve combien l'étude persistante de la surface du Soleil peut offrir encore de sujets d'investigation, et l'utilité qu'il y a à l'entreprendre avec le secours des puissants instruments de la science moderne.

E. G.

---

## PHYSIQUE

J.-L. HOORWEG. DIATHERMANSIE DE L'AIR HUMIDE. (*Pogg. Ann.*, tome CLV, p. 385.)

Le pouvoir absorbant de l'air humide pour la chaleur a été, on s'en souvient, l'objet d'une longue controverse entre M. Tyndall et Magnus. M. Tyndall attribuait à la vapeur d'eau répandue dans l'air un très-fort pouvoir absorbant que Magnus niait absolument en se basant sur des expériences directes faites avec le plus grand soin et en expliquant les résultats de M. Tyndall par le phénomène de la vaporhésion ou de la condensation de la vapeur d'eau sur les surfaces réfléchissantes des appareils.

M. Hoorweg a repris récemment cette importante question en employant une méthode analogue à celle de M. Tyndall et en opérant sur des colonnes d'air libres de manière à éviter la vaporhésion et la réflexion de la chaleur vers l'appareil thermométrique. Deux sources de chaleur étaient placées de part et d'autre d'une pile thermo-électrique, de manière à se faire exactement équilibre et à ce qu'il ne se produisît aucune déviation à un galvanomètre relié à la pile, tant que les deux colonnes d'air interposées demeuraient dans les mêmes conditions. Il n'en était plus de même lorsqu'on dirigeait sur le trajet des rayons calorifiques, d'un côté un courant d'air sec, provenant d'un long récipient plein de chlorure de calcium, de l'autre un courant d'air humide ayant traversé un récipient semblable plein de cailloux mouillés, ou encore lorsqu'on faisait intervenir d'un seul côté un courant alternativement sec ou humide, suffisamment long (0<sup>m</sup>,50 ou 1<sup>m</sup>). La déviation du galvanomètre qui se manifestait alors indiquait une absorption par l'air humide, absorption beaucoup plus faible cependant que dans les expériences de M. Tyndall. En effet, dans les conditions les plus favorables, M. Hoorweg a évalué l'absorption par la vapeur d'eau à 2 ou 2 ½ % au plus. La

controverse entre M. Tyndall et Magnus s'expliquerait dès lors facilement : tandis que Magnus opérant sur des tubes trop courts a méconnu l'absorption de la chaleur par l'air humide, M. Tyndall s'est exagéré cette action par suite de la vapo-rhésion.

M. Hoorweg a trouvé en outre, en opérant sur des colonnes d'air de différentes longueurs, que chaque couche nouvelle absorbe moins que la précédente. Il a exécuté aussi des mesures comparatives avec d'autres gaz ou vapeurs et avec des sources de chaleur différentes (cube de Leslie, plaque de cuivre ou brique chauffée). Ses résultats sur ce point concordent avec ceux de M. Tyndall, et il a reconnu, comme lui, que l'ordre dans lequel les gaz et vapeurs se rangent, au point de vue de leur pouvoir absorbant, varie avec la nature de la source de chaleur.

---

L. BOLTZMANN. DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DE LA CON-  
STANTE DE DIÉLECTRICITÉ DE QUELQUES GAZ. (*Sitzungsberichte  
der Akad. der Wissensch. zu Wien*, t. LXIX; *Pogg. Ann.*  
t. CLV, p. 403.)

La théorie électro-magnétique de la lumière de M. Maxwell, basée sur l'hypothèse que l'électro-magnétisme et la lumière sont l'effet de mouvements vibratoires différents d'un seul et même milieu, l'a conduit à la conclusion que la racine carrée de la constante de diélectricité doit être égale à l'indice de réfraction. M. Boltzmann ayant mesuré la constante de diélectricité de quelques corps isolants, a trouvé que la relation établie par M. Maxwell se vérifie avec une approximation très-suffisante pour le soufre, la colophane et la parafine<sup>1</sup>.

Ce physicien a étendu depuis lors cette étude aux corps gazeux qui présentent à ce point de vue de grands avantages

<sup>1</sup> *Archives*, 1874, tome L, p. 203.

sur les corps isolants solides. Ils isolent mieux, remplissent plus complètement et plus également l'intervalle entre les deux plaques du condensateur, perdent immédiatement leur état diélectrique, enfin sont plus faciles à obtenir chimiquement purs que les isolants solides qui, à part le soufre, sont des corps difficiles à bien définir chimiquement. Pour ces divers motifs les gaz devaient se prêter à des mesures plus exactes de leur constante de diélectricité et à une confirmation plus satisfaisante de la loi de M. Maxwell. En revanche, ils présentent une difficulté provenant de ce que les constantes de diélectricité des différents gaz sont très-semblables; aussi faut-il, pour réaliser sur eux des mesures exactes, employer, pour charger le condensateur, une source d'électricité beaucoup plus énergique. M. Boltzmann a fait usage à cet effet d'une pile de 300 éléments de Daniell au lieu de 18 comme dans ses recherches sur les isolants solides.

Étant admis que la constante de diélectricité et la pression des gaz décroissent proportionnellement jusqu'aux dernières limites de raréfaction, et en outre que la racine carrée de la constante de diélectricité subit par un changement de température la même modification que l'indice de réfraction, les gaz étudiés ont fourni en effet une vérification très-approximative de la relation de M. Maxwell.

C'est ce que montre le tableau suivant qui donne en regard la racine carrée de la constante de diélectricité mesurée par M. Boltzmann pour 7 gaz différents et l'indice de réfraction de ces mêmes gaz réduits tous deux à 0° et à 760<sup>mm</sup>.

	$\sqrt{D}$	$i$
Air. . . . .	1,000295	1,000294
Acide carbonique. . . . .	1,000473	1,000449
Hydrogène . . . . .	1,000132	1,000138
Oxyde de carbone . . . . .	1,000345	1,000340
Protoxyde d'azote. . . . .	1,000497	1,000503
Gaz oléfiant. . . . .	1,000656	1,000678
Gaz des marais. . . . .	1,000472	1,000443

L. BOLTZMANN. DIFFÉRENTES VALEURS QU'AFFECTE LA CONSTANTE DE DIÉLECTRICITÉ DU SOUFRE DANS DIFFÉRENTES DIRECTIONS. (*Sitzungsberichte der Akad. der Wissensch. zu Wien*, t. LXIX; *Naturforscher*, VIII, p. 241.)

Comme nouvelle confirmation de la théorie électro-magnétique de la lumière, M. Boltzmann a recherché si, pour des vitesses différentes de la lumière dans diverses directions, un cristal anisotrope présente aussi des valeurs différentes de la constante de diélectricité. Le spath calcaire et le quartz se prêtent mal à l'expérience, parce que pour eux la constante de diélectricité croît avec le temps qu'a duré l'action électrique et ne comporte pas des mesures suffisamment précises. Le soufre au contraire est très-approprié à ce genre de recherches parce qu'il a un très-grand pouvoir isolant, puis parce que l'action diélectrique est immédiate, ensuite parce qu'il présente des différences notables pour la vitesse de propagation de la lumière dans diverses directions.

M. Boltzmann opéra sur deux boules de  $17^{\text{mm}},5$  et  $14^{\text{mm}},5$  de diamètre, taillées très-exactement dans des cristaux naturels de soufre de grandes dimensions. Le résultat fut que la constante de diélectricité varia avec les différents diamètres des deux boules et cela d'une manière tout à fait conforme à ce que devait faire prévoir la théorie de M. Maxwell. C'est-à-dire qu'elle atteignit sa valeur maxima lorsque l'action avait lieu suivant la bissectrice de l'angle aigu des axes optiques, sa valeur minima lorsqu'elle s'accomplissait suivant la bissectrice de l'angle obtus des deux axes. La plus grande constante de diélectricité correspond au plus fort indice de réfraction. Celui-ci atteint sa valeur maxima lorsque les vibrations lumineuses s'accomplissent parallèlement à la bissectrice de l'angle aigu des axes optiques. Lorsque la lumière passe perpendiculairement aux axes optiques le rayon polarisé paral-

lèlement à la bissectrice de l'angle obtus des axes est celui pour lequel l'indice de réfraction est le plus fort, et puisque dans le rayon correspondant au plus fort indice de réfraction les ondulations lumineuses ont lieu parallèlement à la bissectrice de l'angle aigu des axes optiques, il suit que les ondulations lumineuses s'accomplissent perpendiculairement au plan de polarisation.

