

BULLETIN
DE LA
COMMISSION GÉOLOGIQUE
DE FINLANDE

N:o 10

LES DÉPÔTS QUATERNAIRES EN FINLANDE

PAR

J. J. SEDERHOLM

Avec 2 figures dans le texte et 1 carte.

HELSINGFORS
Novembre 1899

LES
DÉPÔTS QUATERNAIRES

EN

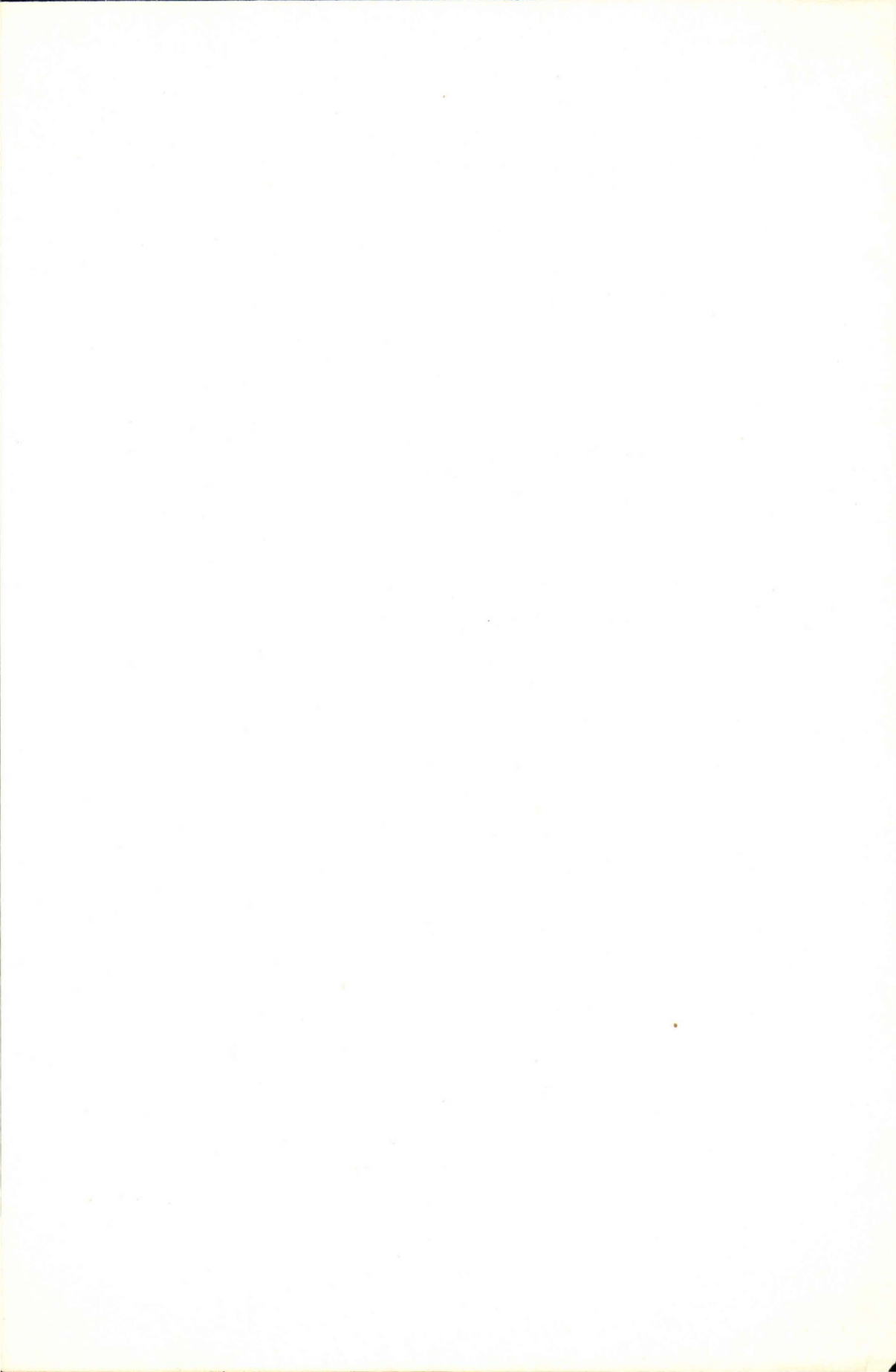
FINLANDE

PAR

J. J. SEDERHOLM

Avec 1 carte

HELSINGFORS 1899



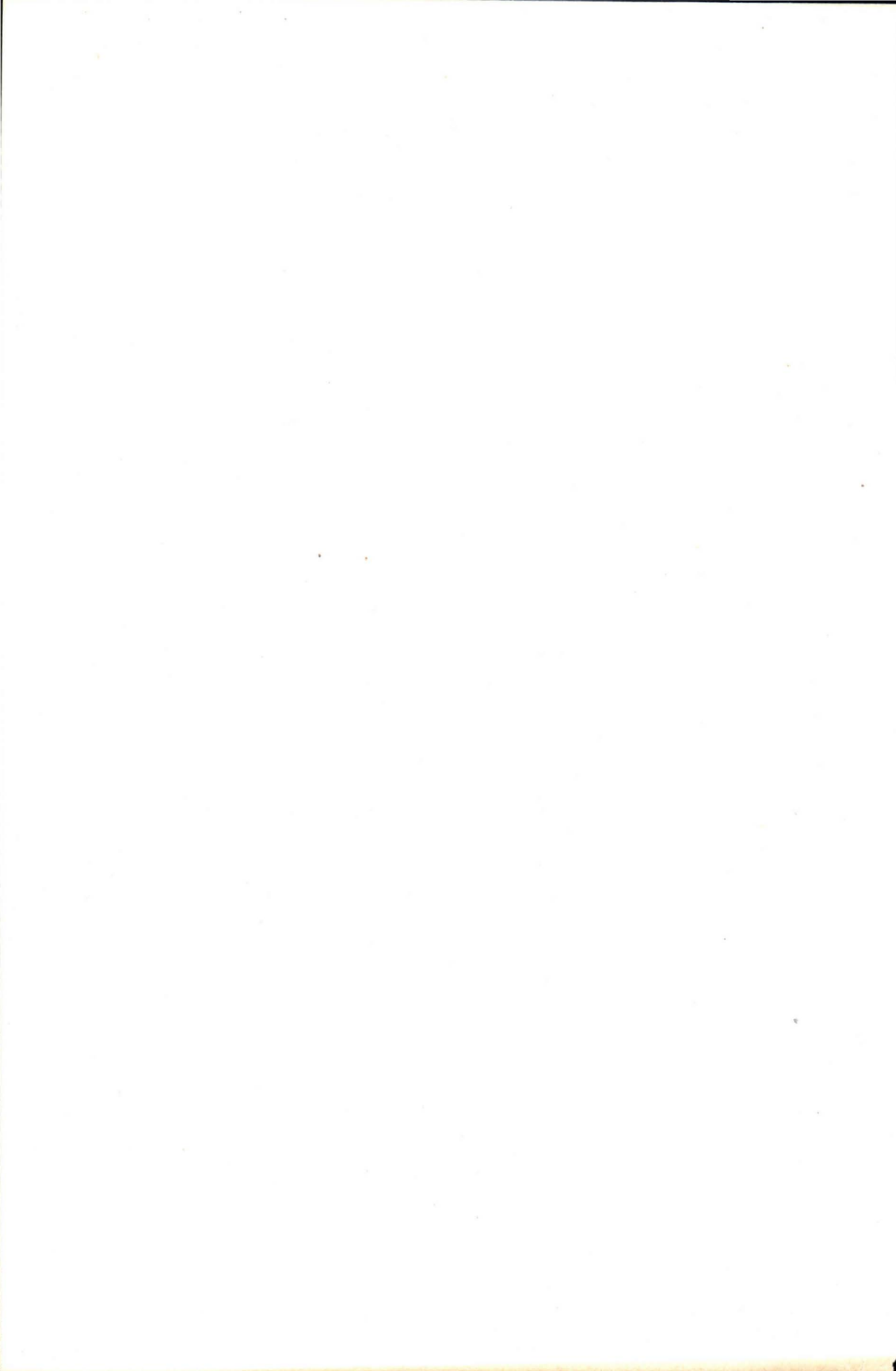
Avant-propos.

La présente carte de l'extension des dépôts quaternaires, qui a été dressée par le soussigné, est entrée, avec le texte qui lui est joint, comme n:o 4 dans l'Atlas de Finlande édité par la Société de Géographie de Finlande. Dans le même Atlas figuraient aussi comme n:o 3 la carte des roches préquaternaires qui entre dans le Bulletin n:o 6, et comme n:o 2 la carte hypsométrique, Bulletin n:o 9. Les deux cartes géologiques ont été aussi, sans aucun texte annexé, distribuées au 7:e Congrès Géologique International à St. Pétersbourg.

Bien que le texte de la carte des dépôts quaternaires soit à proprement parler conçu pour le grand public, j'ai été contraint, le temps me manquant pour rédiger un exposé plus détaillé et purement scientifique, de joindre ce texte à la carte dans le Bulletin. Du reste je renvoie aux articles sur la géologie glaciaire de la Finlande qui sont entrés et entreront dans ce même Bulletin, dans la Fennia (Bulletin de la Société de Géographie de Finlande) et dans les Travaux de la Société Géologique de Stockholm, et où les personnes qui s'intéressent à la question trouveront tous les détails qui manquent dans cet exposé d'ensemble.

Helsingfors le 8 Novembre 1899.

J. J. Sederholm.



Dépôts quaternaires en Finlande

par

J. J. SEDERHOLM.

Tandis que, sur la carte des roches anciennes, on a supposée éloignée la couche superficielle de dépôts quaternaires, celle-ci, sur la carte n^o 4, est représentée seule, sans qu'on ait tenu compte des masses rocheuses que ces dépôts meubles recouvrent ou qui percent au travers.

