Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 33 (1934-1936)

Vereinsnachrichten: Procès-verbaux des séances 1935 - 1936

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: 07.07.2025

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

Procès-verbaux des séances

1935—1936

Assemblée générale, Séance du 21 novembre 1935.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Rapport annuel du Président (voir page 76).

Séance du 5 novembre 1935.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Prof. P. Girardin: *Les applications scientifiques contenues dans les Pyramides d'Egypte.*

L'auteur n'a pas fourni de manuscrit.

Séance du 19 décembre 1935,

organisée d'entente avec la Société technique de Fribourg.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Dr J. Tercier: *Expédition à Célèbes, avec projections.*

L'auteur n'a pas fourni de manuscrit.

Conférence publique
le 16 janvier, à 18 heures dans la grande salle du Capitole.

Louis Koch, Berlin: *La chasse aux voix de nos oiseaux*, avec projections, et avec disques sur lesquels sont enregistrées les voix de nos oiseaux chanteurs.

Séance du 23 janvier 1936.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Prof. Dr R. de Girard : *La formation des chaînes de montagnes.*

INTRODUCTION

Pour comprendre ce qui est,
Imaginons ce qui doit être.

I

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

Constitution du corps terrestre. — Notre planète est formée de zones concentriques dont l'épaisseur, la densité et la basicité décroissent de l'intérieur à la surface. Dans ce qui va suivre, les deux dernières seules devront nous occuper : La plus externe forme l'écorce solide de la Terre. On lui donne le nom de *sial*, parce qu'elle est formée de silicates alumineux, comme le gneiss et le granit. Leur densité, de 2,6 seulement, les faisait flotter au-dessus du reste, en les exposant tout particulièrement à la radiation vers les espaces froids. Aussi, quand la température superficielle fut descendue à 1000°, cette scorie fit prise et devint la lithosphère (sphère rocheuse) terrestre.

L'épaisseur de la lithosphère est de 100 kilomètres. Elle flotte, en y plongeant de 95 kilomètres et la dépassant de 5 seulement, sur la seconde zone, qu'on appelle le *sima*, parce qu'elle se compose de silicates magnésiens, comme l'éclogite et la serpentine. Celle-ci est, aujourd'hui encore, à l'état de fusion ou tout au moins de viscosité ; sa densité monte à 3,6. Ce fait, joint à la profondeur avec laquelle le sial y plonge et à la circonstance que la surface séparative des deux niveaux est inégale, rend leurs mouvements relatifs très difficiles : un frottement intense entrave le glissement de l'écorce et, souvent, l'oblige à se déchirer plutôt.

Les montagnes. — Un premier fait, surprenant il est vrai, a été mis hors de doute. C'est que la matière qui constitue une chaîne a été d'abord, le fond d'une mer. La preuve en est que les sédiments montagnards sont remplis de fossiles marins, tandis que les dépôts terrestres de même âge — sels, phosphates, charbons — se rencontrent en dehors de la chaîne.

De ce que les terrains constituant une chaîne ont été formés par dépôt, sur le fond d'une mer, il résulte qu'ils furent, à l'origine, plans et horizontaux, comme la surface qui les recevait. Celle-ci était-elle du sial, c'était la surface, actuellement refroidie, d'un bain métallique. Etait-elle du sima, c'était la surface en équilibre d'une masse liquide ou à peu près.

Si, aujourd'hui, la montagne fait partie d'un continent, c'est que les eaux ont abandonné le canal marin où elle est née. Et le motif de cet abandon est visible: Le fond du canal, tout d'abord plan et horizontal, a subi un ridement ; le sommet des plis a émergé et ces saillies s'accolant ont chassé les flots.

Le ridement. — La cause du plissement doit être cherchée dans un *refoulement horizontal* ayant agi perpendiculairement à la longueur du canal marin. Cette affirmation ne repose sur aucune théorie ; la forme des plis suffit à en montrer l'exactitude: Quelle que soit, en effet, la nature pétrographique, l'âge ou la provenance de la roche qui les forme ; quel que soit l'âge du ridement ou sa localisation géographique, tous les plis offrent ce caractère commun que les couches sont amincies aux flancs, épaissies aux inflexions, d'une ride. Cela prouve qu'il y a eu transport de matière, des régions rectilignes aux parties courbes. Or, les jambages d'un pli prenant nécessairement une position plus ou moins oblique à l'horizon, les seules forces qui, en se décomposant selon le principe du plan incliné, ont pu fournir des translations dans le plan des jambages et des compressions normales à eux sont des refoulements horizontaux, agissant de l'extérieur d'une ride vers son noyau et provoquant, en sens inverse, la réaction de ce noyau.

II

LES THÉORIES

Je l'ai dit, la cause des ridements est un refoulement horizontal. L'origine de ce refoulement est cherchée dans la *contraction du Globe* ou dans la *translation des masses continentales* — pour ne citer que les deux opinions principales.

La théorie de la contraction suppose l'écorce solide continue ; toutes ses régions se touchent et, par conséquent, s'immobilisent. Si le retrait de son support oblige l'une d'elles à descendre verticalement, elle ne le peut qu'en s'infligeant les déformations dont nous allons parler. Dans le sens horizontal, aucun déplacement ne lui est permis. Le système de la contraction peut donc s'appeler le *fixisme*.

La théorie des translations admet que l'écorce ne recouvre pas entièrement la surface du Globe. Les quelques lambeaux qui la constituent sont éloignés les uns des autres et, en conséquence, ne se gênent pas. Comme il y a une cause qui les y pousse, ils voguent sans entrave, à la surface du sima. Ce système peut, à juste titre, être qualifié de *mobilisme*.

Théorie de la contraction. — Cette théorie remonte à 1829 ; elle a été imaginée par Elie de Beaumont, éminent professeur de l'Ecole des Mines de Paris. Elle a rallié longtemps l'unanimité des suffrages ; parmi ses adhérents, il faut citer les grands noms d'Edouard Suess et d'Albert Heim.

* * *

Ce système part du fait que, en dessous du sial, supposé uniformément réparti à la surface du Globe et d'ailleurs refroidi, solidifié et, par conséquent, invariable en volume, se trouve le sima qui continue à perdre sa chaleur par conduction et, en conséquence, à se contracter, comme le font, en pareil cas, tous les silicates. Cette contraction, abaissant la face supérieure du sima, retire à l'écorce sialique le support sur lequel elle s'était établie [1]. Il faudrait donc que la croûte pût se maintenir, comme font les voûtes, sans autre appui que le coincement mutuel de ses parties. Le sial a 100 kilomètres d'épaisseur, la Terre 6400 kilomètres de rayon moyen ; l'épaisseur de la lithosphère équivaut donc à 1/64 de son rayon. Or, il y a, au laboratoire de physique de notre Université, des sphères de cuivre dont l'épaisseur est de 1/820 de leur rayon, des ballons de verre dont l'épaisseur descend à 1/550, voire à 1/40 000 de leur rayon. L'écorce terrestre serait donc bien assez épaisse pour « tenir au vide », mais elle est trop friable. On a calculé, en effet, que les pressions développées dans la litho-

[1] *Notice sur les syst. de mont.* (1852).

sphère, par l'arcboutement de ses parties s'élèveraient à 700 000, peut être 800 000 kilogrammes par centimètre carré[1]. Or la résistance à l'écrasement des roches qui composent le sial est au maximum de 5000 kilogrammes. La croûte terrestre ne peut donc pas se maintenir par ses propres moyens ; il lui faut un support continu : sa condition est celle d'un corps flottant qui suit, dans ses oscillations, la surface qui le porte.

Si donc, en dessous d'une portion de la lithosphère, le sima se retire, cette région de l'écorce doit s'affaisser pour le suivre. Mais la Terre étant sphérique, l'espace diminue de plus en plus, dans la profondeur. Pour s'y engager, la région qui veut descendre doit donc se coincer entre des parois convergentes dont la résistance exerce sur elle des pressions normales qui, forcent la plaque descendante à se bomber tout d'abord, quitte à multiplier ensuite ses rides. C'est le « refoulement horizontal », cause immédiate du plissement et des laminages qui l'accompagnent.

Voilà le phénomène envisagé au point de vue mécanique. Du point de vue géométrique, on dirait que, dans le Globe, les surfaces de niveau sont de plus en plus petites, à mesure qu'elles gisent plus profondément. Pour s'installer sur l'une d'elles, une portion de la surface devra donc réduire sa projection horizontale. Or, pour cela, il n'est qu'un moyen : le *plissement* qui congédie, sous forme d'arc, une longueur trop grande pour se loger sur la corde. Si, par places, la flexibilité est insuffisante, un pli se déchirera et, ses moitiés *se chevauchant*, une projection horizontale commune servira un peu à l'une et à l'autre.

Telle est, dans le système de la contraction, l'origine du refoulement horizontal, celle des plis et celle des faisceaux de plis ou chaînes de montagnes, quelle que soit leur direction.

Ce dernier point est capital : les principes que pose la théorie de la contraction sont d'une généralité telle qu'ils s'appliquent indifféremment aux trois groupes de chaînes que nous aurons à distinguer. Cela ne veut pas dire que l'auteur de cette théorie et ses successeurs aient ignoré les chaînes N-S et, comme celles-ci nous intéressent particulièrement, dans ce travail, je vais indiquer brièvement ce qu'ils en pensaient :

---

[1] GUTENBERG, *Lehrb. d. Geophys.* (1929), p. 123.

* * *

Elie de Beaumont, déjà, connaissait non seulement des chaînes dirigées approximativement E-W, mais aussi d'autres courant plus ou moins N-S. Même, il avait remarqué que les « systèmes de montagnes » immédiatement consécutifs manifestent une tendance à suivre des directions perpendiculaires.

Ainsi, son système des Pays-Bas est à angle droit sur celui du Nord de l'Angleterre, auquel il succède dans le temps, et le Tatra est perpendiculaire au système de Corse et Sardaigne.

Dès 1872, Hébert signalait, dans le bassin de Paris, l'existence de plissements « perpendiculaires », croisant les rides principales. De son côté, Termier montrait que, dans le Pelvoux, les plis d'âge alpin se sont superposés à ceux du cycle hercynien, avec une obliquité qui peut atteindre 90°, tandis que Lœwinson-Lessing et surtout Karpinsky montraient que, en Russie, les mers anciennes ont occupé des dépressions dont l'axe est alternativement dirigé selon les méridiens et selon les parallèles.

Finalement, Marcel Bertrand généralisait en disant que « la Terre se déforme progressivement, en se ridant suivant un réseau de courbes orthogonales, les premières circompolaires, les secondes convergeant aux pôles ».

Elie de Beaumont appelait « trait carré » l'ensemble de deux « systèmes de montagnes » dont les directions se croisent. Il ne pensait pas, d'ailleurs, que ces systèmes dussent se trouver ensemble dans la même région — ce qui serait possible, le second faisant avec le premier ce que nous appelons aujourd'hui un « plissement transverse ». Il admettait, on l'a vu, que les deux systèmes se formèrent successivement.

En ce qui concerne la *cause* de ces ridements, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, voici ce qu'admettaient — ce qu'admettent encore — les partisans de la contraction :

Les corps célestes, disent-ils — la Terre comme les autres — ont pris la forme sphérique parce que, dans ces corps, l'aménagement des particules est réglé par une attraction émanant du centre de figure. Cette forme, mieux qu'aucune autre, permet aux astres de conserver longtemps la chaleur qu'ils possèdent. Elle ralentit leur refroidissement, mais ne le supprime pas. L'effet indiqué plus

haut se produit donc : L'intérieur se refroidit, se contracte et l'écorce, obligée de le suivre, doit se plisser. La contraction dans le sens N-S fait naître des rides E-W, c'est-à-dire les chaînes méditerranéennes. Mais la conservation de la forme sphérique exigeant un retrait compensateur dans le sens E-W, on voit se produire des plis N-S : les chaînes méridiennes.

Théorie des translations. — Cette théorie est en réalité, plus vieille que la première, puisqu'elle a été énoncée, dès le 17e siècle, par le Père Placet et reprise, au 19e, par un Français encore, Snider. Mais elle resta presqu'inaperçue jusqu'à ce que, en 1910, Alfred Wegener, de l'Université de Hambourg, vint subitement la rappeler à l'attention du monde savant [1]. Très vite, l'idée qui semblait nouvelle conquit des adhérents parmi les géologues les plus qualifiés ; à leur tête il faut nommer Argand et Staub, mes éminents collègues de Neuchâtel et de Zurich.

* * *

Nous l'avons dit : la cause des ridements est dans le refoulement horizontal. Ceci n'étant pas contestable, la théorie qui nous occupe l'admet comme l'autre. Elle en diffère par l'origine qu'elle assigne à ce refoulement : Pour elle, ce n'est pas en descendant vers l'intérieur de la Terre qu'un compartiment de la surface se trouve coincé entre les parois de ses voisins immobiles. C'est sans bouger qu'une région marine, à fond de sima et couverture sédimentaire, est bousculée par un ou plusieurs radeaux de sial qui sont des continents primitifs, *en dérive* sur le sima fondamental.

Comparaison des théories. — Je ne referai pas — après tant d'autres — le procès du fixisme, l'apologie du mobilisme. Restant strictement au point de vue du présent travail, je dirai seulement que la théorie de la contraction ne prévoit d'autres fentes que celles, étroitement locales, qui peuvent résulter d'un croisement de pressions, or c'est tout à fait insuffisant pour rendre compte des faits. Quant aux plissements, l'exposé que je viens de faire montre que cette théorie permet d'en admettre en tous lieux et dans toutes

---

[1] *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane,* 3e ed. (1922). Traduction française de M. Reichel (1924).

les directions, mais sans dire pourquoi. *Elle permet tout, mais n'explique rien.*

La théorie des translations est beaucoup moins commode: Elle prescrit avec exclusivisme les régions où des plis doivent naître et la direction qu'ils doivent prendre mais, en revanche, elle donne les motifs de son choix. Quant aux fentes, non seulement elle en tolère, mais elle en prévoit avec un emplacement et un parcours obligatoires et légitimés.

De cette comparaison entre les deux systèmes, il résulte évidemment que le second seul peut servir de base au travail que nous entreprenons. Or, dans la théorie des translations, les moteurs étant les continents primitifs, c'est par leur étude qu'il nous faudra commencer.

PREMIÈRE PARTIE

LES CONTINENTS PRIMITIFS

I

LA FORMATION DES CONTINENTS

Système de Arldt. — La tendance à la solidification par abaissement de température s'est manifestée sur toute la surface du Globe, en même temps ou presque, c'est-à-dire qu'elle engendra, non pas une croûte continue, mais une multitude de plaques sialiques qui flottaient sur le sima. Au voisinage des pôles, où ne se fait pas sentir l'influence de la rotation, les plaques formées purent épaissir, s'élargir et se souder à leur aise. Il en résulta deux calottes continues: les *continents polaires* originels. — A l'équateur, la force axifuge étant directement combattue par la gravité ne pouvait déloger les plaques en voie de formation, de sorte que celles-ci, épaississant et s'élargissant, constituèrent en ces lieux une « banquise » semblable à celle des pôles: le *continent équatorial.* — Aux latitudes moyennes, par contre, les plaques à peine formées tom-

baient au pouvoir d'une force qui les entraînait vers l'équateur [1]; là, elles butaient contre le bord du continent déjà formé, ce qui l'élargissait.

Au bout d'un temps assez long, les plaques fuyantes arrivèrent à couvrir toute la surface, entre les « banquises » polaires et celle de l'équateur. Alors, leur mouvement s'arrêta et la solidification put commencer à se faire normalement, dans les latitudes moyennes aussi. Mais, comme elle n'avait commencé là que très tard, elle ne put y former qu'une croûte très mince en regard des épaisseurs, longuement constituées, du nord, du sud et de l'équateur.

Les régions épaissies plongèrent dans le sima et saillirent au dehors beaucoup plus que le voile mince formé entre elles. Lorsque les premières pluies vinrent à tomber sur la Terre, elles ruisselèrent sur les saillies (en les érodant) et s'accumulèrent dans les dépressions (où elles déposaient les débris arrachés). Trois continents: celui du nord, dit *Holarktis* — l'équatorial nommé *Holonotis* — et celui du sud, l'*Antarktis* — séparés par deux océans: une méditerranée nord, appelée *Mediterranik* et une méditerranée sud, l'*Antarktik* — constituent la géographie du Globe [2].

Ce système explique les montagnes du Cap et celles de l'Argentine comme nées de la Méditerranée sud, mais nous leur trouverons une origine plus en rapport avec les mouvements généraux que tout le reste nous fera admettre. Il a contre lui le fait que des chaînes N-S apparaissent dans le continent équatorial (les Sahara-rides) alors que — nous le montrerons — il n'a pu s'en produire que dans les continents polaires.

Système de Wegener [3]. — Cet auteur prenait comme point de départ, l'idée que le sial, primitivement étendu sur toute la surface du Globe, se déchira un jour et se rétracta de manière à former un lambeau dans le voisinage du pôle sud d'alors (?). Plus tard, cette masse se disloqua de nouveau et ses fragments dérivèrent,

---

[1] Nous examinerons en détail, l'origine et le mode d'action de cette force.

[2] *Handbuch der Palaeogeographie*, 2 vol. (1919, 1922), p. 288, 1193.

[3] *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, 3e éd. (1922). Traduction française de M. Reichel (1924).

chacun de son côté. Ainsi serait née la répartition actuelle des continents [1].

Pourquoi le sial universel — la *Pangè* — se déchira-t-il ; pourquoi se rétracta-t-il ; pourquoi fut-ce *dans le voisinage* du pôle sud ; pourquoi cette accumulation se dispersa-t-elle, de nouveau — on ne le dit pas. Quant aux emplacements qu'allèrent occuper ses débris épars, il paraît qu'on peut les déterminer par des considérations de biologie et de climatologie — ce qu'il y a de certain c'est que, dans tout cet échafaudage, la mécanique n'a rien à voir: Le système de Wegener ne répond donc pas à la question préalable.

Système de R. Staub [2]. — La formation des continents primitifs est attribuée à deux phénomènes successifs:

1° — Alors que notre Globe était encore à la phase stellaire de son existence, c'est-à-dire à l'état de fusion ignée, certaines portions de sa zône sialique firent prise autour de quelques « centres de cristallisation » disséminés « un peu au hasard », sur l'étendue de la planète.

2° — Plus tard, pendant que la cohésion était toujours sur la Terre aussi faible qu'aujourd'hui dans le Soleil, ou dans Jupiter, les lambeaux solidifiés et flottant à la surface du sima devinrent la proie de « forces centrifuges » dont on dit seulement qu'elles dérivaient de la rotation terrestre. Ces forces groupèrent les lambeaux sialiques dans le voisinage des pôles, et de leur réunion naquirent deux continents: la *Laurasia* (Canada, Groenland, Fennoscandie et Angara) au nord, la *Gondwania* (Brésil, Afrique, Arabie, Inde et Australie) au sud.

Malheureusement, on ne définit pas l'emplacement des « centres de cristallisation » ; on ne dit pas pourquoi les forces qui rassemblaient les lambeaux sialiques les ont envoyés précisément aux deux pôles !

Système de l'auteur et de ses élèves. — Nous avons vu que l'écorce sialique se forma lorsque la température superficielle de la Terre fut descendue à 1000°. Deux suppositions permettraient, a priori, de croire que cette écorce n'a pas enveloppé notre Globe tout

---

[1] Wegener, p. 2 de la traduction Reichel. — P. Dive, *La dérive des continents* (1933), p. 13 et 14.

[2] *Der Bewegungsmechanismus der Erde* (1928), pp. 179, 238, 247 et 254.

entier: La première consisterait à admettre que le magna par la solidification duquel l'écorce devait se former n'avait pas partout la même composition et, en conséquence, ne pouvait pas faire prise, partout à la même température. J'écarte cette supposition, parce que je crois que, dans la Terre et dans les astres en général, une même surface de niveau, une même zone concentrique, doit être pareille à elle-même, au commencement du moins, dans toute son étendue.

La seconde supposition serait que le voisinage d'astres plus chauds ou plus froids, situés d'un côté ou de l'autre par rapport à notre planète et assez rapprochés d'elle pour l'influencer, a fait qu'elle se refroidît inégalement vite, d'une contrée à l'autre.

Dans le premier comme dans le second cas, la conséquence serait que le sial naquit par *lambeaux isolés*, recouvrant des portions plus ou moins grandes de la surface terrestre. J'ai rejeté la première supposition, je ne sache pas que la seconde ait été vérifiée, dès lors, le plus logique me semble d'admettre que la Terre s'est refroidie selon le même rythme, dans toute sa surface et que, en conséquence, la croûte sialique, quand elle se forma, entoura l'astre d'une *enveloppe continue*. Ce n'est plus — il y a longtemps que ce n'est plus le cas. Dès le passé géologique le plus lointain, le sial forma deux calottes continentales: une autour de chaque pôle tandis que, dans la région intermédiaire, le sima, resté à découvert et encadré par la saillie de l'écorce, constituait le fond d'une grande méditerranée que les géologues appellent la Téthys.

La plupart des auteurs admettent ce fait et se contentent de l'enregistrer, mais il est possible d'en donner une explication mécanique.

* * *

On fait, dans les laboratoires de physique, l'expérience suivante, que mon aimable collègue de Fribourg, M. le professeur Schmid, a bien voulu répéter en ma présence:

Dans une jatte très évasée, on dépose une couche de mercure et, par dessus, une lame d'eau. On fait tourner la jatte autour de son axe vertical, ce qui engendre une force axifuge horizontale. Le mercure plus lourd, obéissant à cette force plus que l'eau, s'étire et voudrait fuir latéralement. Comme les parois

de la jatte lui font obstacle, il rampe sur elles, vers le haut, et forme un bourrelet circulaire, autour de l'eau rassemblée au milieu. Si on ne tourne pas trop vite, la couche de mercure, tout en se renflant sur ses bords, demeure continue sur le fond de la jatte.