---

WARREN DE LA RUE, HUGO, W. MULLER ET W. SPOTTISWOODE.  
EXPÉRIENCES SUR LA STRATIFICATION DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. (*Proceedings of the Royal Society*, vol. XXIII, p. 356; *Naturforscher*, VIII, p. 233.)

Les auteurs ont entrepris une série de recherches pour déterminer la cause de la stratification de la lumière électrique. L'expérience suivante qu'ils décrivent dans une première notice jette déjà un certain jour sur cet intéressant sujet.

Le courant d'une pile de 1080 éléments au chlorure d'argent traverse un tube à gaz raréfié dans lequel il produit un jet lumineux continu. On introduit alors dans le circuit un condensateur composé de deux spirales de fil isolées, disposées l'une autour de l'autre et ayant chacune une de ses extrémités en communication avec la pile, l'autre demeurant libre; immédiatement on voit apparaître dans le tube des stries très-nettes. Il est clair que ce condensateur forme une sorte de bouteille de Leyde qui se charge et se décharge alternativement, produisant tantôt un abaissement, tantôt un renforcement du courant continu qui traverse le tube. Ces décharges périodiques paraissent avoir une tendance à produire une interférence des ondes électriques, partant des nœuds de plus grande résistance dans le milieu raréfié, comme l'indiquent les stries.

On peut mettre en évidence d'une manière très-simple ces fluctuations du courant qui paraissent être la cause des stries. Le courant des 1080 éléments traversant la spirale primaire d'une bobine d'induction ne produit aucun courant induit dans la bobine secondaire en l'absence du condensateur, parce qu'il est continu, mais dès qu'on introduit le condensateur, le courant induit se montre par suite des fluctuations du courant primaire qui donne alors un jet strié.

---

LOCKYER. MODIFICATIONS DU SPECTRE DU CALCIUM AVEC LA TEMPÉRATURE (Lettre à M. Dumas, *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 20 mars 1876, p. 660.)

« Je suis assez avancé dans le tracé d'une carte du spectre solaire qui doit avoir une échelle quadruple de celle d'Angström, et j'ai commencé par la région sur laquelle M. Cornu a dernièrement publié une carte admirable. Mon système, ainsi que je crois vous l'avoir déjà dit, est de déterminer les éléments du Soleil en photographiant sur la même plaque le spectre du Soleil et le spectre des différents éléments chimiques. Je l'ai déjà fait pour un grand nombre d'éléments et dans des conditions variées de pression. L'une des circonstances est celle sur laquelle je viens appeler votre attention.

« Quand nous dissocions, par exemple, le chlorure de calcium à un faible degré, nous obtenons une raie du calcium, celle qui est dans le bleu, et un spectre presque complet de chlorure non dissocié. A mesure que la dissociation du chlorure avance, la raie dans le bleu, qui est la véritable raie du calcium, devient plus brillante, et le spectre du chlorure disparaît graduellement. J'admets que l'expérience a été faite à une température basse. Maintenant, si nous employons un arc électrique, nous obtenons dans le bleu<sup>c</sup> cette ligne extrêmement développée, et en même temps dans le violet deux

nouvelles raies qui occupent la position des deux lignes H dans le spectre du Soleil. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que la raie dans le bleu est beaucoup plus épaisse et beaucoup plus brillante que les deux raies dans le violet, quand nous employons l'arc électrique, par exemple, produit par 30 éléments de Grove, tandis que la raie bleue est représentée très-faiblement dans le Soleil, et que les deux raies violettes sont les plus épaisses de tout le spectre solaire. Entre la température que nous produisons et celle du Soleil il y aurait donc précisément une différence qui serait, à l'égard du spectre du calcium, ce que sont pour le spectre du chlorure de calcium les différentes températures que nous pouvons produire.

« Pour vérifier ce fait, j'ai exécuté récemment une série d'expériences sur le calcium, en employant d'abord une petite batterie et une petite bobine, et ensuite une grande batterie et une plus grande bobine; et, pour mettre le fait hors de doute, j'ai photographié les résultats. Je trouve qu'avec la petite bobine je puis obtenir une photographie qui ne contient que la raie dans le bleu, sans aucune trace de raie dans le violet, et qu'avec la plus grande bobine et la plus grande batterie, je puis avoir une photographie contenant les raies du violet sans aucune trace de raie dans le bleu, et je trouve qu'en variant la surface de la batterie, je puis obtenir un spectre semblable au spectre d'absorption du calcium dans le Soleil.

« Ces résultats s'accordent si complètement avec ceux de la dissociation d'un sel de calcium que je me suis demandé si nous ne sommes pas ici en présence d'une dissociation du calcium lui-même. Naturellement on ne peut pas déterminer, quant à présent, si nous avons un groupe moléculaire plus inférieur de calcium ou si le calcium lui-même est une combinaison de deux sous-éléments distincts, si l'on peut s'exprimer ainsi. Il semble que nous ne pouvons entreprendre de résoudre cette question qu'en photographiant les raies du cal-

cium ( $H_1$ ,  $H_2$ ) dans les différentes étoiles. Si nous trouvons qu'elles présentent toujours la même épaisseur et la même intensité relatives, il y aura une grande présomption que nous sommes en présence d'une décomposition du calcium, ou, en d'autres termes, nous aurons établi qu'un spectre à raies est un spectre dû à différents ordres de groupement moléculaire. Si, d'un autre côté, nous trouvions que l'épaisseur et l'intensité de ces raies varient, il serait difficile d'expliquer le phénomène, à moins que nous n'admettions que le calcium, au lieu d'être un élément, est réellement composé de deux substances.

« Je dois ajouter que le professeur Stokes, tout en pensant que nous avons ici une méthode très commode pour déterminer la puissance de dissociation existant dans le Soleil, puisque nous trouvons le rapport de cette puissance par le nombre de pouces de surface de la batterie, ne croit pas cependant que l'évidence en faveur de la dissociation du calcium soit absolument complète, et il croit possible qu'avec un accroissement de température les lignes les plus réfrangibles deviennent plus brillantes aux dépens des moins réfrangibles; de sorte que, si la quantité décroît graduellement, nous pouvons obtenir les résultats que j'ai mentionnés. Je lui ai cependant fait remarquer que cette loi ne se manifeste pas dans d'autres cas; par exemple, pour l'hydrogène, un accroissement de température nous donne une plus grande intensité de la ligne rouge de l'hydrogène C, et, dans le cas du sodium à la température du Soleil, nous savons que l'absorption de la ligne jaune du sodium est plus intense que celle d'aucune des raies.

« Tant de questions intéressantes sont soulevées par ces expériences que j'espère être bientôt en état de continuer cette communication. L'opinion des savants français serait très-précieuse à mes yeux pour m'aider à continuer ce travail. J'espère pouvoir bientôt vous envoyer quelques exemplaires photographiques de mon nouveau spectre normal. »

---

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE

BUSS. ACTION ANTIPYRÉTIQUE DE L'ACIDE SALICYLIQUE. Réunion générale des Médecins Suisses à Berne, 15 mai 1875 (*Correspondenz-Blatt für Schweiz. Aertzte*, 1875, n° 11 et 12, et *Bulletin de la Société médicale de la Suisse romande*, 1875.) — IMMERMAN. MÊME SUJET. Même réunion. — DE CÉRENVILLE. MÊME SUJET. (*Bulletin de la Suisse romande*, Juin 1875.) — SENATOR. MÊME SUJET. (*Bul. Klin. Wochens.* 16 Août 1875, n° 33.) — MOELI DE ROSTOCK. UEBER DEN ERSATZ DER SALICYLSÄURE... DU REMPLACEMENT DE L'ACIDE SALICYLIQUE PAR LE SALICYLATE DE SOUDE COMME ANTIFÉBRILE (*Berl. Klin. Wochens.*, Sept. 1875.) — WOLFFBERG. VALEUR DE L'ACIDE SALICYLIQUE COMME ANTIPYRÉTIQUE. (*Deutsch. Arch. für Klin. Med.*, vol XVI, p. 162.) — FURBRINGER. MÊME SUJET. (*Central-Blatt*, 1875, n° 18.) — KÖHLER. ACIDE SALICYLIQUE ET SALICYLATE DE SOUDE. (*Central-Blatt für die Med. Wiss.*, 1876, n° 11 et 12.)