Dès le premier coup d'oeil, on est frappé de la différence entre les régions côtières et les parties intérieures du pays. Tandis que dans ces dernières dominent les *formations de dépôts morainiques* pierreux, de grandes parties des régions côtières sont occupées par des dépôts d'argiles continus. Dans chaque région on trouve en maints endroits de longues traînées de sable et de cailloux connues sous le nom d'*âsar*¹⁾, souvent suivis de champs de *sable* plus unis, qui atteignent leur plus grande extension dans la région située entre le Ladoga et le golfe de Finlande, et dans la région d'Uleåborg.

Comme les contrées méridionales du pays, qui ont été explorées au point de vue géologique, sont celles où les dépôts meubles présentent la plus grande variété, cette carte souffre moins que la précédente du caractère incomplet des connaissances sur l'extension des formations géologiques dans de grandes parties de la Finlande. Pour déterminer l'extension des argiles, surtout en Ostrobothnie, les cartes cadastrales où sont indiqués les champs et prairies fournissent aussi une aide précieuse: car l'expérience a montré que de grandes prairies continues ne se rencontrent que sur un fond d'argile ou de

¹⁾ âs, pl. âsar, pron. ôsar; l'orthographe oesar est incorrecte.

sable argileux. Il faut remarquer que la grande extension des champs d'argile vers le lac de l'Uleå et le Siikajoki ne doit pas donner l'idée qu'il s'y rencontre d'aussi grandes quantités d'argile fertile que dans la Finlande méridionale ou la région de Vasa. Mais comme la contrée est relativement unie et, sur la plus grande partie, couverte d'une couche, d'ailleurs souvent peu épaisse, d'argile ou de sable déposés au fond de la mer (et souvent recouverts à leur tour de tourbe), on a partout indiqué ici de l'argile. Il convient de remarquer aussi que le long des cours d'eau ostrobothniens, on trouve avec l'argile sableuse du sable, qui cependant n'a pu être indiqué à part.

Les différences considérables que présente la Laponie relativement au S. de la Finlande tiennent en partie à ce que, comme on le montrera plus tard, les dépôts s'y présentent dans de tout autres conditions que dans cette dernière région, en partie aussi à la connaissance insuffisante qu'on a de la Laponie, ce qui a empêché de donner ici les détails. L'argile se rencontre encore, bien qu'en petites quantités, dans le centre de la Laponie. Les âsar mêmes n'y manquent pas entièrement, bien qu'ils soient rares dans les parties élevées. Quelques exemples inconnus de l'auteur au moment où fut dressée la carte, sont le Kolsanharju qui passe dans la direction du S.E. devant l'église de Kuolajärvi, et le Tuuruharju qui, au N.E., traverse le Kaamasjoki dans l'Inari.

Pour la Finlande centrale, on n'a pu donner non plus que d'une manière incomplète les bandes d'âsar, faut d'un nombre suffisant d'observations. Du reste, il faut se rappeler que la carte n'est que sommaire, et que les détails de chaque partie y sont incomplètement rendus.

On tâchera ici d'exposer brièvement les résultats auxquels est aboutie la géologie touchant l'origine des dépôts quaternaires et d'une façon générale le développement géographique de la Finlande aux dernières époques géologiques.

Tous les dépôts meubles de Finlande sont d'âge *quaternaire*, c. à d. formés pendant ou après l'époque glaciaire, et reposent directement sur le fond rocheux constitué par les

roches anciennes. Comme on l'a déjà remarqué, on ne trouve pas ici de dépôts des époques comprises entre les roches plus anciennes et ceux formés au cours des périodes les plus récentes.

En effet, au moins depuis le milieu de l'ère paléozoïque, ou plus exactement depuis la période silurienne ou dévonienne, il semble que la Finlande ait été toujours élevée au dessus du niveau de la mer jusqu'à la dernière période géologique, la période quaternaire. Pendant des périodes très longues se poursuivaient dans d'autres contrées, parfois voisines, des dépôts sédimentaires le long des côtes. C'est alors que se formaient les dépôts carbonifériens, contenant souvent du charbon de terre; puis vinrent les couches permienes et triasiques, puis les dépôts jurassiques où l'on trouve des restes fossiles de reptiles variés et aussi les premiers oiseaux, ceux de la période crétacée contenant les restes des premiers arbres à feuillage caducs et des premiers mammifères, et enfin les dépôts tertiaires, qui nous montrent sous forme fossile une flore et une faune déjà très analogue à celles de l'époque actuelle.

Il est évident que les différentes espèces animales et végétales qui se sont remplacées les unes les autres à la surface du globe pendant les différentes périodes géologiques occupaient toutes les parties habitables des continents, et par suite aussi la contrée qui est la Finlande actuelle; mais, les sédiments de ces périodes manquant complètement en Finlande, on ne trouve plus aucun reste de ces animaux et de ces plantes.

La Finlande étant restée pendant tout ce temps élevée au dessus du niveau de la mer a été exposée aux influences atmosphériques. Les roches se désagrégèrent dans leurs parties supérieures, qui par suite s'ameublirent et devinrent propres à porter une végétation. Les débris ainsi formés furent entraînés par les eaux atmosphériques dans les rivières et de là dans les mers environnantes. Les rivières se creusèrent peu à peu leur lit dans les roches, jusqu'à ce que leur pente fût devenue trop faible pour que le courant continuât d'exercer plus longtemps ses effets d'érosion; et, comme tous leurs affluents primaires et secondaires subissaient la même évolution, tout le pays traversé par ces systèmes hydrographiques devait s'abaisser lentement. Ce processus d'érosion, en se poursuivant pendant de très longues périodes, devait donc faire disparaître

peu à peu toutes les grandes inégalités, et le pays devait s'aplanir de plus en plus, jusqu'au point de devenir, sinon une plaine complète, au moins une *pénéplaine* où les seules inégalités subsistantes étaient constituées par les ondulations insignifiantes séparant les rivières, et par les roches d'une érosion difficile, telles que le quartzite, qui par suite résistaient davantage.

Ce processus d'aplanissement a été cependant contrarié et dérangé toutes les fois que se produisaient des dislocations quelconques des roches sous-jacentes. Une élévation régionale avait pour effet d'augmenter la pente des rivières et d'accroître leur pouvoir d'érosion. Aussi, chaque fois qu'il se produisait une faille, c'est-à-dire une fracture avec dénivellation, il se formait d'abord des rapides sur tous les cours d'eaux qui traversaient la fracture, où des roches de dureté inégale se trouvaient souvent mises en contact, jusqu'à ce que les inégalités eussent été rabotées de nouveau. Là où d'autre part des compartiments rocheux entourés de failles s'effondraient dans l'intérieur du pays, il devait se former des lacs dans ces dépressions ou fossés entourés de „parties rejetées“, jusqu'à ce qu'ils eussent été remplis par les matériaux entraînés par les rivières.

Ces dislocations de l'écorce, tantôt lentes, tantôt rapides et jointes à des tremblements de terre, doivent avoir eu lieu en Finlande pendant un grand nombre des périodes géologiques au cours desquelles le pays a fait continuellement partie des continents. Ainsi se forma, sans doute à la fin de l'ère paléozoïque, la limite abrupte du côté du territoire sédimentaire russe, définie par un grand système de failles. Mais plus tard encore, et même pendant la période tertiaire, il doit s'être produit des dislocations de ce genre. Car le plateau finno-scandinave, ou le territoire, un au point de vue géologique et géographique, que W. Ramsay a proposé d'appeler du nom de *Fenno-Scandia*, a acquis alors ses limites actuelles vers l'W. et le N. par l'effondrement des pays qui le continuaient dans cette direction, et leur disparition sous les flots de l'Atlantique. Le pays situé immédiatement à l'E. de cet effondrement, c. à d. la partie occidentale de la Scandinavie, semble en même temps s'être élevé, prenant ainsi une pente douce vers l'E., tandis que le versant atlantique est raide. Dans les effondrements et les

cassures de l'écorce terrestre qui eurent lieu lors de la formation de la dépression de l'Atlantique nord, se produisirent le long de la ligne des côtes des échancrures nombreuses, les *fjords* scandinaves, et la pente raide du côté de l'Atlantique fut transformée ensuite par l'action des eaux courantes. Il n'est pas invraisemblable que le N. de la Finlande, qui au point de vue géographique se rattache étroitement à la Norvège, ait reçu à la même époque ses lignes de pente actuelles par l'effet de ces dislocations, et que par suite les rivières de la Finlande septentrionale, telles que la Tana, l'Utsjoki et l'Ivalojoiki aient commencé dès cette époque à creuser leurs vallées dans les lits rocheux.

Dans la partie de la Scandinavie qui regarde le golfe de Bothnie et dans la Finlande septentrionale on trouve aussi des rigoles fluviales analogues creusées dans les roches, quoique en partie assez plates, p. ex. la rivière de Torneå et le Kemi dans leur cours inférieur; mais dans le centre et le S. de la Finlande et de la Scandinavie on ne trouve presque rien qui se puisse interpréter comme des traces de ravinements opérés par les eaux avant l'apparition de l'époque glaciaire. Il est probable que ces terres étaient à cette époque trop basses et unies pour que des rigoles un peu profondes aient pu s'y développer. Quant au S. de la Finlande, il n'est pas impossible que les rivières principales aient suivi les vallées très plates occupées maintenant par les grands chapelets de lacs.

