

ÉTUDE CRITIQUE

SUR

L'EXTENSION DES ANCIENS GLACIERS DANS L'EUROPE OCCIDENTALE

PAR

M. Stanislas Meunier

Professeur de Géologie au Muséum de Paris.

PLANCHE I.

Depuis bien des années déjà, j'ai réuni, en très grand nombre, des faits relatifs aux manifestations glaciaires que présente le sol dans tant de points de l'Europe occidentale. Il m'a semblé que ces phénomènes grandioses, dont l'interprétation a occupé beaucoup d'auteurs, pouvaient être éclairés d'une manière féconde par la considération des causes actuelles, suivant moi assez négligée jusqu'ici dans ce chapitre particulier de la géologie.

La conclusion, d'ailleurs fort étrange si on veut bien y réfléchir un moment, de la plupart de ces auteurs, c'est que l'« époque glaciaire » constituerait une singularité dans la série des époques successives. Depuis les temps les plus anciens, les conditions climatiques de la surface terrestre vont manifestement en se modifiant très progressivement et très continûment, depuis un état torride général jusqu'à la constitution des climats actuels. Et cependant la période glaciaire manifesterait un refroidissement brusque suivi d'un réchauffement très notable!

Les personnes placées à ce point de vue ont été obligées de rechercher une cause de ce refroidissement général et momentané en dehors de

l'évolution normale de la terre et les conceptions les plus bizarres se sont donné libre carrière à cette occasion.

Il existe cependant une série de faits, observés de la manière la plus rigoureuse et qui s'oppose à l'admission d'un refroidissement général comme en produirait une diminution d'éclat du soleil à la suite de l'interposition de nuages cosmiques ou tout autrement. Ces faits concernent la trouvaillie, maintes fois répétée, de fossiles témoignant pour l'époque quaternaire d'une température moyenne supérieure à celle qui règne aujourd'hui dans les mêmes régions.

Il suffira à cet égard de rappeler un seul exemple, fourni par les figuiers dont on retrouve les empreintes dans le travertin quaternaire de La-Celle, près Moret (Seine-et-Marne). La flore dont ces arbres faisaient partie est l'intermédiaire tout naturel entre la végétation tertiaire du nord de la France, avec les grenadiers si abondants à Meximieux, et la végétation actuelle de la même région.

On a fait à l'égard de cette coexistence des traces glaciaires et des témoins de climat chaud bien des hypothèses aussi qui conduiraient à admettre qu'il n'y a pas eu seulement un refroidissement général, mais une série de ces refroidissements séparés par des réchauffements dont la conception seule semble absolument en désaccord avec tout ce qu'on sait de la marche continue des phénomènes à toutes les autres époques géologiques.

Les observations que je me propose de résumer ici, de la manière la plus concise, s'appuient sur des remarques qui n'ont rien de nouveau et dont l'application cependant ne semble pas avoir été faite au sujet que j'ai en vue.

Tout d'abord on a la preuve que la durée des temps pendant lesquels s'est développée l'action glaciaire à la surface de l'Europe occidentale est beaucoup plus longue qu'on n'eut été tout d'abord porté à le supposer. Non seulement les grands phénomènes superficiels qui ont amené le modelé actuel de notre sol ont commencé déjà dans le Tertiaire supérieur, mais l'époque quaternaire elle-même est beaucoup plus longue qu'on ne le supposait. Il en résulte que les traces subsistant sur le sol peuvent, tout en datant de ce même âge quaternaire, n'être point du tout contemporaines au sens strict du mot. Il peut par exemple s'être écoulé des dizaines de siècles entre le moment où les Vosges étaient recouvertes de glaces et celui où les glaciers des Alpes descendaient dans la vallée du Rhône bien au-dessous de la ville de Lyon.

Si l'on admet cette possibilité on voit qu'il en résulte un tout autre régime pour l'Europe qui, au lieu d'avoir été ensevelie à un moment

donné sous un manteau de glace, a pu présenter successivement en différents points des glaciers beaucoup moins étendus. Cette vue va se préciser tout à l'heure.

Une deuxième remarque dont j'ai besoin pour étayer mes conclusions, c'est que les traces glaciaires qui nous occupent faisant partie de la série des accidents propres aux *formations continentales* ou exondées, on ne peut espérer leur appliquer avec la même facilité qu'aux dépôts stratifiés les lumières de la chronologie ordinaire. Les formations continentales, en effet, subissent les effets de la dénudation subaérienne en même temps qu'elles peuvent s'accroître; elles ne persistent que par leurs éléments les plus résistants et elles peuvent s'accumuler en grand nombre sur le même point sans augmenter sensiblement d'épaisseur. Si la cause qui leur a donné naissance et qui par hypothèse agissait successivement en différents points vient à disparaître, elles acquièrent bientôt dans ces localités diverses des caractères sensiblement uniformes qui peuvent leur faire attribuer, quoique très à tort, un même âge de formation.