L'acide salicylique, connu depuis longtemps, possède, on le sait, des propriétés antiseptiques, mises au jour par M. Kolbe, de Leipzig, et par M. Muller (voy. *Archives*, LII, 154). Employé dès lors comme désinfectant et antiseptique, cet agent a été dernièrement préconisé comme antipyrétique. Un grand nombre de travaux ont déjà paru sur ce sujet et de nombreuses observations cliniques attribuent à l'acide salicylique la propriété d'abaisser la température chez les fébricitants. Un des travaux cliniques les plus importants sur ce sujet est dû à M. Buss, de St-Gall, qui communiqua à la Société des médecins suisses à Berne les résultats de nombreuses observations, dans lesquelles l'administration de 6 grammes d'acide salicylique dans des cas de maladies aiguës ont amené une défervescence notable. M. Immermann, profes-

seur à Bâle, signala à la même assemblée la défervescence qu'il avait obtenue chez de nombreux malades atteints de fièvre hectique. M. de Cérenville, médecin en chef de l'hôpital de Lausanne, rendit aussi compte, dans le *Bulletin médical de la Suisse romande*, de ses observations, dans lesquelles il obtenait des effets analogues à ceux signalés par M. Buss, avec des doses moindres d'acide salicylique, 4 grammes au lieu de 6.

Outre ces travaux publiés en Suisse, parurent ailleurs de nombreuses observations, comportant le même sujet, sur le détail desquelles nous ne pouvons insister ici.

L'acide salicylique, soluble dans l'alcool, ne l'est presque pas dans l'eau; cette circonstance rend son administration très-difficile; aussi plusieurs médecins ont-ils tenté d'administrer un de ses composés, tel par exemple que le salicylate de soude. Mais les auteurs ne sont malheureusement point d'accord à cet égard. La plupart, en effet, contrairement aux opinions émises par M. Mœli de Rostock avancent que l'acide salicylique doit être administré en nature et que le salicylate de soude est sans action.

Plusieurs auteurs reprochent avec M. Wolffberg à l'acide salicylique d'être un violent irritant pour les muqueuses digestives avec lesquelles il se trouve en contact; d'autres, au contraire, nient totalement cette action caustique.

Ce médicament nouveau est, on le voit par ces quelques phrases, sujet à des contestations et des opinions fort diverses ont été émises à son égard par les cliniciens. Aussi M. Köhler, de Halle, vient-il de rendre un vrai service en le soumettant à une analyse physiologique précise et en obtenant ainsi des données positives que nous allons résumer.

M. Köhler a vérifié que le suc pancréatique maintenu pendant quinze jours à 37° en présence de l'acide salicylique ne l'altère pas. Mais c'est surtout les propriétés physiologiques du médicament qui ont été le sujet de ses expériences.

Il montre d'abord par de nombreuses expériences comparatives faites sur des lapins et des chiens que l'acide salicyli-

que et le salicylate de soude ont des propriétés identiques, on devra, par conséquent, administrer le salicylate de soude vu sa solubilité plus grande.

Les expériences de M. Köhler ont consisté à faire des injections de solutions diverses d'acide salicylique ou de salicylate de soude, soit dans l'estomac, soit dans les veines, et d'étudier les effets produits sur les divers organes et les modifications fonctionnelles qui suivent cette opération.

Nous ne pouvons détailler ici ces nombreuses expériences, et nous en donnerons simplement le résultat.

L'injection de hautes doses (7 ccm. chez un lapin) d'une solution d'acide salicylique au  $\frac{1}{500}$  dans une jugulaire amène un abaissement rapide de la pression sanguine, un ralentissement du pouls jusqu'à la moitié du taux normal. Ces phénomènes ne sont pas modifiés par la section préalable des nerfs vagues, des dépresseurs, des sympathiques ou de la moelle cervicale. La mort qui suit l'administration de cette dose est le résultat de l'asphyxie. Les nerfs vagues sont inexcitables un peu avant la mort.

L'injection d'acide salicylique faite directement dans l'estomac a produit peu d'effet sur la pression artérielle; ce n'est qu'au bout d'un temps assez long que se produit un ralentissement du pouls et de la respiration.

Les expériences faites par M. Köhler avec le salicylate de soude lui ont montré que ce sel abaisse comme l'acide salicylique la pression artérielle et ralentit le pouls quand on l'introduit directement dans une veine jugulaire. Les mêmes résultats sont obtenus en introduisant le salicylate de soude dans l'estomac, au lieu de l'introduire dans la veine jugulaire. M. Köhler conclut de ses expériences qu'une solution de 1 : 60 de salicylate de soude introduite dans l'estomac d'un lapin de 2 kil. produit les mêmes modifications vitales qu'une solution de 1 : 90 d'acide salicylique introduite directement dans la veine jugulaire.

Des doses plus fortes sont nécessaires chez de grands

mammifères comme le chien et à plus forte raison devront-elles être élevées chez l'homme.

*Effets sur la respiration.* L'acide salicylique et le salicylate de soude retardent la respiration. Cet effet est augmenté par la section des nerfs vagues.

*Effet sur la chaleur animale.* La propriété d'abaisser la chaleur animale est une des plus importantes de ce médicament : Pour M. Köhler ce résultat est plus sûr avec le salicylate de soude qu'avec l'acide salicylique lui-même, résultat opposé à celui de MM. Feser et Friedberger.

M. Köhler en signalant cet abaissement de la température fait remarquer que ces antipyrétiques ne sont pas nécessairement antiseptiques, et que l'acide salicylique capable d'abaisser pendant 24 heures la température d'un malade atteint de fièvre typhoïde n'est pas nécessairement pour cela un modificateur du virus typhique.

L'acide salicylique et son sel de soude n'ont jamais produit dans les expériences et observations de Köhler ni congestion cérébrale, ni injection ou congestion du canal intestinal ou des reins; c'est ce qui amène M. Köhler à conclure que l'acide salicylique peut être comparé aux bains et à la quinine et est un des plus précieux moyens d'abaisser la température que puisse employer la thérapeutique. D<sup>r</sup> P.

---

## BOTANIQUE.

JUL. SACHS. — GESCHICHTE DER BOTANIK. HISTOIRE DE LA BOTANIQUE DEPUIS LE XVI<sup>m</sup>e SIÈCLE JUSQU'EN 1860. — Munich, 1875.

A mesure que les sciences se développent, à mesure que la somme des faits connus par l'esprit humain devient plus considérable, les ouvrages généraux résumant l'état actuel des principales questions deviennent plus importants et plus

indispensables. Mais à côté de la connaissance des faits, la succession chronologique des découvertes, l'histoire du développement graduel des théories sont bien importantes aussi. La littérature scientifique est pauvre à cet égard, et en particulier l'histoire de la botanique que vient de publier M. le professeur Sachs me paraît combler un vide important dans nos bibliothèques. Cet ouvrage, qui a paru sous les auspices de l'académie royale des sciences de Bavière, fait partie d'une vaste collection qui doit comprendre peu à peu l'histoire de toutes les sciences.

L'élaboration d'un ouvrage de cette nature est entourée de grandes difficultés et demande une connaissance spéciale de toutes les branches de la science dont il s'agit de raconter le développement. Peu d'hommes étaient aussi bien préparés à ce travail que M. Sachs, l'auteur du meilleur *Traité général de botanique* que nous possédions, de celui tout au moins qui résume le mieux l'état actuel de cette science. « Je n'ai donné, dit-il lui-même dans sa préface, une grande importance aux découvertes de *faits* que lorsqu'elles ont eu une influence heureuse sur le développement ultérieur de la science. Je me suis plutôt attaché à découvrir les premières traces des idées scientifiques pour suivre ensuite leur développement en théories complètes. Envisagée à ce point de vue, la tâche de l'historien de la botanique est hérissée de difficultés. Ce n'est qu'au prix de mille peines que j'ai pu poursuivre mes recherches, au milieu de la multitude des faits accumulés, sans perdre le fil conducteur qui me dirigeait. J'ai toujours regardé comme un des grands obstacles au développement de notre science le fait que la plupart des écrivains ont amassé des observations sans se préoccuper suffisamment de leur valeur théorique. De là la tendance que j'ai eue à attribuer la première place aux hommes chez lesquels je reconnaissais un travail de la pensée approfondi, des efforts pour trier et classer les matériaux accumulés. » Ces quelques mots suffisent à montrer quel est l'esprit vrai-

ment philosophique qui a présidé à la composition de cet ouvrage.