Pendant la période qui a précédé l'époque glaciaire, le pays ne peut avoir été aussi riche en lacs qu'à l'heure présente. Car, même si à cette époque des bassins lacustres s'étaient formés par l'effondrement de certaines parties de l'écorce, ils ont dû être rapidement nivelés et comblés par les masses de sable amenées par les fleuves. La couche de terre doit y avoir eu par suite une épaisseur très variable; c'est dans les bassins lacustres comblés qu'elle était le plus profonde; sur les parties les plus élevées, où elle était le plus exposée au ruissellement, elle devait être relativement mince. Les roches situées sous cette couche de dépôts meubles étaient donc très inégales et raboteuses, et il suffisait que la couche de terre protectrice fût enlevée pour que ces inégalités apparussent au jour.

Le climat de la période tertiaire semble, au moins sur l'hémisphère N., avoir été uniformément chaud. Une riche

flore de plantes à feuillage croissait alors sur le Grönland et le Spitzberg, et les palmiers s'avançaient vers le N. au moins jusqu'à la rive S. de la Baltique actuelle.

Cependant sous la période quaternaire le climat commença à devenir plus mauvais, et il arriva graduellement à être si froid que la Scandinavie et la Finlande, de même que les pays environnants, furent couverts d'une puissante calotte de glace, comme c'est le cas actuellement pour le Grönland et le continent antarctique. Alors commença *l'époque glaciaire*, si importante pour la géologie et la géographie de la Finlande, et qui imprima au pays son cachet actuel.

Il semble pourtant que cette période froide ait été coupée d'au moins une époque où le climat fut si chaud que les masses de glace fondirent de nouveau. On ne sait pourtant s'il se trouve en Finlande des dépôts de la première époque glaciaire ou de l'époque interglaciaire suivante. Les ossements de *mammoth* trouvés à quelques endroits en Finlande datent peut-être de cette époque. En tous cas la majeure partie des terres glaciaires en Finlande s'est formée lors de la dernière époque glaciaire, alors que le bord de la calotte de glaces s'étendait sur une ligne allant d'Archangelsk à la Pologne, en passant un peu à l'E. du lac Onéga.

La puissance calotte glaciaire prenait son origine dans les montagnes scandinaves, et se répandait de là sur la Finlande et les pays baltiques vers l'E., le S. et le S.E.. A l'époque de la plus grande extension lors de la première époque glaciaire, elle arrivait jusqu'à l'Angleterre, la Hollande, l'Allemagne et le S. de la Russie, où l'on trouve maintenant partout des blocs de granite rapakivi et d'autres roches finlandaises aisément reconnaissables entraînées par la glace. En même temps que la glace s'avançaient en effet d'un mouvement lent toutes des masses sous-jacentes de cailloutis, de sable, d'argile, et les blocs qui se détachaient des roches. La friction exercée sur les roches sous-jacentes eut pour résultat de polir celles-ci et d'y creuser les raies nettement dessinées, les *stries* qu'on retrouve sur les roches finlandaises et qui indiquent exactement la direction dans laquelle se mouvaient les glaces immédiatement avant leur retraite. (Les stries les plus anciennes sont naturellement en général aplanies par l'érosion.) Cependant, comme la plupart des âsar suivent la direction

principale du mouvement glaciaire (tandis que la direction des „âsar transversaux“ lui est perpendiculaire), on peut aussi par la carte n:o 4, où sont indiquées ces traînées d'âsar, se faire une idée de la direction du mouvement glaciaire. On voit par là qu'il a été sur les côtes N. du golfe de Finlande et du Ladoga en général du N.N.W. au S.S.E.. Dans les autres parties de la Finlande méridionale, la glace s'est dirigée de préférence du N.W. au S.E., sauf dans quelques parties au N.W. du Näsijärvi et à l'E. du Päijänne, où elle va du N. du S., dans ce dernier endroit même du N.N.E. au S.S.W.. Dans la Finlande septentrionale la direction se rapproche peu à peu de celle de l'W. à l'E., et dans l'extrême nord, le mouvement de la glace a eu lieu du S.W. au N.E..

Comme la glace, dans son mouvement lent, rencontrait des inégalités saillantes des roches anciennes, elle leur imprima par le frottement et le polissage la forme de dos de moutons caractéristique des roches finlandaises („roches moutonnées“), qui s'observe surtout dans l'archipel côtier. Le côté du rocher tourné vers la direction d'où venait la glace, donc en général le côté N., W. ou N.W. (côté d'amont) montre nettement les stries, le polissage et l'arrondissement, tandis que l'autre (côté d'aval), celui qui était dans la direction du mouvement des glaces, est souvent très inégal, parfois à pente très raide, parce qu'ici, à mesure que la glace avançait, des morceaux se sont détachés du roc les uns après les autres pour continuer leur chemin sous la glace ou enclavés dans sa partie inférieure.

Toutes les masses de débris de roches, de sable et d'argile qui restaient au commencement de l'époque glaciaire doivent avoir été complètement enlevés durant la première extension des glaces, ce qui fait qu'on ne rencontre plus maintenant de roches présentant des débris des périodes préglaciaires. (Après l'époque glaciaire, l'érosion, comme on l'a déjà noté, a été insignifiante). Le fait que, comme on l'a dit déjà, de blocs de roches finlandaises gisent dispersés sur presque toute la Russie et sur des parties de l'Allemagne montre aussi qu'il s'est produit durant cette époque un transport colossal de matériaux.

Les masses meubles de gravier des époques antérieures ayant été pour ainsi dire balayées par l'action glaciaire, on vit apparaître au jour toutes les inégalités des roches sous-

jaçentes, qui s'étaient produites lors des dislocations antérieures de l'écorce, mais qui, auparavant, avaient été cachées par une couche de terre d'épaisseur inégale (cf. p. 5), et c'est ainsi que se dessina à cette époque la nature inégale et accidentée des roches finlandaises.

La glace continuant, dans son lent mouvement de progression, à enlever morceau par morceau les roches sous-jacentes crevassées, et les blocs arrachés étant concassés sous la pression inouïe des masses glaciaires, il se formait continuellement sous la glace des masses de *gravier de moraine* qui après la fonte de la glace restaient sur place, cachant ou entourant les roches. Cette sorte de terre, qui, comme le montre la carte, est la plus répandue en Finlande, est aussi appelée *krossstensgrus* ou gravier concassé, et comme le nom l'indique, se compose surtout de pierres concassées, c. à d. de fragments de pierre anguleux, grands ou petits, noyés dans une fine boue de pierres. Là où règne cette boue fine, qui à l'état humide ressemble à l'argile, la moraine peut même par ses propriétés rappeler la véritable argile, mais elle s'en distingue pourtant par le fait qu'elle contient ordinairement des blocs un peu plus gros au moins dispersés çà et là (c'est ce qu'on appelle argile à blocs). Une sorte de moraine argileuse et très compacte est ce qu'on appelle en suédois le *pinnum* qui se rencontre souvent, surtout dans les sections profondes faites à travers le gravier de moraine, et qui est si dur à creuser. Dans les parties intérieures du pays, surtout dans le Savolaks et la Carélie, le gravier de moraine est souvent, même à la surface, de nature argileuse, assez pauvre en cailloux et d'une consistance plus meuble, ce qui permet de le cultiver avec, assez de facilité. Dans la plus grande partie du pays, on voit à la surface un gravier plus sablonneux, très riche en pierres, et par suite d'une culture difficile. La plus grande partie du sol forestier de Finlande est constitué par ce gravier. Le gravier sablonneux est en général plus meuble que le gravier argileux, et souvent de couleur jaune ou brunâtre. Les pierres qui s'y rencontrent sont le plus souvent des fragments des roches qui se trouvent dans le voisinage, dans la région située immédiatement au N. ou à l'W. (c. à d. dans la direction d'où se mouvait la glace).

Le gravier de moraine repose partout directement sur la

roche, et constitue par suite le plus ancien des dépôts quaternaires. Dans les régions plus élevées de l'intérieur, il règne à peu près exclusivement, quoique souvent couvert par une mince couche de tourbe. Même dans les régions côtières, où règne d'ailleurs l'argile, on le trouve partout comme une couche étendue sur les roches, ou formant des éminences distinctes. Dans le centre et le nord du Savolaks et l'est de la Carélie, le gravier, comme l'a déjà noté dans l'esquisse hypsométrique (n:o 2), montre une configuration toute particulière, en ce qu'il a pris la forme de collines allongées, hautes ordinairement de 10 à 15, mais parfois de 30 à 40 m; qui se dirigent en général parallèlement les unes aux autres, et sont séparées par des vallées étroites souvent occupées par des marécages. Ce fait exerce une influence considérable sur le caractère général du paysage. Toutes les pointes qui s'enfoncent dans les lacs, les baies situées entre ces traînées de gravier et les petits lacs sont en effet tracées dans la même direction que ces crêtes, et la contrée tout entière est donc comme striée du N.W., au S.E., ce qui apparaît clairement sur toutes les cartes à grande échelle de ces parties du pays. C'est surtout dans la région de Pieksämäki en Savolaks, et en Carélie à Korpiselkä et dans les paroisses voisines de la frontière russe qu'on trouve ces sortes de paysages, qui donnent à la région l'apparence d'avoir été comme labourée par une charrue gigantesque. Dans les contrées où se présentent de ces traînées de gravier, les fermes sont situées sur ces crêtes d'ordinaire isolées, et entourées de leurs champs et de leurs terres cultivées.