Ces prémisses étant posées, je considérerai d'abord un pays où, comme dans la chaîne des Vosges, une action glaciaire manifeste a complètement cessé de se faire sentir. Il suffit d'explorer une pareille région pour constater la gigantesque dénudation qu'elle a subie. Toutes les vallées sont barrées par d'énormes moraines, de vastes surfaces sont recouvertes de boue à blocs, de limons et d'autres matériaux dont l'origine est très facile à retrouver dans les hauteurs, et si on ajoute par la pensée à cette colossale masse de terrain erratique et de transport la masse encore plus grande des éléments fins emportés au loin par les eaux et par les vents, on arrive à un cube total gigantesque.

Concevons pour un moment que la chaîne, aujourd'hui peu élevée, toute émoussée et arrondie, soit remise en possession de toute la matière perdue au cours des temps quaternaires, non seulement par l'action directe des glaciers, mais par le fait des phénomènes de dénudation auxquels le voisinage de la glace a donné une puissance spéciale et comparons le résultat à quelque autre région convenablement choisie.

Le relief du sol, considérablement accru par cette restitution de matière, atteindra et pourra dépasser la zone atmosphérique, au-dessous de laquelle, dans nos latitudes, cesse de persister toute l'année la neige tombée pendant l'hiver. Aux Vosges recouvertes de forêts se substitueront des sommets toujours neigeux, qui ne tarderont pas à alimenter des glaciers développant sur le sol le cortège ordinaire de leurs acci-

dents. Les conditions seront alors tout à fait comparables à celles dont la chaîne des Pyrénées nous procure le spectacle. L'altitude sous le parallèle de Remiremont pourrait d'ailleurs être moins élevée que celle des montagnes franco-espagnoles tout en possédant les mêmes caractères. Ce sont des pics, neigeux toute l'année, d'où descendent, dans les vallées plus ou moins élargies, des glaciers courts, réduits à peu près à leurs cirques d'alimentations et fort incomplets par conséquent, si on les compare aux glaciers alpins.

Mais ce que nous venons de faire pour les Vosges, nous pouvons le répéter presque exactement pour les Pyrénées. Ici encore, et plus peut-être que tout à l'heure, nous avons les témoignages d'une prodigieuse dénudation subie par le sol. Sur les deux versants, à des distances énormes, sont accumulés les terrains de transport sous toutes leurs formes provenant d'un lieu unique d'origine, qui avoisine plus ou moins la ligne de faite. Aux moraines de tous genres, aux blocs erratiques, au terrain glaciaire éparpillé, aux alluvions limoneuses et sableuses étalées de toutes parts, doivent être ajoutées les montagnes de matériaux très fins que les courants aqueux et aériens ont emporté jusque dans les océans, si l'on veut s'imaginer la quantité de substance perdue par la région. Et si l'on suppose la chaîne remise en possession de ce qu'elle a ainsi perdu dans le cours des temps, on la voit surgir à une altitude vertigineuse, alimentant par des neiges épaisses des fleuves de glaces étroits et sinueux descendant jusque dans les vallées chaudes, comme on le voit à l'heure actuelle dans les Alpes.

D'ailleurs cette restauration est loin d'être finie là et tout nous invite à nous comporter vis-à-vis des Alpes elles-mêmes comme nous venons de le faire successivement pour les Vosges, puis pour les Pyrénées. La masse de matériaux à rendre à la chaîne pour la remettre en possession de son relief primitif est bien plus grande encore que précédemment et cependant cette restitution gigantesque ne suffirait pas pour faire des Alpes un trait orogénique sans analogue sur la terre. De même que nous transformions tout à l'heure les Vosges en Pyrénées et les Pyrénées en Alpes, nous transformons maintenant les Alpes en Monts Célestes, et l'exploration de cette région du centre asiatique permet de s'imaginer ce que devait être notre région alpine à l'époque où s'édifiaient les moraines les plus éloignées des hauts sommets actuels. (Voir pl. I.)