M. Sachs a divisé son histoire en trois parties consacrées l'une à la taxonomie et à la morphologie, la deuxième à l'anatomie et la troisième à la physiologie végétale. Ces trois branches se sont en effet développées assez indépendamment les unes des autres pour qu'il fût difficile de les considérer en bloc. Partisan convaincu de la théorie de la descendance, M. Sachs est frappé des obstacles que le dogme de la constance des espèces a mis au développement de la science, et des contradictions dans lesquelles il a entraîné ses partisans les plus éclairés. Il est dommage que la date de 1860 fixée comme terme à cette étude n'ait pas permis à l'auteur de suivre les développements de la science pendant les années qui ont suivi l'apparition de l'ouvrage de M. Darwin sur l'origine des espèces.

L'histoire de la taxonomie et de la morphologie se subdivise naturellement en plusieurs périodes. Pendant la première qui comprend les botanistes antérieurs à Linné, deux courants distincts se font jour. Divers botanistes, à commencer par Lobel et C. Bauhin, cherchent par l'observation pure à saisir les rapports qui existent entre les végétaux : les savants de l'autre école, dont le chef est Cesalpin, et les principaux représentants Morison, Ray, Rivinus et Tournefort, cherchent à se faire un système philosophique d'après lequel ils répartissent les végétaux. Ce sont ces essais qu'on a baptisés du nom de *systèmes artificiels*, et qui pourtant ne l'étaient pas dans la pensée de leurs auteurs; ceux-ci prétendaient offrir une image exacte du règne végétal. Tous les ouvrages de cette époque portent la trace de ce double courant; d'un côté, notion vague et irraisonnée des rapports naturels; de l'autre, efforts pour tout faire rentrer dans un système. Linné est à la fois l'auteur du meilleur système artificiel, et le premier savant qui ait soupçonné l'existence de groupes naturels qu'il ne pouvait encore définir. La période suivante est consacrée à l'élaboration du système naturel par

les de Jussieu, A.-P. de Candolle, etc., telle que la permettait le dogme de la constance des espèces et les voiles qu'il jette sur les vrais rapports naturels. La dernière période enfin qui commence vers 1840, coïncide avec le grand développement des études micrographiques, et comprend toutes les découvertes sur le développement des organes, l'embryogénie, la reproduction des cryptogames, etc., découvertes qui plus que toutes les autres mettent en lumière les relations des différents groupes entre eux. Leur influence sur la taxonomie se fera sentir chaque jour davantage.

L'anatomie végétale ou phytotomie, devenue une branche importante de la science depuis les travaux de Grew et de Malpighi, est intimement liée aux perfectionnements du microscope. Les premières découvertes ont porté sur les cellules et les vaisseaux et sur leurs relations entre eux. Les observations étaient toujours rapportées aux fonctions de ces organes; la physiologie marchait de pair avec l'anatomie et lui servait de but. Pendant le XVIII<sup>me</sup> siècle, il n'y a pas eu de grands progrès faits à cet égard. Ce n'est guère que depuis 1800, avec Mirbel, Sprengel, Hedwig, que les études anatomiques ont été remises en honneur. Cette période, qui se termine vers 1840 aux grands travaux de Mohl sur la cellule, a eu surtout pour objectif la structure intime des éléments des tissus; le grand point gagné c'est la démonstration de l'existence uniforme de l'utricule cellulaire à l'origine de tous les tissus. Pendant la troisième période enfin (1840-1860), l'anatomie devient purement morphologique; avec Schleiden et Nägeli, les questions de développement prennent le premier rang; le nucleus et le protoplasma, la structure moléculaire des membranes sont successivement étudiées, et enfin le mode de division des cellules qui joue un rôle si important dans toute l'histoire des cryptogames.

Les progrès de la physiologie ont été plus tardifs et ne remontent guère qu'à la fin du XVII<sup>me</sup> siècle. Les premières découvertes ont succédé à celles qui ont été faites dans le champ de la physiologie animale et ont résulté des compa-

raisons établies entre les deux règnes. Trois points particuliers sont à relever dans le développement de cette branche de la science. C'est d'abord l'influence des doctrines téléologiques qui a été aussi heureuse au début qu'elle a pu devenir fâcheuse par la suite. Sans les idées qu'elles soulevaient, on ne fût pas arrivé à comprendre, comme on l'a fait, les fonctions des organes et à relier entre elles les diverses manifestations vitales. C'est secondement l'union intime des progrès de la physiologie avec ceux de la phytotomie ; en effet, lorsqu'une fonction a été observée dans la plante vivante, on ne peut l'analyser à fond que par la connaissance des éléments microscopiques de l'organe. Ce sont, enfin, les relations de la physiologie végétale avec la physique et la chimie. Elles sont évidentes, mais ne doivent cependant pas être exagérées. Bien des découvertes importantes ont précédé les grands progrès de ces deux sciences et dérivent d'observations directes faites sur la plante vivante. Certains faits semblent même en contradiction avec les données de la chimie pure, tels par exemple que l'action des rayons lumineux jaunes sur la décomposition de l'acide carbonique, mise en regard de celle qu'exercent les rayons bleus et violets sur d'autres combinaisons.

La première période qui s'étend de 1670 à 1727, comprend les découvertes de Malpighi sur le rôle des feuilles, de Ray sur l'influence de la lumière, de Camerarius sur la sexualité. La physique et la chimie ne jouent presque aucun rôle ; ce sont les théories mécaniques qui rencontrent plus de faveur et qui atteignent leur point culminant dans les essais statiques de Hales. Après un temps d'arrêt dans la science, une nouvelle période brillante s'étend de 1760 à 1804 ; elle est marquée par les travaux de Kolreuter et de Sprengel sur la sexualité ; d'Ingenhouz sur la nutrition. Senebier et de Candolle étudient l'influence des forces physiques et en particulier de la lumière sur la plante, Knight celle de la pesanteur : Théod. de Saussure découvre le rôle des éléments minéraux contenus dans les cendres et considérés jusque-là comme de

simples impuretés. Le commencement du XIX<sup>me</sup> siècle est marqué par un nouveau temps d'arrêt ; les idées philosophiques embrouillées sur la « force vitale, » la « polarité, » contrarient les progrès de la science. La théorie sexuelle est même mise en doute et a besoin d'être élucidée par les travaux de Treviranus, Carl-Fréd. Gärtner (publiés seulement en 1844). Les études de de Saussure et de Göppert sur la chaleur propre des végétaux, la découverte de l'endosmose par Dutrochet représentent à peu près la somme des progrès faits jusqu'en 1840. De 1840 à 1860, une nouvelle impulsion est donnée à la physiologie comme aux autres branches par le développement des études micrographiques sur l'histoire de la cellule. Ce sont les recherches relatives à la reproduction et à l'embryogénie qui occupent le plus de botanistes. Les idées erronées de Schleiden sur la première origine de l'embryon sont rectifiées par Amici et Hofmeister ; les travaux de G. Thuret, de Bary et bien d'autres jettent la lumière sur les phénomènes obscurs de la reproduction des cryptogames. Quant à la nutrition des plantes, ce sont plutôt les savants voués aux progrès de la chimie agricole qui s'en préoccupent. Il suffit de citer les noms de Liebig et de M. Boussingault pour indiquer les grands pas qui ont été faits. Les autres chapitres de la physiologie n'ont été traités que fragmentairement et sans vues d'ensemble. Le développement de la chaleur, la pesanteur, l'action des forces mécaniques dans la plante, les mouvements de la sève, l'influence de la température sur la végétation ont donné lieu à des études d'importance inégale.

