

<b>Zeitschrift:</b>	Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
<b>Band:</b>	49 (1865)
<b>Artikel:</b>	Discours d'ouverture du Président
<b>Autor:</b>	La Rive, Auguste de
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-89935">https://doi.org/10.5169/seals-89935</a>

### Nutzungsbedingungen

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

### Conditions d'utilisation

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

### Terms of use

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

**Download PDF:** 11.01.2026

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

# DISCOURS

PRONONCÉ LE 21 AOUT 1865

A L'OUVERTURE DE LA

QUARANTE-NEUVIÈME SESSION DE LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE

DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A GENÈVE

**Par M. le prof. Auguste DE LA RIVE**

Président de cette Société.

---

Messieurs,

Aujourd'hui, pour la quatrième fois depuis qu'elle existe, la Société helvétique des sciences naturelles se réunit dans la ville près de laquelle, il y a cinquante ans, elle prit naissance. Cette circonstance ajoute un intérêt tout particulier à la réunion de cette année, et nous rappelle d'une manière plus vivante encore que dans nos réunions ordinaires, ces hommes d'élite qui fondèrent l'Association patriotique et scientifique dont nous saluons en ce jour le cinquantième anniversaire.

L'unique représentant qui nous reste de ces hommes trop tôt ravis à notre respect et à notre affection, le professeur Studer, de Berne, que nous avons le bonheur de posséder aujourd'hui au milieu de nous, vous dirait bien mieux que moi quelle ardeur noble et désintéressée pour les travaux de la pensée animait ceux dont, malgré sa jeunesse, il fut l'ami et le collaborateur dans l'œuvre qui nous rassemble. Il vous dirait quelle vénération reconnaissante est due à leur

mémoire; vénération qui de notre part leur est acquise dès longtemps.

L'idée éclosé dans le Pavillon de Mornex a grandi, et la Suisse sent avec reconnaissance le prix inestimable de ces réunions périodiques auxquelles elle doit son développement scientifique, et ce qui est plus précieux encore, les relations aussi cordiales qu'utiles qui unissent maintenant chez elle tous les hommes voués à la culture des sciences.

Vous me permettrez, Messieurs, de rappeler que c'est à la Suisse qu'appartient l'idée première de ces associations scientifiques actuellement si nombreuses, et grâce auxquelles chaque année des hommes dispersés sur le sol de l'Europe ont la joie de se rencontrer et de s'entretenir ensemble de leurs préoccupations les plus chères, et de leurs occupations communes. Aujourd'hui, Messieurs, cette joie est grande pour nous qui avons l'honneur de vous recevoir, et je suis convaincu que vous la partagez avec nous, vous savants suisses, mes compatriotes qui m'avez autorisé à parler en votre nom; vous aussi qui êtes venus apporter à cette réunion le charme de votre esprit et le prestige de votre illustration, savants étrangers et pourtant également mes compatriotes, du moins dans l'ordre intellectuel, car la science n'a ni patrie, ni nationalité, puisque ses domaines sont l'Univers et la Pensée.

En m'appelant pour la seconde fois à l'honneur de vous présider, vous m'avez imposé, Messieurs, l'obligation d'ouvrir cette séance en attirant votre bienveillante attention sur quelque sujet scientifique. Il y a vingt ans que j'avais essayé, dans une circonstance semblable, d'esquisser les progrès rapides et surprenants qu'avait faits en peu d'années l'électricité, cette science si féconde en phénomènes merveilleux et en magnifiques applications. J'aurais voulu aujourd'hui, m'élevant à un point de vue plus général, vous retracer l'histoire, sinon complète, du moins en me bornant aux traits généraux, de la grande période scientifique que l'humanité a traversée dans

le demi-siècle qui s'est écoulé depuis la fondation de notre Société. Mais j'ai reculé devant la grandeur de cette tâche, et à défaut de ce tableau dont l'étendue eût dépassé mes forces et lassé votre patience, je me bornerai à vous en signaler les deux caractères principaux : une tendance à chercher des rapports entre des forces et des agents regardés jusqu'alors comme très-différents, une disposition qui va constamment en croissant à envisager le côté pratique des questions scientifiques. C'est comme deux courants bien distincts dont l'un pousse les esprits à la recherche de l'unité dans les phénomènes variés que présente l'Univers, tandis que l'autre les porte vers les applications techniques de la science.

La fin du dernier siècle et le commencement de celui-ci avaient amené une transformation remarquable dans l'étude des sciences expérimentales. Par l'effet d'une réaction contre l'esprit de système dont on avait abusé, les hommes de science n'avaient plus voulu d'autres guides que l'observation et l'expérience. Cette méthode les avait conduits à établir entre les différentes parties des sciences des distinctions bien tranchées qui faisaient de chacune un tout complet et isolé. Ainsi la lumière, la chaleur, l'électricité, le magnétisme, l'affinité chimique, étaient considérés comme les effets d'agents distincts doués de propriétés spéciales. Ce n'est pas à nous qui en avons largement profité à méconnaître les grands résultats qu'a produits, entre les mains de tant de savants illustres, cette analyse rigoureuse et serrée des phénomènes de la nature.

Mais, à partir de 1815, une nouvelle direction est imprimée à la marche de la science : au besoin de distinguer vient se substituer celui de rapprocher. Deux faits scientifiques sont la première manifestation de cette nouvelle tendance, et inaugurent brillamment le début de ce demi-siècle dont nous touchons aujourd'hui le terme. Je veux parler des recherches si remarquables par lesquelles Fresnel réussit à démontrer d'une manière irréfragable ce qui n'était encore que soupçonné, à

savoir que la lumière n'est que le résultat d'un mouvement, et de l'importante découverte par laquelle Oersted parvint à établir la liaison entre l'électricité et le magnétisme. Ce fut là le double point de départ des nombreux travaux qui, aboutissant de nos jours à la théorie mécanique de la chaleur, ont fait découvrir entre les différentes forces physiques des rapports multipliés, et substituer dans l'idée qu'on doit se faire de leur nature, la notion de mouvements à celle d'agents distincts. Nous pouvons même entrevoir déjà le moment où elles arriveront à n'être plus considérées que comme des modifications d'une force unique et où un nouveau Laplace pourra, comme l'auteur de la mécanique céleste l'a fait pour les phénomènes du Ciel, ramener aux lois de la simple mécanique tous les phénomènes de la nature inorganique.