Là où le gravier de moraine est plus sablonneux et contient des galets roulés, il a dû visiblement être soumis à l'action fluviale qui lavé le gravier et roulé les pierres. Ce gravier dit gravier lavé forme déjà la transition au vrai *rullstensgrus* (gravier roulé ou sable à galets), qui, comme le nom l'indique, est un gravier où les pierres, ayant été roulées par des eaux à courant rapide, ont été arrondies et polies, tandis qu'en même temps les parties plus fines, de la nature de la boue, étaient emportées, si bien que le gravier se compose surtout de galets roulés et de sable pur. Le gravier de galets se présente surtout sous la forme de traînées allongées, qu'on appelle *åsar*, et qui sont spécialement caractéristiques des pays

scandinaves. Ces âsar sont constitués en majeure partie de sable de grosseurs différentes mêlé à des couches contenant des cailloux. Ces cailloux roulés sont, avec le gravier qui se forme par la désagrégation du rapakivi, les meilleurs matériaux de construction des routes qu'on possède en Finlande, ce qui fait que les routes passent souvent le long des âsar, et on se sert aussi de ces cailloux comme ballast dans la construction des chemins de fer.

Ces circonstances assurent aux âsar une importance économique qui n'est pas négligeable. Si l'on était privé des ressources relativement peu chères qu'ils offrent pour la construction des routes, le développement de la culture aurait dans bien des cas été beaucoup plus lent.

Les âsar courent sur le pays tantôt sous la forme de dos allongés, quelquefois divisés dans la largeur, séparés par des fossés et des vallées souvent humides, tantôt sous la forme de collines rondes rangées en longues files ou en agglomération, tantôt enfin agrandis aux proportions de larges plateaux et de champs. Ils sont le plus souvent entourés de champs de sable plus unis. L'un des âsar les plus élevés qu'on connaisse dans les pays du Nord est le *Kejsarås* à Kangasala qui s'élève à 80 m au dessus du lac voisin. Un peu plus bas est le *Pyynikki* près de Tammerfors, presque de même hauteur que le *Tavastmon* (*Hämeen kangas*) à Jämijärvi. Parmi les plus célèbres sont le *Hatelmalaås* près de Tavastehus, aux pentes raides et élevées, et le beau *Punkaharju*, qui s'enfonce à travers les eaux du Puruvesi (gouv. de S:t Michel); l'un et l'autre sont souvent si étroits qu'un chemin a peine à trouver place sur la crête. Il faut aussi noter pour ses dimensions imposantes l'ås qui de Säkylä dans le gouvernement d'Åbo s'étend à travers le Virtsanoja.

Ainsi qu'on l'a remarqué dans l'introduction, les âsar ne manquent pas en Laponie autant qu'on pourrait le croire d'après la carte, bien que leurs traînées soient encore insuffisamment connues. A Kuolajärvi se trouvent divers âsar courant vers l'E. et le S.E., du même type que ceux de la Finlande méridionale, parmi lesquels le *Kolsanharju*. Dans d'autres parties de la Laponie, on trouve, au lieu des âsar en forme de crêtes, des rangées désordonnées de collines en forme de ruches qui passent souvent, sans qu'on puisse assigner de limite précise,

à des paysages morainiques de configuration analogue. Des formations qui probablement se rattachent aux *âsar* sont les amas considérables de galets grands et petits qu'on trouve au pied du Pyhätunturi et d'autres montagnes de Laponie, et que la population finnoise appelle „aluskankaat“ (*âsar* de base). Ils montrent la même configuration variable que les *âsar* proprement dits.

L'origine des *âsar* est une énigme qui a été difficile à expliquer. La nature et la distribution des matériaux montrent qu'ils se sont déposés dans des eaux à courant très rapide. Il est pourtant impossible que, comme l'ont admis d'abord les géologues, ils aient été rejetés par les vagues, car ils alors suivraient la même courbe de niveau, tandis qu'en fait les diverses parties d'une même traînée sont à des altitudes différentes. On commence maintenant à s'accorder pour les expliquer de la manière suivante. Lors de l'époque de la fonte de l'*inlandsis* se formèrent des torrents abondants qui, de la surface de la glace, descendaient par des crevasses jusque sur le fond, et de là coulaient sur le sol par des tunnels de glace, sous une forte pression hydraulique. Ces fleuves d'eau de fonte entraînaient le gravier, tant celui des couches sous-jacentes, que celui emprisonné dans la glace, et les pierres de ce gravier, roulées et polies dans leur lit, se déposaient en avant de l'embouchure des tunnels, formant une sorte de delta, ou même quelquefois tout près du confluent sur le sol des tunnels, et elles restèrent en place comme de longues traînées de cailloutis fluvial, après la disparition de la glace.

Tandis que les *âsar* de galets proprement dits courent à travers le pays dans des directions parallèles au mouvement de la glace, les *âsar transversaux* ou moraines terminales ont au contraire une direction perpendiculaire aux autres *âsar*, traînées de gravier et stries. Ces moraines terminales sont, d'après ce qu'on admet, nées devant le bord du glacier, alors que le cailloutis entraîné par les rivières de fonte et le gravier enfermé dans la glace se déposèrent dans la mer qui se trouvait devant l'*inlandsis*. Les tranchées faites à travers ces crêtes lors de la construction des chemins de fer ont montré qu'elles étaient constituées par une alternance de gravier de galets

et de sable gros et fin, parfois avec des intercalations de gravier de moraine et des amas de gros blocs.

La plus grande moraine terminale, *le Salpausselkä*, s'étend de Hangö à Lahtis, et de là en arc de cercle jusqu'en Carélie, où il cesse de former une ligne continue; il est accompagné au N., à une distance de 20 à 30 km, d'un *ds* parallèle, qui vers l'E. se prolonge jusqu'à Koitere. (Les explorations géologiques des étés derniers ont fait découvrir une traînée dans la contrée de l'église de Kiihtelysvaara, qui unit la moraine terminale de Koitere à la ligne de la moraine septentrionale. Antérieurement, on avait cru que la première appartenait à l'autre moraine, ou Salpausselkä.) Ces moraines terminales, surtout le Salpausselkä, ont eu une grande importance parce que les routes, et en dernier lieu les chemins de fer les ont suivies, parce qu'on voulait tirer parti de l'égalité relative du terrain et de ses ressources en cailloutis. Ces âsar transversaux se continuent également sur le côté suédois de la Baltique, et encore en Norvège on trouve des formations qui semblent s'être déposées devant le bord de *l'inlandsis* à la même époque. Vers l'E. on en a trouvé des traces dans la Carélie russe, mais leur extension n'a pas été fixée avec certitude.

A la fin de l'époque glaciaire, le pays était à un niveau beaucoup plus bas qu'aujourd'hui, si bien qu'il était presque entièrement noyé sous la mer, à mesure que la glace reculait en se fondant. Par suite, des observations attentives permettent de trouver presque partout en Finlande des traces de l'érosion marine. Le gravier de moraine est lavé à sa surface, les parties fines ayant été enlevées, et les blocs perçant à la surface. Dans les pentes des traînées de graviers, la mer a souvent creusé des *terrasses* nettes ou jeté des *levées de sable et de galets* arrondis et assortis par l'action des vagues. Les unes et les autres se laissent suivre souvent sur plusieurs kilomètres au même niveau. En plusieurs endroits on a trouvé aussi des levées de coquilles de mollusques marins; à Kuolajärvi en Laponie, celles-ci sont à une altitude de plus d'une centaine de mètres au dessus du niveau de la mer.

Ces traces de l'action marine ressortent naturellement le plus clairement là où le sol, à l'époque où il était soumis à cette action, formait un rivage ouvert; quand au contraire

il était protégé par un archipel à l'époque où la mer l'atteignit, il a été moins complètement lavé. Les éboulements, le ruissellement des pluies, l'action de la culture ont en maints endroits détruit aussi ces terrasses là où on pourrait s'attendre à les trouver.

Ces traces de l'érosion manquent pourtant sur les hauteurs les plus élevées. Là subsiste à la surface un gravier riche en boue, à la surface duquel ne percent pas en général de blocs de pierre lavés par les vagues. On y cherche aussi vainement des levées de galets, et sur les rochers restent le gravier de moraine et les pierres détachées, tandis que plus bas dans les gorges le gravier a été souvent complètement balayé par l'action des vagues. En beaucoup d'endroits on peut encore maintenant déterminer avec une grande précision la limite entre le terrain soumis à l'érosion marine et celui qui n'a pas été lavé, et on trouve alors que cette „limite marine“ (limite verticale de la transgression de la mer glaciaire) est située à une hauteur différente dans les différentes parties du pays. Sur l'isthme carélien entre Viborg et St Pétersbourg elle se trouve à un niveau de 60 à 80 m au dessus de la mer actuelle; à Hogland, le niveau est de 86 m, dans la région de Lahti, où la limite, surtout à Tiirismäki, est très bien marquée, à 150 m environ, à Säskylä à 139 m. Près du Näsijärvi elle atteint un niveau de 170 m env., dans le S. de l'Ostrobothnie (Lauhanvuori) env. 200 m; le long du Päijänne elle monte lentement de Lahti dans la direction du N., jusqu'à une altitude de 200 m. Au N. du Ladoga elle se trouve entre 120 et 160 m; dans la région de Pielisjärvi (Kolivaara) le niveau est déjà de 200 m, au lac de l'Uleå peut-être encore plus élevé; à Aavasaksa il est de 204 m, et dans le S. de Laponie en général de 200 m env.; au S. de l'Inari il atteint encore env. 170 m. On voit donc que le pays s'est abaissé d'une façon très inégale; les parties centrales se sont abaissées plus que les parties méridionales. Le pays s'est donc en quelque sorte gondolé. Sur la base des observations faites jusqu'ici touchant la situation de la limite marine, et des données hypsométriques qu'on possède, on a dressé l'esquisse de carte ci-contre, qui montre l'extension de la mer à l'époque du plus grand effondrement du pays. C'est seulement dans le N. de la Laponie et à la frontière de la Carélie russe qu'apparais-

sent de grands territoires de terre ferme. Dans le S. de la Finlande, les roches les plus élevées se dressaient seules au dessus de la mer, formant un archipel de petits îlots. Un large



Fig 1. Esquisse cartographique montrant la transgression maxima de la Mer glaciaire en Scandinavie et en Finlande. Les parties rayées indiquent la mer, les parties en blanc la terre ferme; les contours fins donnent les lignes de côtes actuelles, les traits plus gros celles de l'époque ancienne.

détroit, le „Déroit Suédois“ mettait en communication cette „Mer Baltique Glaciaire“ avec la Mer du Nord, et au N. de l'Onéga actuel se trouvait aussi un étroit passage qui communiquait avec la Mer Blanche (Déroit de l'Onéga).

