

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 14 (1965-1968)
Heft: 4

Artikel: Evolution des idées sur le déplacement des lignes de rivage : origines en Fennoscandie
Autor: Wegmann, Eugène
Kapitel: Spectre des vitesses, ordre de grandeur et épirogenèse
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-258672>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.11.2024

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

successeurs (HYYPÄ, DONNER, IGNATIUS et beaucoup d'autres espoirs). Les diagrammes et les cartes d'isobases (fig. 6) posent de multiples questions. Ils font voir des écarts entre certaines données de la nature et les modèles, quoique évolués, et montrent ainsi le chemin vers de nouvelles approximations. Des recherches sur le terrain, des prélèvements et des déterminations permettent d'améliorer le réseau des échelles chronologiques de plus en plus détaillées et de corriger la position de chaque série d'observations dans le réseau.

Spectre des vitesses, ordre de grandeur et épirogenèse

Une importante distinction s'était imposée (elle est mentionnée plus haut, cf. p. 138), lorsque la durée et les subdivisions des temps géologiques furent reconnues. Les échelles, géologique, séculaire, et celle des durées plus courtes,

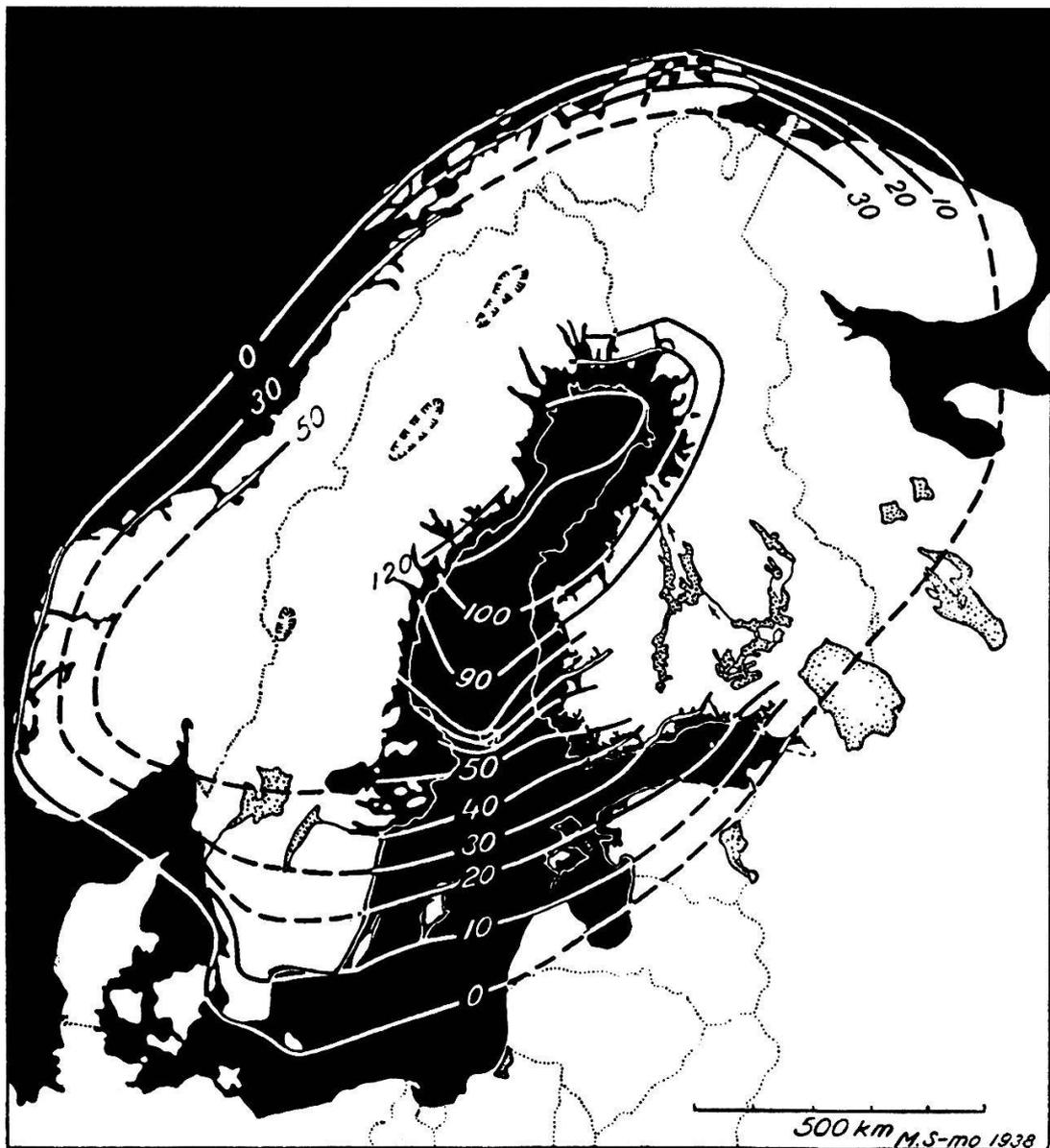


Fig. 6. — Carte des isobases du premier stade de la mer à *Litorina* construite par M. SAURAMO (1939).

furent différenciées. Les résultats des recherches sur la chronologie absolue, n'ont pas seulement confirmé cette manière de voir, mais en donnant la valeur des durées, elles ont permis de déterminer des vitesses de mouvement. Ainsi, on a obtenu tout un spectre (WEGMANN, 1948) et il nous semble utile d'en dire quelques mots, pour pouvoir définir la place que les données de la Fennoscandie y occupent.