Deux de mes élèves, MM. Anton Betschart et Max Milz, m'ont suggéré d'invoquer cette expérience pour justifier la localisation des continents primitifs, aux alentours des pôles: L'axe de la jatte représente l'axe de rotation de la Terre. Le mercure joue le rôle du sima et on constate qu'il affleure aussi loin que possible de cet axe, c'est-à-dire sur l'équateur. L'eau figure l'écorce sialique et on voit qu'elle est refoulée vers l'axe de rotation.

Notre jatte ne représente qu'un hémisphère. Imaginons-en sur le même axe, une seconde, tournée en sens inverse, ce sera l'autre hémisphère. Admettons, finalement, que le centre attractif est entre les deux jattes: nous aurons une représentation exacte des conditions mécaniques de notre Globe et, ce qui est l'objet de nos recherches, le motif — basé sur une raison de mécanique — pour lequel les continents primitifs sont disposés en calottes polaires.

C'est la première fois que ce motif est indiqué d'une manière formelle et cela donne à l'idée de mes élèves une valeur considérable.

Quant à la formation même de ces calottes, une remarque s'impose: L'expérience précitée montre qu'elles résultent d'un refoulement de l'écorce sialique vers les pôles. Ce froissement dut engendrer des plis de direction E-W, mais la diminution de longueur des parallèles força l'enveloppe à se rider par plis N-S. Cette nécessité régnant dans toute l'étendue des calottes, explique le fait mainte fois relevé que l'archéen est plissé partout. Elle rend compte, aussi, de l'entrecroisement de ses plis, phénomène dont la grande extension est avérée pareillement [1].

Les plis E-W furent continus, autour de chaque pôle ce furent des demi-tores concentriques. Les rides N-S jouèrent le rôle de fronces: rapprochées là où les parallèles étaient le plus courts, elles s'éloignèrent aux latitudes où l'espace manquait moins et, finale-

---

[1] C'est ainsi, par exemple, qu'à un ridement E.-W observé dans les portions du continent primitif septentrional qui constituent la Fennoscandie et le territoire d'Angara (Asie) — appelé *archéen*, dans la première de ces contrées; *baïkalique*, dans la seconde — se superpose un plissement N-S dit *algonkien*, au Canada et en Fennoscandie; *saïanique*, dans l'Angara.

ment, s'éteignirent. Ce faisant, elles projetèrent, en saillie sur les dépressions intermédiaires, des *caps* à plongement périclinal des couches, caps qui, plus tard, devaient influencer la direction des chaînes venant à naître dans le sens E-W.

Le processus que nous venons de constater implique des ridements, mais aucune fissuration. On n'y peut rien découvrir qui ait forcé les calottes à se partager en lambeaux, par des déchirures orientées N-S. Je suis donc en droit de prendre comme base, dans ce qui va suivre, la notion de *calottes polaires continues*.

II

LES CAUSES DE MOUVEMENT

Il s'agit uniquement d'*expliquer* les translations qu'ont effectuées, durant l'histoire géologique, les fragments en lesquels s'étaient partagées les calottes polaires originelles. La *réalité* de ces translations n'est pas en cause, puisqu'il y a des chaînes de montagnes et que — nous le savons — elles doivent leur origine au refoulement exercé par les plaques sialiques en mouvement.

Quant à la cause des translations, nous allons voir que le mobilisme l'envisage comme une résultante de forces contenues, toujours dans un plan axial c'est-à-dire méridien, c'est donc selon des méridiens seulement, que purent se mouvoir les radeaux sialiques: Leurs mouvements se réduisirent à des oscillations, des pôles vers l'équateur (*Polflüchte*, « avancées ») et de l'équateur vers les pôles (*Poldrifte*, « reculs »).

Les chaînes de direction E-W, impliquant un refoulement N-S, prouvent que les continents *avancèrent* l'un vers l'autre. Les chaînes à parcours N-S obligent d'admettre que les compresseurs se sont rapprochés dans le sens E-W, mais nous verrons — dans la seconde partie de ce travail — que, dans la région où ces chaînes apparaissent, le rapprochement des bords continentaux ne fut qu'une conséquence de leur *recul* d'ensemble.

CAUSES MÉCANIQUES — Polflucht. — C'est Eötvös qui, en 1912, a le premier donné de ce phénomène une théorie complète [1]. En voici les points essentiels:

Un corps flottant comprend deux parties: la partie plongée, dont le poids est diminué par la poussée du liquide, le centre de gravité du corps total se trouve du côté de la partie émergée, c'est-à-dire plus haut que le point où serait le centre de gravité du liquide déplacé, si ce liquide était resté en place. La poussée du liquide est appliquée en ce dernier point [2], tandis que le poids du corps total est appliqué en son centre de gravité. Etant à des hauteurs différentes, ces deux points d'application se trouvent sur des surfaces de niveau différentes. Or, l'aplatissement terrestre fait que, dans notre planète, les surfaces de niveau ne sont parallèles qu'aux pôles et à l'équateur. Aux latitudes intermédiaires, ces surfaces convergent légèrement vers le pôle voisin. D'autre part, le poids du corps et la poussée du liquide sont dirigés normalement aux surfaces où se trouve leur point d'application respectif. Ces surfaces n'étant pas parallèles (en général), les deux forces ne s'opposent pas exactement, mais situées, l'une et l'autre, dans le plan vertical de symétrie du radeau, elles se coupent et peuvent donner une résultante, peu considérable il est vrai. Dans le cas qui nous occupe, le centre de poussée étant situé plus bas que le centre de gravité, cette résultante est dirigée vers l'équateur.

Le corps flottant n'est autre qu'un radeau continental; le liquide sur lequel il flotte est le sima; la résultante dont nous venons de voir l'origine détermine la *Polflucht* du radeau.

* * *

Le système d'Eötvös est sans rapport direct avec la formation des continents. La théorie de MM. Betschart et Milz, par contre, explique à la fois, cette formation et l'une au moins des translations continentales: les *reculs*. Il est vrai qu'elle n'explique pas les *avancées*. Au contraire, pour que l'écorce sialique puisse revenir à sa position primitive, il faut que soit abolie la force qui l'en écartait: le gonflement du bourrelet simique avec sa cause, la rotation terrestre.

---

[1] Théorie reprise par Köppen, en 1921.

[2] Ce n'est pas la poussée du liquide déplacé, car ce liquide étant absent n'exerce pas de poussée en cet en droit. C'est le point où convergent les poussées du liquide ambiant qui cherche à reprendre sa place.

Pour que le système de mes élèves prenne rang parmi ceux qui expliquent les oscillations continentale, il faut donc admettre que la rotation axiale a passé par des phases alternatives de rapidité et de lenteur.

Poldrift. — La cause de l'avancée est donc connue, mais ce n'est pas le cas pour le recul. Cherchons à la trouver.

Nos franges coronales sont des prismes verticaux à bases trapézoïdales. Or, à l'origine, les bases de tous ces trapèzes (projections horizontales des franges) sont sur un même parallèle de latitude. Si l'une des franges se livre à une avancée, elle se met en saillie sur ses voisines, de la largeur d'une bande conquise sur la Tethys. Mais, dans le même temps, cette frange abandonne la largeur des deux détroits latéraux, qui naissent entre elle et ses voisines. Elle gagne d'un côté, perd de l'autre et, malgré cela, demeure égale à elle-même. Il en faut conclure que la surface qu'elle a perdue est égale à celle qu'elle a gagnée.

La surface gagnée représente la base du volume de sima que la frange refoule devant elle, en avançant. Ce volume cherche à se loger ailleurs ; mais — remarque importante — ce ne pourra pas être vers le bas, attendu que, en dessous de lui, la place est prise par un magna identique auquel la surcharge a même donné une densité un peu plus forte. Le liquide mis en mouvement doit rester à son niveau primitif qui est le niveau de la plongée des franges. Il n'a d'ailleurs, aucun besoin de descendre puisque, à son niveau s'ouvrent, pour le recevoir, les deux détroits latéraux dont la capacité est précisément égale à son volume à lui.

Le volume de sima refoulé lors d'une avancée se loge donc dans les détroits latéraux à la frange mobile et cela *sans y être le moins du monde comprimé.* Si la frange — supposée libre de toute influence extérieure — pouvait se mouvoir à sa guise, ce sima n'aurait aucun motif de « faire ressort », ni pour la pousser en avant, vers l'équateur, ni pour aller reprendre sa place devant elle, en la refoulant vers le pôle.

* * *

Il y a, cependant, une circonstance à laquelle il faut s'arrêter, parce que, au premier abord, elle semble conduire à un résultat

contraire: Il se peut que le sima refoulé soit couvert de sédiments, auquel cas le refoulement plissera ces couches. La conséquence sera un épaississement de la couverture sédimentaire, dans l'avant-pays.

Or cet épaississement que subit le manteau sédimentaire de l'avant-pays entraîne, pour lui, une augmentation de son poids par unité de surface et cette augmentation l'oblige à s'enfoncer dans le sima qui le porte, en refoulant celui-ci dans tous les sens. Parmi les directions multiples qui solliciteront le magna, il en est une qui tend vers la base de la frange considérée, soit, en somme, vers son pôle. Les courants qui prendront cette direction porteront du sima dans les détroits latéraux déjà remplis en vertu du processus indiqué plus haut. L'apport actuel pourra être de trop; grâce à lui le liquide des détroits pourra entrer en pression, devenir capable de détente et produire les effets que, tout à l'heure, nous contestions.

Qualitativement, c'est incontestable, mais quantitativement c'est nul. Si on compare, en effet, l'épaisseur minime des sédiments (3 à 5 km. tout au plus), à celle, énorme, du sima (1.500 km.) — si on songe, d'autre part, que dans un plissement d'intensité moyenne (avec flancs à 45°) la plongée des synclinaux est égale à 3 fois l'épaisseur des couches, on trouve que cette plongée — qui représente le déplacement infligé au sima — est de l'ordre de $^1/_{100}$ de l'épaisseur de celui-ci, c'est-à-dire que ce déplacement est négligeable.

On peut même se demander s'il y a un déplacement. En effet, pendant que les synclinaux refoulent le sima sous leur convexité, les anticlinaux l'accueillent dans leur concavité qui est théoriquement égale.

* * *

En somme, le magna refoulé par une avancée se loge dans les détroits latéraux, or cet écoulement en sens inverse entrave et ralentit l'avancée, par le frottement qu'il exerce sur les faces latérales de la frange. S'il arrive à l'emporter sur la cause d'avancée, la frange reculera mais, refermant les canaux où le magna se réfugiait, elle arrêtera son écoulement. On pourra bien dire que la *Polflucht*

a préparé la *Poldrift*, mais celle-ci sera de courte durée, de faible amplitude.

CAUSES PHYSIQUES. — L'agent auquel on a songé, il y a longtemps déjà, pour expliquer les translations est la chaleur, c'est-à-dire une différence de température entre les régions où le sima est à découvert et celles où il est revêtu de plaques sialiques. Cette différence existe-t-elle ?

* * *

A priori, une telle différence de température peut provenir de deux causes: Il se peut que le sial joue le rôle de *manteau*, protégeant le sima contre la radiation au dehors — il se peut, en outre, qu'à son rôle de manteau le sial ajoute celui de *réchaud*, engendrant de la chaleur qu'il communique au magna sous-jacent. Examinons l'une et l'autre hypothèse:

1° — Nous savons que les radeaux sialiques, épais de 100 km. environ, plongent dans le sima de 95 km. Négligeons les 5 km qui émergent et, dans une région limitrophe entre des radeaux et leur voisinage, considérons le magna à partir du niveau où il est seul, c'est-à-dire en dessous du niveau de plongée continentale. Nous pouvons dire que ce magna possède un manteau formé, par places de 95 km. de sial et, tout à côté, de 95 km. de sima. Sous laquelle de ces deux couvertures le magna est-il le plus au chaud ?

Cela dépend évidemment de la conductibilité du manteau. Celle du granit est de 0,004 calories, tandis que celle du basalte va jusqu'à 0,0052. D'autre part, on sait que les continents sont formés en somme, de roches analogues au granit, tandis qu'entre eux on a des magnas simiques dont le basalte a pu dériver [1]. On arrive donc à la conclusion que les parties sialiques du manteau sont nettement plus protectrices que ses parties simiques.

2° — Il est certain que la radioactivité des roches et, par conséquent celle des zones terrestres, diminue rapidement avec la profondeur. On aura une idée de cette progression par les chiffres suivants: La quantité de chaleur que la radiation enlève à notre Globe est de 60 calories par centimètre carré de surface et par année.

---

[1] A. Holmes, « Radioaktiv. u. Geol. » — *Verhandl. naturf. Ges. Basel*, t. 41, p. 136.

Or, pour compenser cette perte, il suffirait de l'énergie radiothermale émise par une couche de granit de 14 km. d'épaisseur, tandis qu'il y faudrait celle de 52 km. de basalte ou de gabbro, celle de 60 à 90 km. de péridotite. Les 60 kilomètres supérieurs de l'enveloppe sialique suffisent à contrebalancer la radiation.

Le sial est donc un producteur d'énergie calorifique qui exerce son action sur ce qui le porte, mais pas au-delà, vu la faible conductibilité des milieux. — Et, par deux voies différentes, on est amené à la même conclusion: Il y a, effectivement, des différences de températures à une même profondeur. Les régions couvertes par des plaques continentales sont plus chaudes que leurs voisines, il est donc inévitable que des *courants de convection* s'établissent des premières vers les dernières.

Polflucht. — Nous savons à quoi est due l'*avancée* des continents. Lorsque, sous l'influence de cette cause, l'un de ces radeaux sialiques s'éloigne du pôle voisin, il s'écarte également des franges qui l'enserraient tout à l'heure. Ce déplacement a pour effet de découvrir le support simique, derrière le radeau fuyant et de part et d'autre de celui-ci. Le sima de ces régions, livré maintenant au rayonnement direct vers les espaces célestes, se refroidit alors que, sous la frange protectrice, il garde sa température antérieure. Des courants de convection se produiront donc, du substratum de la frange mobile vers l'arrière-pays et les voisinages latéraux de ce substratum.

Mais, à mesure qu'il s'éloigne d'un pôle, le radeau sialique trouve devant lui un sima qui — si rien d'autre n'était survenu — serait exposé à la radiation et se trouverait, par conséquent, lui aussi, à une température plus basse que celui que le radeau recouvre. Cela étant, et pour la même cause qu'à l'arrière de la frange, des courants de convection s'établiraient sous le front de celle-ci, à destination des contrées qu'elle n'aurait pas encore atteintes.

En somme, on le voit, ce ne serait pas seulement *derrière* une frange en dérive que des courants de convection prendraient naissance; ce serait *tout autour* d'elle. Et la question serait de savoir si le radeau — amené par les agents de la *Polflucht* dans une situation déterminée — y resterait, malgré les courants qui circulent

en-dessous de lui, ou si ces courants l'entraîneraient et dans quel sens.

Nous pouvons faire à cette question une réponse basée sur la physique et une autre de nature géologique. De l'un comme de l'autre point de départ, nous arriverons au même résultat.

* * *

La physique enseigne que les courants de convection naissant sous un radeau sialique s'échappent perpendiculairement aux bords de ce radeau et que l'intensité de cet échappement, en dessous de chaque bord, est quasiment proportionnelle à la longueur de ce bord. Partant de là, nous pouvons raisonner comme suit: Pour qu'elles puissent se mouvoir, nous le verrons, il faut que les calottes polaires se transforment en couronnes. Mais cette transformation peut s'effectuer de deux manières: Les franges de chaque calotte vont glisser vers l'équateur, en abandonnant derrière elles, sous forme d'îles, les débris de leur pointe — ou bien, aussi, elles peuvent glisser sans se morceler (question de frottement).

Examinons d'abord le second cas qui est le plus simple: Les franges gardent leur forme primitive qui est celle de triangles à base courbe. Les bases de ces triangles sont empruntées à des parallèles de latitude: ce sont des arcs de cercles. Les côtés sont des portions de méridiens: ce sont les rayons de la circonférence de base.

Cela étant, les courants qui s'échappent perpendiculairement aux deux bords d'une frange ont une résultante dirigée vers le pôle voisin. Au contraire, ceux qui partent de la base vont (en divergeant) dans la direction de l'équateur. Quel est, de ces deux groupes de courants, celui qui l'emportera et entraînera la frange ?

Ce sera le groupe à tendance polaire, parce que l'ensemble des deux côtés forme un contour plus long que la base — cela, du moins, tant que le nombre des franges entourant un pôle ne descend pas au-dessous de 4[1]. Or la figure 1 montre que, en réalité, ce nombre est supérieur.

---

[1] En effet, partant de la formule connue qui donne, pour la longueur d'une circonférence, la valeur π 2 R, 2 R étant l'ensemble des côtés d'une frange, et π étant supposé égal à 3, on trouve que
si la base de la frange est $^1/_8$ du cercle, sa longueur vaut les $^3/_8$ de l'ensemble des côtés; si la base de la frange est $^1/_4$ du cercle, sa longueur vaut

*
* *

Je viens de dire que tout se passerait, devant une frange en dérive comme derrière elle, si rien d'autre n'était survenu, avant l'arrivée de la frange, dans la région que celle-ci vient recouvrir. Or, la géologie montre que l'avant-pays d'un radeau sialique se trouve, à l'arrivée de celui-ci, dans des conditions tout autres que son arrière pays, au moment de son départ:

Le sima que la frange découvre s'en trouve mis complètement à nu; c'est peu à peu, seulement, que la mer s'insinuant entre cette frange et ses voisines, pourra déposer un peu de sédiment sur ce fond qui aura eu le temps de se refroidir. Au devant de la frange, par contre, c'est l'océan qui sédimente en toute tranquilité depuis que le dernier recul des continents l'a laissé maître de la place. Il a eu le temps de revêtir le fond simique d'un manteau sédimentaire d'épaisseur notable qui, tenant au chaud le sima qui le porte, rend très faible la convection que ce dernier reçoit du côté de la frange.

Mais il y a autre chose: Le bloc continental, qui plonge dans le sima, refoule les couches sédimentaires qui recouvrent ce dernier, de sorte que le manteau protecteur, qui n'avait que l'épaisseur des strates accumulées, devient maintenant égal à la hauteur — beaucoup plus grande — de leurs plis droits dont les flancs s'accolent et de leurs nappes qui s'empilent.

Le plissement qui se produit devant la frange ralentit, dans cette région, le refroidissement normal du sima; la température de celui-ci se rapproche de celle qui règne sous la frange et, la convection devient faible, entre cette dernière à son avant-pays. Donc, il s'avère qu'un radeau continental, lorsqu'il s'avance vers l'équateur, réchauffe le sima — non seulement sous lui, mais encore devant lui — au point que, entre son support et son avant-pays, s'établit un équilibre thermique qui supprime la convection susceptible d'entraîner ce radeau loin de son pôle.

*
* *

Nous savons que le partage d'une couronne polaire en franges indépendantes peut s'effectuer sans que ces franges ne perdent

---

les $^3/_4$ de l'ensemble des côtés; lorsque la base atteint $^1/_3$ du cercle, sa longueur devient égale à l'ensemble des côtés.

rien de leur contour triangulaire — mais qu'il est arrivé aussi que ces triangles aient laissé leur pointe la plus rapprochée du pôle dans l'engrenage qui unit la croûte sialique à son support de sima. Plaçons-nous dans cette dernière hypothèse et considérons-la, de nouveau du point de vue physique d'abord, du point de vue géologique ensuite.

* * *

Lorsqu'il y a morcellement de la pointe, les franges se transforment en trapèzes et, alors, à la résultante des courants perpendiculaires aux côtés s'ajoutent — dirigés également vers le pôle voisin (en convergeant) les courants émanés de la petite base, dans chaque trapèze. Comme l'ensemble de la petite base et des deux côtés forme un contour plus long que la grande base seule, la somme des courants dirigés vers les pôles est, dans chaque trapèze, plus forte que la somme de ceux qui l'entraîneraient vers l'équateur.

Ce que demande la théorie des translations est donc réalisé, dans un cas comme dans l'autre — moins complètement, il est vrai, lorsqu'il y a morcellement. En effet, la portion que celui-ci enlève à chaque frange est un triangle, dans lequel les choses se passent comme dans la frange entière: Ici, de nouveau et jusqu'à la limite indiquée, la base est plus courte que l'ensemble des deux côtés. Il en résulte que la somme des courants émis par cette base est moins forte que celle des courants qu'émettraient, s'ils étaient conservés, les deux côtés de la pointe.

En somme, le morcellement de sa pointe diminue, pour chaque frange, la prépondérance des courants qui tendent à la ramener vers le pôle voisin sur ceux qui tendent à l'en éloigner, mais, néanmoins, cette prépondérance subsiste. Voilà ce qu'enseigne la physique.

* * *

Au point de vue géologique, nous remarquons que si la pointe d'une frange se morcèle, c'est à cause du frottement que le substratum simique oppose au déplacement de cette frange.

Or, la frange avançant, elle s'écarte de ses voisines et l'océan pénètre en deux canaux, sur ses flancs. Mais, dans le même temps,

la pointe morcelée accueille les flots dans les interstices de ses fragments. Les détroits latéraux et le dédale qui les réunit, en arrière se remplissent de sédiments qui vont maintenir écartées les trois franges voisines et la multitude des débris issus du morcellement terminal de la médiane.

Quand plus tard, celle-ci devra reculer, elle trouvera encombré l'espace qu'elle avait laissé libre, à côté d'elle et derrière elle. La pression qu'elle exercera sur le remplissage le froissera et en diminuera un peu la projection horizontale, sans toutefois supprimer la gêne qu'il cause. La frange ne pourra donc pas reprendre exactement la place qu'elle occupait avant cette dernière avancée.

* * *

Concluons que, de toute façon, la perte de sa pointe affaiblit, pour une frange qui s'est éloignée de son pôle, les chances d'y revenir. Or, si on compare, sur la carte, ce que le morcellement a enlevé aux franges continentales et la quantité dont elles ont pu rétrograder, depuis leur dernière offensive (l'alpine), on verra que la relation trouvée par le calcul se manifeste dans la nature.