Tandis que le pays était ainsi enfoncé sous la mer, se déposaient les argiles qu'on y trouve maintenant, principalement le long des côtes, mais aussi, quoiqu'en quantités moindres, sur les bords des lacs intérieurs (v. carte n:o 4). Une grande partie de ces dépôts d'argile sont formés, au moins dans les parties profondes, par ce qu'on appelle l'*argile feuilletée* ou argile glaciaire. Elle se distingue, comme le nom l'indique, par sa stratification très marquée; elle se compose d'une série de couches alternativement plus claires et plus foncées, dont l'épaisseur varie entre 1 mm et 1 cm. Cette argile se laisse fendre aisément dans le sens des couches. A Åland l'argile glaciaire contient du calcaire, et s'appelle alors *marne feuilletée*. Cette argile glaciaire se déposa lors de la fusion de la grande calotte de glace, à une époque où le pays était enfoncé sous la mer. Comme on l'a déjà dit, la fonte de la glace donnait naissance à des rivières de fonte qui lavaient les matériaux morainiques, roulant et déposant près des embouchures les parties les plus grossières, et emportant les parties fines dans la mer, qui alors, et surtout au printemps et en été, était remplie d'une fine boue argileuse. En hiver, naturellement, l'apport de la boue devait être bien moindre. De là vient l'alternance des couches différentes dans cette argile. Les couches claires, souvent plus chargées en sable, se déposaient au printemps, les couches foncées, plus riches en argile, se déposaient en automne et en hiver, à l'époque où le transport de la boue était relativement peu abondant. Ces couches doivent donc être considérées comme des couches annuelles. Les argiles à couches plus épaisses, qui sont aussi en général les plus fortement mêlés de sable, sont naturellement nées aux endroits où la sédimentation était le plus active, c. à d. près du bord de l'*inlandsis*, celles à couches mince, à une distance plus grande. L'argile feuilletée passe souvent à un sable glaciaire à grain fin de couleur gris-violet. Parfois on peut trouver du gravier de moraine par dessus cette argile, ce qui tient à une oscillation du bord de l'*inlandsis* revenant sur un territoire qu'il avait déjà abandonné. D'ailleurs l'argile feuilletée repose, comme il est naturel, sur le gravier de moraine et le sable à galets déposés aux époques antérieures.

L'argile feuilletée se trouve à la surface du sol surtout

dans les parties élevées du Nyland et du gouvernement d'Åbo, et dans les contrées de Tavastehus et de Tammerfors, où elle monte jusqu'à un niveau de 140 m environ. Tout près des côtes elle est recouverte d'argiles plus jeunes. Dans la région du Ladoga, on trouve aussi de l'argile feuilletée sur la côte septentrionale; mais il est remarquable qu'elle manque presque entièrement sur l'isthme carélien, où dominant les dépôts de sable. Dans l'affleurement du rapakivi, immédiatement à l'W. de Viborg, on trouve aussi relativement peu d'argile feuilletée, bien que la contrée ne soit pas si élevée que l'argile n'ait dû avoir l'occasion de s'y déposer. De même dans la contrée basse, mais accidentée au N. de Björneborg, cette argile n'a qu'une extension extraordinairement petite. Il est difficile de déterminer son extension en Ostrobothnie, parce que les argiles superficielles sont toutes plus récentes. En creusant assez profondément, on trouve encore partout l'argile feuilletée dans la région d'Uleåborg.

Il est très difficile de dire à quoi tiennent ces irrégularités dans la distribution de cette argile. Il est possible que la raison en soit dans l'existence de forts courants au sein de la mer glaciaire, si bien que la boue argileuse n'aurait eu d'occasion de se déposer que sur les endroits protégés contre ces courants, et par suite dans les parties les plus profondes de chaque contrée. Mais cela tient aussi sûrement en partie à ce qu'elle a été plus tard balayée par l'action des vagues sur les terrains plus élevés. L'argile feuilletée contient parfois des concrétions de marnes de formes variées, p. ex. les pierres dites d'Imatra. Par contre, en Finlande, elle ne contient jamais de restes fossiles des animaux qui vivaient alors dans la mer à l'époque de sa formation. Au contraire, dans le centre de la Suède, on a trouvé dans l'argile feuilletée des coquilles de mollusques qui maintenant ne vivent que dans l'Océan glacial. D'après un de ces mollusques, la Mer Baltique Glaciaire est aussi appelée *Mer à Yoldia*.

Après l'époque glaciaire le pays commença à se relever peu à peu. Les détroits à l'W. et au N. se fermèrent, et comme à cette époque le détroit d'Öre et les Belts n'existaient pas encore, la Baltique se transforma en un puissant lac d'eau douce. On en a la preuve par les cordons littoraux trouvés en Esthonie et à Gotland sur les places ouvertes le long

des côtes de la Baltique, mais bien au dessus du niveau actuel, et qui contiennent des coquilles de mollusques qui ne vivent qu'en eau douce. Le plus caractéristique de ces mollusques était *Ancylus fluviatilis*, d'après lequel cette mer d'eau douce préhistorique, le plus grand lac intérieur connu, a été appelée Lac à Ancylus. Lors de l'extension de ce lac, les eaux couvraient la plus grande partie de la Finlande méridionale; il n'existait de grandes îles que dans le centre; mais les masses continentales du N. et de l'E. avaient grandi depuis l'époque d'Yoldia, et se reliaient alors immédiatement au continent russe. Le Ladoga, par contre, continuait d'être uni à la Baltique par un large détroit. Etant donnée le peu d'étendue de la terre ferme à cette époque, les eaux courantes n'avaient que peu de pouvoir pour laver la surface du continent. La glace aussi n'avait plus qu'une extension relativement faible en Scandinavie, et par suite il ne se produisit pas un aussi riche transport de boue qu'à l'époque où se déposait dans la mer à Yoldia l'argile feuilletée. Mais l'élévation graduelle de la terre ferme pendant les derniers temps de l'époque d'Ancylus permit aux crues de printemps d'enlever de la surface de plus grandes quantités d'argile, et il se déposa par suite devant les côtes de puissantes couches d'argile à *Ancylus* (appelée aussi argile grise inférieure). Elle n'est pas feuilletée comme l'argile glaciaire, mais uniforme, visiblement compacte, et, à l'état sec, montre souvent une cassure concave particulière. Examinée au microscope, elle laisse souvent voir des diatomacés qui vivent en eau douce, et parfois aussi des restes de plantes supérieures.

En même temps que l'argile à *Ancylus* se déposaient aussi naturellement des couches de sable dans les eaux moins profondes.

Pendant cette période, l'exhaussement se continua à tel point qu'à un moment le pays fut plus élevé qu'à l'heure actuelle, comme le montrent les terrasses situées maintenant sous la mer. Puis survint une période d'abaissement et d'envahissement de la terre ferme par la mer. Une communication s'ouvrit entre la Baltique et la Mer du Nord par le détroit d'Öre, et l'eau redevint salée. Dans les dépôts de cette époque on trouve par suite des restes d'animaux et de plantes qui vivent dans l'eau salée ou saumâtre, p. ex. *Cardium edule*,

Mytilus edulis, *Tellina baltica* et *Litorina litorica* et *rudis* qui ont donné leur nom à cette mer (*Mer à Litorina*). A Östermyra dans le gouvernement de Vasa, on a trouvé dans des argiles de cette époque des parties de squelette d'un pleuronecte qui ne vit que dans des eaux à forte salinité, et aussi les diatomacées trouvées dans l'argile à *Litorina* montrent que la salinité était alors bien plus forte que maintenant.



Fig. 2. Esquisse de la transgression maxima de la Mer à *Litorina* sur la Finlande méridionale.

La carte ci-contre donne une idée approximative de l'extension de la Mer à *Litorina* sur la Finlande. A cette époque aussi, la dépression du pays n'était pas uniforme, si bien que la terre ferme dans l'Ostrobothnie, dont la partie méridionale était à peu près entièrement recouverte, était à 80 ou 100 m au dessous du niveau actuel de la mer, mais dans la Finlande méridionale de 50 m seulement plus basse qu'à l'époque présente. Le Ladoga était relié au golfe de Finlande par deux détroits de faible largeur.

A l'époque de *Litorina* existaient déjà les grands lacs intérieurs du Näsijärvi, du Päijänne et du Saïma, que des fleuves mettaient en communication avec la mer. Tous ces émissaires entraînaient de nombreux matériaux argileux, surtout depuis que le pays s'était élevé de telle sorte qu'ils commençaient à couper les anciens dépôts argileux. C'est ainsi que se déposèrent alors le long des rivages de la mer *Litorina* des couches d'argile et de sable mêlé d'argile. L'argile à *Litorina* dans les régions côtières du golfe de Finlande, ce qu'on appelle l'argile des champs, ou argile grise supérieure, est, comme

le nom l'indique, de couleur grise, sans trace nette de couches, et souvent tout à fait pure.