Pendant que, mettant à contribution et leurs propres travaux et ceux des savants qui les ont précédés, des esprits préoccupés avant tout d'idées générales cherchaient à remonter aux lois de l'Univers, d'autres génies plus pratiques se livraient de leur côté avec non moins de succès aux applications techniques de la science. Vous les connaissez, Messieurs, toutes ces applications merveilleuses qu'a enfantées notre époque; vous en faites jurement usage; elles sont devenues dans notre civilisation comme une seconde nature, et elles ont fait de l'industrie une des grandes forces de l'humanité. On a beau en médire, il faut compter avec elle. Et pourquoi d'ailleurs en médire? N'est-elle pas une puissante auxiliaire du progrès humain, non-seulement parce qu'elle augmente autour d'elle le bien-être, mais surtout parce qu'en le répandant plus généralement, elle rend accessibles à un plus grand nombre les travaux de la pensée, élevant ainsi le niveau intellectuel de l'humanité tout entière. Ce ne serait donc pas seulement faire preuve d'ingratitude, mais montrer peu de portée dans l'esprit que de ne pas considérer l'industrie comme un des buts les plus élevés que puisse se proposer la science.

Et cependant, il est impossible de ne pas mettre au-dessus d'elle cette science théorique qui lui sert de base, et sans laquelle il n'y aurait pas de science appliquée. Il est vrai qu'elle n'offre pas à ceux qui la cultivent des perspectives aussi prochaines ni aussi brillantes; mais d'un autre côté elle leur ménage des jouissances encore plus pures et plus certaines, parce qu'elle satisfait à un besoin de l'esprit humain plus élevé et plus noble que la simple recherche de l'utile, la poursuite de la vérité.

C'est à nous, Messieurs, qu'il appartient surtout de revendiquer les droits de la science pure et d'en encourager la culture; c'est là l'un des principaux buts et le mandat le plus important des sociétés savantes. La notre l'a-t-elle compris? Je peux hardiment dire que oui; et il me suffirait pour le prouver de vous retracer l'histoire des travaux qu'elle a accomplis depuis son origine; mais limitée même à notre société, une exposition de ce genre n'aurait pu entrer dans le cadre de ce discours. D'ailleurs, je n'aurais pas fait autre chose que de répéter ce que renferme l'excellent ouvrage que vous apporte notre infatigable questeur, M. Siegfried. Cependant, tout en me privant d'un sujet de discours, cet ouvrage me désigne en quelque sorte l'ordre de faits dont je dois vous parler si je veux rester fidèle à des traditions qui sont notre meilleure gloire. Une histoire de la science suisse, telle que M. Siegfried l'a écrite, fait ressortir avec évidence le rôle important qu'a constamment joué dans cette science l'étude des phénomènes naturels particuliers à notre terre et à son atmosphère. Comment, du reste, la météorologie et la physique terrestre n'auraient-elles pas tenu la première place et accaparé les meilleurs esprits dans la patrie des Haller et des de Saussure, dans cette région de l'Europe où la nature a réuni à toutes les magnificences qui s'imposent le plus fortement à l'admiration, les problèmes scientifiques qui surexcitent le plus vivement les intelligences. La Suisse, disait l'année dernière, à Zurich, l'un des plus éminents mé-

téorologistes modernes, M. Dove, la Suisse est la patrie de cette météorologie des montagnes inaugurée par de Saussure et par Deluc, et qui joue un rôle si important dans l'étude de la physique du globe. Notre Société avait compris de bonne heure le devoir que lui imposait cette situation exceptionnelle du pays où la Providence l'a placée; aussi s'était-elle empressée d'organiser des observations météorologiques; mais c'est surtout depuis 1860 que, encouragée et aidée par le gouvernement fédéral, elle a réussi à donner à ces observations un développement et un ensemble qui en feront avec le temps un recueil de documents du plus haut intérêt pour la solution des grandes questions de la physique terrestre. A l'heure qu'il est il n'existe pas moins de 88 stations dont la hauteur au-dessus de la mer varie de 200 à 2600 mètres, et dans lesquelles se font simultanément sur un plan uniforme de nombreuses observations météorologiques. Une commission de la Société dirige l'ensemble de ces observations dont elle surveille la publication régulière. On s'est demandé s'il ne serait pas possible d'en étendre le champ, en y joignant, par exemple, l'étude du magnétisme terrestre et de l'électricité terrestre et atmosphérique. C'est une question, Messieurs, que vous serez appelés à examiner; permettez-moi aussi de vous en soumettre une autre en mon nom personnel.

L'importance du rôle que joue dans les phénomènes astronomiques la transparence plus ou moins grande de l'atmosphère n'est ignorée de personne; il y a plus, cette transparence est elle-même un phénomène météorologique des plus curieux. Il n'est pas un habitant de nos vallées qui ne sache que l'un des présages les plus certains de la pluie, est la netteté accompagnée d'une coloration azurée, avec laquelle on aperçoit quelquefois les montagnes éloignées. Cet aspect accuse la présence d'une grande humidité dans l'air; mais on se demande comment il se fait que cette humidité facilite la transmission de la lumière, tandis qu'elle arrête celle de la chaleur rayonnante.