En effet, la frange américaine (Canada), qui a laissé derrière elle un archipel considérable, a pu à peine rejoindre le 70e de latitude. L'Europe (Fennoscandia), qui a lâché des terres peu nombreuses mais importantes, ne dépassa guère le 68e; tandis que l'Asie (Angara), qui a perdu peu de choses, atteignit le 77e et que le Groenland, amputé d'une seule île, dépassa le 82e. Quant aux franges de l'hémisphère sud, elles durent sacrifier beaucoup pour constituer l'Antarctide, et c'est pourquoi elles restèrent en dehors du 40e.

CAUSES ASTRONOMIQUES. — Polflucht. — L'avancée des continents vers l'équateur est due à la force qu'a signalée Eötvös ou, plus simplement, au fait que tout corps placé à la surface de la Terre est sollicité par deux forces: la pesanteur et la répulsion axifuge, forces dont la résultante est dirigée vers l'équateur. La force d'Eötvös n'a une valeur un peu considérable que si l'aplatissement terrestre est bien marqué. Dans le cas que nous avons considéré ensuite, la résultante de dérive se produit qu'elle que soit l'applatissement, mais sa grandeur et sa direction, dé-

pendant de la valeur de la force axifuge, sont liées à la vitesse de rotation.

En dernière analyse, l'avancée des continents provient de la rotation terrestre, or la cause de cette dernière n'étant pas à l'intérieur de la Terre, on peut dire que l'avancée est due à une cause astronomique.

Poldrift. — Pour expliquer le recul des continents, vers les pôles, il faut — nous l'avons vu — invoquer des courants magnatiques qui seront d'origine mécanique, c'est-à-dire isostatiques — ou d'origine physique, auquel cas ce seront des courants de convection. Ces courants, agissant dans le sens opposé aux forces qui ont produit l'avancée, ramèneraient les plaques sialiques à leur point de départ.

Mais quelle que soit leur nature, ces courants doivent s'établir dès que se dessine le mouvement d'avancée. Ils l'entraveront le ralentiront et, s'ils sont assez forts pour cela, l'arrêteront. Si ce dernier cas se produit, ce sera sans retard : l'avancée à peine esquissée cessera. Il est impossible d'admettre qu'elle se prolonge durant « des époques géologiques »[1] pour, tout à coup, se transformer en un mouvement de sens contraire.

En somme, le recul des continents, pas plus que leur avancée, ne peut s'expliquer par des causes terrestres ; il faut lui trouver une cause astronomique. L'avancée étant due à notre rotation axiale, on conçoit que son ralentissement puisse parvenir à l'arrêter. Par contre, on ne voit pas pourquoi ce ralentissement intervertirait le mouvement des masses. Un seul, parmi tous les systèmes inventés, permet d'expliquer ainsi cette interversion : c'est le système Betschart-Milz. Je l'ai fait voir et considère que c'est là un des grands avantages de ce système.

Reste à trouver une cause au ralentissement de la rotation terrestre et cela n'est pas difficile : Kossmat, déjà, a pensé que ce pourrait être l'attraction de la Lune, celle du Soleil ou les deux à la fois. Aujourd'hui, il faut envisager en outre l'influence possible de météores venant à passer dans notre voisinage et celle des lunes successives que notre Terre capte, selon la théorie de Hörbiger,

---

[1] Staub, *Bewegungsmechanismus,* p. 169.

et qui agissent sur elle jusqu'à ce qu'elle les désagrège par l'attirance de sa masse plus grande.

DEUXIÈME PARTIE

LA TECTONOGENÈSE

I

FILIATION DES CHAINES

Processus. — La formation de l'une d'elles — sans distinction d'âge, d'emplacement ni de direction — résulte, nous le savons, du resserrement d'un canal marin. Ce resserement produit une *compression* horizontale sur le fond simique du canal et sur les couches sédimentaires entassées sur ce fond. Ces couches se rident parallèlement aux bords du canal et, en se formant, les plis concaves s'enfoncent dans le sima, tandis que les rides convexes accueillent sa masse refoulée dans leur concavité inférieure: le manteau sédimentaire et son support magmatique sont engrenés l'un avec l'autre.

Si, plus tard, les mâchoires de l'étau s'éloignent, la *décompression* résultante permet au sima d'étaler à nouveau sa surface et la couverture sédimentaire, accrochée à lui par la plongée de ses synclinaux autant que par le remplissage de ses anticlinaux, doit se prêter à cet étalement. Mais, dépourvues qu'elles sont d'élasticité, les assises sédimentaires ne peuvent pas se dérider. Le seul moyen pour elles, de suivre l'écoulement de leur support est de se fendre perpendiculairement à son flux. La chaîne, formée de plis longitudinaux et contigus, se partage donc en zônes qui sont des *bandes* parallèles aux mâchoires de l'éteau.

C'est surtout le long de son axe que la chaîne s'ouvre, tandis que, vers ses bords, subsistent des zônes à plis assez serrés. C'est donc sur l'axe de la vieille chaîne que la nouvelle se forme surtout.

* * *

De fait, l'observation le montre, la succession des chaînes, dans une même contrée, est due au processus que je viens d'indiquer, lequel constitue une véritable filiation. Ce processus consiste dans la répétition des quatre phénomènes que voici:

1° Un premier ridement — 2° le morcellement de la chaîne ainsi formée — 3° l'invasion par l'océan des vides produits et le dépôt, dans ces vides, de sédiments nouveaux — 4° un deuxième ridement, qui affecte ces dépôts récents et disloque les restes du plissement antérieur.

Ceux-ci sont caractérisés surtout par le fait qu'ils portent les sédiments continentaux établis à leur surface, tout de suite après la surrection de la chaîne dont ils figurent les ruines. Raidis par des plissements multiples, des intrusions magmatiques et, souvent aussi, par une position oblique, ils constituent des « massifs intermédiaires » (Zwischengebirge) que les plis neufs contournent par des *virgations* alternant avec des *serrées* (Scharungen).

* * *

Expérimentation. — Ici, de nouveau, l'expérience vient confirmer le raisonnement et cela grâce à un appareil très simple que j'ai fait établir. Dans une boîte métallique allongée, se meut en avant et en arrière un bloc métallique également, commandé par une vis. Ce bloc est maintenu, par des glissières, à un niveau fixe; il ne touche pas le fond de la boîte. Si on remplit cette dernière de liquide, jusqu'à ce que le bloc y trempe d'une certaine quantité, ce sera — quant aux effets horizontaux — comme si le bloc flottait sur le liquide.

Le bloc métallique figure un radeau continental nageant sur le sima et, pour représenter ce dernier, j'emploie de la colle ordinaire. A la surface de celle-ci, je dépose, parallèlement au bord antérieur du bloc et à une certaine distance les unes des autres, des bandes de papier qui figureront les zones en lesquelles la chaîne est susceptible de se partager.

Si je fais avancer le bloc, les bandes de papier se rapprochent et finalement s'accolent; si je le fais reculer, ces bandes s'éloignent; c'est l'imitation exacte du processus tectonique que je viens de décrire.

* * *

Magmatisme. — L'histoire d'une chaîne comprend donc deux phases: celle du ridement et celle de la fissuration. Pendant la première, le ploiement peut entraîner le décollement *(Aufblättern)* des assises superposées, en même temps que leur fendillement radial. Des vides courbes naissent entre les couches et, comme dans les synclinaux, c'est la face de dessous qui se craquelle, le sima comprimé par l'enfoncement du pli filtre jusqu'aux vides produits par le décollement [1]. Ces vides et les fissures qui y aboutissent sont de faible calibre: seuls les magmas basiques, qui sont très fluides, peuvent s'y insinuer. C'est l'ère des intrusions *ophiolithiques*.

Pendant la seconde phase, la fracturation va jusqu'au morcellement par grandes cassures. Celles-ci s'ouvrent au point que les magmas acides, malgré leur peu de fluidité, peuvent y circuler. C'est alors que se forment les massifs *granitiques*, fondant et digérant, autour d'eux, les parties les plus diverses de l'édifice orogénique.

II

LES TROIS TYPES DE CHAINES

Formation. — La tectonique terrestre comporte trois sortes d'éléments: les masses continentales, que nous savons être les fragments des calottes sialiques formées aux pôles dès l'origine — des canaux marins, nés du déchirement de ces masses — enfin des chaînes de montagnes produites par le resserrement de ces canaux préalablement remplis de sédiments. Canaux et chaînes ont été formés, au cours des âges, comme conséquences d'un seul et même phénomène: l'oscillation des plaques continentales, entre l'équateur et les pôles, oscillation dont nous venons de discuter les causes.

* * *

---

[1] J'ai nommé ces vides des « apsides » (du grec *apsis, apsidos:* vide courbe) et j'appelle *apsidolithes* les amas rocheux qui s'y constituent. — Voir mon *Cours de géologie synthétique,* p. 194 et 197.

A l'heure actuelle, les *continents* sont aux latitudes moyennes où ils forment deux masses: la Laurasia, au nord, et la Gondwania, au sud.

Mais, entre ces masses, se trouvent des chaînes nées de la Tethys, *détroit frontal* qui, naguère, séparait les continents et que, pour ce motif, j'appelle *chaînes méditerranéennes* ou *chaînes frontales*. Abstraction faite de déviations locales, ces chaînes courent E-W, elles proviennent donc d'un refoulement N-S et celui-ci doit être attribué au fait que les deux masses continentales — c'est-à-dire les calottes polaires — ont « dérivé » à la rencontre l'une de l'autre.

* * *

Mais il est évident que les calottes polaires ne purent effectuer le déplacement que nous leur prêtons qu'à la condition de subir une double mutilation (fig. 2):

1° Installées qu'elles étaient sur la rotondité des pôles, elles ne purent quitter cette position d'équilibre qu'en s'ouvrant au sommet ou en se déchirant autour de lui. D'une façon ou de l'autre, il fallut que les *calottes* se transformassent en *couronnes*.

Au nord, ce fut le premier mode et les débris résultant de la fracturation apparaissent, aujourd'hui que le trou est noyé, sous la forme des archipels qui accompagnent chacun des trois continents. Si vraiment l'Antarctide est un seul bloc, il faut conclure que, au sud, les choses se passèrent selon le second mode. Si les explorations continuent à la morceler de plus en plus, on retrouvera, ici, la première manière.

2° Une fois transformés en couronnes, les continents polaires étaient libres de toute attache. Allaient-ils pouvoir s'avancer triomphalement vers l'équateur, en bousculant tout devant eux? — Non, pas encore: Au moment de leur formation, les calottes s'étendirent, autour de chaque pôle, jusqu'à une latitude donnée. A l'instant où nous sommes parvenus, ce parallèle jalonne le bord extérieur des couronnes, mais voici que ce bord doit le dépasser pour aller s'intaller à une latitude moindre. Comment faire puisque, à mesure que celle-ci diminue, la longueur du parallèle augmente ? — C'est la seconde mutilation qui s'impose: il faut que la région trop courte se fende et, comme c'est vrai aussi pour le bord interne, les couron-

nes vont s'ouvrir sur toute leur largeur. — Elles le firent, en effet, et sur plusieurs points, de sorte que chacune d'elle se trouva partagée en un certain nombre de *franges* (fig. 1).

L'écartement de deux franges coronales donne naissance à un canal que, eu égard à sa position relativement aux continents bordiers, je nomme *détroit latéral.*

* * *

Mais il est des chaînes situées entre les franges coronales. Ce sont les Appalaches, les chaînes britannique et norvégienne, l'Oural, les rides que longe le Jenisseï, celles de la Léna (?), les plis du Sahara, ceux de la Baie de Bafin, ceux qui bordent la côte orientale du Groenland et celle du Brésil. — Toutes ces chaînes courant (en gros) du nord au sud, seront appelées *méridiennes* et, vu leur situation par rapport aux franges continentales, *chaînes latérales.* Leur formation implique le resserrement, dans le sens E-W, des détroits latéraux dont elles sont issues. Quant à la cause de ce resserrement, la voici: Nous savons que le mouvement des franges se réduit à des oscillations le long des méridiens. La rotondité du Globe fait que, pour descendre vers l'équateur, elles doivent s'écarter. Inversement, pour rétrogader vers les pôles, autrement dit pour revenir sur des parallèles de longueur moindre, les franges coronales durent se rapprocher, ce qui eut pour effet de mettre à l'étroit la couche de sima correspondant à leur plongée et les assises sédimentaires qui s'étaient formées par dessus: c'est le resserrement cherché.

De plus, si on imite ce processus d'écartement et de rapprochement alternatifs à l'aide de plaques taillées en secteurs, on s'aperçoit que les bords d'une frange, dont l'axe glisse sur un méridien, se déplacent parallèlement à eux-mêmes. Les canaux que leur écartement avait formés eurent donc des bords parallèles et le refoulement produit par leur rapprochement s'exerça normalement à ces bords. Ce sont là les conditions requises pour la production des plissements, pour la formation des chaînes. De fait, chacun des canaux qui s'étaient ouverts dans la largeur de l'une des couronnes polaires donna, en se refermant, naissance à une chaîne méridienne.

* * *

Il est enfin un troisième groupe de chaînes, lesquelles doivent leur origine au frottement de la croûte sialique sur sa base de sima — frottement aggravé — nous le savons — par le fait que les deux zones s'engrennent. Cette entrave au glissement n'a pas la même intensité sous toute la base d'une frange. Les zones qui frottent moins vont plus vite et se détachent des retardataires.

Les franges se déplaçant selon des méridiens, c'est dans le sens perpendiculaire, c'est-à-dire dans la direction E.-W. que se sont étendues les déchirures dues au frottement. Il en est résulté que ces déchirures ont croisé les détroits latéraux, ce qui les a mises en relation avec l'océan et en a fait des canaux marins. L'observation montre que, de toutes les parties d'une frange, c'est sa pointe éfilée qui a souffert le plus. En effet, les franges continentales actuelles, assez compactes à l'avant et au milieu, ont leurs arrières morcelés en archipels par d'innombrables détroits que leur situation fera qualifier de *dorsaux*.

C'est lors des avancées que s'ouvrent ces détroits. Lors des reculs — quand la frange est obligée de se confiner dans un espace de plus en plus étroit — la gène que cela apporte à son mouvement fait que les zones qui s'étaient séparées se rapprochent et le resserrement peut aller jusqu'à plisser les sédiments déposés dans les détroits. Ainsi naissent des chaînes que leur situation géographique fait qualifier de *polaires* et leur position tectonique de *dorsales*.

Ce sont la « Chaîne des Etats-Unis », dans les arrières de la frange canadienne ; celle de la Nouvelle-Sibérie, au nord de la frange asiatique ; les Patagonides, dans la frange brésilienne ; les montagnes du Cap, au sud de la frange africaine, et les Dividing Ranges (Alpes d'Australie). — A l'inverse des chaînes latérales, bien que nées de reculs comme elles, les chaînes dorsales courent E-W comme les frontales qui procèdent d'avancées.

RÉSUMÉ DE L'HISTOIRE OROGÉNIQUE

Continent nord *(Laurasia)*	**Région méditerranéenne** *(Tethys)*	**Continent sud** *(Gondwania)*
	ARCHÉEN Formation de l'écorce primitive, continue sur toute la Terre.	
Mise en place de la Calotte polaire nord	Apparition du bourrelet simique Naissance du détroit frontal	Mise en place de la Calotte polaire sud.
	ALGONKIEN *Avancée huronienne*	
Ouverture des Détroits lat. et dors. *(Transgression).*	Ridement de la Chaîne huronniene *(Ophiolithes huron. Régression.)*	Ouverture des Détroits lat. et dors. *(Trangression.)*
	SILURIEN *Recul calédonien.*	
Resserrement des Détroits lat. et dors. Ridement des Chaînes calédoniennes *(Ophiolithes calédon. Régression)*	Fissuration de la Chaîne huronienne *(Granites posthuron. Transgression)* elle se partage en Huronides, au N. — Gondwanides, au S.	Resserrement des Détroits lat. et dors. Ridement des Chaînes calédoniennes *(Ophiolithes calédon. Régression)*

CARBONIFÈRE

Avancée hercynienne

Réouverture des Détroits lat. et dors. Fissuration des Chaînes calédoniennes *(Granites postcalédon. Transgression)*	Naissance de la Chaîne hercynienne (parmi les ruines huroniennes) *(Ophiolithes hercyn. Régression)*	Réouverture des Détroits lat. et dors. Fissuration des Chaînes calédoniennes *(Granites postcalédon. Transgression)*

PERMIEN

Recul ouralien

Resserrement des Détroits lat. et dors. Naissance des Chaînes ouraliennes (parmi les ruines calédoniennes) *(Ophiolithes oural. Régression)*	Fissuration de la Chaîne hercynienne *(Granites posthercyn. Transgression)* elle se partage en Hercynides, au N. — Maroccides, au S.	Resserrement des Détroits lat. et dors. Naissance des Chaînes ouraliennes (parmi les ruines calédoniennes) *(Ophiolithes oural. Régression).*

MÉSOZOIQUE et TERTIAIRE

Avancée alpine.

Réouverture des Détroits lat. et dors. Fissuration des Chaînes ouraliennes (*Diabases* de l'Oural par fentes N-S. *Détroits* actuels).	Naissance de la Chaîne alpine (parmi les ruines hercyniennes) *(Ophiolithes alpines. Régression)*	Réouverture des Détroits lat. et dors. Fissuration des Chaînes ouraliennes (*Diabases* de l'Oural par fentes N-S. *Détroits* actuels).

QUATERNAIRE

Recul postalpin

	Fissuration de la Chaîne alpine. *(Granites postalpins)* *(Fosses méditerranéennes)*	

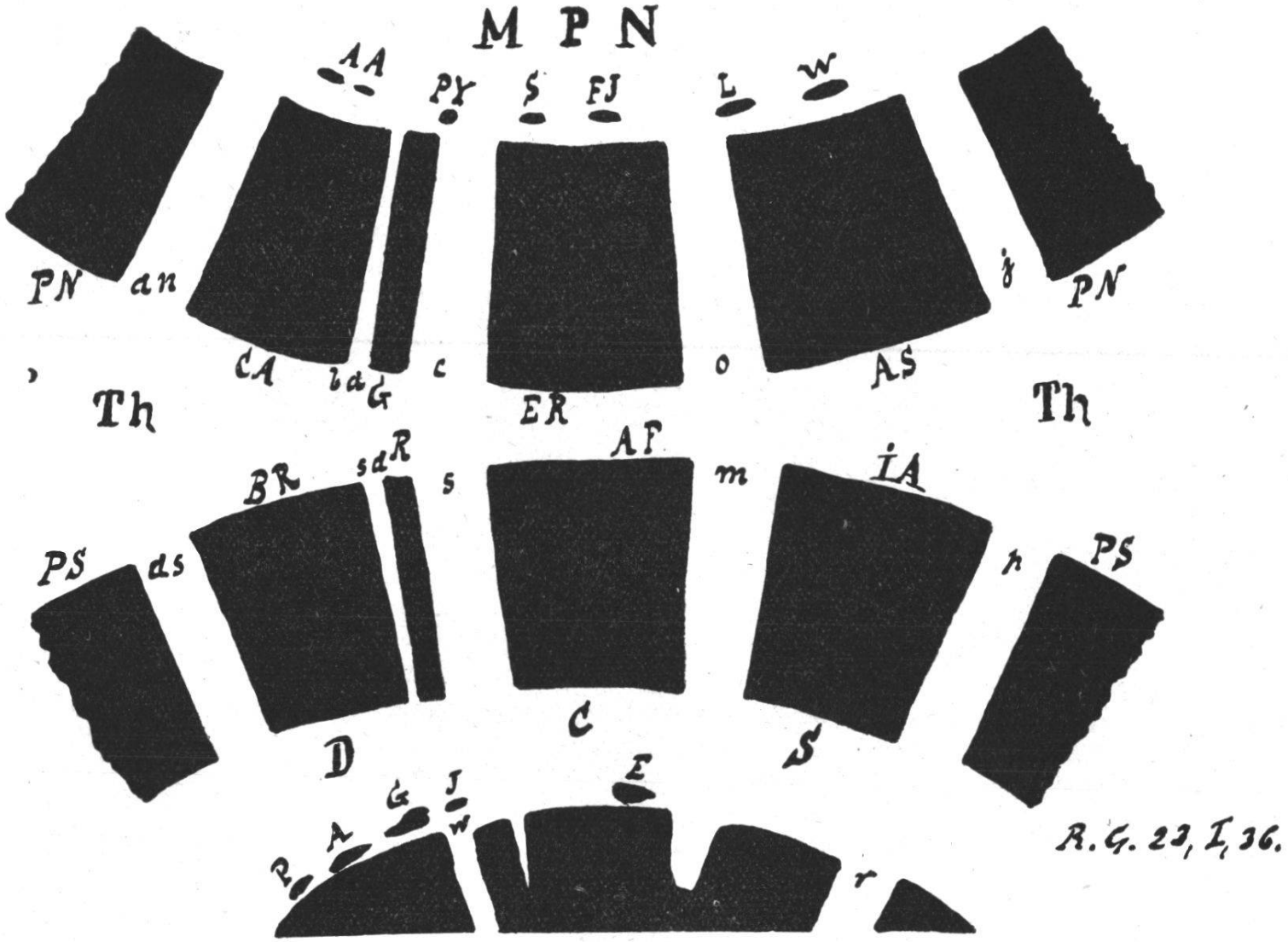

Fig. 1. — Franges, Archipels, Canaux [Mappemonde déroulée].

Franges : PN, Pacifique nord. — CA, Canada. — G, Groenland. — ER, Europe. — AS, Asie. — PN, Pacifique nord. — PS, Pacifique sud. — BR, Brésil. — R, Seuil atlantique. — AF, Afrique. — IA, Indaustralie. — PS, Pacifique sud.

Archipels : AA, Arch. américain. — PY, T. Peary. — S, Spitzberg. — FJ, T. François-Joseph. — L, Arch. Liakhov. — W, T. Wrangel. — P, I. Pierre Ier. — A, I. Adelaïde. — G, T. de Graham. — J, I. Joinville. — E, T. d'Enderby.

Canaux : an, Can. andin nord. — ba, Can. bafinien.-appalachien — c, Can. calédonide. — o, Can. ouralien. — j, Can. japonais-. — as, Can. andin sud. — sa, Can. est-brésilien. — s, Can. saharide. — m, Can. mozambique. — p, Can. papou. — w, Can.? (mer) de Weddel. — r, Can.? (mer) de Ross.