L'argile à Litorina qui se rencontre le long des côtes du golfe de Bothnie, et qui couvre entre autres la plus grande partie des basses-terres ostrobothniennes, a d'ordinaire quand elle est fraîche une couleur noire et une forte odeur de sulfure d'hydrogène. Il n'est pas rare que cette argile noire ostrobothnienne contienne en quantités notables des coquillages dont la forte teneur en calcaire semble être une des raisons de sa fertilité. Elle recouvre souvent sur les terrains bas l'argile à Ancyclus et l'argile feuilletée; c'est pourquoi ces dernières apparaissent à la surface surtout dans les terres plus élevées qui n'ont pas été recouvertes par la mer à Litorina.

Pendant toutes les époques où des parties de la Finlande ont été couvertes par la mer, il se déposa naturellement aussi dans le voisinage de la ligne de côtes des couches de sable; mais, comme on n'y trouve en général aucun reste organique, il est difficile, et dans certains cas impossible de distinguer les uns des autres les dépôts des diverses époques. Le sable déposé pendant la période glaciaire en contact immédiat avec les âsar, est en général de dimensions moyennes, jaune ou brunâtre, et montre, lorsque les couches n'ont pas été dérangées, la même stratification oblique qui rencontre dans le gravier des âsar. Le *sable glaciaire* proprement dit, déposé dans la mer à l'époque glaciaire à une distance plus grande des embouchures des rivières de fonte, est, comme on l'a déjà noté, d'ordinaire gris-violet, et souvent recouvert d'argile feuilletée. On rencontre aussi parfois, comme équivalent de l'argile glaciaire, un sable très fin gris-jaune. Une fois le pays débarrassé de sa calotte de glace, le dépôt de sable s'est naturellement continué sans interruption aux embouchures des fleuves, et à mesure que l'embouchure, à raison de l'exhaussement du pays, se déplaçait en même temps que la côte, le dépôt de sable se transportait aussi plus loin, les couches de sable fluvial antérieurement déposées étant coupées et partiellement enlevées par les rivières. C'est ainsi qu'on trouve le long des cours d'eau de Laponie et du N. de la Finlande des masses de sable fluvial, dont les plus rapprochées de la source se sont déposées dès les derniers temps de la période glaciaire, les plus rapprochées de la mer au contraire pendant l'époque d'Ancy-

lus ou de Litorina, et aux embouchures actuelles le dépôt continue naturellement encore aujourd'hui.

Lorsque les champs de sable de date antérieure, p. ex. ceux qui entourent les âsar, se sont trouvés, par suite de l'élévation du pays, exposés à l'action des vagues, ils ont été naturellement remaniés et déplacés par cette action. Souvent aussi le vent a modifié la forme des champs de sable, en amasant le sable fin en *dunes de sable mouvant*. On trouve de belles dunes, qui bordaient les rivages de la Mer à Litorina, sur l'isthme carélien, surtout sur la côte qui regarde le golfe de Finlande. Dans la région de Brahestad (gvt d'Uleåborg) on trouve aussi des dunes analogues. Plus loin de la ligne de côtes actuelle, on en trouve aussi par endroits: p. ex. au S. de l'Uleå et à Tavastmon au N.W. de Tammerfors on trouve d'anciennes dunes plus ou moins aplanies.

Comme on l'a remarqué plus haut, presque tout le sable qui apparaît à la surface dans les contrées situées au-dessous de la limite marine est d'époque postglaciaire, en ce qu'il a été déplacé après l'époque glaciaire par l'action des vagues. Pourtant, si l'on excepte les formations de sable fluvial, il semble que les grands champs de sable n'existent en Finlande que là où, dès l'époque glaciaire, il se trouvait du sable ou du cailloutis sablonneux en grandes masses. Il semble surtout que la nature sablonneuse de l'isthme carélien tiende à ce que dans les couches glaciaires, gravier de moraine et roulé, le sable prédominait déjà.

Comme l'on sait, il se produit dans les régions entourant la Baltique à l'heure actuelle encore une émergence du sol finlandais, et maintenant aussi les changements de niveau ne sont pas uniformes. L'élévation atteint son maximum à Kvarken et sur la rive occidentale du golfe de Bothnie, où elle a été d'environ 1 m pendant les 100 dernières années, tandis que dans la partie S. du pays elle n'est que de 45 à 60 cm, parfois même moins, et devient nulle dans les provinces baltiques et à S:t Pétersbourg. Cette émergence est un phénomène très important pour la Finlande au point de vue géographique; joint aux apports de sable, il a pour effet de faire naître des bas-fonds dans les baies et les détroits, de relier les îlots ensemble etc., et, surtout sur les parties intérieures du golfe de Bothnie, de rendre souvent les ports impraticables. On ne sait pas

jusqu'à présent si cette émergence s'est poursuivie sans interruption depuis que la dépression du pays dans la période de Litorina a été remplacé par une émergence, ou si ce n'est qu'une faible et courte houle suivant les ondulations de niveau bien plus considérables des époques antérieures", selon l'hypothèse du savant suédois De Geer, qui a plus que tout autre étudié ces chapitres de l'évolution géographique des pays scandinaves.

Une conséquence de l'élévation inégale de la terre ferme a été que les lacs de l'intérieur, les parties intérieures s'élevant plus que l'émissaire, ont peu à peu été comme déversés vers le Sud. Ce fait, joint à d'autres, a provoqué de fréquents changements d'émissaires. C'est ainsi que le système du Saïma se déversait autrefois vers l'W. par les cours d'eau qui, entre le Salpausselkä et la chaîne parallèle, se dirigent avec des boucles nombreuses vers le Kymmene. Ces cours d'eau, qui vers l'E. ne sont séparés de la partie S. du Saïma que par un isthme étroit et haut de 5 m seulement, se composent pour la plus grande part d'une série de lacs étroits (système de Kivi-järvi), reliés par des fleuves dont la largeur et la profondeur montre que jadis il y circulait des masses d'eau bien plus considérables que maintenant. Comme les parties intérieures du pays, dans leur mouvement lent, s'élevaient plus que la région environnant la partie S. du Saïma, l'eau du lac était peu à peu comme rejetée vers le S.. Il est possible qu'en même temps cette région au S. du lac se soit exhaussée un peu plus que la partie S.E. du lac. En tous cas, l'eau du Saïma, à un moment quelconque où l'émissaire occidental était insuffisant pour emporter toute l'eau arrivée du N., dut atteindre un niveau si élevé qu'elle déborda par dessus la crête du Salpausselkä et se fraya, à travers sa masse meuble de sable et de galets, une route nouvelle et plus courte vers la mer. Alors se produisit le cours supérieur du Vuoksen et ses nombreux rapides, parmi lesquelles le puissant Imatra, où l'eau, après avoir d'abord formé un large rapide, s'est peu à peu creusé une rigole profonde dans le granite fortement crevassé. Les nombreuses marmites de géants sur la rive orientale du rapide actuel témoignent encore clairement du passage ancien de l'eau dans le lit plus large maintenant abandonné.

A ce moment, le détroit qui, à l'époque de Litorina, unissait le Ladoga au golfe de Finlande, devait exister encore.

L'élévation continue de la région avoisinant le Ladoga, qui soulevait les parties septentrionales de ce lac plus que les parties méridionales, ferma pourtant ce détroit, et le Ladoga devint un lac intérieur dont les eaux, jointes à celles du Saïma, se jetaient dans la baie de Viborg. Les lacs à forme fluviale à l'E. de Viborg sont des restes de ce cours d'eau ancien¹⁾. La partie N. du Ladoga continuant cependant à s'élever, tandis que l'exhaussement des rives méridionales était moindre, la masse des eaux fut rejetée de plus en plus vers le S., jusqu'à ce qu'elle débordât vers le S.W. et se frayât par la Néva actuelle un nouveau chemin vers la mer. Le Vuoksen coula alors *dans* le Ladoga, et non comme auparavant *de* ce lac, et les eaux du Saïma, qui jadis s'étaient écoulées par la baie actuelle du Kymmene, atteignirent alors par un long détour le golfe de Finlande.

D'autres transformations dans le cours des rivières, surtout les ramifications, ont dû aussi tenir vraisemblablement aux crues de printemps, alors que le cours primitif était barré par les glaces.

Cependant l'hydrographie de la Finlande a été transformée encore davantage par des apports de sable qui ont déterminé des bas-fonds dans les lacs, et surtout par l'influence des formations de tourbe. D'innombrables flaques d'eau, surtout dans les régions côtières où le sol est de nature argileuse, ont été envahies par la végétation et peu à peu remplies de *tourbe*, composée de débris de végétaux mêlés à des substances de l'humus ayant subi une transformation chimique, et qui forment la vase tourbeuse. Dans les couches inférieures de ces tourbières nées du comblement des lacs, on trouve la tourbe composée surtout de débris de joncs, de roseaux et autres plantes aquatiques, souvent mêlées à des débris d'arbres qui ont poussé autour des bords de la tourbière. Une fois le lac où se formait la tourbe rempli de bas-fonds, les espèces aquatiques furent remplacées par le Carex et des Sphagnacées, ces dernières constituant sous une forme plus ou moins décomposée la majeure partie de la tourbe en Finlande, surtout dans les tourbières de l'intérieur. Une grande partie des tourbières sont

¹⁾ Voir la carte hypsométrique. Les autres cartes portent une liaison entre le Vuoksen et ces lacs qui est incorrecte.

nées aussi non seulement du comblement des bassins lacustres, mais de ce que le sol est devenu humide et marécageux, parce que la végétation elle-même provoquait la stagnation de l'eau. La tourbe qui s'est formée à ces endroits ne contient en effet pas de restes de plantes aquatiques, mais des débris de mousse, de carex et d'arbres qui poussent dans les terrains humides. C'est à cette dernière espèce qu'appartiennent la plus grande partie des tourbières dans les terres basses de l'Ostrobothnie méridionale. Comme ces tourbières n'ont pu se former que depuis que la Mer à Litorina s'était retirée de ces contrées, elles sont d'un âge relativement récent et sont aussi peu puissantes. Les tourbières du N. de la Laponie, qui ne s'y rencontrent pas seulement dans les bassins peu profonds ou les basses terres à sol uni, mais aussi sur des sols de gravier en pente, sont souvent peu profondes et, au moins dans les couches supérieures, composées de carex. Dans le centre et le S. de la Laponie, on trouve pourtant aussi d'imposantes tourbières de même espèce que celles de la Finlande méridionale.