Notre atmosphère, surtout dans ses couches les plus rapprochées du sol, est, ainsi que cela résulte des belles recherches de M. Pasteur, remplie d'une foule de germes organiques, qui sont naturellement opaques, mais qui deviennent transparents en vertu de leur nature éminemment hygrométrique quand ils absorbent l'eau qui se trouve dans l'air où ils flottent. Lorsque l'atmosphère est sèche, il leur arrive en général de former comme un léger brouillard qui intercepte un peu la lumière des objets éloignés; mais dès que survient une humidité générale et un peu forte, le brouillard disparaît, soit parce que les germes qui le formaient sont devenus transparents, soit parce que l'eau qu'ils ont absorbée les ayant rendus plus pesants, ils sont tombés sur le sol. Telle serait, suivant nous, la cause la plus fréquente de ces changements si frappants dans la transparence de l'atmosphère, qui se manifestent souvent de la manière la plus inopinée, mais qui coïncident toujours avec des variations de l'humidité. N'y aurait-il donc pas quelque intérêt à comprendre le degré plus ou moins grand de la transparence de l'atmosphère dans le nombre des éléments météorologiques soumis à une détermination régulière, et à en saisir les rapports avec la pression, la température, l'humidité et la hauteur de la couche d'air où se fait l'observation? C'est donc là une question que je vous soumets, Messieurs, en ajoutant que, grâce à un appareil construit dans ce but d'après les conseils et sous la direction de M. le professeur Thury, et que j'aurai l'honneur de mettre sous les yeux de la section de physique, ce genre d'observation pourrait se faire avec facilité et exactitude.

La commission météorologique dont j'ai parlé il y a un instant n'est pas la seule commission à laquelle la Société ait confié des mandats scientifiques; il en est encore plusieurs autres, et dans le nombre, l'une des plus importantes est celle qui a été chargée de diriger la confection de la carte géologique de la Suisse. La Société, en instituant la commission géologique en

même temps que la commission météorologique, a compris que l'étude de la partie solide de notre globe et celle de son atmosphère présentaient un intérêt égal, et qu'il était honorable pour la Suisse de mener ces deux études de front. Elle a donc confié à cinq de ses géologues les plus distingués le soin de doter notre pays d'une carte géologique à laquelle la carte topographique dressée sous la haute direction du général Dufour doit servir de base. Les travaux qui sont déjà achevés ont obtenu les suffrages de tous les géologues; c'est là un encouragement précieux pour ceux de nos collègues qui ont accepté la tâche délicate et laborieuse que la Société leur a confiée.

Ainsi, Messieurs, la météorologie, la géologie, et je pourrais ajouter la géodésie et la physique terrestre dans son ensemble, occupent une grande place dans les travaux de notre Société. Ne m'est-il pas permis d'en conclure que je ne dois pas sortir de cet ordre d'idées dans ce qu'il me reste à vous dire, et que je ferai bien d'aborder maintenant un sujet qui y rentre et qui, en même temps, m'a paru à tous égards mériter d'être traité devant vous. Ce sujet, qui appartient à la Suisse par droit de naissance, et à tout le monde savant par droit de conquête, est la question des glaciers, question aux développements successifs de laquelle notre Société a assisté et a pour ainsi dire présidé.

Elle se présente sous deux faces différentes : sous une face physique qui n'a trait qu'à l'étude et à l'explication des glaciers tels qu'ils existent actuellement, et sous une face géologique qui envisage le rôle que les glaciers ont dû jouer dans les phénomènes qui se sont passés sur la surface du globe. Cette seconde face de la question, il faut le reconnaître, a singulièrement agrandi l'intérêt que la première pouvait avoir, en faisant monter un phénomène spécial, remarquable sans doute à bien des égards, au rang d'un phénomène général qui caractérise la plus récente des révolutions dont notre globe a été le théâtre. Il n'est donc pas inutile que dans ce que je vais vous dire sur cette question des glaciers, j'en esquisse en peu de mots le

côté géologique avant d'en aborder le côté physique, sur lequel je compte surtout insister.

Je me souviens qu'étant fort jeune encore, c'était en 1819, et voyageant avec mon père dans le Valais, nous fîmes la rencontre d'un homme qui, sous une apparence rustique, cachait un esprit d'observation aussi vif que profond. C'était Venetz. Il venait de rendre un grand service à son pays en trouvant un moyen naturel et facile de détruire à l'avenir, au fur et à mesure de sa formation, un glacier dont les blocs accumulés avaient produit, au moment de leur débâcle, un grand désastre dans le Valais. Le travail que Venetz venait d'opérer sur le glacier de Gétroz, dans la vallée de Bagnes, avait dirigé son attention sur le déplacement des glaciers en général. Je n'oublierai jamais avec quelle conviction il cherchait à nous démontrer que, dans le pays qu'il habitait, il y avait actuellement des glaciers là où jadis il n'y en avait point, et qu'il y en avait eu de très-considérables là où maintenant il n'en existe plus. C'était un horizon tout nouveau ouvert aux géologues, qui n'accueillirent d'abord qu'avec une extrême défiance une idée qui leur semblait fort chimérique. Venetz ne se laissa point décourager par les objections, et, en 1821, il lisait à notre Société un mémoire qui ne fut imprimé qu'en 1833, et dans lequel, à la suite de nombreuses et persévérandes recherches, il relatait 22 observations constatant la présence de glaciers dans des lieux où il n'y en avait pas eu de tout temps, et 35 observations qui établissaient qu'il y avait eu des glaciers là où maintenant on n'en aperçoit plus.