Cette analyse rapide et incomplète suffira, je l'espère, pour faire apprécier l'importance de ce nouvel ouvrage de M. Sachs, et pour donner l'idée soit de la méthode scientifique qui l'a inspiré, soit de la marche qu'il a suivie dans la division de son sujet.

M. M.

---

NAB. COULEUR ET ÉPOQUE DE FLORAISON DES FLEURS. (*Nature*,  
27 janvier 1876.)

M. Nab vient de publier les résultats d'une longue série d'observations entreprises par lui au Jardin botanique d'Édimbourg sur l'époque de floraison d'un grand nombre de plantes. Parmi celles-ci se trouvent, en particulier, trois variétés d'une même espèce, la *Scilla bifolia*, à fleur bleue, blanche ou rouge. De ces trois variétés, la bleue fleurit toujours la première, la rouge la dernière. Partant de ce fait, l'auteur a recherché s'il n'existerait pas un lien entre la couleur des fleurs et l'époque plus ou moins hâtive de leur apparition. Passant en revue les plantes de la flore d'Angleterre, telle qu'elle est décrite dans l'ouvrage de M. Hooker, M. Nab a trouvé que les fleurs bleues sont de beaucoup celles qui apparaissent le plus vite au printemps, ensuite les blanches, les pourprées, enfin les jaunes, puis les rouges. Au point de vue de l'époque de leur floraison, les fleurs de l'Angleterre se rangeraient donc dans le même ordre que leurs couleurs dans le spectre, les plus hâtives étant celles dont la couleur répond à la partie du spectre la plus active chimiquement.

C'est là un sujet fort intéressant qui pourra avec avantage faire l'objet de nouvelles et plus amples recherches.

---

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE MARS 1876.

- 
- Le 1<sup>er</sup>, fort vent du SO. avec pluie dans la soirée.  
 2, fort vent du SO. presque tout le jour; forte pluie le soir.  
 6, fort vent du SSO. dans la soirée; belle couronne lunaire à 9  $\frac{1}{2}$  h.  
 7, couronne lunaire à 6  $\frac{1}{2}$  h. du soir.  
 9, très-fort vent du SO. tout le jour.  
 10, idem, surtout le soir.  
 11, idem.  
 12, idem.  
 13, idem, jusqu'à 5 h. du soir.  
 15, faible gelée blanche le matin, minimum + 1,2; fort vent du SO. depuis midi.  
 16, fort vent du SO. tout le jour.  
 18, neige dans l'après-midi et le soir; hauteur de la couche, 41<sup>mm</sup>.  
 19, quelques flocons de neige à diverses reprises dans la journée.  
 20, forte bise le matin.  
 21, neige dans la nuit du 20 au 21; hauteur de la couche, 38<sup>mm</sup>.  
 22, chute de neige tout à fait extraordinaire pour la saison; elle a duré 26 heures sans interruption, du 22, à 8 h. du m., au 23, à 10 h. du matin, où la pluie lui a succédé. La hauteur totale de la couche est de 360<sup>mm</sup>, et elle a produit 30<sup>mm</sup> d'eau; ce n'est qu'au bout de 6 à 7 jours que la neige a fondu dans la plaine.  
 27, gelée blanche le matin.  
 29, très-forte averse accompagnée de grêle à 10 h.  $\frac{3}{4}$  du matin: en même temps éclairs et tonnerres à plusieurs reprises du côté du nord.  
 30, faible gelée blanche le matin: minimum + 2,4.  
 31, idem: minimum, + 1,5.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à midi .....	732,30	Le 1 <sup>er</sup> à 6 h. soir .....	724,91
6 à 8 h. matin .....	729,91	4 à 4 h. après midi.....	723,48
11 à 10 h. soir.....	715,59	10 à 2 1/2 h. après midi....	707,76
14 à 10 h. soir .....	730,67	12 à 8 h. soir .....	712,65
18 à midi .....	724,71	17 à 10 h. soir .....	718,05
20 à 10 h. matin .....	723,70	19 à 6 h. matin .....	719,01
23 à 8 h. soir .....	720,60	22 à 4 h. après midi.....	716,61
27 à 8 h. matin .....	716,91	25 à 10 h. soir .....	710,99
30 à 8 h. matin .....	723,77	28 à 4 h. après midi.....	714,15
		31 à 6 h. soir.....	716,37

---

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.				Tension de la vap.		Fraet. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent domi- nant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. des 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	0	
1	720,19	+0,36	0	9,70	0	0	6,67	+2,20	741	-47	500	910	4,8	3	SO.	1	0,86	0	112,8	
2	731,20	+5,44	6,4	6,36	3,27	+9,9	4,76	+0,28	685	-101	440	850	2,2	2	SO.	2	0,92	+	117,3	
3	730,87	+5,17	3,3	8,64	5,44	-13,2	7,18	+2,69	862	+79	680	980	2,2	13	variable		0,79	0	118,5	
4	725,57	+0,07	2,6	9,04	5,72	+17,0	6,37	+1,86	741	-40	540	980	4,3	8	variable		0,41	+	124,5	
5	728,74	+3,16	3,9	5,91	2,48	+9,6	4,30	-0,22	651	-128	400	920	...	...	SO.	1	0,68	...	125,5	
6	729,23	+3,70	3,8	7,77	4,22	+13,3	7,09	+2,36	887	+111	740	970	5,4	14	SSO.	2	0,99	+	132,0	
7	725,93	+0,46	2,0	6,64	2,98	+10,5	4,82	+0,27	685	-89	440	940	2,4	6	SO.	2	0,82	0	127,5	
8	727,41	+2,00	1,5	4,79	1,01	+8,0	4,30	-0,26	681	-90	420	860	0,9	3	SSO.	2	0,91	-	136,3	
9	711,88	-13,48	4,0	4,79	3,33	+12,2	5,46	+0,88	725	-44	560	870	11,4	14	SO.	3	1,00	-	136,5	
10	708,78	-16,52	3,2	5,96	1,91	+9,1	4,04	-0,55	587	-179	430	730	1,9	5	SSO.	3	0,86	...	138,0	
11	713,32	-11,93	2,7	4,25	0,11	+7,3	4,84	+0,23	787	+23	600	900	4,7	7	SSO.	2	0,98	...	138,4	
12	714,19	-9,01	4,0	9,17	5,21	+14,0	6,02	+1,39	676	-85	520	830	7,7	10	SSO.	4	1,00	...	146,0	
13	718,20	-6,95	2,6	6,43	2,05	+14,6	4,93	-0,29	705	-54	500	880	7,3	9	SO.	2	0,70	...	148,5	
14	729,37	+4,27	2,0	5,17	0,66	+7,9	3,91	-0,75	597	-159	490	670	...	...	SSO.	2	0,97	-	158,0	
15	723,94	+1,11	1,2	9,85	5,22	+16,4	3,54	-1,14	456	-298	220	680	...	...	SO.	3	0,39	-	159,0	
16	723,96	-1,05	5,6	7,74	2,99	+10,7	4,99	+0,29	648	-103	430	850	4,6	7	SO.	2	0,59	-	159,3	
17	720,45	-4,51	6,5	8,43	3,55	+11,2	6,82	+2,10	835	+86	690	940	11,1	14	SSO.	1	1,00	-	157,0	
18	723,47	-1,45	1,8	0,23	5,23	+7,0	3,60	-1,14	822	+75	530	1000	1,7	5	NNO.	1	0,77	-	160,5	
19	719,81	-3,07	0,56	0,56	5,69	+1,8	3,45	-1,32	803	+32	590	990	...	...	ENE.	4	0,88	...	161,0	
20	723,02	-1,82	0,86	0,86	6,12	+3,0	3,03	-1,76	710	-32	590	740	...	...	N.	1	0,54	-	160,0	
21	722,51	-2,30	3,9	1,00	6,38	+2,6	3,33	-1,49	791	+51	590	930	1,0	4	NO.	1	0,39	-	159,1	
22	717,39	-7,38	3,6	2,84	8,35	+1,7	3,65	-1,19	975	+237	840	1000	18,1	10	variable		1,00	-	157,3	
23	720,03	-4,71	2,7	0,67	4,97	+2,6	4,76	-0,11	960	+225	900	1000	12,2	12	variable		1,00	-	157,3	
24	718,27	-6,44	0,6	2,16	3,61	+5,0	4,79	-0,11	901	+168	750	930	1,3	2	N.	1	0,81	-	156,1	
25	711,87	-12,81	1,1	3,39	2,31	+1,4	5,26	+0,33	892	-161	750	966	...	...	SO.	1	1,00	-	132,2	
26	713,71	-10,94	1,5	5,35	0,68	+9,1	5,66	+0,70	846	+117	670	1000	5,8	8	SSO.	1	0,51	...	151,0	
27	716,49	-8,14	0,7	4,87	1,30	+8,7	5,67	+0,68	856	+129	730	1000	0,2	4	variable		0,84	-	151,0	
28	714,66	-9,94	4,6	9,10	2,80	+14,0	6,39	+1,36	745	+20	480	970	1,2	5	variable		0,77	-	133,6	
29	718,31	-6,27	5,8	7,91	1,48	+12,9	5,92	+0,86	757	+34	500	920	3,3	1	SSO.	1	0,53	-	148,7	
30	722,33	-2,23	2,4	7,33	0,77	+12,1	4,78	-0,31	637	-84	420	780	...	...	N.	1	0,02	-	150,2	
31	717,77	-6,78	4,5	7,94	1,24	+13,7	5,03	-0,10	636	-83	440	930	...	...	NO.	1	0,72	-	150,5	