MPN, Mer polaire nord. — DCS, Déchirure circumpolaire sud. — Th, Thétis.

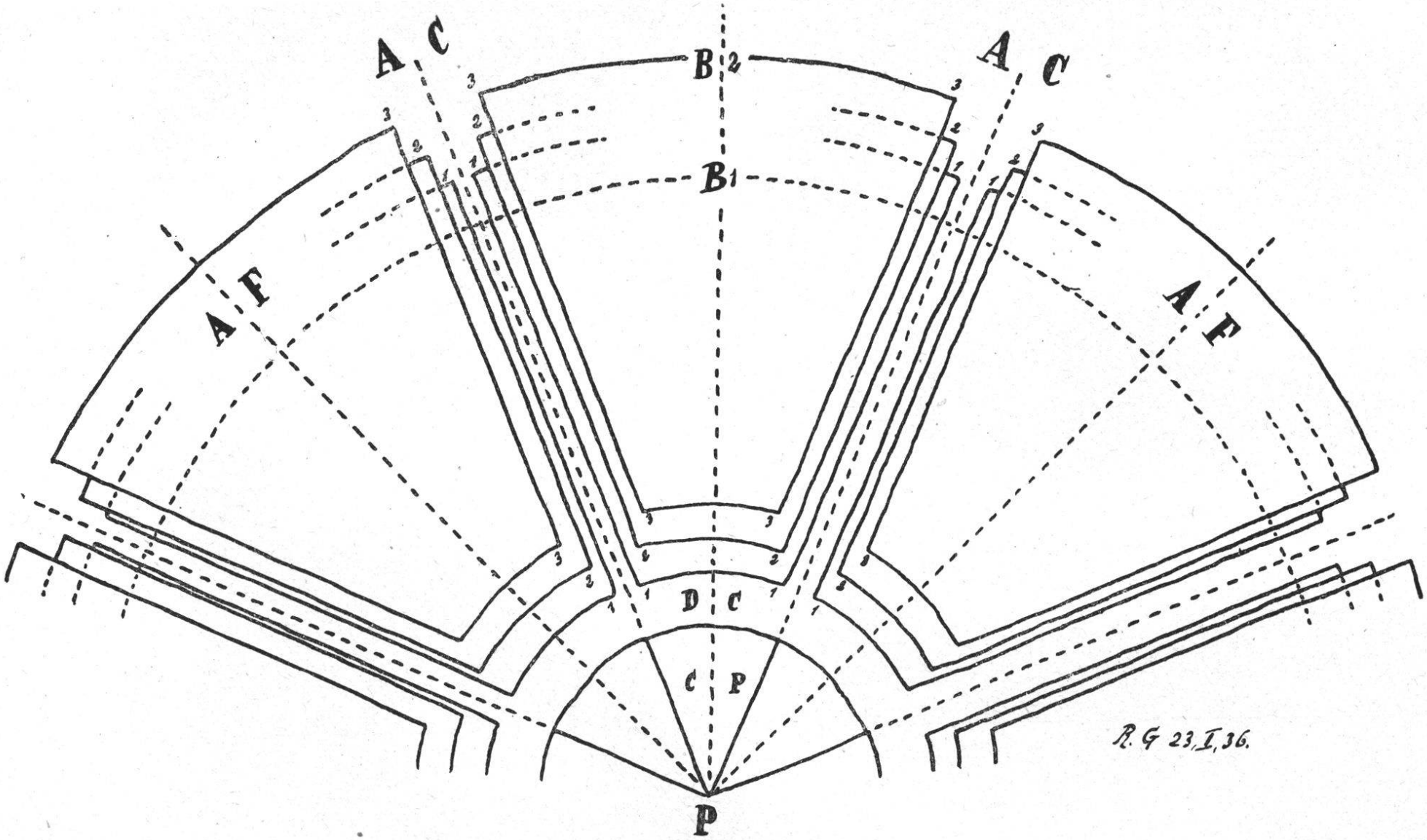

Fig. 2. — Le mécanisme [schéma]

P, Pôle. — CP, Continent (ou archipel) polaire. — DC, Déchirure (mer) circumpolaire. — B^1, Bord d'une calotte, avant toute déformation. — B^2, Idem, après le déchirement et une avancée *(Flucht)*. — AF, Axes de franges continentales (Méridiens). — 1, 2, 3, Positions successives des bords de ces franges, quand ces bords s'écartent, dans une avancée. — 3, 2, 1, Idem, quand ils se rapprochent, dans un recul *(Drift)*. — AC, Axes des canaux et des chaînes qui naîtront de leur resserrement (Méridiens).

Séance du 14 février 1936.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

1. M. R. Anthony, professeur Paris : *Les principes et les grandes lignes d'une théorie dentaire des Mammifères.*

De toutes les théories dentaires existantes ayant pour objectif de rendre compte de la constitution et de l'évolution morphologiques des molaires, le trituberculisme américain est de beaucoup la plus suivie. Les paléontologistes l'acceptent, beaucoup de zoologistes l'ont également adoptée peu à peu.

Il se caractérise :

Io Par sa tendance d'esprit. Au moins sous sa forme actuelle (néotributerculisme de M. W. K. Gregory), il prétend être essentiellement et exclusivement phylogénique, c'est-à-dire qu'il pose un type dentaire originel *réel*, et, s'attache à reconstituer, à partir de ce type, l'évolution dentaire, non pas telle qu'elle aurait pu se faire, mais *telle qu'elle s'est faite réellement*. Il se défend de poursuivre tout autre but que celui-ci notamment d'essayer de rendre compte du mécanisme de cette évolution.

Les trituberculistes actuels sont donc essentiellement des *réalistes*, et ils le sont d'une manière absolue. Tout dans leurs exposés, dans leur façon de s'exprimer, dans leur manière de discuter, dans les objections qu'ils soulèvent, montre aussi clairement qu'on peut le souhaiter qu'ils visent expressément à atteindre le *réel* et n'ont pas d'autre but. Cette idée directrice est d'ailleurs celle des paléontologistes en général, et certains l'ont proclamé en des termes dont il est bon de se souvenir. Grâce aux découvertes paléontologiques, a dit autrefois Gaudry, l'histoire naturelle devient de l'histoire dans le sens propre du mot. L'évolution paléontologique doit devenir, a dit, d'autre part, Ch. Dépéret, l'histoire de ce qui s'est passé, et non pas de ce qui aurait pu se passer dans les temps anciens. Et, pour W. D. Mathew, l'un de ceux qui ont le plus contribué à répandre le trituberculisme, l'évolution n'est pas plus une théorie pour celui qui a récolté et étudié des fossiles que la ville de New-York en est une pour celui qui y habite

2o Par son contenu. Pour le trituberculisme, sous quelque forme qu'on l'envisage, ancienne ou actuelle, toutes les molaires

mammaliennes dérivent d'une forme primitivement triangulaire et trituberculaire.

Nous rejetons la théorie trituberculaire pour un ensemble de raisons. Tout d'abord, ce n'est pas une théroie. Une théorie est une synthèse qui, utilisant toutes les données qu'on possède sur un certain sujet à un certain moment, essaie de les systématiser, c'est-à-dire de les faire entrer dans la forme de notre entendement, en d'autres termes d'en donner une explication logique et par conséquent causale, puisque la forme de notre entendement est essentiellement la causalité.

Le neotrituberculisme ne peut pas être une théroie, puisqu'il n'est pas dirigé dans le sens explicatif.

Et serait-il une théroie que ce serait une théorie défectueuse; il n'utilise pas, en effet, tous les faits connus ou directement possibles à connaître, il est par exemple hors de doute qu'il tient un compte manifestement insuffisant, pour ne pas dire qu'il ne tient pas compte du tout, des données de l'embryologie.

Envisagé dans ses conclusions, c'est-à-dire dans ses résultats il ne présente pas non plus les garanties d'une bonne théorie; il lui est, par exemple, impossible de faire entrer dans son cadre la plupart des formes dentaires mammaliennes, celles des Multituberculés, des Proboscidiens, des Rongeurs et des Ongulés dans leur ensemble, pour ne point citer d'autres groupes.

En se proclamant essentiellement et exclusivement phylogénique, le trituberculisme actuel s'interdit au surplus d'être une théorie. Car une théorie ne se donne pas pour but d'aboutir au réel, elle s'efforce simplement de mettre en lumière le possible et le probable, pour ainsi servir de guide aux futures investigations.

Reste donc au trituberculisme d'être ce qu'il veut être, un essai de la reconstitution de l'évolution dentaire telle qu'elle s'est faite au cours des temps.

Il ne saurait y parvenir... En effet:

Tenter de reconstituer l'évolution réelle d'un organe, conduit nécessairement à établir des phylogénies d'organismes, car il va de soi qu'on ne peut concevoir qu'un animal *A* descende d'un animal *B* par les dents, d'un animal *C* par les extrémités, d'un animal *D* par le cerveau, etc. etc....

Mais, il est manifeste que toutes les phylogénies d'organismes que l'on peut tenter manquent de fondement.

Tout d'abord, à cause des lacunes de nos connaissances paléontologiques qui nous défendent de considérer comme criterium de l'âge réel d'une forme ou d'une disposition morphologique quelconques les données de la chronologie: nous ne connaissons en effet qu'un très petit nombre des organismes disparus; et des organismes disparus dont l'existence nous est révélée, ce que nous connaissons est justement ce qui peut le moins nous renseigner sur leurs affinités, les os et les dents par exemple pour les Mammifères, partie somatiques particulièrement modifiables sous l'action des causes susceptibles d'intervenir.

De plus, il est banal de dire qu'on constate, dans tous les groupes animaux, aux époques même les plus anciennes, des dispositions anatomiques qui paraissent marquées au sceau d'une longue évolution, alors qu'aux époques les plus récentes existent encore des formes manifestement archaïques c'est-à-dire semblant peu évoluées.

Enfin, même si notre documentation paléontologique ne comportait pas de lacunes, même si les choses se présentaient de cette manière simple à savoir que les formes les plus anciennes soient toujours moins évoluées que les formes plus récentes, il n'en resterait pas moins que les phylogénies, c'est-à-dire les descendances *réelles*, sont et demeureront toujours du domaine de l'inconnaissable. La descendance réelle d'un organisme est un fait — un fait ne s'établit que par les sens. Comme il s'agit ici d'un fait révolu, il ne s'aurait s'établir pour nous que par des témoignages. — Or, comme il est clair qu'ici il ne saurait être question de témoignages, il est donc vain de tenter d'établir des phylogénies en les présentant comme réelles.

Si l'on supposait par impossible que tout ce que je viens de dire ne soit pas, le trituberculisme ne serait pas encore en mesure de résoudre le problème de l'évolution dentaire. A sa base est en effet une idée préconçue qui est une erreur capitale, à savoir que le caractère essentiel de l'Évolution morphologique est de se poursuivre du simple au complexe. Lorsqu'il s'agit pour lui de fixer le type originel de la molaire mammalienne, nous le voyons en effet s'arrêter aux dents les plus simples des Mammifères les

plus anciens en laissant systématiquement de côté les formes dentaires plus complexes de Mammifères aussi anciens, sinon encore plus anciens que ceux sur lesquels il a fixé son choix. Or, d'après ce que nous constatons, l'évolution du simple au complexe est un processus beaucoup plur rare que l'évolution du complexe au simple.

Cet ensemble de raisons logiques devrait suffire à faire rejeter immédiatement et à prirori le trituberculisme ; mais on peut démontrer aussi que ce tableau qu'il nous propose de l'évolution dentaire est exactement l'opposé de celui auquel conduit une analyse rigoureuse des faits.

La forme dentaire triangulaire et trituberculaire se rencontre non seulement à l'époque secondaire où elle a peut-être été très fréquente sans cependant être exclusive, mais à toutes les époques, y compris l'époque actuelle. Et partout où on la rencontre, elle se montre une forme dérivée, seondaire, une forme de simplification, en d'autres termes, régressive.

Tantôt, elle est liée à l'adaptation au régime carnassier. Tantôt, elle résulte de la régression normale que subit, chez beaucoup de Mammifères, surtout ceux de type ancien, la série dentaire supérieure d'avant en arrière ; c'est toujours alors la partie postéro-interne de la dent qui tend à s'effacer. Et dans l'un et l'autre de ces deux cas, la forme triangulaire et l'aspect trituberculaire sont toujours d'autant plus marqués que le volume de la dent est plus petit. Jamais la borne triangulaire et trituberculaire ne se présente comme un archétype dont on puisse, si ce n'est arbitrairement, faire dériver les autres formes dentaires.

* * *

La théorie dentaire que nous proposons de substituer au trituberculisme a eu pour point de départ des vues de *Forsyth Major* qui, se basant sur l'existence des multituberculés mesozoïques avait émis, autrefois, l'idée que le type originel de la molaire mammalienne devait être conçu comme étant à tubercules nombreux, et, à qui n'avait point échappé non plus l'importance des tubercules intermédiaires des molaires supérieures dont, tout à l'heure, on vous parlera. Elle résulte de réflexions poursuivies depuis plus de vingt ans. J'avais indiqué ce sujet d'étude à Mlle *M. Friant* qui lui

a consacré sa thèse de doctorat ès-sciences. Par les recherches qu'elle a faites alors, de même que par celles quelle a faites dans la suite, elle a fourni la presque totalité de la documentation originale sur laquelle notre conception s'appuie.

Ce à quoi nous nous sommes surtout attachés, ç'a été de construire, ce qui me semble ne pas avoir été tenté jusqu'ici, une véritable théorie dentaire conformément à la définition de la théorie scientifique en général. Nous avons donc rejeté le point de vue *phylogénique réel* que nous estimons étranger à la science, et, nous avons essayé d'aboutir à une synthèse, c'est-à-dire à une systématisation, de toutes les données positives existantes ou susceptibles d'être recueillies sur la morphologie dentaire mammalienne.

Une systématisation doit être logique ; et pour être logique elle doit nécessairement avoir à sa base la recherche des causes possibles des faits. Dans la domaine de la morphologie animale ou végétale, une théorie, en d'autres termes une systématisation logique, ne peut se fonder que sur la détermination préalable de ce qu'il convient d'appeler les caractères fondamentaux, lesquels sont évidemment ceux dont les causes possibles s'accusent les plus générales.

De l'ensemble des faits de la morphologie dentaire, il se dégage nettement que le caractère fondamental de la molaire mammalienne est de présenter trois rangées longitudinales externe-intermédiaire-interne de tubercules pour les molaires supérieures et 2 rangées seulement (externe et interne) pour les molaires inférieures, ce qui peut s'exprimer par la simple formule $\frac{III}{II}$. Par tout où ce caractère se montre indiscernable, il est en effet facile d'y ramener toutes les dispositions observées même les plus éloignées en apparence et jusqu'à un certain point de se rendre compte du mécanisme possible de ces variations.

D'autre part, tout aussi nous conduit à penser que ce caractère $\frac{III}{II}$ est également le caractère archaïque et primitif de la molaire mammalienne. On le constate d'abord chez les Mammifères mésozoiques les plus anciens connus, les Multituberculés du Trias supérieur. Sa présence est aussi la règle au début du tertiaire, à la base de tous les grands groupes mammaliens auxquels nos

Mammifères actuels se rattachent. Là, le nombre des tubercules qui était variable chez les Multituberculés mésozoïques s'est fixé à 2 par rangée, ce qui s'exprime par la formule précise $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$. Mlle M. Friant a montré que ce type de molaire caractéristique du début du tertiaire s'observe encore quelquefois à l'époque actuelle dans des groupes que par l'ensemble de leurs caractères, on s'accorde à considérer comme archaïques.

Les Mammifères sont fondamentalement caractérisés, au point de vue qui nous occupe, par la très grande variété de mouvements de la mâchoire inférieure dans le plan horizontal. C'est surtout suivant le sens prédominant, bilatéral ou antéro-postérieur de ces mouvements ou par leur perte progressive que s'est différencié au cours du temps, en partant du type $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$, la molaire mammalienne dont nous avons pu ainsi distinguer quatre types fonctionnels, *parabunodonte-bélodonte-toechodonte-sectorial.*

Le type *parabunodonte* répond à une égalité sensible des mouvements de la mandibule dans tous les sens du plan horizontal. Il est caractérisé par ce fait que les vallées qui séparent les tubercules sont sensiblement d'égale profondeur. C'est celui des formes mammaliennes du début de Tertiaire, répondant à la formule $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$. Il persiste chez les Insectivores et les Primates. Seuls quelques Insectivores sont évolués, sans doute de très bonne heure, avant le début des temps tertiaires, dans le sens du type sectorial, et, quelques formes terminales de Primates ont passé à la toechodontie après la disparition des tubercules intermédiaires des molaires supérieures.

Le type *bélodonte* répond à la prédominance des mouvements horizontaux dans le sens bilatéral. Il est caractérisé par ce fait que les vallées longitudinales sont plus profondes que les vallées transversales ; en dautres termes, les dents bélodontes se montrent constituées de crêtes longitudinales. Dans le type bélodonte qui est essentiellement celui des Ruminants où les tubercules intermédiaires des molaires supérieures ont disparu ; chez les bélodontes les molaires supérieures sont sensiblement plus larges que les inférieures.

Le type *toechodonte* répond à la prédominance des mouvements horizontaux dans le sens antéro-postérieur. Il est caractérisé par ce fait que les vallées transversales sont plus profondes que les vallées longitudinales ; en d'autres termes, les dents toechodontes se montrent constituées de crêtes transversales. Le type toechodonte est caractéristique d'un grand nombre de groupes mammaliens. Il se constitue secondairement, comme nous l'avons vu, aux dépens du type parabunodonte chez certaines formes terminales de Primates, certains grands Lémuriens pleistocène de Madagascar et les Cynocéphales actuels ; de même, aux dépens, peut être, d'un type bélodonte passager, après disparition des tubercules intermédiaires des molaires supérieures, chez les Suidés, les Hippopotamidés, les Proboscidiens et les Oryctéropes. Par contre, la toechodontie est certainement primitive chez les Périssodactyles et les Rongeurs où les tubercules intermédiaires entrent, aux molaires supérieures, dans la constitution des crêtes transversales. Par opposition au type belodonte, le type toechodonte comporte la tendance à l'égalité des surfaces triturantes des dents jugales des deux mâchoires.

Le type *sectorial* enfin répond à la perte des mouvements de la mandibule dans le plan horizontal ; c'est essentiellement un type de simplification secondaire, en d'autres termes, un type régressif. Il en existe deux variétés :

Dans la première de ces variétés représentée dans la nature actuelle par l'ensemble des *Centetoidea* Insectivores carnassiers (*Potamogale*, *Centetes*, *Solenodon*, etc....) les molaires ne sont diminuées ni de nombre ni de dimensions, mais seulement quant à leur forme et quant à leurs éléments constitutifs : les molaires supérieures ont acquis une forme triangulaire, soit par la disparition du tubercule postéro-interne, soit par la diminution de volume et le rapprochement de deux tubercules internes ; les molaires inférieures se montrent constituées des deux parties, une partie triangulaire antérieure s'engrenant avec les molaires supérieures, et un talon surbaissé postéro-externe qui peut s'atténuer jusqu'à disparaître complètement.

Dans la seconde variété représentée par nos Carnivores actuels, les molaires sont diminuées non seulement quant à leur forme et quant à leurs éléments constitutifs, mais aussi de nombre le

plus souvent même de taille. Sauf chez les formes ayant subi des adaptations secondaires, elles sont de forme triangulaire.

Tout nous oblige donc à considérer que le type dentaire triangulaire et trituberculaire, de même que le type triconodonte, constatés chez un grand nombre de Mammifères mézosoïques, loin d'être des types originels, doivent être interprétés comme des types secondairement simplifiés c'est-à-dire régressifs en rapport avec l'adaptation à un régime carnassier; la très grande simplicité dentaire des trituberculaires et des triconodontes mésozoïques est certainement en rapport aussi avec leur taille extrêmement réduite. A cet égard, l'exemple de l'*Hemicentetes* est caractéristique: ce Tanrec actuel de petite taille réalise exactement à sa machoire supérieure le type dentaire trituberculaire parfait et à sa machoire inférieure le type triconodonte également parfait.

Vous m'excuserez, Messieurs, d'avoir essayé de vous esquisser en si peu de mots les grandes lignes d'une question aussi complexe que celle de la systématisation et de l'évolution de la dentition mammalienne et de vous exposer la manière dont nous la comprenons. Mais, Mlle Friant, en vous rendant compte tout à l'heure des principaux résultats des recherches qu'elle a jusqu'ici poursuivies dans les divers groupes mammaliens va vous apporter quelques-uns des arguments précis que vous attendez.

Pour le moment, je vous demande simplement de vous souvenir de ceci:

Nous nous sommes efforcés d'édifier une vraie théorie possédant les caractères que toute théorie scientifique doit avoir.

Pour atteindre ce but, nous nous sommes soigneusement attachés à tenir compte de tous les faits connus ou possibles à connaître, non seulement des faits paléontologiques, dans la mesure qui convient, des données de la chronologie, mais aussi, en les interprétant dans le sens fonctionnel, des faits anatomiques et surtout embryologiques, dont les trituberculistes n'ont pour ainsi dire jamais fait état: toutes nos conclusions particulières, aussi bien en ce qui concerne les formes fossiles qu'en ce qui concerne les formes actuelles sont basées sur l'étude des dents vierges, c'est-à-dire avant toute abrasion.

Et si vous voulez bien examiner tout à l'heure le résultat auquel nous sommes jusqu'ici parvenus, vous vous rendrez facilement

compte, je crois, de ce qu'aucun groupe mammalien ne peut rester en dehors de notre synthèse.

C'est là qu'est en quelque sorte la pierre de touche qui permet de reconnaître a posteriori qu'une théorie mérite d'être appelée une théorie.

N'oublions pas que le trituberculisme a toujours été obligé de laisser en dehors de son cadre la plupart des groupes mammaliens actuels.