Un savant géologue dont la Suisse s'honorera toujours, M. de Charpentier, que sa position et son caractère bienveillant avaient rapproché de Venetz, combattit vivement à l'origine, comme contraires à tous les principes de la physique et de la géologie, les idées de son ami, qui, du reste, n'étaient pas nouvelles pour lui. Il raconte en effet que, revenant en 1815 de

visiter les beaux glaciers du fond de la vallée de Bagnes et voulant se rendre au Grand Saint-Bernard, il était entré pour y passer la nuit dans le chalet d'un intelligent montagnard, grand chasseur de chamois, nommé Perraudin. La conversation durant la soirée roula sur les particularités de la contrée et principalement sur les glaciers que Perraudin avait souvent parcourus et connaissait fort bien. « Les glaciers de nos montagnes, disait ce dernier, ont eu autrefois une bien plus grande extension qu'aujourd'hui. Toute cette vallée a été occupée par un vaste glacier qui se prolongeait jusqu'à Martigny, comme le prouvent les blocs de roche qu'on trouve dans les environs de cette ville, et qui sont trop gros pour que l'eau ait pu les y amener. » Cette hypothèse parut alors à de Charpentier tellement invraisemblable, qu'il ne la prit pas même en considération. On comprendra donc facilement l'accueil qu'il fit, au premier abord, à la thèse de Venetz d'un glacier qui aurait jadis occupé non-seulement tout le Valais, mais tout l'espace compris entre les Alpes et le Jura. Si l'hypothèse de Perraudin lui avait paru extraordinaire et invraisemblable, celle de Venetz dut lui sembler folle et extravagante. Et pourtant, après une étude longue et conscientieuse, de Charpentier arriva à admettre la théorie nouvelle qui lui avait d'abord semblé si étrange, et à la regarder comme pouvant seule expliquer une foule de faits observés dans nos vallées, et dont la science n'avait pu jusqu'alors rendre compte que d'une manière très-imparfaite. Il fit connaître, en 1834, à la Société helvétique des sciences naturelles le résultat de ses observations dans un mémoire qui parut en 1835 dans les *Annales des mines*, et publia en 1841 un ouvrage plus complet sur la matière.

Deux ans après la lecture de son premier mémoire, M. de Charpentier recevait à Bex la visite d'un jeune naturaliste connu déjà par des travaux importants, et qui dès lors a fait d'un autre continent son champ d'activité. Agassiz, convaincu que de Charpentier est dans l'erreur, va passer auprès de lui cinq

mois consécutifs, se flattant, en étudiant la question sur le même terrain que lui, de le ramener à des idées plus justes. Mais la conversion que Venetz a opérée sur de Charpentier, de Charpentier l'opère à son tour sur Agassiz; et le jeune néophyte, aussi ardent à défendre les idées de de Charpentier qu'il l'avait été à les combattre, vint faire sa profession de foi la plus explicite dans un discours qu'il prononça en 1837, en sa qualité de président de notre Société réunie à Neuchâtel. Puis plus tard, dans son ouvrage intitulé : *Études sur les glaciers*, publié en 1840, il développe plus au long ce sujet qu'il n'avait fait qu'effleurer en 1837. Sans doute, l'idée mère du rôle que les glaciers ont joué dans les phénomènes géologiques, appartient avant tout à Venetz, et il est juste de revendiquer pour de Charpentier la priorité des recherches qui ont établi solidement cette théorie. Mais l'ardeur d'Agassiz, son dévouement scientifique, celui des amis, et en particulier de MM. Desor et Vogt, avec lesquels il alla s'établir sur le glacier de l'Aar, afin d'y prendre en quelque sorte la nature sur le fait, contribuèrent pour une grande part à faire avancer et à populariser la question des glaciers.

En effet, franchissant dès lors les frontières de la Suisse, elle finit, après des luttes assez vives, où figure plus d'un nom illustre en Europe, par acquérir son droit de bourgeoisie dans la science. Il nous paraît irrévocablement acquis maintenant qu'il n'est pas possible d'expliquer autrement que par l'existence de grands glaciers qui ont rempli jadis les vallées, le transport de ces masses rocheuses désignées sous le nom de blocs erratiques, qu'on trouve jusqu'à 1200 et même 1400 mètres de hauteur sur les flancs des montagnes qui bordent les plaines de la Suisse. Ces masses boueuses, remplies de cailloux striés qui ont jusqu'à 30 mètres d'épaisseur, et ces entassements prodigieux de graviers stratifiés et roulés, s'expliquent aussi très-facilement dans la supposition d'une ancienne extension des glaciers; car ce ne sont plus que des phénomènes

analogues, seulement ayant eu lieu sur une plus grande échelle, à ceux que produisent de nos jours les glaciers actuels. N'en peut-on pas dire autant des stries qu'on observe sur des roches que ces glaciers n'ont pu atteindre, et des traces nombreuses de moraines, qui existent dans des vallées comme celle du Rhône, à de grandes distances de ces mêmes glaciers ? Ces effets n'accusent-ils pas aussi la présence momentanée d'anciens glaciers qui les ont produits, et qui ont maintenant disparu ?

Mais si, au point de vue géologique, on est conduit à admettre qu'il y a eu une extension considérable des glaciers à une époque déjà reculée, on peut se demander si cette extension est compatible avec les conditions climatériques de notre globe. Pour répondre à cette question, il faut avant tout savoir ce que c'est qu'un glacier et comment il se forme, c'est-à-dire aborder ce que j'ai appelé la face physique de la question.

Vous savez, Messieurs, que les notions qui semblent les plus simples quand l'esprit s'y est accoutumé, sont souvent celles qui soulèvent le plus d'objections quand on cherche à les établir pour la première fois. Ainsi on fut longtemps avant de voir dans les glaciers de nos Alpes autre chose que des amas de glace où les plus grands fleuves de l'Europe prennent leur source. Ce ne fut pas sans soulever bien des contradictions que les savants, qui les premiers explorèrent nos montagnes, établirent que les glaciers se meuvent d'un mouvement lent, mais continu, entraînant à leur surface les blocs qui y tombent des sommités voisines, et qui devinrent les premiers jalons pour observer ce mouvement même. L'étude de ce mouvement, de la manière dont il varie d'une saison à l'autre, d'un glacier à l'autre, et aussi d'un point à l'autre d'un même glacier, tel fut l'objet des travaux des nombreux et illustres savants qui s'engagèrent dans la voie ouverte par de Saussure ; travaux qui ont fini par aboutir à une théorie qui n'est devenue complètement satisfaisante que très-récemment.