Un tel groupement peut être établi de plusieurs façons : les vitesses obtenues de différentes manières peuvent être groupées suivant leur grandeur, par siècle ou par millénaire. Cette façon de faire peut suffire pour une première approximation. En y regardant de plus près, on remarque que ces valeurs ne représentent pas des données homogènes. La comparaison de nombreuses déterminations montre que les moyennes obtenues à partir de grands intervalles sont généralement plus petites que celles déterminées sur des coupures plus limitées. Cette règle empirique signifie probablement qu'un déplacement prolongé peut être entrecoupé par des ralentissements, des arrêts et même des mouvements en sens contraire, ce qui abaisse les moyennes. Les valeurs séculaires ou millénaires, ne sont donc comparables, que si elles sont obtenues pour des intervalles du même ordre de grandeur (WEGMANN, 1955).

Une classification plus évoluée se basera sur les vitesses, en tenant compte de la durée et de l'écart du mouvement positif ou négatif, ayant fourni la moyenne. Une distinction plus adaptée aux conditions de la nature saisira la grandeur des mouvements plus ou moins *continus dans le même sens* et limités par des déplacements du même ordre de grandeur en sens contraire, ou par des arrêts prolongés. On obtient ainsi des *unités de mouvement* ; ces unités peuvent être subdivisées par des ralentissements, des arrêts ou des oscillations en sens contraire, d'un ordre de grandeur inférieur. Un caractère supplémentaire sera fourni par l'extension et la configuration de la masse en mouvement.

Essayons maintenant de placer les mouvements postglaciaires de la Fennoscandie dans ces diverses classifications.

Le soulèvement séculaire actuel de la partie centrale, évalué à 1 m, se place parmi les mouvements verticaux les plus rapides, à l'exception des déplacements catastrophiques. Tous les auteurs sont d'accord pour admettre que la vitesse séculaire en était un multiple pendant les périodes suivant immédiatement la déglaciation, mais les estimations varient. Les plus grandes vitesses pour ce temps, sont mentionnées par SAURAMO (1939, p. 14) ; il admet, pour l'Ångermanland, une remontée de 40 à 50 m par siècle, ce qui correspondrait à une valeur limite de 0,5 p par an.