## MOYENNES DU MOIS DE MARS 1876.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 725,43	<sup>mm</sup> 725,57	<sup>mm</sup> 725,41	<sup>mm</sup> 724,74	<sup>mm</sup> 723,88	<sup>mm</sup> 723,52	<sup>mm</sup> 723,82	<sup>mm</sup> 724,16	<sup>mm</sup> 724,25
2 <sup>e</sup> »	720,41	721,01	721,36	721,32	720,98	720,91	721,13	721,31	721,50
3 <sup>e</sup> »	717,73	717,83	717,90	717,83	717,53	717,21	717,31	717,67	717,72
Mois	721,08	721,35	721,44	721,18	720,69	720,44	720,64	720,94	721,03

<b>Température.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	+ 5,20	+ 5,56	+ 7,78	+ 9,66	+ 10,15	+ 9,38	+ 8,52	+ 7,13	+ 6,57
2 <sup>e</sup> »	+ 3,63	+ 3,81	+ 5,21	+ 6,14	+ 7,37	+ 7,23	+ 6,28	+ 5,20	+ 4,72
3 <sup>e</sup> »	+ 1,53	+ 2,90	+ 4,25	+ 5,63	+ 6,34	+ 6,80	+ 5,91	+ 4,88	+ 4,22
Mois	+ 3,39	+ 4,05	+ 5,70	+ 7,10	+ 7,90	+ 7,77	+ 6,87	+ 5,71	+ 5,14

<b>Tension de la vapeur.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 5,47	<sup>mm</sup> 5,65	<sup>mm</sup> 5,57	<sup>mm</sup> 5,59	<sup>mm</sup> 5,61	<sup>mm</sup> 5,68	<sup>mm</sup> 5,29	<sup>mm</sup> 5,60	<sup>mm</sup> 5,42
2 <sup>e</sup> »	4,50	4,56	4,46	4,64	4,45	4,53	4,48	4,64	4,74
3 <sup>e</sup> »	4,82	5,16	5,17	5,11	4,95	4,99	5,14	5,17	5,06
Mois	4,93	5,12	5,07	5,11	5,00	5,07	4,97	5,14	5,07

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	824	829	701	609	602	636	625	733	745
2 <sup>e</sup> »	740	740	665	661	582	613	639	712	735
3 <sup>e</sup> »	927	904	827	748	701	695	749	799	825
Mois	834	827	734	675	631	649	673	750	770

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	+ 3,69	+ 11,77	0,82	+ 5,56	<sup>mm</sup> 45,4	<sup>cm</sup> 126,9
2 <sup>e</sup> »	+ 1,80	+ 9,31	0,78	+ 5,59	37,1	154,8
3 <sup>e</sup> »	+ 0,60	+ 7,82	0,69	+ 5,73	43,1	153,4
Mois	+ 1,98	+ 9,57	0,76	+ 5,63	125,6	145,3

Dans ce mois, l'air a été calme 1,08 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,26 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 40<sup>e</sup>,3 O., et son intensité est égale à 72,80 sur 100.

## TABLEAU

DES

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1876.

- Le 1<sup>er</sup> clair le matin, neige le soir.  
 2, brouillard le matin, avec forte bise; neige le soir.  
 3, neige le matin; depuis midi brouillard avec une forte bise.  
 5, brouillard presque tout le jour, avec forte bise.  
 6, idem.  
 7, neige tout le jour avec une très-forte bise; on n'a pu recueillir qu'une petite partie de la neige.  
 8, brouillard et forte bise.  
 9, neige par un fort vent du SO. tout le jour.  
 10, neige jusqu'à 6 h. du soir; plus tard ciel clair.  
 11, neige depuis midi.  
 12, neige tout le jour; fort vent du SO. le soir.  
 13, neige jusqu'au soir; à 10 h., le ciel s'éclaircit.  
 14, forte bise tout le jour avec brouillard par intervalles.  
 16, neige le matin.  
 17, neige tout le jour et la nuit suivante.  
 18, neige jusqu'à midi, puis épais brouillard; la violence de la bise dans la nuit du 17 au 18 et toute la journée du 18 n'a permis de recueillir qu'une partie de la neige.  
 19, brouillard tout le jour, forte bise.  
 20, idem.  
 21, idem; le ciel s'éclaircit le soir.  
 22, neige tout le jour.  
 23, neige jusqu'à midi.  
 24, neige et brouillard le soir.  
 25, neige tout le jour.  
 26, neige et brouillard le matin; ciel clair l'après-midi et le soir.  
 27, brouillard tout le jour, fort vent du SO.  
 28, idem.  
 29, neige et brouillard.  
 30, neige dans la nuit du 29 au 30.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 <sup>er</sup> à 6 h. matin .....	565,16	Le 2 à 6 h. matin .....	561,47
3 à 10 h. soir .....	566,21	5 à 8 h. matin .....	561,33
6 à 10 h. soir .....	564,52	10 à 8 h. matin .....	546,61
14 à 10 h. soir .....	563,92	19 à 6 h. matin .....	548,81
23 à 10 h. soir .....	557,06	26 à 6 h. matin .....	548,76
27 à 8 h. soir .....	557,56	29 à 8 h. matin .....	555,33
30 à 7 h. soir .....	559,58	Le 31 à 10 h. soir .....	557,58