Un glacier est un fleuve, c'est-à-dire qu'il contribue pour sa

part au mouvement de l'élément le plus important de la surface de la terre, à savoir de l'eau. Ce mouvement, cette circulation perpétuelle sans laquelle les continents se dessécheraient et la vie disparaîtrait de la terre, a pour origine la chaleur qui élève les vapeurs de l'Océan, et pour force motrice la pesanteur qui fait retomber ces vapeurs, une fois condensées, sur la surface de l'écorce terrestre pour les ramener de là dans le réservoir d'où elles sont sorties. Mais dans les hautes et froides régions de l'atmosphère, les vapeurs passent immédiatement de l'état gazeux à l'état solide, et conservent cet état quand les couches d'air que traverse la neige et le sol sur lequel elle tombe, ont une température suffisamment basse. Or, l'eau à l'état solide n'obéit pas, comme à l'état liquide, à la pesanteur en reprenant immédiatement son niveau. Elle s'accumule comme le ferait tout autre corps solide, et il semble que l'eau qui s'est ainsi condensée sous forme de neige ou de glace, est destinée à rester à jamais sous cette forme, et que c'est autant de perdu pour la circulation. Il n'en est rien cependant, et ce sont les glaciers qui ont pour fonction de rendre à l'Océan ces particules d'eau qui, pour en être restées éloignées plus longtemps, ne reviennent pas moins s'y engloutir un jour.

Mais si un glacier est un fleuve, c'est un fleuve dont le courant est d'une lenteur extraordinaire. Vous savez, Messieurs, que lorsqu'on plante un jalon sur un glacier, on le retrouve après une année plus bas d'environ 150 à 300 pieds, selon qu'il a été planté plus près des bords ou plus près de la ligne médiane. La rapidité du mouvement dépend, comme on pouvait s'y attendre, de la profondeur du glacier et de l'inclinaison de son lit; car, de même qu'un fleuve, le glacier en se resserrant coule avec plus de vitesse, et se ralentit au contraire en s'élargissant. Il faut, en effet, que l'augmentation de la vitesse supplée à la diminution de la section pour que la masse éculée soit la même sur tout le parcours du glacier comme sur celui du fleuve. Du reste, entre l'écoulement de l'eau et celui

de la glace, l'analogie, on peut dire l'identité, est complète : même augmentation de rapidité lorsque le lit se rétrécit, même diminution quand il s'élargit, même accroissement de vitesse quand on s'approche de la ligne médiane, même décroissement de vitesse quand on considère des couches de plus en plus profondes et par conséquent plus rapprochées du sol sur lequel le frottement s'opère. Ainsi, non-seulement il y a pour un glacier une ligne de plus grande vitesse, située comme dans un fleuve à la surface et au milieu, mais cette ligne subit comme celle du fleuve des inflexions qui la rapprochent toujours du bord concave du glacier quand celui-ci décrit une courbe. Et de même encore qu'en tournant un obstacle, l'eau d'un fleuve forme un remous et s'élève à quelque distance de l'obstacle au-dessus de son niveau, la glace s'entasse en entourant de loin les pointes de rochers qui entravent quelquefois le cours des glaciers.

Ainsi, on peut le dire, la glace coule dans un glacier, mais avec quelle lenteur surprenante! On ne trouverait pas dans la nature un autre exemple d'un mouvement aussi lent parmi ceux qui sont dus à l'action directe de la pesanteur, ni aucune substance solide autre que la glace qui pût s'y prêter. Les courants de boue ou de lave, quoique lents, ne sont pas comparables, sous ce rapport, à ce courant dont la vitesse échappe complètement à l'observation directe, et n'en fait pas moins descendre d'un mouvement régulier les masses glacées du haut des Alpes jusque dans les vallées. N'est-il pas bien remarquable que la glace, par des propriétés spéciales et qui lui appartiennent exclusivement, se prête à un genre de mouvement qui probablement est le seul assez lent pour déverser d'une manière continue, sans les épuiser entièrement, le trop plein des réservoirs de neige amoncelés sur les dômes et les plateaux des hautes montagnes, et pour descendre elle-même dans les vallées cultivées à la rencontre de la végétation, sans y produire des cataclysmes périodiques, mais au contraire en donnant naissance à ces rivières que la chaleur de l'été fait grossir

et qui vont porter dans la plaine la fraîcheur et la fertilité. Admirable combinaison des forces de la nature, qu'une Intelligence supérieure a pu seule coordonner en vue du but à atteindre, et qui n'est elle-même qu'un faible échantillon des transformations aussi grandioses qu'innombrables qui s'accomplissent dans ce laboratoire de la nature dont Dieu seul est le Maître, mais dont il permet à l'homme d'entrevoir les mystères !

L'aspect des glaciers n'est point, comme on pourrait peut-être le croire d'après ce que j'ai dit, celui de fleuves simplement gelés à la surface. Quand on descend de ces plateaux élevés où s'accumule la neige qui leur donne naissance et qui forme ces *névés*, véritables réservoirs auxquels ils viennent se rattacher, on observe, en suivant le cours de l'un d'eux, une transformation curieuse qui se fait par degrés insensibles. La neige fine et sèche des sommets devient d'abord une masse compacte demi-neige demi-glace, puis plus bas se trouve transformée en glace, quelquefois pure et transparente, d'autres fois opaque, blanchâtre et pleine de bulles d'air. La surface même du glacier est couverte de pics de glace hérissés entre lesquels se trouvent de profondes crevasses ; une surface unie est l'exception ; elle ne se présente guère que dans la partie médiane d'un glacier dont le lit garde une倾inaiion uniforme. Partout ailleurs, soit sur les bords d'un glacier qui chemine dans une vallée dont la pente est régulière, soit aussi dans la partie centrale d'un glacier qui passe par-dessus une arête ou dont le lit présente deux plans successifs, l'un plus incliné que l'autre, la surface glacée est entrecoupée de fissures dont la direction peut paraître variable au premier coup d'œil, mais obéit cependant à des lois régulières. En effet, les crevasses *marginales*, c'est-à-dire celles qui sont sur les bords, ont une direction qui les fait remonter vers l'origine du glacier en faisant un angle d'environ  $45^{\circ}$  avec le bord lui-même, et les crevasses *médianes*, c'est-à-dire celles de la partie centrale, sont perpendiculaires à l'axe même du glacier. Lorsqu'il arrive que des crevasses d'es-

pèces différentes se rejoignent, il en résulte de grandes courbes découpées dans le glacier, qui tournent toute leur convexité vers le haut de la vallée et sembleraient indiquer que le glacier remonte vers sa source.