En ce qui concerne l'avenir, tous les auteurs admettent que le soulèvement se ralentira, mais les estimations varient suivant le modèle géophysique proposé et les valeurs choisies comme base. Mentionnons, comme exemple, l'estimation de WITTING (1928) : après cinq cents ans, la vitesse au centre aurait diminué de moitié, et à partir de ce moment la lithosphère ne se soulèverait plus que de 25 m pour atteindre son équilibre. L'analyse dynamique de NISKANEN (1949) aboutit au résultat que la lithosphère n'atteindra plus la

même position qu'elle avait avant la dépression, mais que le mouvement ascensionnel sera freiné avant. Comme il est difficile de déterminer la position de la lithosphère, avant la dernière ou les autres glaciations, cette affirmation est certainement l'aboutissement d'un bon calcul, mais reste néanmoins hypothétique.

D'autre part, le bouclier a été déchargé ; on le comprend en évaluant les masses rocheuses transportées depuis la Fennoscandie dans les régions périphériques et étalées sur les vastes surfaces de la plate-forme russe, la Pologne, l'Allemagne, les Pays-Bas, la mer du Nord et les régions limitrophes des océans Scandique et Arctique, en formant souvent des dépôts épais. En appliquant le modèle de l'isostasie, on s'attendrait à un soulèvement. Plusieurs autres manières de résoudre le problème sont tout aussi hypothétiques.

Les estimations de l'écart entre la position déprimée et celle d'équilibre (dans l'hypothèse de l'isostasie) varient suivant la méthode de détermination et suivant les valeurs choisies pour le calcul. Aucune méthode ne permet d'obtenir des chiffres exacts ; il ne peut s'agir que d'ordres de grandeur. Les estimations *varient entre 800 et 1000 m* (TANNER, 1930, p. 413 ; SAURAMO, 1939 *b*).

Puisqu'on ne peut pas savoir quand le soulèvement a commencé, les appréciations quant à *la durée du mouvement ascensionnel* varient. Les uns admettent que ce mouvement a commencé lors du recul des glaces, celles-ci diminuant d'épaisseur sur la région centrale, d'autres, pensent que le soulèvement a suivi le recul du front glaciaire (SAURAMO, 1939 *b*). Les estimations basées sur les modèles isostatiques les plus courants varient entre 8000 et 12 000 ans. En évaluant, à partir de ces chiffres, la vitesse séculaire moyenne de la remontée, on obtient une valeur de l'ordre de grandeur de dix mètres. Une telle estimation donne plus de vraisemblance aux grandes vitesses initiales de SAURAMO (1939 *b*, p. 14) .

Toutes ces estimations se rapportent à la partie centrale autour du golfe de Bothnie. A partir de ce noyau, la valeur des écarts entre la position déprimée et l'état actuel va en diminuant jusqu'aux isobases 0 m, et à partir de là, le signe du mouvement devient contraire. La position de l'isobase 0 m ne reste pas constante pendant toute cette période, mais se déplace quelque peu, comme on peut s'en convaincre en comparant les cartes des différents stades. Des changements de vitesses en sont la conséquence, mais ces changements ne sont pas synchrones ; les spectres épirogénétiques montrent ces variations pour chaque point. Mais non seulement les isobases externes ne sont pas parallèles dans tous les secteurs, mais aussi ce que l'on appelle l'épicentre épirogénique semble s'être déplacé pendant le soulèvement (TANNER, 1929, p. 361). Ce phénomène peut être expliqué de plusieurs manières, suivant les hypothèses générales. On peut admettre, comme nous l'avons fait pour le Groenland (WEGMANN, 1939, p. 45), que les lieux des premières grandes accumulations, la répartition des charges lors de l'état stationnaire et celle des stades de recul, n'ont pas été les mêmes ; on peut aussi voir dans ce déplacement