---

2. Mlle Friant, Paris: *Exposé de recherches sur l'évolution de la dentition des Mammifères placentaires à partir du début des temps tertiaires.*

On vient de vous rappeler que, lorsqu'on examine les molaires des Mammifères euthériens commençant, au début des temps tertiaires, les divers grands groupes (Condylarthres, Créodontes, Insectivores, Primates, Rongeurs), on observe qu'elles présentent toutes le même type fondamental, à savoir trois rangées longitudinales (externe, intermédiaire, interne) de deux tubercules au maxillaire supérieure et deux rangées seulement (externe, interne) au maxillaire inférieur $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$. Les deux tubercules intermédiaires des molaires supérieures alternent, en général vers l'avant avec les tubercules externes et internes (sauf chez certains Rongeurs primitifs); de plus, ils sont souvent un peu réduits de taille.

Je vais vous exposer maintenant les principaux résultats des recherches que j'ai faites, en ces dernières années, sur l'évolution dentaire de quelques groupes mammaliens.

I° INSECTIVORES.

a Erinaceidés.

On s'accorde à considérer que les Erinaceidés sont, à tous les égards, les plus archaïques des Insectivores. Au point de vue de la molaire, on constate que le type fondamental et primitif $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$ parabunodonte s'observe intégralement chez le *Galerix* et le *Pseu-*

dogalerix du Miocène d'Europe. L'évolution se fait, ici, par disparition, d'abord du tubercule intermédiaire antérieur (*Necrogymnurus* de l'Oligocène inférieur, *Erinaceus* de l'Eocène supérieur à l'Actuel dans l'Ancien Monde), puis de l'intermédiaire postérieur (*Palerinaceus* de l'Oligocène et du Miocène d'Europe).

Les formes les plus évoluées au point de vue dentaire, n'ont donc plus que quatre tubercules aux molaires supérieures comme aux inférieures ; mais ces dents restent parabunodontes. Il ne faut point oublier que certains Erinacéidès, dont l'évolution a été très rapide, ont disparu de très bonne heure, alors que d'autres restés très pirmitifs, comme le *Gymnura*, ont persisté jusqu'à l'époque actuelle.

β Substitution du type dentaire toechodonte au type bélodonte au cours de l'évolution ontogénique des Macroscélidés.

Chez les Macroscélidés exclusivement actuels et africains le type dentaire supérieur fondamental et primitif III (2) s'observe à Mt [4], mais les tubercules intermédiaires tendent, de plus en plus, à s'aligner avec les tubercules internes *(Petrodromus) ;* ils disparaissent chez le *Rhynchocyon*. Il résulte de cette évolution une véritable bélodontie comparable à celle des Ruminants.

Les molaires définitives des Macroscelidés sont au contraire toechodontes. On doit en conclure que le sens prédominant des mouvements de la mandibule dans le plan horizontal diffère ici chez le jeune et chez l'adulte.

II° PRIMATES

Primates primitifs (Tarsiidés-Adapidés) de l'Ancien Monde.

1. *Tarsioïdea :* Les *Tarsioïdea* ne comportent qu'une seule famille les Tarsiidés qui n'ont de représentants qu'à l'Eocène et à l'époque actuelle *(Tarsius)*. Les Tarsiidés se divisent en deux groupes.

1° Chez les **Nécrolémurinés,** exclusivement de l'Ancien Monde et dont la lignée est éteinte, l'évolution de la molaire supérieure se poursuit par multiplication des tubercules intermédiaires qui, au nombre de deux seulement, conformément à l'archétype, chez

le *Necrolemur Zitteli* St. (Lutétien), sont au nombre de trois chez le *Necrolemur antiquus* Filhol (Bartonien) par subdivision de l'intermédiaire postérieur, et plus nombreux encore chez le *Microchoerus ornatus* St. (Ludien supérieur) où les deux tubercules intermédiaires se subdivisent.

2° Chez les **Tarsiinés** (Ancien et Nouveau Monde), l'évolution de la molaire supérieure est toute différente: le tubercule postéro-interne a regressé; les tubercules intermédiaires s'effacent légèrement ensuite, restant encore visibles même chez le *Tarsius* actuel où l'examen des dents jeunes permet de les discerner.

2) Lemuroidea: L'évolution de la molaire se poursuit chez les Adapidés et les Plésiadapidés (groupes éteints de *Lemuroidea* eocènes) de la même manière que chez les Tarsiinés.

Il faut noter que, parmi les *hemoroïdea* actuels, tous les Indrisidés *(Indris-Propithecus-Avahi)* ont conservé le type molaire archaïque supérieur III (2); la rangée moyenne quoique très réduite est bien visible sur la dent vierge; mais elle est rapidement abrosée par la mastication.

III° RONGEURS

Le type dentaire primitif chez les Rongeurs et les premiers stades de son évolution *(Paramys-Pseudosciurus-Sciuroides-Ischyromys)*.

Les trituberculistes qui ont toujours prétendu que la molaire du *Paramys*, le plus ancien des rongeurs connus, était tritubercu-laire n'avaient , en fait, jamais vu cette molaire qu'à l'état abrasé. Ayant étudié, à Londres, la dentition vierge du *Paramys delicatior* Leidy de l'Eocène moyen nord-américain, j'ai pu me rendre compte que sa molaire supérieure était exactement du type III (2), parabunodonte.

Il en est de même chez le *Pseudosciurus* de l'Eocène et de l'Oligocène européen.

La constitution des crêtes transversales si caractéristiques des Rongeurs se comprend par l'étude des *Sciuroidès* (Eocène et Oligocène d'Europe). On voit, ici, se constituer deux crêtes par union transversale des tubercules externes aux tubercules inter-

médiaires correspondants, les tubercules internes restant encore libres (*Sciuroides Rutimeyeri* Pictet).

Chez l'*Ischyromys* (Oligocène nord-américain), on obeserve, en plus des deux crêtes primitives (où les tubercules constitutifs ne sont plus discernables,) deux nouvelles crêtes, l'une antérieure, l'autre postérieure, qui se forment aux dépens du cingulum et permettent, dans une certaine mesure, de comprendre la constitution des molaires particulièrement complexes de certains autres Rongeurs:

Il ressort de cette étude que les Rongeurs sont des toechodontes typiques et que chez eux s'établit, directement, à partir du type $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$ parabunodonte archaïque, sans disparition préalable des tubercules intermédiaires aux molaires supérieures, contrairement à ce que l'on observe chez les Proboscidiens.

Le *Pteromys xanthipes* A. M. Edw. actuel (de la famille des Sciuridès) présente encore dans toute sa netteté le type archaïque $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$.

IVo LES PROBOSCIDIENS

Evolution morphologique dentaire.

Les Proboscidiens ne sont pas connus au delà de l'Eocène supérieur (gisement de Fayum, en Egypte). Chez leur forme la plus ancienne *(Moeritherium)*, il n'existe que deux rangées longitudinales de deux tubercules unis de telle manière que s'indique déjà une tendance à la formation de crêtes transversales. Les tubercules intermédiaires ont donc déjà disparu. Cette légère toechodontie (disposition en crêtes transversales), visible chez le *Moeritherium*, a certainement été précédée d'un stade bélodonte dont l'indication nous est donnée par le sillon médio-longitudinal persistant aux molaires des Mastodontes et dont la trace se voit encore à la face intra-pulpaire des molaires des Eléphants actuels.

L'évolution se poursuit par l'accentuation de la toechodontie, la formation, dans la vallée longitudinale, aussi bien aux molaires inférieures qu'aux supérieures, d'une série de tubercules intermédiaires nouveaux, flanquant en avant et en arrière les crêtes trans-

versales, et, enfin, par la multiplication de ces dernières qui sont, à la Ire molaire, au nombre de deux chez le *Moeritherium*, de deux avec un début de troisième crête chez le *Palaeomastodon*, de trois chez les *Tetrabelodon* du sous-genre *Trilophodon*, de quatre chez les *Tetrabelodon* du sous-genre *Tetralophodon*. Cette évolution numérique se poursuit chez les Stégodontes et les Eléphants où le nombre des lames peut atteindre vingt et plus au niveau de la dernière molaire de l'*Elephas primigenius* Blum (Pléistocène). Il faut signaler que les crêtes transversales, originellement bicuspidées, se décomposent, chez les Eléphants, en un grand nombre de tubercules.

V° ONGULÉS ARTIODACTYLES

Evolution morphologique dentaire.

Les Ongulés artiodactyles sont habituellement divisés en deux séries, celle qui aboutit aux Suidés et aux Hippopotamidés actuels, celle qui aboutit aux Ruminants.

Dans la série qui aboutit aux Suidés et aux Hippopotamidés, l'évolution dentaire se fait exctement de la même manière que chez les Proboscidiens. Chez le palaeochoerus de l'Oligocène supérieur, on constate l'existence du type dentaire archaïque $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$, parabunodonte, avec léger décalement antérieur, comme chez les Erinacéidés parmi les Insectivores, des tubercules intermédiaires. Chez le *Cebochoerus*, de l'Eocène supérieur, le tubercule *intermédiaire postérieur est absent*. Chez toutes les autres formes, il ne reste plus que les tubercules externes et internes qui s'alignent en rangées transversales (tœchodontie). De plus, il se forme, comme chez les Proboscidiens, une série de tubercules intermédiaires de nouvelle constitution et, chez les formes les plus évoluées comme le *Phacochoerus* actuel, le nombre des crêtes transversales se multiplie. Ainsi se trouve pouvoir être interprétée la molaire du *Phacochoerus* que la théorie trituberculaire a toujours tenue pour inexplicable.

Dans la série qui aboutit aux Ruminants, la disparition des tubercules intermédiaires qui ne paraissent point avoir été, au début, décalés vers l'avant, comme dans la série précédente, se produit aussi, mais elle débute par la *disparition du tubercule*

intermédiaire antérieur (Cainotherium elongatum Filh., de l'Eocène supérieur). Les tubercules s'alignent ensuite, dans le sens longitudinal (bélodontie) au lieu de s'aligner comme précédemment dans le sens transversal (toechodontie). Dans cette série, on ne voit pas de multiplication des tubercules ; le seul tubercule surajouté est un tubercule cingulaire, interne aux molaires supérieures, externe aux molaires inférieures, et dont l'importance est en rapport direct de la taille. Présent chez les grands Bovidés, il est absent chez les Ovidés et est toujours plus réduit chez les petits Cervidés que chez les grands.

VI° ONGULÉS PÉRISSODACTYLES

Les Ongulés périssodactyles débutent, à l'Eocène inférieur, en Europe, par l'*Hyracotherium* et, en Amérique par l'*Eohippus ;* ces deux formes sont très semblables, répondant toutes les deux au type $\frac{\text{III (2)}}{\text{II (2)}}$ mais, alors que l'*Hyracotherium* est franchement parabunodonte, l'*Eohippus* présente déjà une tendance à la toechodontie.

Cette toechodontie s'observe très développée dans un certain nombre de Périssodactyles ultérieurs, par exemple, chez les Tapiridés et les Rhinocéridés, où, en plus, il y a réunion précoce, aux molaires supérieures, des deux tubercules externes. Elle s'observe à l'état de traces chez les Equidés devenus secondairement bélodontes.

Mais ce qui caractérise avant tout l'évolution dentaire des Périssodactyles, c'est que, comme chez les Rongeurs, et contrairement à ce qu'on observe chez les Proboscidiens et les Artiodactyles les tubercules intermédiaires ne disparaissent pas ; on les voit, au contraire, augmenter de volume, par exemple chez les *Merychippus* (Miocène) par comparaison avec l'*Eohippus*. Dans les molaires supérieures bélodontes du cheval, qui ressemblent étrangement à des molaires de Ruminants, les deux séries principales de tubercules ne sont pas, comme chez les Ruminants, l'externe et l'interne, l'intermédiaire ayant disparu, mais l'externe et l'intermédiaire, le tubercule isolé et interne étant l'interne antérieur ; quant à l'interne postérieur, contrairement à ce que voudrait la

théorie trituberculaire, on constate qu'il est en voie de régression devenant en quelque sorte, une dépendance de l'intermédiaire postérieur.

Cette constatation éloigne considérablement (et j'estime que c'est là une conclusion de très grande importance) les Ongulés périssodactyles des Ongulés artiodactyles qui s'éloignent encore non moins considérablement, comme l'ont montré dans leurs études sur le cerveau des Ongulés R. Anthony et J. de Grzybowski par le mode différent d'operculisation de leur neopallium.

VII° TUBULIDENTATA

Les dents jugales (molaires et prémolaires) des Oryctéropes, qu'on ne voit, chez l'adulte, qu'à l'état d'abrasion, présentent chez le jeune, deux tubercules l'un antérieur, l'autre postérieur, très nettement visibles ; ces deux tubercules se montrent, en outre, comme résultant, en réalité, de quatre tubercules, deux externes et deux internes, qui se sont réunis deux à deux transversalement, au cours du développement, ainsi qu'il est visible a M^2. Ce fait permet de supposer que les ancêtres de l'Oryctérope devaient posséder au niveau de leurs dents jugales quatre tubercules se réunissant d'abord deux à deux, transversalement (toechodontie).

Or, des découvertes paléontologiques toutes récentes ont justement fait connaître un fragment de mâchoire inférieure du début de l'Eocène nord-américain qu'on a attribué à un Oryctéropidé *Tubulodon Taylori* Jepsen, et qui présentait nettement au niveau de ses dents jugales cette disposition des cuspides en deux rangées transversales que l'embryologie faisait prévoir.

Les professeur Kälin, de l'Université de Fribourg et, Bluntschli de l'Université de Berne, ont soutenu la discussion.

Séance du 27 février 1936.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

J. Rapin, prof, Grangeneuve : *Maladies virulentes de la pomme de terre.*

L'auteur n'a pas fourni de manuscrit.

Séance du 19 mars 1936.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Ed. Delley, ingénieur: *Le bois, carburant national.*

La Suisse est tributaire de l'étranger pour la totalité de son ravitaillement en essence. Cela présente de graves inconvénients, au point de vue économique et au point de vue stratégique. Au point de vue économique, cet état de chose rend défavorable notre balance commerciale, car les quantités d'essence importées — 208 000 tonnes en 1935 et 220 000 tonnes en 1934 — représentent une sortie de numéraire de près de 21 000 000 de fr. pour 1935 et 23 000 000 fr. pour 1934. Au point de vue stratégique, il fait dépendre, en cas de guerre, notre existence nationale du bon vouloir des trusts pétroliers et des pays de transit. Qu'on imagine la catastrophe que serait pour notre pays et pour notre armée, la privation soudaine de carburant. Leurs moteurs privés d'aliment, les véhicules automobiles seraient bons à mettre à la ferraille. Avions, ni camions ne marcheraient plus; et, pour les transports proprement dits, les chevaux seraient loin de pouvoir suffire à la tâche que leur légueraient les engins mécaniques en panne définitive. Ce serait la fin à brève échéance.

Lorsque, au cours de la guerre 1914-1918, la plupart des pays belligérants commencèrent à avoir des difficultés de se procurer les quantités d'essence nécessaires à la propulsion de leurs véhicules à moteurs, et, lorsque, au même moment leurs armées se trouvèrent dans l'absolue nécessité de motoriser leurs services d'étapes en vue de consolider leurs fronts de combat, divers pays chargèrent leurs laboratoires et leurs industries de trouver des carburants de remplacement. L'Angleterre et l'Allemagne fabriquèrent de l'essence synthétique par hydrogénation du charbon; la France et l'Italie construisirent des véhicules à gazogènes dans lesquels étaient traités des combustibles solides comme la houille, le lignite, le charbon de bois. La Suisse se mit à construire des moteurs à acétylène qui équipèrent des voitures privées et des voitures appartenant à l'armée. Mais vers la fin de l'année 1918, par suite des entraves apportées aux importations de charbon, le Département fédéral de l'Economie publique ordonnait la mainmise sur toutes les provisions de charbon des usines suisses, y

compris des usines de carbure de calcium, ce qui portait une très sérieuse atteinte à la fabrication de ce carburant de remplacement.

Depuis lors, tous les pays ont cherché à consolider leur indépendance vis-à-vis de l'étranger: l'Angleterre et l'Allemagne en s'attaquant plus âprement que jamais à la fabrication d'essence synthétique à partir du charbon de houille; l'Autriche, la France, l'Allemagne, l'Italie surtout, en intensifiant l'utilisation du bois et du charbon de bois pour l'alimentation de leurs moteurs. Aux Etats-Unis d'Amérique, — qui à eux-seuls contrôlent 60 % de la production mondiale de pétrole — on travaille intensément, dans les Laboratoires de la Marine, à la création d'un supercarburant, mélange d'hydrocarbures et d'alcool, destiné à la propulsion de puissantes machines à très grands rayons d'action.

Mais, chez nous, en Suisse, chose surprenante, on dirait que des efforts en vue d'améliorer notre situation économique et consolider notre indépendance vis-à-vis de l'étranger, n'ont pas la même importance que pour les autres pays. La pénurie de charbon dont nous avions souffert pendant la guerre avait favorisé le développement de la force hydro-électrique, sans que notre attention fût attirée dans une autre direction. On électrifia nos chemins de fer; mais on ne tint pas compte du fait qu'à côté du trafic sur rails se développait un trafic sur routes motorisé qui mettra bientôt le premier dans une situation des plus critiques. Et nul n'ignore avec quelle surprenante rapidité l'automobile a conquis le monde; combien impérativement elle pousse au progrès; comment, dans bien des cas, elle est à même de travailler d'une façon plus rapide, plus rationnelle et plus économique que le chemin de fer.

Nous avons pourtant les moyens de nous passer, en grande partie du moins, de l'essence étrangère; nous avons le bois de nos forêts pour l'alimentation en carburant de nos moteurs.

Parlant de la forêt française, M. Buffault, conservateur des Eaux et Forêts en retraite et président de la Société d'agriculture de la Gironde, s'exprimait ainsi, il n'y a pas longtemps:

« Il est pour nos bois un débouché peu exploité et qui, pourtant, leur assurerait un écoulement facile et considérable, c'est l'emploi pour les moteurs fixes ou mobiles, de gazogènes à gaz pauvre ou gaz des forêts, c'est-à-dire alimentés par le gaz provenant de la combustion du bois ou du charbon de bois.

« Bois ou charbon, voilà le véritable carburant national, celui qui est intégralement fourni par les forêts de notre territoire, qui ne dépend pas de l'importation, qui provient d'une source inépuisable, parce que la nature la renouvelle sans cesse, au fur et à mesure que l'homme y puise. C'est le précieux carburant en cas de guerre, dont l'ennemi ne peut suspendre le ravitaillement. »

Cette déclaration s'applique aussi bien à la Suisse qu'à la France.

Les forêts recouvrent, en Suisse, une surface de 1 000 000 ha. (23,6 % de la superficie du pays). La production totale de bois de feu s'est élevée à environ 1 500 000 m³ pour l'année 1933. D'après l'Office forestier central de Soleure et dans l'état présent, le 10 % de la production indigène de bois de feu serait disponible pour l'alimentation de moteurs à gazogènes : soit 150 000 m³, auxquels viendraient s'ajouter les déchets d'exploitations industrielles et forestières dont la quantité est extrêmement difficile à estimer, mais pourtant très grande. Si l'on table sur un parcours moyen annuel de 30 000 km. et une consommation de 50 m³ de bois par véhicule à moteur, ce seraient donc 3000 à 4000 camions capables de marcher au bois et non plus à l'essence. L'équipement en gazogènes de ces moteurs permettrait de réduire, immédiatement, de 10 % nos importations actuelles d'essence. Or, le nombre des moteurs à gazogènes s'élève,. en Suisse, à l'heure présente, à 55 unités seulement.

La portée économique que présente, pour notre pays, l'emploi du bois comme carburant pour moteurs ne fait donc aucun doute. Ses avantages ont été discernés, soutenus et défendus, tout d'abord, par M. Aubert, ingénieur forestier et inspecteur d'arrondissement à Nyon. Vers 1922-1923, en effet, M. Aubert se renseigne sur les essais effectués et les performances accomplies en France, pendant et après la guerre, par des véhicules équipés de gazogènes à charbon de bois. Il étudie également les possibilités d'une production de charbon de bois dans son arrondissement forestier. Bien vite convaincu de l'importance de ce nouveau carburant, il équipe un camion, lui appartenant, d'un gazogène à charbon de bois. Des essais sur route ont lieu au cours de l'année 1926 ; ils portent sur trois gazogènes de modèles différents. Ils sont

si concluants que le dit convoi prend part avec son propriétaire, officier d'artillerie, à des cours de répétition où il effectue, avec grand succès, des courses en plaine et en montagne. Mais les milieux officiels ne croient pas devoir s'intéresser à un problème aussi important pour notre économie nationale et c'est l'« Association Suisse des propriétaires de camions » qui, en 1928, prend l'initiative de grouper les personnes et associations qui s'intéressent à la production d'un carburant national pour moteurs. Au cours de l'été 1929 se fonde la « Société suisse pour l'étude des carburants » au sein de laquelle est créée une Commission technique ayant pour tâche l'étude de tous les carburants de remplacement. La dite commission travaille en étroite collaboration avec l'Ecole polytechnique fédérale et avec le Laboratoire fédéral d'essais des matériaux. Sous la direction du professeur Schläpfer, elle procède à des essais de carbonisation du bois et à des expériences de laboratoire où une attention particulière est vouée à l'examen comparé des différents combustibles liquéfiable. A part le charbon de bois et le bois, on expérimente la carbonite (charbon de bois en grain aggloméré en briquettes), la lignine ainsi que l'alcool, au point de vue de leurs valeurs comme carburants pour moteurs. Les essais démontrent irréfutablement que la gazéification directe du bois n'est pas seulement, au point de vue technique, l'égale de la production de gaz au moyen de charbon de bois, mais qu'elle lui est aussi supérieure au point de vue économique. Enfin, avec l'appui financier de la Confédération, la « Société pour l'étude des carburants » fait l'acquisition de deux gazogènes à bois et en équipe deux camions Saurer mis à sa disposition par l'armée. Les résultats de courses et d'essais effectués dans le cadre d'exercices militaires confirment ceux obtenus à l'étranger par des instituts techniques ou des associations professionnelles.

Le bois, traité dans un gazogène, dégage un gaz combustible ou carburant qui constitue avec l'air un mélange détonant capable d'actionner un moteur à explosion.