Si je voulais faire une description complète d'un glacier, je devrais vous parler des moraines qui l'accompagnent, des bandes de boues qui se distribuent sur sa surface en courbes régulières, des puits qui s'y forment et où se précipitent des ruisseaux entiers ; mais tous ces détails nous mèneraient trop loin. Je me bornerai à attirer encore votre attention sur un point important, la structure même de la glace. La glace présente une *structure veinée*, et c'est dans la partie du glacier qui se trouve à égale distance de son sommet et de ses bords que cette structure est la mieux caractérisée. Elle consiste en ce que dans la masse générale, qui est blanchâtre et remplie de bulles d'air provenant de la neige des névés, on distingue des lames de glace plus bleues et d'où ces bulles ont disparu. Quoique cette structure n'apparaisse pas partout avec la même netteté et ne se montre dans toute sa beauté que contre les parois des crevasses, on peut dire qu'elle n'en constitue pas moins un phénomène général. Car c'est à cette structure veinée qu'il faut attribuer certaines apparences, telles que l'inégalité de fonte du glacier sous l'influence des agents atmosphériques et des rayons solaires, qui produit des stries dans lesquelles se logent le sable et la boue que charrient les eaux à la surface de la glace.

Tel est, Messieurs, dans son ensemble le phénomène des glaciers ; il reste maintenant à l'expliquer, et pour cela à consulter l'observation pour en tirer ce qui constitue le caractère fondamental du phénomène. Or, l'observation nous apprend que la force motrice est la pesanteur, et que cette force agit sur un corps solide, qui est la glace, pour lui donner un mouvement lent et continu. Que conclure de là ? Que la glace est un corps solide qui jouit de la propriété de s'écouler comme

un corps visqueux; conclusion qui nous paraît bien simple, et qui pourtant n'a été énoncée pour la première fois, qu'il y a vingt-cinq ans à peine, par un des savants les plus distingués de l'Écosse, M. James Forbes. Cette théorie, car c'en est bien une véritablement, pose en principe, en se basant sur des faits incontestables aussi nombreux que bien observés, que la glace jouit des propriétés caractéristiques qui appartiennent aux corps plastiques. Quoiqu'il ne l'ait pas démontrée directement, M. Forbes n'en a pas moins eu le grand mérite de poser la plasticité de la glace comme nécessaire, avant que Faraday, en découvrant le phénomène du regel, eût permis à Tyndall de prouver que cette plasticité est réelle, du moins partiellement.

L'expérience de Faraday est classique dans le sujet qui nous occupe. Elle consiste, vous le savez, en ce que si l'on met en contact dans de l'eau, même au besoin un peu chaude, deux morceaux de glace, ils se soudent l'un à l'autre de manière à n'en former plus qu'un seul. Tyndall saisit bien vite l'application de l'expérience de Faraday à la théorie des glaciers. Il comprit que, puisque la glace peut se ressouder à elle-même, on pourra la briser, puis, la mettant dans un moule, comprimer la masse, et lui faire prendre la forme de la cavité qui la contient. Un moule en bois renferme une cavité sphérique; on y met des fragments de glace, on presse, et on obtient une sphère de glace; cette sphère est placée dans un second moule, à cavité lenticulaire; on la transforme par la pression en lentille; on peut ainsi donner à la glace n'importe quelle forme.

Telle est la découverte de Tyndall; on peut bien l'appeler ainsi, surtout en vue de ses conséquences, car tous ces moules agrandis vont devenir les bords de la vallée dans laquelle s'écoule un glacier, et la pression de la presse hydraulique qui a servi aux expériences du laboratoire, va être remplacée par le poids des masses de neige et de glace accumulées sur les sommets et exerçant leur pression sur la glace qui descend dans la vallée. En effet, supposons que, entre le moule sphé-

rique et le moule lenticulaire, on ait une série de moules différant très-peu chacun de celui qui le précède et de celui qui le suit, et qu'on fasse passer une masse de glace successivement par tous ces moules, le phénomène deviendra continu; et au lieu de briser la glace, on la fera passer, par degrés insensibles, de la forme sphérique à la forme lenticulaire; la glace sera ainsi devenue aussi plastique qu'pourrait l'être de la cire molle. Mais la glace n'est plastique que sous la *pression*, elle ne l'est pas sous la *tension*, et c'est là le point important que la théorie vague de la plasticité ne pouvait pas préciser. Tandis qu'un corps visqueux, tel que le bitume ou le miel, s'étire en filaments sous l'action d'une tension, la glace, au contraire, loin de s'allonger, se brise comme du verre sous cette action.