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moyenn. sur Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.		
	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.		
1	563,78	+ 4,09	562,03	- 0,46	+ 7,77	- 2,5	+ 3,7	..60	4,0	..	NE.
2	563,43	+ 3,75	561,47	- 7,64	+ 0,33	- 8,7	+ 3,2	..300	22,4	..	NE.
3	565,52	+ 5,84	564,96	- 2,86	+ 3,25	- 4,0	+ 0,0	..350	30,2	..	NE.
4	561,86	+ 3,39	562,33	- 1,47	+ 6,58	- 3,8	+ 2,7	..	..	..	NE.
5	561,80	+ 2,13	561,33	- 8,13	+ 0,14	- 9,0	+ 6,0	..	..	..	NE.
6	564,12	+ 4,46	563,61	- 3,04	+ 4,88	- 5,0	+ 0,0	..	..	..	NE.
7	538,38	+ 1,28	556,54	- 8,34	+ 0,49	- 11,7	+ 4,2	..200	17,4	..	NE.
8	558,86	+ 0,80	557,63	- 10,90	+ 3,12	- 12,5	+ 8,8	..	..	..	NE.
9	551,74	+ 7,93	549,34	- 5,20	+ 2,31	- 12,5	+ 3,0	..230	17,8	..	SO.
10	547,32	+ 12,35	546,61	- 8,73	+ 1,09	- 10,5	+ 4,8	..320	24,0	..	variable
11	549,92	+ 9,76	548,02	- 9,00	+ 1,44	- 11,0	+ 5,8	..230	16,4	..	NE.
12	534,39	+ 5,30	532,80	- 2,40	+ 3,08	- 7,7	+ 0,2	..300	24,5	..	NE.
13	534,71	+ 4,99	552,43	- 6,02	+ 1,38	- 12,0	+ 3,8	..320	26,2	..	NE.
14	561,83	+ 2,12	558,72	- 8,63	+ 1,31	- 12,0	+ 1,0	..	..	..	variable
15	562,00	+ 2,27	558,31	- 1,84	+ 5,39	- 5,8	+ 0,0	..	..	..	NE.
16	559,33	+ 0,42	558,61	- 3,19	+ 3,95	- 4,2	+ 4,0	..130	9,2	..	NE.
17	557,67	+ 2,10	556,04	- 1,14	+ 3,91	- 17,2	+ 4,0	..200	18,2	..	NE.
18	551,87	+ 7,92	530,58	- 16,29	+ 9,33	- 17,2	+ 12,2	..150	10,8	..	NE.
19	550,62	+ 9,20	548,81	- 16,42	+ 9,35	- 17,2	+ 12,6	..	..	..	NE.
20	552,31	+ 7,34	552,90	- 17,64	+ 10,87	- 19,5	+ 14,9	..	..	..	NE.
21	552,43	+ 7,43	551,42	- 17,20	+ 10,53	- 19,5	+ 12,1	..	..	..	NE.
22	553,18	+ 6,73	552,67	- 14,94	+ 8,37	- 17,6	+ 11,4	..	5,6	..	NE.
23	555,87	+ 4,07	551,33	- 7,70	+ 1,23	- 11,2	+ 4,0	..90	4,2	..	NE.
24	553,50	+ 4,48	554,95	- 7,18	+ 0,81	- 9,3	+ 5,4	..60	4,0	..	SO.
25	550,67	+ 9,35	548,94	- 5,14	+ 1,12	- 7,0	+ 2,6	..110	10,4	..	variable
26	551,79	+ 8,27	544,76	- 4,00	+ 2,16	- 6,5	+ 0,4	..60	3,4	..	SO.
27	556,69	+ 3,41	555,37	- 3,20	+ 0,85	- 7,3	+ 2,9	..	..	..	NE.
28	557,05	+ 3,10	556,64	- 3,95	+ 1,99	- 4,4	+ 2,3	..70	6,2	..	SO.
29	556,56	+ 3,64	558,33	- 5,23	+ 0,60	- 10,0	+ 3,2	..120	10,4	..	variable
30	559,41	+ 0,84	558,78	- 6,00	+ 0,28	- 10,4	+ 3,2	..	..	..	variable
31	557,96	+ 2,34	557,58	- 5,39	+ 0,21	- 7,3	+ 3,3	..	..	..	variable

Ces colonnes renseignent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

## MOYENNES DU MOIS DE MARS 1876.

6 h. m. 8 h. m. 10 h. m. Midi. 2 h. s. 4 h. s. 6 h. s. 8 h. s. 10 h. s.

**Baromètre.**

	mm								
1 <sup>re</sup> décade	560,24	560,04	560,12	560,09	559,72	559,42	559,41	559,60	559,75
2 <sup>e</sup> »	554,82	554,90	555,15	555,67	555,59	555,58	555,86	555,95	555,86
3 <sup>e</sup> »	554,66	554,72	554,94	555,22	555,22	555,19	555,38	555,61	555,81
Mois	556,51	556,49	556,68	556,94	556,79	556,68	556,84	557,01	557,09

**Température.**

1 <sup>re</sup> décade	6,24	5,82	4,24	3,72	3,80	4,59	5,83	6,31	6,40
2 <sup>e</sup> »	9,69	7,91	6,24	5,74	5,93	7,20	9,05	9,31	9,12
3 <sup>e</sup> »	9,40	7,87	6,67	5,36	4,82	5,75	6,91	7,84	8,29
Mois	8,47	7,22	5,75	4,95	4,85	5,85	7,25	7,82	7,95

	Min. observé.*	Max. observé	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	7,45	2,56	0,80	115,8	1450
2 <sup>e</sup> »	10,15	4,55	0,78	105,3	1350
3 <sup>e</sup> »	10,06	4,49	0,76	44,2	570
Mois	9,25	3,89	0,78	265,3	3370

Dans ce mois, l'air a été calme 0,36 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,03 à 1,00.

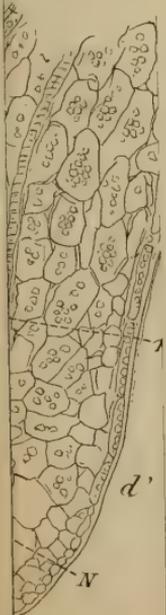
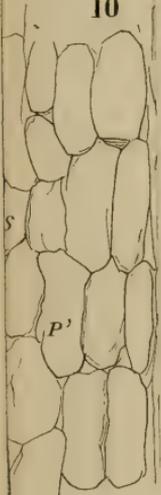
La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 74,2 sur 100.