Chargé de présenter au moteur le carburant sous une forme utilisable, le gazogène remplit la fonction dévolue, sur le moteur à essence ordinaire, au carburateur. Le fonctionnement de ces moteurs à gaz de bois est très satisfaisant. En passant de l'essence au gaz de bois, on enregistre bien, à égalité de cylindrée, une diminu-

tion de puissance due au fait que le pouvoir calorique du gaz de bois est moindre que celui de l'essence. Il ne s'en suit pas que le gaz de bois soit un mauvais carburant. Il présente, lui aussi, ses avantages que les moteurs construits dans ce but spécial ont fort bien mis en valeur. Ces moteurs ne diffèrent des moteurs à essence ordinaires que par un taux de compression plus élevé et par un rendement thermique supérieur. Le procédé est donc bon. Il a, en outre, l'avantage d'être économique. Suivant le combustible employé et le genre de moteur, spécial ou non, dans lequel on l'utilise, et suivant le prix du bois, le prix de revient de la force motrice oscille entre 20 et 50 % de ce qu'il est avec l'emploi de l'essence. Le bois, carburant solide, a, de plus, l'inestimable avantage d'exister en grande quantité chez nous, indépendamment de toute réserve à constituer, autrement dit de toute immobilisation de capitaux. Ses réserves se renouvellent indéfiniment au fur et à mesure que l'homme y puise.

National, donc soustrait à l'importation, économique et de production assurée, offrant des réserves qui peuvent être rendues pratiquement inépuisables, ce carburant est de la plus haute importance pour la Suisse, soit qu'on l'utilise sous sa forme ordinaire, ou sous celle de charbon de bois, soit qu'on l'utilise sous forme d'alcool de bois. Car l'utilisation de mélanges d'alcool déshydraté et de benzine comme carburant est chose courante à l'étranger depuis nombre d'années déjà, et cela, à l'entière satisfaction des usagers de la route — ce qu'on veut trop souvent, à tout prix, ignorer. Les essais effectués et l'usage ont prouvé que, par l'addition allant jusqu'à 50 % d'alcool, les qualités de la benzine ne sont pas amoindries, qu'elles sont, au contraire, améliorées. Les carburants contenant de l'alcool en mélange permettent d'obtenir un rendement plus élevé, un fonctionnement plus doux du moteur, ainsi qu'une meilleure carburation.

La Suisse consomme, à l'heure actuelle, 200 000 à 220 000 tonnes d'essence par an. L'excédent annuel d'alcool de fruits peut atteindre, en moyenne, 50 000 hl. qui, mélangés à l'essence, ne peuvent compenser que de 2 % la consommation totale. Notre indépendance, quant aux carburants, est donc, de ce côté-là, loin d'être réalisée. L'emploi de l'alcool de fruits aurait en somme uniquement pour but la consommation d'un produit indigène

actuellement inutilisé. En temps de guerre, il n'en serait pas de même car la pyrotechnique aurait vite fait d'absorber toutes les réserves accumulées, en temps de paix, par la Confédération. L'utilisation de ce produit comme carburant n'en serait pas moins d'une très grande importance économique.

Mais si l'alcool tiré des fruits est en quantité tout à fait insuffisante pour être mélangée à l'essence, il est une autre source d'alcool bien plus considérable: c'est l'alcool de bois, produit de la saccharification du bois. C'est aujourd'hui l'alcool le meilleur marché. Les grandes quantités de bois de feu de la Suisse, ainsi que les nouvelles méthodes de fabrication de l'alcool, à partir du bois — procédé Scholler et procédé Bergius — font entrevoir d'importantes possibilités dans le ravitaillement de notre pays en carburant. Les préventions suscitées dans certains milieux par l'utilisation de l'alcool de bois auront, très probablement, le même sort que les préventions suscitées, en leur temps et dans d'autres pays, par l'emploi de l'alcool (de fruits, de pommes de terre, etc....); elles ne dureront pas, car elles ne sont pas fondées, au point de vue technique du moins. Et c'est ainsi, que le bois contribuera à diminuer nos importations d'essence sans que les intérêts d'autres branches de l'activité nationale soient lésés de la plus petite façon.

D'après le « Marché des bois », des demandes de concessions, en vue de l'établissement de fabriques d'alcool de bois, ont été soumises à la Régie fédérale des alcools, depuis plusieurs années déjà. La situation actuelle laisse espérer que ces concessions ne seront pas refusées plus longtemps. D'ailleurs, les 21 000 000 de francs de déficit de la dite Régie ont fait sensation dans le pays tout entier, bien plus qu'aux Chambres fédérales. Un pareil coup de fouet, ajoute l'organe de la Société suisse d'économie forestière, est parfois nécessaire pour éveiller l'attention sur certains problèmes qui, au fond, auraient dû être résolus depuis longtemps.

Le bois est un carburant national. Cela ne signifie pas qu'il suffise d'en décréter l'adoption pour que nous soyons ensuite tranquilles. Non. Car l'usage de ce carburant solide est encore limité et son extension se heurte — momentanément d'ailleurs — à des obstacles qu'il faut abattre si l'on veut atteindre un résultat tangible.

Dans l'introduction du gaz de bois comme moyen de propulsion des moteurs d'automobiles, on a d'ailleurs commis l'erreur d'adap-

ter à ce fonctionnement des véhicules existants sans discriminer et sans tenir compte des conditions techniques d'une telle adaptation. Les constructeurs de gazogènes n'ont, de leur côté, pas toujours pris suffisamment d'égards pour les moteurs à alimenter par l'entremise de gazogènes. Quant à l'industrie automobile, en général, elle s'est tenue, au début, à l'écart du problème du gaz de bois, et, partant, de l'adaptation de moteurs à ce nouveau mode de traction, ou du développement de nouveaux moteurs spécialement construits à cet effet. D'autre part, les maisons s'occupant de la construction de gazogènes poussèrent la vente — sans se soucier du perfectionnement, ni des besoins techniques — dans le seul dessein de couvrir rapidement les dépenses importantes encourues pour développer ce nouveau « compartiment » de leur activité. Il s'en suivit que des véhicules, se prêtant d'avance mal à cette transformation, se trouvaient munis de moteurs à gazogènes dans des conditions ne correspondant pas aux nécessités techniques. Par ailleurs, on négligeait, une fois un certain degré d'exploitation atteint, de veiller au développement ultérieur des gazogènes.

Parmi les obstacles techniques à vaincre, il y a la question du gazogène, chargé de présenter au moteur le carburant sous une forme utilisable ; puis celle des épurateurs et refroidisseurs destinés à débarrasser le gaz de la plus grande partie possible des poussières de charbon et de très fines cendres qu'il emporte à sa sortie du générateur ; enfin, celle du moteur. L'aspect et les accessoires de ce dernier sont ceux d'un moteur à essence ordinaire, le carburateur, toutefois, mis à part. La baisse de puissance du moteur, lorsqu'on passe de l'essence au gaz de bois, est due au plus faible pouvoir calorifique de ce dernier. Théoriquement, à égalité de dimensions et de taux de compression, le moteur à gazogène fournit une puissance environ 30 % inférieure à celle du moteur à essence. Ce fait n'a rien d'alarmant, car le moteur a été construit pour marcher à l'essence et non au gaz de bois. Cette baisse de puissance est pratiquement atténuée, dans une plus ou moins grande mesure soit par une élévation du taux de compression, soit par une précompression du mélange air-gaz de bois avant son arrivée dans le cylindre, soit également par l'emploi d'un carburateur d'essence auxiliaire destiné à enrichir le mélange gazeux ordinaire. Le premier moyen est réalisable sans difficultés ;

le gaz de bois jouit d'un très grand pouvoir antidétonant. Le deuxième, ne va pas, encore, sans de très grosses difficultés, comme les essais l'ont prouvé. Certaines de ces difficultés sont inhérentes au mode de compression. La plus grande, pourtant, à l'heure actuelle, réside dans une question de graissage du compresseur. Mais, une fois cette question résolue, — ce n'est qu'une question de temps — ce moyen d'augmenter la puissance du moteur aura, à coup sûr, la préférence sur les deux autres, car il permettra d'utiliser, à volonté, le moteur tantôt comme un moteur à essence, tantôt comme un moteur à gaz de bois. Le troisième moyen, d'un emploi plutôt limité, consiste à faire usage d'un carburant liquide additionnel, du benzol de préférence, à cause de son pouvoir antidétonnant assez prononcé.

Sur route, la puissance fournie par le moteur dépend, dans une très large mesure, de l'habileté du chauffeur. Des débrayages et changements de vitesse effectués à temps sont les conditions nécessaires d'une marche souple du véhicule dans une contrée accidentée. Un des « devoirs » du bois-carburant est de réintégrer aussi dans l'économie nationale de nombreux véhicules que la cherté de l'essence a forcé d'interrompre leur service avant que leur prix d'achat soit complètement amorti. Lors d'une démultiplication, il ne faut donc pas oublier, surtout si le véhicule est muni d'un changement de vitesse démodé, d'un maniement plutôt difficile, que le gaz de bois, du fait de son inertie, a un mauvais pouvoir d'accélération et que l'obtention d'un nombre de tours élevés du moteur exige un temps relativement long. Force est donc de débrayer assez tôt pour que le véhicule ne perde pas trop de sa vitesse voir même ne s'arrête pas au cours de la manœuvre.

Une fois chacun des moteurs qui l'accepte pourvu de son gazogène, il faudra l'alimenter. Le carburant solide a l'inconvénient, à pouvoir calorifique égal, d'être beaucoup plus volumineux que les carburants liquides. Pour que l'usage du bois soit facile et devienne normal sans écraser ni encombrer le véhicule qui l'utilise, il faut pouvoir se ravitailler facilement et fréquemment le long des routes. La question est actuellement résolue pour l'essence, en dépit des difficultés qu'elle rencontrait au point de vue de son transport et de son stockage. L'installation d'un ravitaillement similaire en bois est infiniment plus facile en soi. En Allemagne,

la Prusse, la Bavière, la Saxe, la Hesse ont pris, l'année dernière, la décision d'annexer à un nombre important de pompes à essence des entrepôts de bois pour gazogènes, bois de qualité et de dimensions convenables. En Hesse, 15 distributeurs semblables étaient déjà en fonction à la fin de l'automne 1935.

Mais, il y a des difficultés d'un autre ordre.

Il y a tout d'abord l'hostilité de ceux qui tirent profit du ravitaillement en essence contre les concurrents qui pourraient, un jour, les menacer. Cette hostilité groupe, avec les détaillants, les importateurs et les grandes compagnies pétrolières dont l'influence est forte. Il faut tenir compte aussi de la routine, de la méfiance souvent légitime des nouveautés et de l'apathie générale. L'essence est, en outre, sans conteste, plus aisée d'emploi que ne l'est le bois sous sa forme ordinaire. Mais ces facilités ne sont pas inhérentes à l'essence. Elles sont dues au long usage qu'on en a fait et à la recherche continue, durant tout ce temps, de perfectionnements aujourd'hui acquis. Enfin, le ravitaillement en essence existe et fonctionne. Il a, sur le ravitaillement en bois, l'avantage de ce qui est sur ce qui reste à créer.

Mais ces obstacles, dont quelques-uns sont terribles, peuvent et doivent être surmontés. Ils s'effaceraient, du reste, d'eux-mêmes devant un gouvernement fort.

La distribution peut donc s'organiser. Les seuls obstacles sérieux qui s'opposent à elle sont extérieurs et proviennent de causes qui lui sont totalement étrangères.

Quant à la diminution des droits d'entrée et des impôts prélevés sur l'essence par la Confédération, sachons que l'utilisation du bois comme carburant compensera, dans une très large mesure, si ce n'est complètement, ces diminutions de taxe, au profit certain de l'économie générale, par les avantages suivants:

1° Amélioration de notre balance économique et libération de la Suisse du joug des trusts pétroliers étrangers;

2° Revalorisation de la forêt dont se compose la plus grande partie de la fortune nationale;

3° Revalorisation de notre industrie métallurgique par la fabrication des appareils nécessaires à la gazéification du bois et regain d'activité pour la branche automobile;

4° Baisse du prix des transports, et, par conséquent, du coût de la vie ;

5° Atténuation du chômage par un plus large emploi de la main-d'œuvre — tant en forêt qu'en usine — que n'en exige le commerce actuel de l'essence.

Mais, pour qu'un tel résultat soit obtenu, il ne suffit pas de l'appeler de ses vœux. Il faut travailler à sa réalisation. L'exploitation du bois-carburant ne deviendra étendue que si les consommateurs, les distributeurs et les producteurs s'entendent. A cette entente devront adhérer aussi les constructeurs de véhicules. L'Etat aura son rôle à jouer. Il faudrait qu'il sût le borner à encourager la fédération évoquée. Son action pourrait se traduire par l'exonération partielle ou totale d'impôts sur le bois-carburant. Le canton de Fribourg a déjà pris une mesure semblable en réduisant de 50 % pendant les deux premières années la taxe de circulation des véhicules à gazogènes. Les cantons de Vaud et du Tessin ont également adopté des mesures aussi sages.

En Italie, au mois de septembre 1935, le Conseil des ministres a décidé de faire transformer tous les autobus de la péninsule pour l'utilisation de carburants de remplacement: bois et charbon de bois. Un délai de 2½ ans a été imparti pour la transformation des omnibus actuellement en circulation et utilisant l'essence. A partir du 1er janvier 1938, tous les omnibus servant au transport des personnes seront donc actionnés par des carburants de remplacement. Depuis 1934 déjà, tous les véhicules à gazogènes sont libérés, pendant 5 ans, du paiement de la taxe de circulation. En outre, leurs propriétaires sont au bénéfice d'une prime accordée à titre de contribution aux frais de transformation. Des fabriques de réputation mondiale telles que Fiat, Alfa-Romeo, construisent des camions et des autobus alimentés spécialement au bois ou au charbon de bois. Et la menace d'embargo sur le pétrole n'a fait qu'accélérer ce mouvement de libération de la tutelle étrangère. Car on conçoit aisément qu'un impôt écrasant comme ceux que savent nous fabriquer nos législateurs appliqué à l'œuvre de longue haleine esquissée est de nature à la rendre irréalisable à jamais. Cette exonération d'impôts sur le bois-carburant pour qu'elle produisît ses fruits, devrait être durable. Cela suppose un Etat capable d'une politique suivie et sachant inspirer confiance. Pour qui

l'envisage raisonnablement, les heureux résultats d'une pareille entreprise, tels qu'ils ont été mentionnés très succinctement, il y a un instant, ne font pas de doute.

De ces quelques remarques sur le bois considéré comme carburant, on peut conclure:

1° L'usage du bois, comme carburant national, doit être méthodiquement envisagé;

2° On peut attendre du développement de sa consommation d'immenses avantages;

3° Mais il a besoin d'être soutenu contre des rivaux puissants et de se voir exempté d'impôts;

4° Sa culture et sa consommation ne pourront s'accroître simultanément et sagement que si elles sont réglées par une entente étroite et durable entre tous les intéressés;

5° Tous ces précieux résultats supposent l'intervention tutélaire, forte au besoin, mais discrète et constante, d'un pouvoir politique uniquement préoccupé des intérêts majeurs du pays;

6° Une telle action est peu concevable sous le régime actuel où les intérêts particuliers sont seuls représentés;

7° Comme toutes les questions qui touchent à l'intérêt général, la question du bois, carburant national, pour secondaire qu'elle puisse paraître, nécessite la Corporation pour être résolue.

Séance du 30 avril 1936.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

1. **M. le Dr O. Büchi:** *Activité de la Commission des Sites et Monuments naturels* (voir ci-dessous).
2. » » » *Quelques acquisitions et dons du Musée d'histoire naturelle en 1935* (voir Rapport du Musée, page 163).
3. **M. le prof. S. Bays:** *Une énigme sous-marine dévoilée.*
4. » » » *A propos de la conférence de M. le prof. Girardin sur les pyramides d'Egypte.*

M. Bays n'a pas fourni de manuscrit.

Dr O. Büchi : *Activité de la Commission des Sites et Monuments naturels en 1935.*

Protection des animaux et chasse.

L'arrêté sur l'exercice de la chasse dans le canton en 1935 correspond largement aux vœux de la Ligue pour la Protection de la Nature. Pour parer aux effets désastreux de l'hiver 34-35, très neigeux, la chasse au broquart est limitée ; entre la Sarine et la Jogne elle est défendue. La chasse des gallinacées de montagne est entièrement défendue, de même que la chasse de l'aigle. Le nombre de chamois à tirer est limité à quatre.

Sous l'influence de la commission, un préparateur a refusé l'empaillage de quatre buses vivantes et d'une chouette, sujets qu'il a remis en liberté.

Protection des plantes.

On a attiré l'attention de la gendarmerie sur l'arrêté relatif à la protection de la flore et on lui a distribué les derniers exemplaires de cette affiche. Cet arrêté se révèle insuffisant. En été 1935, on a constaté des ravages d'edelweiss dans la région du Lac Noir et aux Merlas.

Blocs erratiques.

Le grand bloc de granit devant le bâtiment de la Faculté des sciences a été protégé d'une manière durable. Notre Commission a obtenu un droit de superficie pour le bloc de la part des Entreprises électriques fribourgeoises qui sont propriétaires du fond. Elle a aussi obtenu le droit de clôturer ce bloc, ce qu'on a fait en automne. Etant au bord d'une place de football, il risquait continuellement d'être abîmé par la jeunesse sportive. La Commission a demandé la propriété d'un bloc erratique particulièrement intéressant présentant de nombreuses écuelles à la surface, faites par l'homme dans un but difficile à déterminer. Ce bloc fut donné par le propriétaire et transporté dans la cour de la Faculté des sciences pour être joint à la collection existante, celui-ci n'étant pas en lieu sûr à l'angle d'une maison de Chambliou. D'autres blocs erratiques nous ont été promis, mais ne sont pas encore acquis.

Protection des sites.

Le lac des Joncs, près de Châtel-St-Denis, livré à la spéculation par la vente du terrain attenant, a été protégé par un arrêté

du Conseil d'Etat du 1er mars 1935. Ses environs sont surveillés par la Société de développement de Châtel-St-Denis qui ne tolèrera pas qu'on change le paysage alpestre ravissant qui l'entoure.

Les E.E.F., propriétaires des forêts de Pérolles et de l'Asile des vieillards ont promis qu'elles seraient préservées de la spéculation immobilière qui tend à se réveiller à Fribourg.

Protection de la nature et école.

La section pour la protection de la nature du Musée d'histoire naturelle a de nouveau fait quelques progrès. On y a ajouté les photographies des arbres protégés dans le canton et celle du lac des Joncs. On a dressé une carte des objets protégés dans le canton avec les réserves cantonales de chasse.

Une première conférence sur les questions de la protection a été faite par M. O. Büchi lors d'une conférence des instituteurs allemands de la ville de Fribourg.

Presse.

Un compte-rendu du périodique de la Ligue est régulièrement adressé à la presse locale.

Exposition pour la protection de la nature à Lucerne.

Nous avons participé à cette exposition par l'envoi de nombreuses photographies des objets protégés et d'une carte, donnant la situation de ces objets. On a également envoyé le tableau des plantes protégées dans le canton.

Participation aux assemblées du dehors.

La Commission a délégué son vice-président à l'assemblée des commissions des cantons romands à Pont-de-Nant sur Bex, le 7 juillet et à l'assemblée consultative des commissions cantonales au Grimsel du 15/16 septembre.

Le catalogue des objets protégés a fait de rapides progrès.

Finances.

Les subsides de la Ligue de fr. 300 pour 1933 et 1934 ont été utilisés pour la préparation de l'exposition de Lucerne, pour la clôture du bloc erratique de Pérolles et pour les frais généraux de la Commission. Une partie de ces frais fut supportée par le Musée.

Séance du 14 mai 1936.

Présidence de M. le prof. P. Girardin, vice-président.

M. Lorenz Fischer, professeur à Lucerne : *Morphologie und Wirtschaft des Fontannengebietes (Entlebuch)*, mit Projektionen.

L'auteur n'a pas fourni de manuscrit.

Dimanche 24 mai, à 10 h. 30

Visite du Musée d'histoire naturelle pour les membres et leurs familles.

Réouverture de la nouvelle salle de Zoologie.

Démonstration par le conservateur.

Séance du 4 juin 1936.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Dr A. Münzhuber : *Die Bierbereitung*, mit Demonstrationen.

Dimanche, le 14 juin, à 16 heures précises

Visite de la Brasserie du Cardinal

sous la conduite de M. le Dr Münzhuber.

Séance du 25 juin 1936.

Présidence de M. le prof. Dr S. Bays, président.

Prof. H. Erhard: *Über Klimaschwankungen und Heuschreckenzüge in den Ostalpen in geschichtlicher Zeit.*

Es folgte bekanntlich nach der letzten 4. Hauptvereisung noch eine *Übergangszeit* mit subarktischem Klima, kälteliebenden Pflanzen, Rentier, Mammut und langhaarigem Nashorn in Mitteleuropa. Dieses Stadium, das man auch als Rentierzeit bezeichnet, entspricht

etwa dem Magdalénien, also dem jüngeren Palaeolithicum. Dann erst folgte eine postglaciale *Wärmezeit.*

Bis vor wenigen Jahren wusste man wenig über Klimaschwankungen in der vorgeschichtlichen und geschichtlichen Zeit bis zum Beginn der Neuzeit. Man nahm nur an, dass in Mitteleuropa die Seen allmählich verlandeten. Dazu sollte u.a. in den letzten Jahrhunderten die Rodung der Wälder durch den Kulturmenschen beigetragen haben. Infolge der Entfernung der die Feuchtigkeit haltenden Wälder sollte nämlich — so war die Vorstellung — das Klima immer «kontinentaler» geworden sein, d. h. infolge trockenerer Luft, die sich ja rascher erwärmt und rascher abkühlt als feuchte, sollten die Temperaturgegensätze von Sommer und Winter zugenommen haben. Aus geschichtlichen Berichten und aus der Tatsache, dass der Weinbau früher mehr verbreitet war, schloss man ausserdem, dass es im Mittelalter wärmer gewesen sei als jetzt.

Da veröffentlichten im Jahre 1923 *Gams* und *Nordhagen* [1] eine umfangreiche Arbeit über «Postglaciale Klimaschwankungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa».