Ces points bien établis par Tyndall, il lui devenait facile d'expliquer le mécanisme du mouvement des glaciers et de montrer, en s'aidant des travaux d'un géomètre anglais, M. Hopkins, comment la direction des crevasses d'un glacier est la conséquence nécessaire de son mouvement. Imaginons une ligne perpendiculaire au bord d'un glacier et qui en joint deux points, un point situé sur le bord même, et un autre à une certaine distance de ce bord, mais pas très-grande; suivons maintenant ces deux points dans leur mouvement lorsque le glacier s'avance. Nous avons dit que la vitesse d'écoulement augmente à mesure qu'on va du bord vers le milieu du glacier, de sorte que, au bout d'un certain temps, le point situé à une certaine distance du bord aura descendu plus bas que le point situé sur le bord même; par conséquent, la ligne qui joint ces deux points sera devenue plus longue, et si c'est une corde extensible, cette corde se sera allongée. Mais en réalité, les deux points sont joints l'un à l'autre par de la glace qui est éminemment inextensible; en conséquence, la corde hypothétique, au lieu de s'allonger, se brisera, et il se formera une crevasse. La direction de cette crevasse devra être perpendi-

culaire à celle de la tension, qui est elle-même dirigée suivant la ligne qui joint les deux points; elle sera, par conséquent, inclinée d'un angle de 45° environ vers le haut.

Si des bords du glacier nous passons à la partie centrale, nous trouvons que la vitesse d'écoulement y étant sensiblement constante, les masses glacées conservent leur position relative, et les crevasses deviennent plus rares. Mais lorsque la glace, après avoir cheminé sur un plan d'une certaine inclinaison, arrive sur un plan qui est plus incliné que le précédent, la pression reste bien la même sur le fond, tandis que la surface, cédant à l'action de la tension croissante, s'ouvre comme les plis d'un éventail. Il en résulte l'une de ces cascades de glace comme on en voit dans la plupart des glaciers; et lorsque le phénomène est moins prononcé, l'arête qui sépare les deux plans donne naissance à une série de grandes crevasses transversales et médianes.

Nous avons vu que la pression force les fragments de glace qu'elle met en contact, à se souder les uns aux autres; elle transforme de même en glace compacte la neige qui n'est qu'un amas de particules glacées. L'expérience en a été faite par Tyndall, qui a donné à la neige, sous l'action de la pression, les divers degrés de compacité qu'on observe dans la masse d'un glacier, quand on descend du névé vers sa base. Mais peut-on expliquer de même la structure veinée dont nous avons parlé et qu'il ne faut point confondre avec la stratification? La stratification, en effet, qu'on observe surtout près de l'origine du glacier, provient uniquement de la superposition des couches annuelles de neige, et donne lieu à des bandes horizontales lorsque la masse glacée n'a pas subi de dislocations dans sa marche. Ce qui montre qu'elle est tout autre chose que la structure veinée, c'est qu'elle existe simultanément avec elle dans les mêmes masses, seulement dans des directions différentes. En analysant les cas où l'on trouve cette structure, on arrive à reconnaître qu'elle ne se rencontre que lorsqu'il y a

une pression beaucoup plus considérable dans un certain sens que dans les autres; on constate de plus que le plan des lames de glace bleue est perpendiculaire à la direction de la pression la plus forte. C'est donc bien à la pression qu'il faut attribuer la structure veinée, et, en preuve de cette explication, Tyndall a montré qu'en soumettant un prisme de glace à des pressions très-considerables, on voit se former dans l'intérieur de la masse des surfaces translucides perpendiculaires à la direction de la pression. Le même phénomène doit donc avoir lieu dans les glaciers sous la pression énorme qui agit surtout en certains points de la masse pour la faire mouvoir, et lui donner cette plasticité apparente qui n'est qu'une suite de brisures et de regels. Des lames d'eau se forment dans cette opération, l'air des globules qui se trouvent dans cette partie de la masse est expulsé, puis, quand la pression diminue par le fait de l'écoulement d'une partie de l'eau, la portion qui reste forme par le regel les lames de glace bleue. Certainement cette explication rend compte d'une manière satisfaisante de l'existence des veines, de leur direction par rapport à l'axe de pression maximum, et de leur position dans la masse du glacier. Mais peut-être y a-t-il encore quelque chose d'inexpliqué dans le fait même de la formation de ces lames de glace bleue, et surtout de leur discontinuité qui est le caractère essentiel du phénomène.

Nous en avons dit assez pour faire comprendre que, malgré encore quelques légères difficultés de détail, la théorie physique des glaciers, telle qu'elle résulte des nombreux et importants travaux que nous venons de rappeler, peut être regardée comme complètement satisfaisante. C'est un service signalé que les géologues ont rendu aux physiciens, que de ramener leur attention sur un phénomène que ceux-ci se contentaient d'admirer comme tout le monde, sans chercher à l'expliquer, et que de les obliger à l'analyser et à en faire la théorie. Mais les géologues demandent plus aux physiciens : ils

leur demandent d'expliquer comment il a pu se faire qu'à une certaine époque ces mêmes glaciers, si restreints maintenant, aient eu une extension énorme et aient recouvert une grande partie de la surface de la terre. Quoique le physicien ait le droit de se retrancher dans une fin de non-recevoir, son mandat étant d'expliquer, s'il le peut, et c'est déjà beaucoup, ce qui est, et non pas ce qui a pu être, cependant il ne peut méconnaître que la question qu'on lui adresse est plus ou moins de son ressort, puisqu'elle est intimement liée à la théorie qu'il donne des glaciers actuels.

Un glacier est un fleuve de glace, dit-il, mais il ajoute que ce fleuve s'alimente par les neiges qui tombent sur les sommets où il prend naissance, et qu'il se termine en eau par l'effet de la fusion qu'il éprouve le long de son cours et en arrivant dans les vallées. Son étendue doit donc dépendre du rapport qui existe entre son alimentation et sa fusion; mais cette alimentation et cette fusion sont rarement égales; c'est ce qui fait que les glaciers tantôt avancent, tantôt reculent. Or la question est de savoir si, à une certaine époque, l'alimentation a pu surpasser la fusion dans un rapport assez considérable pour produire la grande extension dont nous avons parlé. A l'époque actuelle, ce n'est point à un changement dans la température moyenne du globe que les oscillations des glaciers doivent être attribuées, mais uniquement à la plus ou moins grande quantité de précipitations aqueuses qui ont lieu dans l'année. Ces précipitations se faisant sous forme de neige sur les hautes montagnes, ont le double effet, d'une part d'alimenter les glaciers, et d'autre part d'en diminuer la fusion en refroidissant l'atmosphère jusqu'au fond des vallées où ils aboutissent. Il en résulte que plus elles sont abondantes, plus les glaciers avancent, et que lorsqu'elles viennent à diminuer les glaciers reculent. Ainsi, la génération à laquelle j'appartiens a pu voir qu'il a suffi de quelques étés pluvieux alternant avec des hivers abondants en neige, pour déterminer en 1818 un