l'indice d'un autre facteur indépendant de l'équilibre isostatique (TANNER, 1929, 1930), la marque d'un plissement de fond (dans le sens d'Emile ARGAND), qui se superposerait aux manifestations de la glacio-isostasie. Un tel plissement, avec un facteur isostatique de moindre importance, fut déjà postulé par REKSTAD (1922), se basant sur ses observations dans les régions montagneuses de la Norvège. Les séries stratigraphiques des régions qui entourent la Fennoscandie témoignent d'une *tendance persistante de remontée du bouclier Baltique* depuis les temps du vieux Paléozoïque jusqu'à la fin du Tertiaire. Des sables provenant de la Fennoscandie se retrouvent dans de nombreux étages et montrent que les différences de niveau rendaient de tels transports possibles et que ces différences de niveau étaient renouvelées à de nombreuses reprises. On peut même aller un pas plus loin et considérer, comme Erich HAARMANN l'a proposé (1930, p. 65, 1935, p. 61), le déroulement des *glaciations comme dépendant des oscillations* de la lithosphère. Un premier stade aurait soulevé les montagnes, fournisseurs des glaces, et créé la vaste cuvette dans laquelle elles se seraient écoulées, en la remplissant jusqu'au niveau où leur surface faisait partie de l'aire d'accumulation. Un soulèvement de la cuvette remplie aurait fait déborder les glaces, déclenchant ainsi les récurrences successives. Ces quelques exemples, choisis parmi de nombreuses autres possibilités, montrent qu'un *vaste éventail d'hypothèses* est à disposition pour relier les différentes données entre elles.

Revenons encore sur les *dimensions du phénomène* : une masse rocheuse de l'ordre de grandeur de 5 millions de km³ a été soulevée au-dessus de la surface atteinte pendant les temps glaciaires, d'abord rapidement, ensuite de plus en plus lentement, pendant une durée d'une dizaine de milliers d'années. Ces chiffres n'ont pas d'autre but que de montrer les dimensions approximatives du phénomène, pour pouvoir le comparer à d'autres.

De nombreux auteurs appellent ce genre de mouvements *épirogenèse*. Il correspond, en effet, à la définition et au type décrit par G.-K. GILBERT (1890), c'est-à-dire au bombement après la disparition du lac Bonneville, dans le NE du « great Basin ». En effet, GILBERT (1890, p. 340), écrit : « Ayant l'occasion de distinguer les phénomènes des ondes géographiques des larges dômes, je prends la liberté d'appeler les mouvements plus larges par l'adjectif *épirogénique*, basant l'expression sur le mot grec ἑπειρος = continent. Le processus de la formation des montagnes est l'orogénèse, le processus de la formation des continents est l'épirogenèse, et les deux ensemble sont le diastrophisme. » Dans le cas du lac Bonneville, le soulèvement suit la disparition des eaux, mais les dimensions du phénomène sont trois à quatre fois plus grandes pour le bouclier Baltique. Il y a aussi d'autres différences, structurales, dont nous ne mentionnerons que les failles, formant une série de horsts et de grabens. Ces mouvements créant des reliefs, sont considérés comme des manifestations de l'*orogénèse*. Ces discontinuités orogéniques n'existent, d'après GILBERT (1890, p. 340), que grâce aux mouvements épirogéniques ; elles se superposent au bombement, et les deux se combinent

« comme les rides sur les vagues de l'Océan » (1890, p. 368). Dans la pensée de GILBERT (1890, p. 340) : « Aucun des processus de déplacement n'appartient exclusivement au passé lointain, mais les deux sont associés à l'histoire du lac. » Il s'agit d'une importante contribution à la tectonique vivante dans le sens de l'actualisme ; ceci est souligné par les remarques de GILBERT (1890, p. 358), qu'il s'agit aussi bien pour le bombement que pour les failles d'un mouvement lent et séculaire, quoique catastrophique dans le détail. L'orogénèse et l'épirogenèse ne s'excluent pas, mais sont combinées. Le terme orogénèse a été employé déjà en 1889, par C. ABBE jr, suivant le « Glossary of Geology » (1962).

Les failles ne manquent pas en Fennoscandie, comme mentionné plus haut (cf. p. 154), mais leur rôle dans l'ensemble et leur importance ne sont pas les mêmes. On peut néanmoins affirmer que les deux phénomènes appartiennent au même type de l'épirogenèse de GILBERT, comme d'ailleurs d'autres boucliers et d'autres lacs quaternaires.