Dieser ausgezeichneten Untersuchung ist folgendes zu entnehmen:

Die *postglaciale Wärmezeit* zerfällt in:

a) die *boreale Zeit* mit trockenem warmen kontinentalen Klima,

b) die *atlantische Zeit* (etwa 5500 v. Chr. bis 3000 v. Chr.), die wieder feuchter ist, wobei die Seen steigen und die Moore wachsen, Weisstanne und Eibe sich im Alpenvorland ausbreiten und die Gschnitz-Moränen abgelagert werden,

c) die *subboreale Zeit* mit trockenem wärmeren Klima gegen Ende der Periode in der Broncezeit und frühesten Hallstattzeit (also etwa 1200 bis 850 v. Chr.). In dieser subborealen Zeit erreicht das Klima der ganzen Nacheiszeit überhaupt die höchsten Temperaturen mit etwa 2° C höheren Durchschnitts-Sommertemperaturen und jährlich 200 mm weniger Niederschlag als heute. Xerotherme, besonders pontische Fauna und Flora drang ein. Der hochalpine

---

[1] Gams H. und Nordhagen R.: «Postglaciale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa». Mitteil. d. Geograph. Gesellschaft München. Bd. 26. S. 13-336, 1923.

Bergbau in den Ostalpen blühte. Die Seen gingen stark zurück. Damals führte die Strasse über den Brenner bis über 2000 m hoch [1].

Auf die postglaciale Wärmezeit folgte die *subatlantische Zeit* mit feuchtem besonders anfangs kaltem Klima, wobei die Seen stiegen, Fichte und Buche sich ausbreiteten.

Die *subatlantische Zeit* zerfällt in:

a) klassische Zeit (850 bis 120 v. Chr.) mit Vordringen der Gletscher, Daun-Moränen, Abbruch des hochalpinen Bergbaues, Ansteigen der Seen, Hungersnot, Auswanderung (Hallstattzeit B, La Tène-Zeit ABC), die Brennerstrasse wurde zugunsten der niedrigeren Reschen-Scheideck verlassen [1];

b) gallo-römische Zeit (120 v. Chr. bis 180 n. Chr.) mit Zurückweichen der Gletscher und Grundwasserspiegel, der Brenner wurde wieder benützt [1];

c) frühgermanische Zeit (180 bis 350 n. Chr.) Regenperiode, im 3. Jahrhundert wurde eine tiefere Brennerstrasse gebaut [2];

d) Völkerwanderungszeit (350 bis 600 n. Chr.) Trockenperiode, die 370 den Hunnen eine Hungersnot brachte und sie zur Auswanderung zwang;

e) karolingische Zeit (600 bis 900 n. Chr.) mit mehr ozeanischem Klima;

f) Zeit der Sachsenkaiser und Ungarneinfälle (900 bis 1090 n. Chr.) mit mehr kontinentalem Klima, das die Ungarn zum Verlassen ihrer trockenen heissen Ebene zwingt;

g) Zeit der Kreuzzüge 1090 bis 1250. Während der ersten drei Kreuzzüge 1096, 1147, 1190 herrschte ozeanisches Klima mit mittelalterlichem Regenmaximum, dann, besonders von 1220 bis 1230, mehr kontinentales Klima;

h) Zeit der Renaissance, Entdeckungen, Reformation, 1250 bis 1550. Anfänglich Trockenperioden, die 1311 die Wiederaufnahme des Bergbaues in Hallstatt brachten. Besondere Trockenperioden 1322 bis 38, 1350 bis 64 und namentlich 1370 bis 93. Extrem kontinental war die Zeit von 1460 bis 94, schwächer kontinental von 1504 bis 1517, stärker kontinental von 1547 bis 64;

---

[1] Vergl. WOLFF, K. F. «Die alte Brennerstrasse» in: Mitteil. d. Deutsch. u. Oesterr. Alpenv. 1936. N° 7, S. 181.

[2] Ibid.

i) Neuzeit. Erst Regenperioden 1590 bis 1600 mit Vorstoss der Gletscher und Ansteigen der Seen, dann 1611 bis 35 schwächere Regenperiode, dann trockenere Jahre 1639 bis 1670. Im 19. Jahrhundert findet im Allgemeinen eine Zunahme der Trockenheit, besonders zwischen 1850 und 1860 und 1883 bis 1896 statt. Im 20. Jahrhundert sind die Sommer 1911 und 1921 besonders trocken.

Der stark wechselnde Gletscherstand in den Alpen nach der Broncezeit bis zur Gegenwart beweist gleichfalls, dass noch in geschichtlicher Zeit nicht unerhebliche Klimaschwankungen vorkamen. Solche hat zuerst *Brückner*[1] angenommen, der ein Anschwellen und Abschwellen der Gletscher in dem Sinne lehrte, dass es 35 jährige Perioden gebe; jede Periode zerfalle in eine warme und in eine kalte Hälfte. Für die Gletscher der Alpen stellte er fest: 1735 Vorstoss, 1750 Rückzug, 1767 Vorstoss, 1800 Rückzug, 1814 Vorstoss, 1823 Rückzug, 1840 Vorstoss, 1856 Rückzug, 1875 Vorstoss. Für den Wasserstand der Seen nimmt *Brückner* an: 1740 Höchststand, 1760 Niederstand, 1780 Höchstst., 1800 Nied., 1820 Höchst., 1835 Nied., 1850 Höchst., 1865 Nied., 1880 Höchst.

Neuere Forschungen zeigen, dass keine solche Periodenregelmässigkeit besteht. *H. Kinzl*[2] unterscheidet auf Grund von Studien in den Stubaier Alpen nach der Broncezeit folgende Hochstände der Gletscher: 1. Das Egessen-Stadium (nach dem Egessengrat benannt) in der älteren Eisenzeit, also am Beginn der subatlantischen Zeit. 2. Das Fernau-Stadium mit dem Hochstand zu Beginn des 17. Jahrhunderts. Es folgt dann ein Abschmelzen der Gletscher und dann wieder ein neuer dritter, aber nicht so ausgeprägter Vorstoss am Beginn des 19. Jahrhunderts, wofür zahlreiche Überlieferungen aus den Jahren 1820 bis 1850 vorhanden sind. Seit 1850 gehen die Gletscher, freilich mit Unterbrechungen, zurück.

In Übereinstimmung hiermit befinden sich *Cornelius* und *Clar*[3] durch ihre Kartierung im Gebiete des Gross-Glockner. Sie

---

[1] Brückner, E.: « Klimaschwankungen seit 1700 ». Wien, 1890. Nachträge in Petermanns Mitteilungen, S. 173, Jahrgang 1903.

[2] Nach v. Klebelsberg, R.: « Die geologische Karte des Gross-Glockner Gebietes von Cornelius-Clar ». In: « Mitteil. d. Deutsch. u. Österr. Alpenv. » Jahrg. 1936 Nummer 2 vom 1. Februar.

[3] Cornelius H.-P. und Clar E.: « Geologische Karte des Gross-Glockner Gebietes », herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt, Wien, 1935.

stellten fest, dass die bis 2800 m hinaufreichenden teilweise bis in vorgeschichtliche Zeit zurückgehenden Goldbergwerke am Brennkogel, an den Pasterze und am Kloben später, wahrscheinlich um die Wende vom 16. bis 17. Jahrhundert im Fernau-Stadium, unter das Eis gerieten. Durch den starken Gletscherrückgang seit Mitte des 19. Jahrhunderts sind diese Bergwerke heute wieder grösstenteils freigelegt. Aber noch ist heute die Wärme und Niederschlagsarmut der Zeit vor dem Fernau-Stadium nicht erreicht, denn am Wurtenkees im Gebiet des Sonnblick kommen in den letzten Jahren immer noch Grubenhölzer alter Bergbaue, die heute noch unter dem Gletscher liegen, heraus.

Schon *Brückner*[1] hatte sich für seine Periodentheorie auf die Vereisungen fliessender und stehender Gewässer berufen. Man hat z. B. weit zurückreichende Aufzeichnungen über die Vereisung russischer Ströme; die Aufzeichnungen über die Düna reichen z. B. bis 1556 zurück.

Sehr kalte Winter, in denen Seen zufrieren, können selbstverständlich mit Jahren mit Gletscherrückgängen zusammenfallen. Es brauchen nur wenige Niederschläge zu fallen und die Sommer heiss sein, dann gehen die Gletscher zurück. Ja, trockene Jahre veranlassen stark extreme Sommer- und Wintertemperaturen, also kontinentales Klima, und verursachen so das Zufrieren der Seen im Winter und den Rückgang der Gletscher im Sommer. Dafür sprechen die Eisjahre des Bodensees.

Der Bodensee zeigt nach *Dalla Torre*[2] folgende « Seegefrören », d.h. Winter, in denen er ganz oder teilweise zugefroren war: 895, 928, 1074, 1076, 1108, 1217, 1227, 1323, 1325, 1378, 1383, 1409, 1431, 1435, 1460, 1465, 1470, 1497, 1512, 1553, 1560, 1564, 1565, 1571, 1572, 1573, 1683, 1695 (mit Wagen befahren), 1830, 1880, 1891, 1917, 1929 (die beiden letzteren Zahlen habe ich ergänzt). Am häufigsten sind also Vereisungen des Sees im 15. und 16. Jahrhundert, also vor dem Fernau-Stadium. Zur Zeit des Gletschervorstosses des Fernau-Stadiums, nämlich zu Beginn des 17. Jahrhunderts, friert der See nie zu, und in der Folgezeit seltener. Als

---

[1] Siehe Fussnote 1, Seite 147.

[2] Aus von Dalla Torre, K. W.: « Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein », Junks Naturführer, Berlin, 1913.

der mässige Gletschervorstoss am Anfang des 19. Jahrunderts erfolgte, ist er nur ein einziges Mal, nämlich 1830, zugefroren. Ursache der Vereisungen sind trockene kalte Nordostwinde, also kontinentale Winde.

In warmen trockenen Sommern tritt in Europa in den südlicheren Gegenden häufig die « Wanderheuschrecke » auf. Wir müssen hier drei verschiedene Arten unterscheiden [1]: Die sogenannte Marokkanische Wanderheuschrecke, *Stauronotus maroccanus* Thunb., ist in ganz Nordafrika nördlich der Sahara und in Kleinasien heimisch und kommt in Europa nach Portugal, Spanien, Italien, Ungarn und dem Balkan. Besondere Verheerungen hat sie in Zypern 1882 bis 1887 angerichtet. Systematisch gehört sie zur Unterfamilie der Tryxalinae oder Nasenheuschrecken. Während sie also nie über das südliche Europa hinausgeht, findet sich die sogenannte Europäische Wanderheuschrecke zuweilen auch noch in Mitteleuropa. Man muss bei ihr zwei Arten unterscheiden, *Pachytilus migratorius* L. und *Pachytilus danicus* L. (*cinerascens* F.), die beide mit den Oedipodinae, den Schnarrheuschrecken, verwandt sind. Eine ausserordentlich weite Verbreitung hat *Pachytilus danicus* L., die im ganzen Mittelmeergebiet heimisch ist und im ganzen südlichen Asien, ja sogar in Japan, Australien und Polynesien sich findet. Man nimmt an, dass sie in einigen Exemplaren fast stets in Deutschland nachgewiesen werden könne. *Pachytilus migratorius* L. ist im südöstlichen Europa, besonders in der Gegend des Schwarzen Meeres und des Kaspischen Meeres, sowie im angrenzenden Asien zuhause, findet sich aber gleichfalls vereinzelt fast stets in Deutschland, besonders in Oberschlesien und in der Rheinprovinz. Nicht immer ist zu entscheiden, ob Mitteleuropa von *danicus* oder *migratorius* heimgesucht wurde, doch scheint *migratorius* hier wichtiger zu sein. Sie hat dann zwei Hauptzugsstrassen. Die nördlichere führt von der Gegend des Schwarzen und Kaspischen Meeres über Galizien, Polen, Schlesien nach Brandenburg und von da in seltenen Fällen sogar bis England; die südlichere führt über Ungarn, Österreich, Süddeutschland und selten bis zur Schweiz und nach Frankreich.

Alle Wanderheuschrecken sind in Steppengebieten beheima-

---

[1] Nach Brehms Tierleben.

tet. Unter dem Einfluss der Hitze wächst ihre Erregung, und sie beginnen dann schliesslich zu ziehen, selbst dann, wenn in ihrer Heimat kein Nahrungsmangel herrscht. Alle Tiere drängen dann in eine bestimmte Richtung, es schliessen sich dem Zug die angetroffenen Tiere der gleichen Art an, und so wächst der Zug immer mehr. Die Züge bestehen entweder nur aus jungen flugunfähigen Tieren oder aus erwachsenen geflügelten. *Pachytilus* liebt kontinentales Klima, für das sie geradezu bezeichnend ist. Ihr Auftreten in Mitteleuropa ist nur in besonders heissen Sommern möglich.

Ich stelle nun die hauptsächlichsten Wanderheuschreckenjahre in Mitteleuropa zusammen:

Die allergrössten Kalamitäten scheinen im 14. Jahrhundert stattgefunden zu haben, und zwar werden hier besonders die Jahre 1322 bis 1338 und 1350 bis 1364 genannt. Es berichtet ferner eine Chronik aus dem Jahre 1569:

« Gros Heuschrekken aus Littaw zogen,
Durch Pohlen in die Schlesi flogen,
Vondannnen in das Land zu Meissen,
Die Kräuter fressen und zerbeissen ».

Dann trat die Wanderheuschrecke verheerend auf in den Jahren 1693 bis 96. Sie kam aus der Walachei und Ungarn nach Österreich und Deutschland. In Breslau und Gotha wurden darauf Denkmünzen geprägt. Heuschreckenjahre waren in Preussen, besonders Brandenburg, 1730 bis 32; bei Budweis 1746. Die bekanntesten Kalamitäten Nord- und Ostdeutschlands im 19. Jahrhundert [1] sind die vom Jahre 1844 in der Mark Brandenburg, bei der auf 7702 preussischen Morgen 4425 Scheffel Eier der Wanderheuschrecke gesammelt wurden, sowie der Jahre 1850 bis 60 und 1883 bis 96. In den beiden letzten Perioden erschien sogar das pontische Steppenhuhn *Syrrhaptes paradoxus* Pall., das besonders 1863 und 1888 grosse Wanderzüge durch Norddeutschland unternahm und vereinzelt sogar zu brüten versuchte. Durch Deutschland zogen von der unteren Donau aus die Wanderheuschrecken 1864 bis England und Schottland; auch in den Jahren 1873, 74, 75 und 76 kamen

---

[1] Nach Nüsslin-Rhumbler: « Forstinsektenkunde », 4. Aufl., Berlin, 1927.

einzelne Schwärme bis nach Deutschland. Die grössten Verheerungen in Russland wurden in den Jahren 1879 und 1880 im 19. Jahrhundert und im 20. Jahrhundert im Jahre 1935 verzeichnet.

Diese Zusammenstellung ist wohl lückenhaft und ergibt insoferne ein unrichtiges Bild als wir begreiflicher Weise über das 19. Jahrhundert besser als über die früheren Jahrhunderte unterrichtet sind. Bemerkenswert sind aber die grossen Verheerungen in Deutschland im 14. Jahrhundert sowie das Fehlen der Wanderheuschrecke etwa 100 Jahre von Mitte des 18. bis Mitte des 19. Jahrhunderts. In dieser Zusammenfassung sind die Alpen nicht gesondert berücksichtigt.

Auffallenderweise war die xerotherme Wanderheuschrecke in den Ostalpen in früheren Jahrhunderten selbst in Lagen einiger Höhe nicht selten. Und wenn meine folgende Tabelle auch nur bis zum Beginn des 14. Jahrhunderts zurückreicht und bestimmt lückenhaft ist, so möchte ich sie doch in diesem Zusammenhang veröffentlichen [1]:

Heuschreckenjahre in den Ostalpen.

1338 in St. Lorenzen (813 m) im Pustertal, Bozen und Kaltern bei Bozen.

1339 in St. Lorenzen (813 m) im Pustertal und Kaltern bei Bozen. In Kaltern heisst es, « wurde die Wanderheuschrecke mit dem priesterlichen Bann von dannen getrieben. »

1340 « Heuschreckenzug » im Pustertal (das über 1200 m hoch ist) St. Lorenzen, Brixen, wobei bemerkt wird, dass der Zug aus dem Pustertal, also von Osten kam, Bozen und Kaltern.

1341 St. Lorenzen, Bruneck, also wieder im Pustertal, Bozen.

1348 St. Ulrich am Pillersee (835 m).

1477 Kaltern bei Bozen.

1541 Sterzing (948 m).

1542 Sterzing, Bozen, Kaltern und Pomarolo bei Ruffreit (Rovereto). In Pomarolo befindet sich eine Gedenktafel an den Einbruch der Wanderheuschrecke mit der Aufschrift: « MDXXXXII a die XXXI. Agosto venne i Saioti. »

1543 Sterzing.

---

[1] Siehe Fussnote 2, Seite 148.

1546 Schwaz, Sterzing, Bozen und Kaltern (also in Nord- und Südtirol).
1547 Schwaz, Hall.
1693 Am 24. August in St. Ulrich am Pillersee und « am Schutzengelsonntag », der Ende August, Anfang September fällt, in Imst (828 m). Der Schwarm flog von Ost nach West.
1699 Hall, ein fünf Tage lang gegen Westen fliegender Zug.
1792 St. Johann im Leukental (645 m).
(1861 wurde im Gurgler Tal, also über 1200 m, « die osteuropäische Wanderheuschrecke gefunden ». Es handelt sich anscheinend um ein einzelnes Tier, also um keinen Zug.)

Die Heuschreckenplage muss im Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit in Tirol zeitweise gross gewesen sein, denn ausser den schriftlichen Ueberlieferungen und der Gedenktafel in Pomarolo befand sich in dem 1119 m hoch gelegenen Onach im Pustertal eine Kirchenglocke mit dem Bild einer Heuschrecke zur Erinnerung.

Die Tabelle ergibt immerhin folgendes: In die zwei Jahrhunderte von Mitte des 14. bis Mitte des 16. Jahrhunderts, also vor dem Gletschervorstoss des Fernau-Stadiums, fallen in den Ostalpen elf Heuschreckenjahre, in die fast vier Jahrhunderte von Mitte des 16. Jahrhhunderts bis auf unsere Zeit dagegen nur drei Heuschreckenjahre. Vor dem Fernau-Stadium sind es hauptsächlich zwei länger dauernde Perioden (1338 bis 1348 und 1541 bis 1547). Dabei wird der grösste Teil Tirols, also Nord- und Südtirol, von Heuschrecken überschwemmt. Nach dem Fernau-Stadium gibt es keine zusammenhängende Periode mehr, auch treten die Wanderheuschrecken nur noch an vereinzelten Stellen Nordtirols auf.

Man müsste natürlich die Verbreitung noch anderer Tiere und Pflanzen in Tirol vor und nach dem Gletschervorstoss des Fernau-Stadiums untersuchen. Vor allem ist in diesem Zusammenhang die grosse Verbreitung der Weinrebe vor dem Fernau-Stadium in Höhen, in denen heute niemals eine Reife stattfinden würde, bemerkenswert. Wurde doch z. B. zu Zeiten Kaiser Maximilians, also um 1500, noch in Maria Waldrast (1041 m) in der Brenner Gegend Wein gepflanzt. Wann kam z. B. der Nordtiroler (und der Kaiserstuhler) Skorpion, der vom italienischen Skorpion abstammt, nach Norden ? (Dass es im Mittelalter wärmer gewesen sein muss als heute lehrt übrigens die grössere Verbreitung der Malaria. Der

für seine geschlechtliche Fortpflanzung in der *Anopheles* mindestens 16° C erfordernde Malariaparasit kam damals bis Nordfrankreich, Südengland, Holland und Friesland vor.)

Die häufigen Züge der Wanderheuschrecke im 14. und 16. Jahrhundert in Mitteleuropa sprechen für besonders warme trokkene Sommer. War damals das Klima trockener, mehr pontisch und kontinental, wie dies in der Tat *Gams* und *Nordhagen*[1] bewiesen haben, so steht damit in Einklang die häufige Vereisung des Bodensees gerade zu dieser Zeit. Zu Beginn des 17. Jahrhunderts setzt dann mit dem Fernau-Stadium eine niederschlagsreichere Zeit ein, die die Gletscher anschwellen lässt, mit ausgeglicheneren Sommer- und Wintertemperaturen infolge höherer Luftfeuchtigkeit. Deshalb frieren die Seen nun im Winter weniger zu, deshalb erscheinen im Sommer die Wanderheuschrecken seltener. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts gehen dann die Gletscher wieder stärker zurück, die Sommertemperaturen werden am Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts wieder höher, die Wintervereisungen der Seen wieder zahlreicher, sodass es den Anschein hat, als gingen wir wieder einem mehr kontinentalen Klima entgegen. Werden da vielleicht die Wanderheuschrecken wieder nach Mitteleuropa kommen ?

Diese Frage ist früher eine reine Frage des Klimas gewesen. In unseren Tagen ist zum ersten Mal in der Weltgeschichte ein zweiter bestimmender Faktor aufgetreten, das Eingreifen des Menschen. Im Sommer 1935 herrschte in Südrussland eine Wanderheuschreckenplage, wie man sie seit Jahrzehnten nicht mehr erlebt hat. Da wurden zur Bekämpfung aus der Luft Flugzeugstaffeln mit Giftgasen, zur Bekämpfung am Boden Flammenwerfer eingesetzt, die nach den Berichten den Zug der Wanderheuschrecken aufgehalten und endlich vernichtet haben sollen.

---

2. **Prof. H. Erhard:** *Nachruf auf Friedrich Zschokke.*

In der Nacht vom 9. auf den 10. Januar 1936 ist Professor Dr. *Friedrich Zschokke*, Ehrenmitglied der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg im Uechtland, im 75. Lebensjahr gestorben.

---

[1] Siehe Fussnote 1, Seite 145.