accroissement des glaciers tellement prodigieux, que les habitants de certaines vallées en étaient venus à craindre l'envahissement par les glaces de leurs demeures et de leurs champs. La série d'années comparativement sèches que nous venons de parcourir a par contre fait reculer les glaciers autant et plus qu'ils n'avaient jamais avancé. Ne peut-on pas conclure de ces oscillations remarquables dont nous sommes témoins, la possibilité physique d'une extension ancienne des glaciers telle que les géologues ont été conduits à l'admettre, sans être obligé de recourir à un changement dans la température climatérique? Au lieu de trois ou quatre années humides consécutives, comme celles qui ont précédé 1818, qu'on en suppose quelques centaines, sans même avoir besoin d'aller jusqu'à mille, et il sera facile de prouver, par un simple calcul, l'existence de glaciers aussi étendus que ceux qu'exigent les besoins de la géologie.

Reportons-nous maintenant à l'époque du dernier cataclysme qui a accidenté la surface de notre hémisphère boréal; l'atmosphère était alors chargée d'abondantes vapeurs aqueuses, et ces vapeurs, dès que de hautes montagnes ont paru, se sont naturellement précipitées en neige sur leurs sommets. De là la prodigieuse extension des glaciers qui a produit ce que les géologues appellent la période glaciaire. Mais cette période a elle-même graduellement disparu par suite d'une diminution dans l'humidité générale de l'atmosphère; et les glaciers actuels ne sont plus que les restes modestes de ces grands glaciers dont l'existence est attestée par les traces qu'ils ont laissées, et par les oscillations mêmes de ceux qui ont survécu.

Il ne reste donc plus qu'à expliquer pourquoi, à la suite des derniers soulèvements qui ont augmenté notablement la proportion de terre ferme sur la surface du globe, la quantité de vapeurs aqueuses répandues dans l'atmosphère a dû nécessairement éprouver une diminution lente et graduelle, il est

vrai, mais en même temps très-prononcée. Plusieurs causes ont concouru à produire ce résultat, et sans entrer dans beaucoup de détails, nous pouvons indiquer dans le nombre les changements de configuration de la surface de la terre qui en divers lieux ont eu pour effet de remplacer l'eau par la terre ferme; tels par exemple que le soulèvement d'une partie de l'Afrique qui a converti en un désert aride d'où provient un vent chaud et sec, une mer d'où partait un vent chaud également, mais très-humide. Nous pouvons également faire entrer en ligne de compte la naissance et le prodigieux développement de la végétation sur les terrains récemment soulevés, qui a nécessairement absorbé, sans la rendre à l'atmosphère, une proportion d'eau énorme. Si l'on songe que le bois, même à l'état sec, renferme les éléments de l'eau en quantité telle qu'ils constituent environ la moitié de son poids, on peut se représenter l'absorption considérable d'eau que dut opérer la végétation, lorsqu'au bout d'un certain temps les forêts eurent commencé à recouvrir la surface du sol. On a été jusqu'à attribuer cette diminution de l'humidité à un abaissement de la température des mers tropicales, et même à un léger affaiblissement de la chaleur solaire, circonstances de nature à diminuer l'évaporation des mers, et par conséquent la quantité de vapeurs répandues dans l'atmosphère. Loin donc de regarder la période glaciaire comme due à une température moyenne du globe, plus basse que la température actuelle, plusieurs physiciens seraient, on le voit, plutôt disposés à l'attribuer à une température moyenne plus élevée qui aurait déterminé la présence dans l'atmosphère d'une plus grande proportion de vapeur aqueuse; opinion qui serait beaucoup plus conforme à toutes les données de la science sur l'état ancien du globe. Je suis toutefois disposé à croire qu'il n'est point absolument nécessaire de recourir à des influences de ce genre, pour expliquer l'existence d'une période glaciaire consécutive à l'apparition sur notre terre des plus hautes montagnes. Hu-

midité considérable de l'atmosphère, apparition de hautes montagnes recevant sous forme de neige les précipitations aqueuses, provenant de cette humidité; telles sont, suivant moi, les conditions qui ont suffi pour déterminer la présence momentanée de ces grands glaciers qui ont sillonné jadis la surface de notre terre.

Messieurs,

Il y a cinquante ans que notre Société a été fondée; il y a cinquante ans que, par une coïncidence assez curieuse, avait lieu la conversation que j'ai rapportée de Perraudin avec de Charpentier, conversation dans laquelle fut soulevée pour la première fois la question des glaciers en géologie. Pouvais-je donc mieux inaugurer cette session, dans laquelle nous célébrons le cinquantième anniversaire de notre Société, qu'en vous entretenant d'une question qui est née en quelque sorte avec la Société et qui, avec elle et comme elle, a fait son chemin dans le monde. Puis, l'avouerai-je, je me suis laissé séduire par un sujet qui, me sortant quelques instants de l'enceinte du laboratoire, me mettait en face de cette belle nature et de ces scènes majestueuses qui élèvent l'âme et la rafraîchissent par les souvenirs de jeunesse qu'elles réveillent, et au milieu desquelles l'on aime à se reporter par l'imagination quand l'âge est venu qui en interdit l'accès. Vous me pardonnerez, Messieurs, en faveur de cette dernière considération, les développements auxquels je me suis laissé entraîner. Mais, maintenant j'ai fini, et il ne me reste plus qu'à déclarer ouverte la 49<sup>me</sup> session de la Société helvétique des sciences naturelles.

---