La tourbe, qui occupe environ $\frac{1}{5}$ de la surface de la Finlande, se répartit d'une manière égale sur toutes les parties du pays. Ce n'est que dans certains terrains argileux des gouvernements de Nyland et d'Åbo qu'elle peut parfois être si rare que les paysans manquent de terre tourbeuse pour mêler à l'argile compacte. Comme les tourbières, surtout là où comme c'est le cas fréquemment sur les côtes, elles reposent sur un fond argileux, sont faciles à cultiver, et que la tourbe sera sans doute dans un avenir prochain employée comme combustible, la Finlande a dans ses tourbières une source de richesses qui n'a encore été utilisée jusqu'ici qu'en petite quantité. D'autre part la grande richesse du sol en tourbières a eu pour l'agriculture cet inconvénient que les émanations de vapeur d'eau qui s'en échappent contribuent pour une grande part à provoquer des gelées dévastatrices.

Comme la formation des tourbières n'a commencé pour chaque contrée qu'à l'époque où celle-ci se trouvait émergée, et que les parties inférieures de tourbières placées à différents niveaux sont d'âge différent, on peut, en étudiant les débris végétaux conservés dans les couches de tourbe, se faire une idée de la nature et des changements de la végétation qui a peu à peu occupé le pays après l'époque glaciaire. D'accord

avec les résultats auxquels conduit l'étude des autres dépôts en Finlande, on a, dans les parties inférieures des tourbières situées au dessus de la „limite marine“ dans le S.E. du pays, trouvé des débris d'une flore dont la nature a montré que le climat du pays, à l'époque de sa formation, était encore le climat arctique. Cette flore, avec sa végétation caractérisée par les Salicinées, le bouleau nain etc, fut refoulée par une autre où le pin était l'arbre principal. Le pin fut suivi dans le S. de la Finlande, à l'époque de Litorina, par le chêne, bientôt après refoulé par le sapin. L'étude des restes de plantes contenus dans les tourbières montre en même temps que le climat, pendant une partie de l'époque de Litorina, était un peu plus chaud que maintenant, si bien que des végétaux qui maintenant ne se trouvent que dans des pays dont la moyenne de température est de quelques degrés supérieure à celle de la Finlande ont pu y prospérer.

A la formation de la tourbe se rattache aussi jusqu'à un certain point celle des *minerais de fer limoneux*, qui se déposent en fragments couvrant comme une croûte le fond des lacs et des marais. La teneur des eaux en acides organiques et en acide carbonique formés par la décomposition des végétaux leur permet de dissoudre le fer des couches de terrain voisines, et ce fer se précipite par l'action de microorganismes ou par oxydation directe sous la forme d'oxydes hydratés de terres ferrugineuses.

Naturellement la faune du territoire naturel finlandais a subi les mêmes vicissitudes que le climat et la flore. D'abord s'établirent en Finlande, vers la fin de l'époque glaciaire, des espèces animales qui vivent dans les terres situées très au Nord, et plus tard, à mesure que le climat devenait plus doux et que le pays émergeait au dessus de la mer, apparaissaient de plus en plus les espèces animales qui se trouvent maintenant en Finlande. Une particularité remarquable de la faune actuelle des lacs intérieurs est la présence dans beaucoup de grands lacs d'espèces animales appartenant à la Mer glaciaire, mais qui manquent entièrement à la Mer du Nord et à l'Atlantique. Ces espèces de la Mer glaciaire, parmi lesquelles il faut citer le phoque annelé, la cotte quadricorne et quelques crustacés, ont sans doute pénétré dans la mer à Yoldia par le détroit de l'Onéga et s'y sont, à mesure que l'eau devenait plus douce, adaptés au changement de conditions. Les

lacs intérieurs ayant été ensuite séparés du lac à Ancylus par l'exhaussement de la terre ferme, ces espèces ont pu continuer d'y vivre, bien qu'à l'origine ce fussent exclusivement des animaux marins. Dans l'Inari, ces „reliques“ de la faune arctique manquent, comme l'a récemment constaté O. M. Nordqvist, ce qu'on explique par le fait que la transformation de baie maritime en lac intérieur y aura été trop rapide pour que les animaux aient réussi à s'adapter aux conditions nouvelles.

C'est à l'époque de la plus grande extension de la mer à Litorina que les hommes doivent être apparus pour la première fois dans le pays. Tant que la population était peu nombreuse, et se nourrissait principalement de chasse, elle n'exerça que peu d'influence sur les caractères de la nature finlandaise. Ce n'est que pendant les siècles postérieurs, où une population toujours croissante, livrée à l'agriculture, avait occupé la plus grande partie du pays, que l'influence de l'homme commence à se faire sentir aussi dans les phénomènes naturels. C'est surtout l'assèchement des champs d'argile qui a arrêté en grande partie la formation de la tourbe, et qui a donné aux pluies une plus grande puissance pour attaquer les terres et les entraîner à la mer. La coupe des forêts modifie aussi les conditions du ruissellement, et par endroits l'homme s'attaque directement à la nature brute par l'abaissement des lacs, le curage des rapides, la création de canaux etc.

Jusqu'à présent cependant, ces influences, bien que visibles, sont d'une importance infiniment petite en comparaison des puissants phénomènes naturels qui ont agi depuis les époques lointaines et ont fait du pays ce qu'il est à l'heure présente.

Dans ce qui précède, on a essayé de dessiner les principaux traits de l'évolution géographique du pays, et de fixer l'importance relative des facteurs qui ont contribué à le façonner.

Les périodes où se sont formées les roches anciennes sont si reculées, et il s'est produit depuis tant de bouleversements dans la constitution géologique de la Finlande, qu'on n'a pu indiquer qu'en quelques traits vagues ce qui s'est passé alors sur cette partie de la surface du globe (cf. texte

de la carte n:o 3), sans se former une idée complète de l'évolution géologique à ces époques reculées. Il est encore bien moins possible de rechercher l'action de ces influences jusqu'à l'époque actuelle. La difficulté est d'autant plus grande que les périodes de formation des roches les plus récentes furent suivies d'autres où le pays resta sans cesse émergé et exposé à l'érosion, mais dont aucun sédiment, aucune espèce de roche n'ont été conservés, ce qui fait que les documents géologiques en Finlande montrent une grande lacune entre l'ère paléozoïque et les dernières périodes géologiques.

Les différences de composition des roches anciennes qui se manifestent maintenant dans certaines parties du pays jouent aussi un rôle important au point de vue géologique, quand on les compare aux phénomènes qui résultent des événements au cours de la période quaternaire. Les propriétés de certaines roches se font certainement voir dans le caractère du paysage. Les quartzites forment de préférence de hauts rochers; les granites rapakivi, surtout ceux de Viborg, de même que les diabases, forment au contraire surtout de nombreuses petites roches dont la surface désagrégée est souvent couverte d'une riche végétation. Une partie des terrains de granite porphyroïde archéen sont aussi extraordinairement riches en petites éminences et parsemés de blocs détachés. La différence entre le granite et les schistes se fait aussi sentir dans une certaine mesure, et la présence de calcaire dans les roches peut donner aussi parfois à la végétation un caractère plus abondant qu'ailleurs, ou bien déterminer des différences dans la flore de la région.

Toutes ces différences sont pourtant de peu d'importance en comparaison de celles causées par la différence de nature des dépôts quaternaires. Les conditions naturelles présentes se formèrent alors sous l'action du froid et de l'eau, les puissances naturelles avec lesquelles le pays des gelées et des lacs est encore très familiarisé. La calotte de glace de l'époque glaciaire, avançant lentement sur le pays, a donné aux roches anciennes leur forme actuelle et les a reconvertes d'une couche de gravier. Puis la mer est venue à plusieurs reprises s'emparer de grandes parties de la terre ferme, laver les masses de gravier et les rendre pierreuses à la surface, mais en laissant, là où elle se retirait, un don appré-

ciable dans les argiles fertiles qui couvrent maintenant les régions côtières.

La différence entre les régions du centre, où les dépôts quaternaires (si l'on excepte la tourbe) sont un résultat exclusif de l'action glaciaire, bien qu'ils aient été dans quelques cas façonnés par l'eau, et les côtes, où dominent le sable et l'argile déposés en couches égales sur le fond de la mer, est aussi un des faits géographiques les plus importants en Finlande. Il ne serait pas difficile, en prenant en détail les provinces naturelles de Finlande, de montrer dans quelle large mesure ces différences en ont déterminé le caractère, et y ont conditionné la flore, la faune et le développement de la population. Mais comme on ne ferait que répéter ce qui a été dit dans cette esquisse à propos de chaque contrée, et que cela prendrait une place considérable, on se contente de renvoyer à cette description et à une étude comparée des autres cartes.