Als ihn unsere Gesellschaft zu seinem 70. Geburtstag am 27. Mai 1930 zum Ehrenmitglied ernannte, versuchte ich in unserem Kreise eine Würdigung seiner wissenschaftlichen Arbeit zu geben (Professor Zschokke zum 70. Geburtstag, « Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles, 1930 »). Er hatte damals eine sehr schwere Operation glücklich überstanden, aber die Folgen haben doch seine Bewegungsfreiheit so sehr behindert, dass er im Frühjahr 1931 das geliebte Lehrfach aufgeben musste. Noch reiste er als 71jähriger nach Neapel, um an der dortigen Biologischen Station zu arbeiten, die einst den Jugendlichen begeistert hat, und an der er einst Freundschaft fürs Leben mit *Fridtjof Nansen* geschlossen hatte. Bis an sein Ende blieb ihm die geistige Frische, aber die Kräfte des Körpers verliessen ihn allmählich. Immer mehr war er in den letzten Jahren ans Zimmer gefesselt, und die letzten Tage seines Lebens waren ein schwerer Todeskampf, den er heldenmütig ertrug.

Das otium cum dignitate bedeutete für *Zschokke* nicht Untätigkeit. Wenn wir heute des edlen Toten gedenken, so kann dies, glaube ich, nicht besser geschehen, als indem wir uns in sein letztes inzwischen erschienenes Werk vertiefen.

Wie *R. Hertwig* im hohen Alter wieder zum Lieblingsthema seiner Jugend, den Radiolarien, zurückgekehrt ist, so hat sich *Zschokke* in den letzten Jahren seines Lebens wieder den Parasiten der Fische, die er schon 1884 untersucht hatte, zugewendet [1]. In der « Revue suisse de zoologie » 1933 ist seine umfangreiche Arbeit « Die Parasitenfauna der Gattung *Coregonus*, eine parasitologische und tiergeographische Studie » erschienen. Die Grundgedanken dieser Untersuchung hat er dann in « Fortschritte der Forschung » 1933 noch einmal kurz zusammengefasst. Da die Arbeit *Zschokkes* durch ihren Ideenreichtum und ihre Ausblicke auf Probleme der Allgemeinen Biologie die Wissenschaft über den engeren Kreis der Fach-Parasitologen fesselt, soll hier über sie vor einem weiteren Kreis berichtet werden:

Nach *Zschokke* ist für das Vorkommen eines Parasiten selbstverständlich das Vorhandensein eines bestimmten Wirtes und

---

[1] Zschokke, F.: Recherches sur l'organisation et la distribution faunistique des vers parasites des poissons d'eau douce. « Arch. de Biol. » 1884.

Zwischenwirtes nötig, doch gilt « für die Fische, besonders für die Knochenfische, die Regel der spezifischen Zugehörigkeit bestimmter parasitischer Würmer nicht so streng wie für die Vögel, Reptilien und Säugetiere ». Namentlich Nematoden und Acanthocephalen, aber auch Trematoden und Cestoden, können gleichzeitig in Fischen des Süsswassers und des Meeres verbreitet sein. Haben Fische verschiedener Art ähnlich gebauten Darm und ähnliche Darmphysiologie, so besitzen sie ähnliche Darmparasiten und umgekehrt. Der Parasit ist weniger weit verbreitet als sein Wirtstier, wenn an manchen Stellen sein Zwischenwirt fehlt oder wenn die äusseren Bedingungen für seine Übertragung, z. B. die Temperatur für die Infektion, ungeeignet sind. Weiter verbreitet als sein typischer Wirtsfisch ist ein Schmarotzer, wenn Fische oder Fischfressende Vögel ihn verbreiten oder wenn er an neue Haupt- und Zwischenwirte anpassungsfähig ist. « Je grösser die Zahl der Zwischenwirte ist, die von einem Schmarotzer während seines Entwicklungsganges durchlaufen werden müssen, desto beschränkter wird die Verbreitung des Parasiten sein. »

« Viele Planktoncrustaceen erscheinen und verschwinden in einem bestimmten zeitlichen Rhytmus. Ein entsprechender Cyclus gilt auch für die durch sie übertragenen Schmarotzer. Das zeigt sich klar an den Fisch-Taenien... Im Winter ist der Fischdarm in der Regel mit jungen, unreifen Ichthyotaenien vollgestopft. Die Geschlechtsreife tritt im Frühjahr und in den ersten Sommerwochen ein. Bald verlassen die mit reifen Eiern beladenen Kettenwürmer den Darm und entleeren Mengen von Onchosphären in das Wasser. Als Zwischenwirte dienen Plankton-Copepoden und -Cladoceren. Einige Arten von Ichthyotaenien verschwinden im Sommer und Herbst im Strobilazustand ganz. Die an planktontische Zwischenwirte gebundenen Parasiten sind endlich fast ausschliesslich Gäste von Bewohnern des stehenden Wassers, denn dem Bach und Strom fehlt ein nennenswert entwickeltes Plankton. »

Schon im Jahre 1891 hatte *Zschokke* [1] bewiesen, dass die Verbreitung der Fischparasiten von der Ernährung des betreffenden Fisches abhängt. Der Rheinlachs, der nur im Meer Nahrung zu

---

[1] ZSCHOKKE: F., « Die Parasitenfauna von Trutta salar. » Centralbl. f. Bakteriol. Bd. 10. 1891.

sich nimmt, besitzt im Rhein eine fast ganz maritime Parasitenfauna.

Die Fische stehender Gewässer haben nicht nur deshalb eine reichere Parasitenfauna als diejenigen fliessender Gewässer, weil die stehenden Gewässer planktontische Zwischenwirte besitzen, sondern auch deshalb weil in einem stehenden Gewässer die Entwicklung freier Eier und Jugendstadien ungehinderter vor sich geht.

Die Verbreitung der Fischparasiten hängt aber nicht nur von ökologischen, sondern auch von historischen Faktoren ab. Diesen Gedanken, allgemein auf die Schmarotzer angewandt, hat zuerst v. *Jhering* 1902 [1] ausgesprochen, indem er schrieb: « Die Helminthen sind alte, schon aus der mesozoischen Fauna übernommene Gruppen. Die Landtiere werden auch durch die ausgedehntesten Wanderungen von ihren typischen Parasiten nicht befreit, wenn auch unter den neuen Verhältnissen zum alten Parasitenbestand weitere Elemente treten können. Es finden sich in Südamerika holarktische Helminthen nicht bei den alten autochthonen Vögeln und Säugetieren, sondern nur bei heterochthonen spät eingewanderten Wirten. So wird die Helminthologie zu einem wertvollen Hilfsmittel der analytischen Methode der Zoogeographie. Sie hilft die Geschichte von Tiergruppen ermitteln über die keine oder nur ungenügende geologische Daten vorliegen ».

In diesem Sinne hat die letzte Arbeit *Zschokkes* das Ziel zu untersuchen: 1. inwiefern ist die Verbreitung der Schmarotzer der Felchen historisch und in wieweit ökologisch bedingt. 2. lassen sich aus ihrer Verbreitung Rückschlüsse auf die Stammesgeschichte der Felchen ziehen ?

Die Coregonen, die felchenartigen Fische, bilden bekanntlich eine Unterfamilie der lachsartigen Fische, Salmoniden. Die felchenartigen Fische kommen vor in der nördlichen kalten und gemässigten Zone Europas, Asiens und Amerikas. In Europa ist das nordische Verbreitungsgebiet (Irland, Schottland, Norddeutschland, Skandinavien, Russland bis zum Weissen Meer) vom alpinen Verbreitungsgebiet durch eine breite mitteleuropäische Lücke getrennt.

---

[1] v. Ihering: « Die Hemlminthen als Hilfsmittel zoogeographischer Forschung. » Zool. Anz. 1902.

Im alpinen Gebiet fanden sich Coregonen ursprünglich nur im Stromgebiet des Rheins und der Donau, also in den Seen des Nord- und Westrandes der Alpen, dazu im Stromgebiet der Rhone noch im Genfersee und Lac de Bourget. In den Seen am Südfusse der Alpen dagegen fehlten sie ursprünglich ganz. Sie sind dorthin erst von 1861-62 an durch den Menschen gebracht worden. Die Verbreitung der Coregonen ist die typischer Eiszeitrelikte. Zur Eiszeit auf die wenigen eisfreien Gewässer Mitteleuropas zusammengedrängt, hat sich nach Abschmelzen des Eises ein Teil von diesen kälteliebenden Tieren nach Norden, ein anderer nach Süden in die Voralpenseen gewandt. Die Rhone-Seen wurden durch Wasserstrassen, die noch postglacial das System der Rhone mit dem des Rheines verbanden, besiedelt. Nach *Wagler* [1] stammen wahrscheinlich alle felchenartigen Fische von zwei Grundarten, den Grossfelchen und den Kleinfelchen, ab. In der verhältnismässig kurzen Zeit nach der Eiszeit hat sich daraus eine grosse Anzahl von Arten und Abarten entwickelt, sodass z. B. 16 Schweizer Seen allein 20 unterscheidbare Formen der Gattung *Coregonus* heute beherbergen.

Im Einzelnen teilt *Zschokke* an Hand von Tabellen folgendes über den Schmarotzerbesatz der Coregonen mit:

Die skandinavischen Coregonen sind besonders reich an Trematoden und Acanthocephalen.

« Von den 21 finnischen Coregonenschmarotzern kommen 4 nur im Meer, 12 ausschliesslich im Süsswasser und 5 in beiden Gewässern vor. » Sie sind relativ reich an Acanthocephalen.

Am nördlichen Alpenrand sind am besten Bodensee, Vierwaldstättersee, Neuenburger- und Genfersee auf Fischparasiten untersucht.

Die vier Coregonen des Bodensees enthalten hauptsächlich Fischtaenien. Von den 22 Schmarotzern finden sich 4 in den 4 Wirten, 5 in 3 und 9 nur in einer Species.

Alle drei einheimischen Coregonen des Vierwaldstättersees leben pelagisch in der Seenmitte und ernähren sich von Plankton. Entsprechend der Gleichförmigkeit der Nahrung ist ihr Parasiten-

---

[1] WAGLER, E.: « Die Coregonen in den Seen des Voralpengebietes. » Intern. Revue f. Hydrob. Bd. 26. 1932.

bestand sehr einförmig und besteht nur aus Cestoden. « Alle diese Cestodenarten sind auch in den Felchen der übrigen subalpinen Seen und des europäischen Nordens zuhause. So macht die Parasitengesellschaft in ihrer Zusammenzetzung den Eindruck einer unvermischten, ursprünglichen Coregonenfauna. Es fehlen ihr spätere sekundäre Zutaten, und einzelne sonst typische Elemente mögen ihr verloren gegangen sein. »

Auch im Neuenburgersee scheinen in den zwei Coregonen Trematoden, Nematoden und Acanthocephalen zu fehlen und nur Cestoden sich zu finden. Die Fischparasiten des Genfersees unterscheiden sich in nichts prinzipiell von den übrigen Voralpenseen.

Die als parasitenlose Embryonen oder als ebensolche Jungfische in den Seen am südlichen Alpenrand seit über 70 Jahren eingesetzten Coregonen erwissen sich nach den bisherigen spärlichen Untersuchungen als parasitenfrei.

« Der Schmarotzerbestand der Coregonen aus Skandinavien, Finnland, Norddeutschland, der Schweiz und selbst aus Nordamerika und Sibirien weicht in seiner faunistischen Zusammensetzung nicht wesentlich von einander ab... es liegt nahe, diese faunistische Übereinstimmung zum Teil auf denselben geographischen Ursprung aller Coregonen zurückzuführen. »

Am reichsten an Individuen und Arten (16) sind die Cestoden vertreten, was damit zusammenhängt, dass die meisten Coregonen-Arten Planktonfresser sind und die Fischcestoden meist durch Planktonkrebse übertragen werden.

Die 11 Trematoden der Coregonen verbreiten sich von Fisch zu Fisch.

Die 9 Acanthocephalen sind grösstenteils auf die Coregonen in der Ostsee benachbarter Gewässer beschränkt.

Zschokke unterscheidet:

« *a.* Parasiten, die nur in Salmoniden vorkommen, oder sogar auf die Coregonen beschränkt sind ;

b. auch bei anderen Fischen des Meeres oder Süsswassers weit verbreitete Schmarotzer ;

c. verirrte Parasiten, die zufällig auf Coregonen übertragen werden können, sonst aber in anderen Wirten regelmässig schmarotzen ;

d. rein marine Parasiten. »

Die Salmonidenschmarotzer treten überall in Coregonen auf, aber im Norden besonders regelmässig. Ausschliesslich marine Parasiten finden sich nur in den Coregonen in unmittelbarer Nähe der Ostsee. Diese Coregonen machen heute noch vielfach Wanderungen zwischen Salz- und Süsswasser. « Die in Coregonen zufällig verirrten Parasiten aus anderen Süsswasserfischen, vor allem aus Cypriniden, endlich sind besonders aus den Felchen der Seen des nördlichen Alpenrandes bekannt, ohne im Norden indessen ganz zu fehlen. Sie sind also charakteristisch für Coregonen, die eine sekundäre Heimat bewohnen. »

Historisch betrachtet, ergibt sich folgendes: « Wahrscheinlich besassen die Coregonen ursprünglich eine rein salmonidenhafte Schmarotzerfauna. Später, mit der Veränderung der Wohnorte und der Lebensweise des Wirtes gesellten sich zu diesem Grundstock sekundäre Elemente. Im Umkreis der Ostsee waren es hauptsächlich Schmarotzer marinen Ursprungs, in den Seen am nördlichen Alpenrand aus Süsswasserfischen verirrte Formen. So bildete sich im Laufe der Geschichte der Gattung *Coregonus* eine gewisse Mannigfaltigkeit in ihrer Parasitenfauna heraus. » In den nur 70 Jahren, die seit Besiedlung der südalpinen Seen mit Coregonen verstrichen sind, haben sich noch keine Parasiten in den Coregonen herausgebildet.

Mit den Coregonen sind postglacial zu uns auch deren Parasiten eingewandert. Und mit der Zunahme der Abarten und neuen Arten von Coregonen am Nord- und Westrand der Alpen ist auch deren Parasitenfauna immer reicher geworden. Es wäre wohl interessant, weiterhin zu untersuchen, wie weit diese Parallelität geht: Abänderung der Coregonen von den Grundtypen Gross- und Kleinfelchen und Zunahme des Parasitenreichtums.

So schloss *Zschokkes* reiches Leben mit einer Arbeit, die interessant in ihren Ergebnissen ist, aber auch interessante Ausblicke auf die Zukunft der Forschungsrichtung gewährt.

In der Tat, *Zschokkes* Leben war reich. Als Enkel des Staatsmannes und Dichters *Heinrich Zschokke* und als Sohn des verdienten Eisenbahningenieurs und Politikers *Olivier Zschokke* und seiner Ehefrau *Marie*, geb. *Sauerländer*, in Aarau auf dem Gute « Blumenhalde » geboren, verlebte er seine Jugend in der Vaterstadt. Seinem Lehrer der Naturwissenschaften an der Kantonsschule, Dr.

Mühlberg ist er dauernd dankbar geblieben. Zu seinen liebsten Erinnerungen zählte seine Tätigkeit im Kadettenkorps der Stadt Aarau. Er erreichte später den Grad eines Hauptmannes. Nach kurzem Universitätsstudium in Lausanne setzte er seine Studien in Genf bei *Karl Vogt* fort. Gross war seine Verehrung für den hervorragenden Forscher und Lehrer, aber der bescheidene abgeklärte *Zschokke* ist nie den ausschweifenden materialistischen Ideen seines Lehrers gefolgt. In Genf schloss er sich der Zofingia an, deren Genfer Sektion er später präsidierte. 1920 wurde er Zentralpräsident der Schweizerischen Zofingia. Dem mit so feinem Künstlersinn begabten jugendlichen *Zschokke* war das Studium an der Biologischen Station Neapel besonders teuer. Später hat er auf der Hochzeitsreise seine junge Frau dorthin geführt. Nach Abschluss der Genfer Studien arbeitete er am Zoologischen Institut Leipzig unter dem grossen Parasitologen *Leuckart*. Der grosse Fleiss und die Zuverlässigkeit des Leipziger Zoologischen Instituts fesselten ihn sehr, und manche Freundschaft mit Schweizer und deutschen Mitarbeitern schloss er damals in diesem Institut. 1887 habilitierte er sich in Basel, und wurde dort 1893 Nachfolger des ausgezeichneten Schweizer Zoologen und Vorgeschichtsforschers *Karl Ludwig Rütimeyer*. Am 7. November 1895 heiratete er *Nathalie Dietschy* aus Basel, die ihm zwei Söhne schenkte. Seine Frau war ihm eine treue liebende Lebensgefährtin, die ihn rührend bis an sein Lebensende gepflegt hat.

Zschokke war eine gerade Natur, er war ein feiner Menschenkenner von unerbittlichem Gerechtigkeitssinn. Sein hohes Ansehen in seiner Schweizer Heimat und im Ausland verdankte *Zschokke* neben seinen wissenschaftlichen Leistungen diesem Gerechtigkeitssinn. Es mag nur wenig Berufungen in der Schweiz und in Deutschland gegeben haben, bei denen *Zschokkes* Urteil nicht eingefordert wurde; oft mag er den Ausschlag gegeben haben. *Zschokkes* stets auf das Grosse in Natur und Menschenleben gerichteter Sinn liess sich nie durch Äusserlichkeiten blenden, er sah am Nebenmenschen immer das Echte, und so verband ihn Freundschaft nicht nur mit Menschen seines Kreises und seiner Denkungsart. Sein Nachfolger, Professor *Portmann*, schrieb in dem schönen Nachruf « Erinnerung an Herrn Professor *Dr. Friedrich Zschokke-Dietschy* »: « Mit Pater *Richen* aus Feldkirch, der im Sommer jahrzehntelang

als Gletscherpfarrer in der Kapelle am Gepatschhaus im Kaunsertal amtete, verband ihn gegenseitige und tief im Persönlichen wurzelnde Hochschätzung und Verehrung.»

Im Leben eines jeden Menschen wechseln Sonnentage und trübe Tage miteinander ab. *Zschokke* war bei allem tiefen wissenschaftlichen Ernst eine von gesundem Frohsinn erfüllte Natur; für ihn waren die Ausflüge mit seinen Schülern in die Ost- und Westalpen, in das Kaunsertal, nach Partnaun, Tilisura, Gaschurn, nach Feuchten in Tirol, nach der Adria und dem Unterengadin gleichzeitig Feste reiner Freude, für ihn war, wie er schreibt, die Feier seines 60. Geburtstages «eine blühende Oase im Leben». Im Kreise seiner Familie, seiner Freunde und Kollegen brach oft sein echter sonniger Humor durch, ebenso im Kreise seiner Schüler oder der schlichten Bergführer, mit denen ihn das Seil auf Leben und Tod verband.

Zschokkes Lebenswerk hat reichste Anerkennung gefunden. In seiner Schweizer Heimat war er u. a. Ehrenpräsident der Schweizerischen Zoologischen Gesellschaft, Mitglied der Hydrobiologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, der Kommission des Naturschutzbundes, der Kommission zur wissenschaftlichen Erforschung des Schweizerischen Nationalparks und Ehrenmitglied des Schweizer Alpenclub. Im Ausland war er Korrespondierendes Mitglied der Preussischen Akademie der Wissenschaften, der Leopoldinischen Akademie in Halle, der Zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, der Linnean Society in London und der Societas pro Flora et Fauna Fennica. 1910 hat ihn die Deutsche Zoologische Gesellschaft als ersten Ausländer zu ihrem Ersten Vorsitzenden ernannt. Die Universität Cambridge hat ihn 1923 zu Vorträgen über die Tierwelt der Alpen eingeladen. Vom 6. bis 9. Juni 1911 tagte, von ihrem Vorsitzenden *Zschokke* eingeladen, die Deutsche Zoologische Gesellschaft zum ersten Mal ausserhalb der Reichsgrenzen in Basel.

Und doch dürfen wir sagen: *Zschokke* gehörte in ebenso hohem Masse wie der Wissenschaft seinen Schülern. Mehr noch sehnte er sich von seiner Arbeit zur Vorlesung als umgekehrt, er ist das Vorbild des akademischen Lehrers, der nicht nur die Vorlesungen mit peinlicher Sorgfalt vorbereitete und mit Meisterschaft hielt. So sagte er einmal zu mir: « In jedem Jahre freue ich mich schon lange

zuvor darauf, die Vergleichende Anatomie des Schädels vortragen zu können. Ich habe Jahrzehnte gebraucht, bis ich hierfür diejenige Form fand, die mich befriedigte ». Sein Bestes gab er seinen zahlreichen Doktoranden, auf deren Arbeiten man sich nicht nur « verlassen kann », sondern die uns noch lange Zeit die Grundlage für die Schweizerische Hochgebirgsbiologie nächst den Arbeiten des Meisters selbst liefern werden. Im Institut pflegte er täglich nicht nur am Arbeitstisch, sondern mit allen seinen Mitarbeitern und Schülern auch am gedeckten Teetisch zusammenzukommen. Selten hatte man so sehr den Eindruck des « Vaters unter seinen Söhnen » wie bei der unvergesslichen Zoologentagung in Basel im Jahre 1911.

Für die Verbundenheit *Zschokkes* mit der akademischen Jugend und mit seinen geliebten Bergen spricht die Tatsache, dass Freunde und Schüler ihm zum 70. Geburtstag eine « Friedrich Zschokke-Stiftung » für zoologische Reisen von Studenten mit ihren Lehrern überreichten, und dass er selbst seinen Studenten ein Berghaus, das « Zschokkehaus », geschenkt hat. Und wenn wir selbst aus Freude am Wandern und an der zoologischen Arbeit in die Berge ziehen, so wollen wir nie vergessen, dass wir Schüler sind und bleiben des Begründers der alpinen Hydrobiologie und der hochalpinen zoologischen Ausflüge, *Friedrich Zschokke.*

Excursion annuelle 1936 au Chasseral.

Itinéraire. Aller: Fribourg-Morat-Anet-Erlach-Landeron-Neuveville-Lignières-Chasseral.

Retour: Nods-Lamboing-Orvin-Frinvillier-Bienne-Aarberg-Morat-Fribourg.