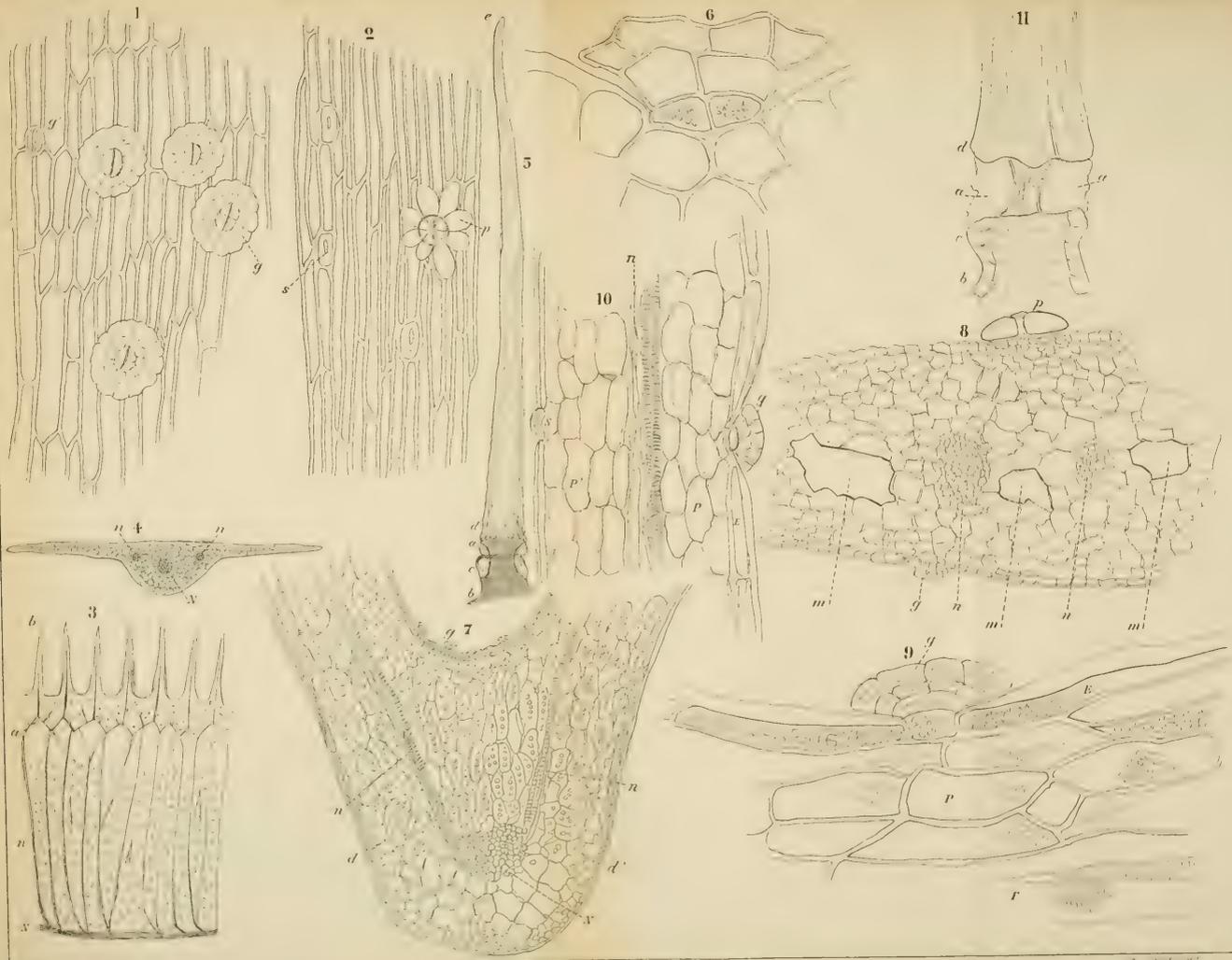


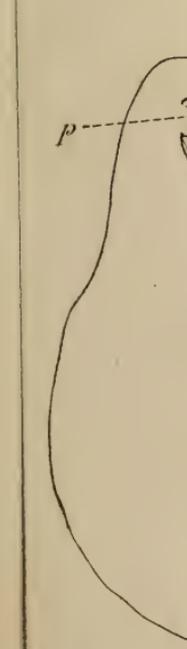
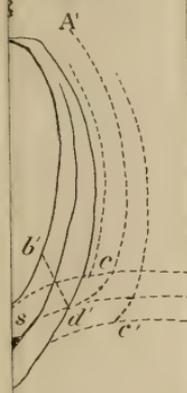
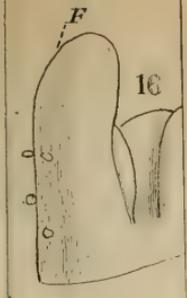


7

10









# BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

---

## TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME LV (NOUVELLE PÉRIODE)

1876. — N<sup>os</sup> 217 à 220.

---

	Pages
Sur les causes de l'inégale distribution des plantes rares dans la chaîne des Alpes, par M. <i>Alphonse de Candolle</i> . . . . .	5
Note sur les terrains glaciaires et post-glaciaires du revers méridional des Alpes dans le canton du Tessin et en Lombardie, par M. <i>Alph. Favre</i> . .	24
La flore crétacée des territoires à l'ouest du Mississipi, par M. <i>Leo Lesquereux</i> . . . . .	35
Seconde notice sur les observations météorologiques faites sur la côte du Labrador par des missionnaires Moraves, par M. le professeur <i>Gautier</i> . .	39
Supplément au Mémoire sur la théorie de l'aurore boréale, à propos de quelques phénomènes observés dans des tubes de Geissler, par M. <i>Selim Lemström</i> . . . . .	55
Application de la théorie mécanique de la chaleur à l'étude des liquides volatils, relations simples entre les chaleurs latentes, les poids atomiques et les tensions des vapeurs, par M. <i>Raoul Pictet</i> . . . . .	66
Sur les chaleurs spécifiques des solutions salines, par M. <i>C. Marignac</i> . . . . .	113

	Pages
Les anciens glaciers de la vallée de la Wiese dans la Forêt-Noire, par M. <i>V. Gillieron</i> . . . . .	136
Recherches sur la putréfaction de l'albumine et sur sa transformation en graisse, par M. <i>Alfred Sécretan</i> . . . . .	168
De la quantité de caséine et d'azote contenue dans le lait de femme et dans le lait de vache, par M. <i>Gustave Lachenal</i> . . . . .	187
Sur une nouvelle loi fondamentale de l'électro-dynamique, par M. <i>R. Clausius</i> . . . . .	202
Sur la température du Soleil, par M. <i>J. Violle</i> (réponse à M. Soret). . . . .	207
Observations sur l'article précédent, par M. <i>J.-L. Soret</i> . . . . .	217
De la température des couches supérieures de l'atmosphère, par M. <i>D. Mendeleef</i> . . . . .	233
Recherche sur la machine électro-dynamique de Gramme, par M. le prof. <i>Édouard Hagenbach</i> . . . . .	255
Sur la constitution de la benzine, par MM. <i>Ador et Rilliet</i> . . . . .	263
De l'action chimique du spectre solaire sur les sels haloïdes de l'argent, par M. <i>Hermann-W. Vogel</i> . . . . .	276
Observations radiométriques, par M. le professeur <i>E. Wartmann</i> . . . . .	313
Revue géologique suisse pour l'année 1875, par M. <i>Ernest Favre</i> . . . . .	345
Sur la structure et les mouvements des feuilles du <i>Dionæa muscipula</i> , par M. <i>C. de Candolle</i> . . . . .	400

---

## BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## ASTRONOMIE.

	Pages
Annuaire astronomiques français et belge pour 1876. .	220
<i>P. Tacchini.</i> Le passage de Vénus sur le Soleil du 9 décembre 1874, observé à Muddapur (Bengale).....	319
<i>Airy.</i> Observations spectroscopiques de l'observatoire de Greenwich.....	325
<i>L. Trouvelot.</i> Tâches solaires voilées.....	432

## PHYSIQUE.

<i>D<sup>r</sup> F. Neesen.</i> Sur l'attraction et la répulsion exercée par les rayons lumineux et calorifiques. — <i>Poggendorff.</i> Le radiomètre de Crookes.....	84
<i>D<sup>r</sup> Guthrie.</i> Sur les ondes stationnaires dans les liquides.	89
<i>D<sup>r</sup> John Kerr.</i> Sur une nouvelle relation entre l'électricité et la lumière.....	94
<i>E. Edlund.</i> Démonstration expérimentale que la résistance galvanique dépend du mouvement du conducteur.....	97
<i>W.-G. Adams.</i> Modification apportée par l'aimantation à la résistance électrique du fer et de l'acier.....	222
<i>H.-W. Vogel.</i> Analyse spectrale de la lumière bleue de la grotte de Capri.....	222
<i>D<sup>r</sup> E. Ebermayer.</i> De l'influence des forêts sur les climats.....	327
<i>Weyprecht.</i> Aurores boréales et magnétisme terrestre entre Nowaja Semila et la Terre de François-Joseph.	333
<i>F.-C.-G. Muller.</i> Résistance aux contacts des conducteurs métalliques.....	334
<i>J.-L. Hoorweg.</i> Diathermansie de l'air humide.....	435
<i>L. Boltzmann.</i> Détermination expérimentale de la constante de diélectricité de quelques gaz.....	436
<i>Le même.</i> Différentes valeurs qu'affecte la constante de diélectricité du soufre dans différentes directions..	438
<i>Warren de la Rue, Hugo, W. Müller et W. Spottiswoode.</i> Expériences sur la stratification de la lumière électrique.....	439
<i>Lockyer.</i> Modifications du spectre du calcium avec la température.....	440

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

	Pages
<i>S.-H. Scudder</i> . Papillons fossiles.....	102
<i>C. Thomas</i> . Synopsis des acridides de l'Amérique du Nord.....	223
<i>Buss.</i> Action antipyrétique de l'acide salicylique. — <i>Immermann</i> . Même sujet. — <i>De Cérenville</i> . Même sujet. — <i>Senator</i> . Même sujet. — <i>Mæli de Rostock</i> . Du remplacement de l'acide salicylique de soude comme antifebrile. — <i>Wolffberg</i> . Valeur de l'acide salicylique comme antipyrétique. — <i>Furbringer</i> . Même sujet. — <i>Köhler</i> . Acide salicylique et salicylate de soude.....	443

## BOTANIQUE.

<i>D<sup>r</sup> Paul Sagot</i> . Sur la germination des graines semées avant leur maturité.....	103
<i>D<sup>r</sup> E. Warming</i> . Des racines du <i>Neottia nidus avis</i> Lin..	104
<i>W.-S. Clark</i> . Poids soulevé par la croissance d'un tissu végétal.....	224
<i>D<sup>r</sup> Carl Krauss</i> . Sur le rôle de la chlorophylle dans l'assimilation.....	335
<i>Jul. Sachs</i> . Histoire de la botanique depuis le XVI <sup>me</sup> siècle jusqu'en 1860.....	446
<i>Nab.</i> Couleur et époque de floraison des fleurs.....	452

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

Observations météorologiques du mois de décembre 1875.	105
Observations météorologiques du mois de janvier 1876.	225
Observations météorologiques du mois de février.....	337
Observations météorologiques du mois de mars.....	453

---





New York Botanical Garden Library



3 5185 00274 3142