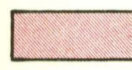
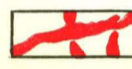
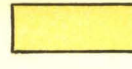
La Finlande, qui, si l'on tient compte de la nature de ses roches, et comme partie d'un continent très ancien, peut être désignée comme l'un des plus anciens pays de l'Europe, est, si l'on tient compte de sa configuration superficielle actuelle et de la nature des dépôts meubles, un des plus jeunes. Beaucoup d'autres pays, qui pendant des années incalculables ont été exposés à l'érosion atmosphérique et surtout à l'action des eaux courantes, ont pu, quant aux formes superficielles et à l'hydrographie qui est liée à ces formes, atteindre un état d'équilibre, (cf. p. 3) et se recouvrir d'une couche uniforme de terre mêlée de débris de végétaux qui cache la nature des roches sous-jacentes. En Finlande au contraire, la terre ferme est encore en général dans le même état qu'après la disparition des glaces ou après l'émersion du sein de la mer. Les roches montrent encore souvent la forme et les fines stries qu'elles ont reçues à l'époque glaciaire; la configuration des traînées de gravier est encore à peu près intacte. Les rapides se précipitent en grondant par les seuils de granite qu'ils n'ont encore réussi à entailler que dans de faibles proportions. Le terrain n'a subi qu'une légère influence de l'érosion ou de la végétation, mais montre d'ordinaire dans ses couches supérieures la même nature générale que dans les couches profondes. Tout est récent et neuf, tout donne l'impression que la nature n'a fait que commencer son travail.

Et c'est précisément parce que les terrains et la configuration superficielle de la Finlande sont si jeunes et ont subi de si légères modifications depuis leur formation, que l'étude de cette formation, c. à d. de l'origine géologique de les terrains, a une importance si considérable même au point de vue géographique. Il est évident que c'est la géologie qui doit former toujours la base de la *géomorphogénie*, et en général de la géographie. Comme l'a observé justement un savant anglais, l'état actuel ne peut être compris qu'en le regardant à la lumière du passé, de même que par contre le passé ne peut être compris qu'en le comparant avec le présent.

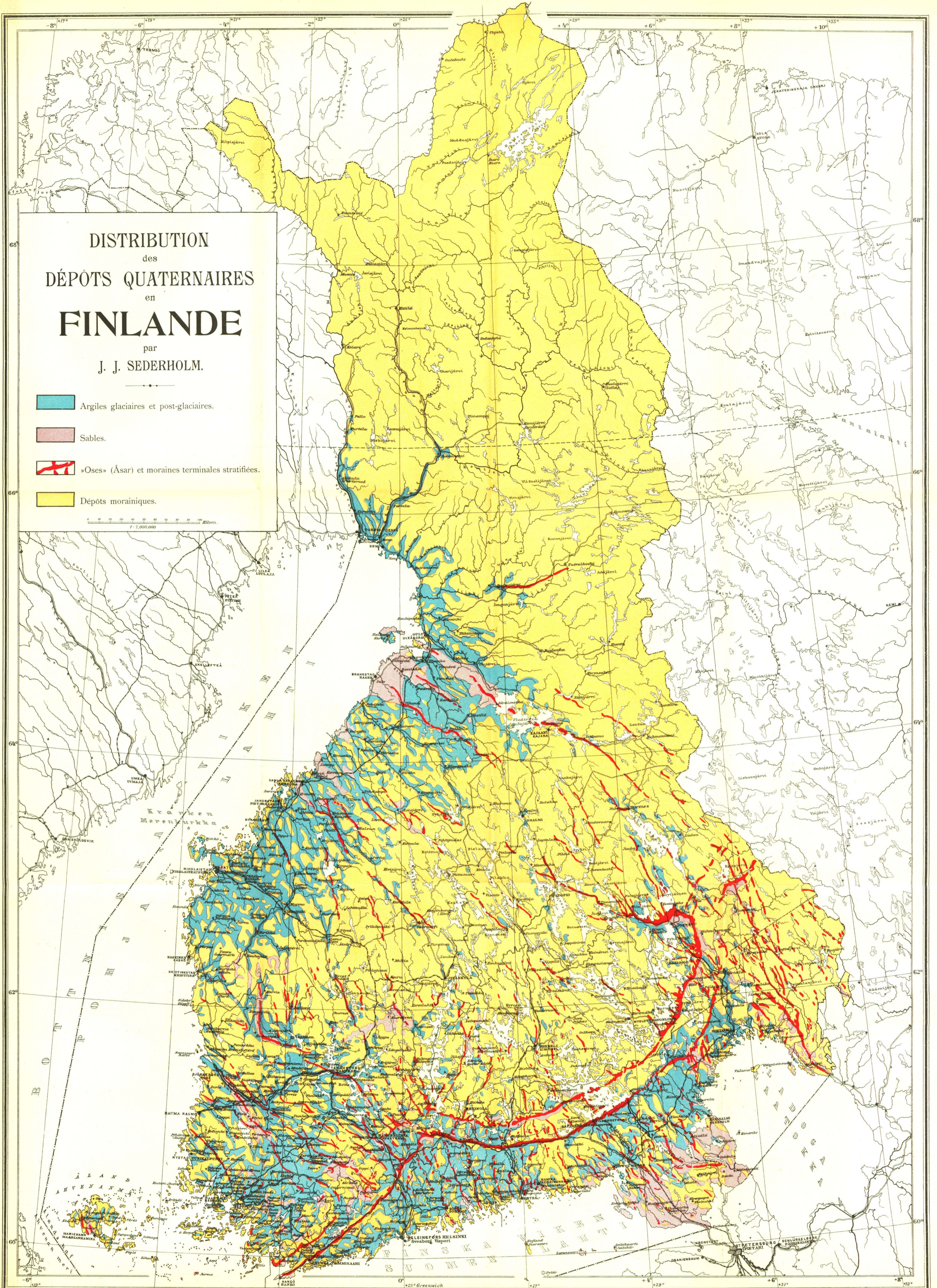
Mais ceci est tout particulièrement vrai de la Finlande. Ce n'est pas seulement la forme de la surface qui demeure incompréhensible si on ne se familiarise pas avec son évolution géographique durant les époques éloignées. C'est aussi l'invasion de la flore et de la faune et la nature de la végétation actuelle qu'on ne peut expliquer qu'en joignant aux observations du botaniste et du zoologiste les conclusions auxquelles la géologie est arrivée concernant l'histoire antérieure du pays, et en faisant entrer aussi dans les recherches les débris d'animaux et de végétaux conservés dans les tourbières et les couches d'argile. En apprenant à connaître l'évolution de la nature physique et organique, on pénètre dans l'étude des conditions fondamentales qu'a rencontrée la civilisation humaine lors de sa première apparition, et qui ensuite lui ont imprimé le cachet qu'elle possède. Et ce n'est pas seulement pour toutes les branches des sciences naturelles, mais aussi pour les multiples intérêts de la vie pratique qu'une connaissance approfondie de la terre finlandaise, comme on peut seule fournir une exploration systématique, a nécessairement une importance capitale. Là aussi, ce n'est que par la science qu'on peut trouver „la formule magique“ qui nous assure une domination de jour en jour plus complète sur la nature et sur ses forces.

DISTRIBUTION
des
DÉPÔTS QUATÉRNAIRES
en
FINLANDE

par
J. J. SEDERHOLM.

-  Argiles glaciaires et post-glaciaires.
-  Sables.
-  »Oses» (Åsar) et moraines terminales stratifiées.
-  Dépôts morainiques.

1 : 1,000,000



Fascicules parus du Bulletin de la Commission géologique de Finlande (en vente dans les librairies d'Helsingfors et chez MAX WEG, Leplaystrasse 1, Leipzig).

- N:o 1. Cancrinityenit und einige verwandte Gesteine aus Kuolajärvi, von WILHELM RAMSAY und E. T. NYHOLM. Mit 4 Figuren im Text. Mai 1895 0 M. 50.
- N:o 2. Ueber einen metamorphosirten präcambrischen Quarzporphyr von Karvia in der Provinz Åbo, von J. J. SEDERHOLM. Mit 12 Figuren im Text. Dec. 1895 0 M. 75.
- N:o 3. Till frågan om det senglaciala hafvets utbredning i södra Finland, af WILHELM RAMSAY, jemte Bihang 1 och 2 af VICTOR HACKMAN och 3 af J. J. SEDERHOLM. Med en karta. Résumé en français: La transgression de l'ancienne mer glaciaire sur la Finlande méridionale. Févr. 1896 1 M. 25.
- N:o 4. Ueber einen neuen Kugelgranit von Kangasniemi in Finland, von BENJ. FROSTERUS. Mit 2 Tafeln und 11 Figuren im Text. Avril 1896 1 M. 25.
- N:o 5. Bidrag till kännedomen om södra Finlands kvartära nivåförändringar af HUGO BERGHELL. Med 1 karta, 1 plansch och 16 figurer i texten. Deutsches Referat: Beiträge zur Kenntniss der quartären Niveauschwankungen Süd-Finlands. Mai 1896 2 M. —
- N:o 6. Über eine archaische Sedimentformation im südwestlichen Finland und ihre Bedeutung für die Erklärung der Entstehungsweise des Grundgebirges, von J. J. SEDERHOLM. Mit 2 Karten, 5 Tafeln und 96 Figuren im Text. Févr. 1899 5 M. —
- N:o 7. Über Strandbildungen des Litorinameeres auf der Insel Mantsinsaari, von JULIUS AILIO. Mit 1 Karte und 8 Figuren im Text. 1 M. 25.
- N:o 8. Studier öfver Finlands torfmossar och fossila kvartärflora af GUNNAR ANDERSSON. Med 21 figurer i texten och 216 figurer å 4 taflor. Deutsches Referat: Studien über die Torfmoore und die fossile Quartärflora Finlands. Déc. 1898 4 M. —
- N:o 9. Esquisse hypsométrique de la Finlande par J. J. SEDERHOLM. Avec 1 carte. Nov. 1899 1 M. —
- N:o 10. Les dépôts quaternaires en Finlande par J. J. SEDERHOLM. Avec 2 figures dans le texte et 1 carte. Nov. 1899 1 M. —