Les termes ont malheureusement subi de nombreuses altérations fondamentales, d'abord dans la littérature allemande, sous l'influence de l'image directrice de STILLE. HAARMANN (1934) a essayé de rétablir le contenu original de ces notions, mais cette tentative est restée sans suite. Nous ne voulons pas décrire les vicissitudes par lesquelles les deux termes ont passé, pour aboutir à une multitude de définitions variant d'un auteur à l'autre. C'est un phénomène assez fréquent dans l'histoire de la géologie et de la pétrographie. Il suffit de constater que les mouvements orogéniques et épirogéniques s'excluent dans la plupart des définitions actuelles. Les deux termes ne peuvent plus être employés pour désigner des phénomènes tels que ceux qui suivirent la disparition du lac Bonneville, ou la déglaciation de la Fennoscandie. De nombreux auteurs emploient le terme quelque peu curieux de « mouvement isostatique » (s'il y a mouvement, il n'y a pas d'équilibre), mais sa définition fait intervenir un mécanisme, pour le moment tout à fait hypothétique, qu'il s'agirait d'éluider avant de l'affirmer.

Des termes descriptifs sont nécessaires pour pouvoir se retrouver dans cette confusion et pour développer les recherches dans le domaine de la tectonique vivante. Pour pouvoir y arriver, il s'agira de grouper les divers phénomènes de la tectonique vivante, en se basant sur leurs multiples caractères principaux et accessoires. Il sera utile de ne pas se tenir à un seul système de hiérarchie des caractères, mais de changer la succession des catégories, pour arriver à saisir les divers liens de parenté.

Les deux exemples peuvent être réunis dans un type : dans les deux cas, l'écorce continentale se soulève rapidement (durant un espace de temps de l'ordre de grandeur de dix mille ans), en un large dôme après être déchargé. Les types de bombement de ce genre sont des *unités de mouvement* dans une classification esquissée ci-dessus, en ce sens qu'ils sont limités, soit par des déplacements en sens contraire, soit par des positions de repos prolongé. Ce sont des *événements de courte durée* que l'on pourrait appeler *épisodiques*

pour les distinguer dans l'échelle des durées, d'une part des événements séculaires (dans le sens propre du mot), d'autre part des événements durant des millions, des dizaines, voire des centaines de millions d'années. Ces différents ordres de grandeur peuvent être distingués dans les boucliers et dans ce que l'on appelle les vieux massifs, comme le Massif Central de France, ou le massif jumelé des Vosges et de la Forêt-Noire.

Le bouclier fennoscandique s'est bombé depuis les temps du vieux Paléozoïque jusqu'à nos jours, et cela à de nombreuses reprises, en changeant de forme et d'amplitude. Il est probable que ce mode de mouvement, bien documenté pour plusieurs étages du Tertiaire, s'est continué pendant le Quaternaire, de telle sorte que les oscillations épisodiques des temps glaciaires et postglaciaires se superposent *au mouvement persistant*. Ces mouvements de très longue durée se composent d'une série de pulsations, comme la disposition des sédiments périphériques (CLOOS, 1939, p. 502-503), leur succession et l'évolution morphologique le montrent.

Si l'on veut étudier la *phénoménologie* de ces différentes sortes de mouvements, il ne suffit pas d'affirmer que la même force était agissante, aussi bien pour les unités d'ordre supérieur que pour les épisodes ; on peut accepter un principe de ce genre comme guide pour les recherches, comme l'avait fait RUNEBERG en 1765, mais ce n'est pas une donnée de la nature. On peut aussi essayer, dans la mesure du possible, d'individualiser chacun de ces types de mouvement, en comparant les analogies et les différences. On définira ainsi les exigences auxquelles les modèles des mécanismes doivent suffire.

De nombreux auteurs distinguent actuellement les mouvements rapides périodiques des segments plissés des déplacements lents, non périodiques, des aires continentales. Aux premiers, on a donné, en suivant STILLE, le nom de mouvements orogéniques, les seconds sont appelés épirogéniques. Nous avons essayé de montrer *qu'il y a aussi des mouvements rapides, même plus rapides* que dans beaucoup de zones plissées, *dans des aires continentales*. Les mouvements de l'ordre de grandeur épisodique n'appartiennent ni à l'une ni à l'autre des grandes catégories mentionnées. Ce n'est pas le lieu de traiter ici le vaste ensemble de problèmes présenté par les unités de mouvements d'ordre supérieur. SUESS, avant de connaître les dimensions chronologiques, avait déjà l'intuition que les grandes transgressions et régressions appartenaient à une catégorie d'événements différents des accidents épisodiques (cf. p. 142).

Depuis JAMIESON (1865), on a fait intervenir l'isostasie dans les explications des mouvements épisodiques. Ce principe est certainement un bon guide pour les recherches, mais le mécanisme un peu simpliste le plus souvent proposé, quoique utile pour les calculs, n'est certainement qu'une première approximation. On peut se demander pourquoi l'équilibre est rapidement rétabli (en une dizaine de milliers d'années), lors de la formation et de la disparition d'un glacier continental ou d'un lac, alors que cet état n'est pas atteint pendant des millions ou des dizaines de millions d'années dans d'autres régions soulevées ou déprimées, comme les chaînes de montagnes jeunes ou

rajeunies, les vieux massifs, les géosynclinaux et d'autres phénomènes de ce genre. On a essayé à plusieurs reprises de calculer la viscosité des masses qui se déplacent en profondeur lors du rétablissement de l'équilibre (GUTENBERG, 1941 ; NISKANEN, 1949), en cherchant ainsi à expliquer les phénomènes par les propriétés rhéologiques et élastiques. Il est probable que la structure spéciale des boucliers et larges massifs joue aussi un rôle. Une autre circonstance, en tout cas pour la Fennoscandie et les autres boucliers couverts par les inlandsis, est le fait que le soulèvement postglaciaire est *la fin d'une série d'au moins trois glaciations accompagnées de dépressions et de soulèvements*. Il est probable que les conditions subcrustales ont évolué différemment sous une plate-forme ayant seulement subi les lents soulèvements répétés, au cours des périodes géologiques, et un bouclier soumis à une *série d'oscillations de plus grande envergure et cela à une cadence rapide* (en tout cas à l'échelle géologique). L'influence de voilements répétés est connue en technologie. En géologie tectonique, une telle influence est peu connue, parce que les recherches se concentrent surtout sur des déformations irréversibles. Une explication plus évoluée devra tenir compte de ces facteurs, et probablement aussi d'autres, et les faire intervenir dans ses modèles.

Dans les pages précédentes, nous avons évoqué quelques questions concernant les unités de mouvements postglaciaires et nous avons essayé de montrer comment les recherches sur ce vaste sujet se sont séparées des études entreprises, pour fixer la vitesse séculaire des déplacements récents. Ces vitesses ne sont que des coupures dans l'ensemble, mais l'histoire des travaux entrepris pour saisir les détails de leur cinématique est un complément important pour la connaissance de la tectonique vivante. Il nous semble donc utile d'en esquisser brièvement quelques traits essentiels.

Evolution des études sur les mouvements séculaires

L'observation des déplacements récents de la ligne de rivage avait déclenché les recherches scientifiques (cf. p. 133), et la détermination de la vitesse par siècle a été un des buts principaux depuis les travaux de CELSIUS (cf. p. 135) ; la multiplication des marques gravées dans les rochers en était une suite importante. Mais les variations journalières et saisonnières dues aux conditions météorologiques et hydrographiques sont parfois si impressionnantes que les mouvements séculaires de la lithosphère restèrent douteux jusqu'à la fin du siècle passé. Toutefois il apparut que sans un vaste réseau d'observations suivies, il ne serait pas possible d'éliminer les changements à court terme et d'obtenir des moyennes permettant de dégager le soulèvement, si soulèvement il y avait.

A partir du milieu du siècle passé, les stations de pilotes en Suède et en Finlande se virent octroyer l'obligation d'observer et de noter chaque jour le niveau marin. La qualité de certaines observations et leur homogénéité laissèrent au commencement à désirer, de sorte qu'il fallut du temps et de la patience pour obtenir des valeurs comparables. Une autre difficulté se présenta