Cette comparaison, évidemment tout à fait légitime, et qui doit être faite avec le discernement qu'imposent les caractéristiques locales de latitude et d'état hydrométrique, est beaucoup plus instructive qu'on ne supposerait. Elle fait voir que, contrairement à ce qu'on dit partout, il n'est pas exact d'admettre que les glaces qui ont déposé

les moraines de la vallée du Rhône au dessous de Lyon avaient leurs origines d'alimentation dans l'Oberland et constituaient le cube de glace qu'on s'est plu à supputer sur ces données.

L'étude de la géographie de l'Asie centrale montre que les Alpes anciennes devaient avoir leurs hauts sommets au-dessus de la zone atmosphérique des neiges abondantes et éprouver une météorologie trop aride pour que les glaces aient pu s'y constituer. Cet antique Toit du Monde devait être une région sans glaciers, entourée d'une espèce d'auréole de glaciers, pas notablement plus considérables ni surtout plus longs que nos glaciers alpins actuels. Les glaciers qui ont construit leurs moraines frontales au-dessous de Lyon pouvaient avoir leurs cirques d'alimentation à une distance qui n'excède pas beaucoup celle qui mesure la longueur totale des glaciers actuels du Mont-Blanc. Cela n'empêche en aucune façon les roches plus voisines des régions centrales d'avoir pu collaborer à l'édification de ces moraines, car les agents de dénudation s'exercent sans relâche bien au-dessus des glaciers, et les éboulements pierreux, de même que les transports par les torrents, amènent progressivement sur la glace des blocs d'origine bien plus élevée. En outre, après un premier recul des glaciers, les torrents terminaux et les glaces qui peuvent y être emportées contribuent encore à cette alimentation rocheuse.

Sans insister ici sur tous les détails qu'on pourrait faire valoir à l'appui des idées précédentes, on voit qu'il peut être légitime de substituer à l'idée d'une Europe occidentale, ensevelie sous un *inlandsis*, celle d'un pays analogue au Pamir, enserré par un correspondant de l'Altaï dans une ceinture de glaciers, mais présentant un sol non glaciaire.

Dans cette restauration nous avons naturellement dû suivre une marche opposée à celle qu'a adoptée la nature, qui est partie de l'état *pamirien* déterminé en Europe par le soulèvement tertiaire des Alpes et l'a transformé successivement jusqu'au stade réalisé aujourd'hui. Rien n'empêche de supposer qu'avec un développement qui peut être d'ailleurs variable, suivant les points, les mêmes actions ne se soient pas développées, à des époques très distinctes, quoique comprises dans les temps post-tertiaires, dans les Pyrénées, dans les Vosges, dans le massif central, en Bretagne et bien ailleurs.

Dans le cas où l'histoire est la plus complète nous pouvons la restaurer dans ses grandes lignes de la façon suivante, à l'appui de laquelle ont été établies les figures jointes à ce travail (1) et où la chaîne des Monts

(1) Ces figures ont été en partie inspirées par celles qu'on trouve dans la *Géographie* de M. Elisée Reclus. On les a pourtant modifiées et complétées pour le but spécial qu'on avait en vue.

Célestes a été choisie pour représenter un pays soumis actuellement au régime que nous appelons *Pamirien*.

Un relief du sol s'étant constitué avec 7000 mètres d'altitude, ou davantage, il se subdivise en plusieurs régions concentriques, dont la plus centrale est au-dessus du niveau des neiges abondantes et la plus extérieure au-dessous du niveau des neiges persistantes. C'est dans l'intervalle de ces deux niveaux que s'établit, sur tout le pourtour du massif, comme un rayonnement de glaciers identiques, dans leurs grands traits et dans leur mode d'action, aux glaciers actuels des contreforts du massif asiatique. Les moraines et les autres masses de transport qu'ils édifient sont composées à la fois des matériaux qu'ils ont arrachés aux parois des vallées qui les encaissent (soit directement, soit par les agents de dénudation dont leur seule présence a déterminé le déploiement énergétique) et des matériaux provenant de sommets situés à l'amont de leur propre origine et que les eaux sauvages et les torrents ont arrachés à leur gisement initial.

Ce travail d'érosion a pour premier résultat d'augmenter progressivement vers l'amont la largeur de la zone où la neige peut persister et où la glace peut se produire, et le glacier, déjà constitué, recule non pas seulement, comme on l'a dit jusqu'ici, parce que sa moraine frontale tend à se produire en arrière de sa position primitive, mais parce que son cirque originel d'alimentation subit une sorte d'attraction centripète.

Le glacier recule donc *tout entier* avec une dimension totale qui, à la rigueur, pourrait ne pas varier beaucoup. Pendant longtemps, des observateurs superficiels voyant des traces glaciaires en avant des glaciers actuels, pourraient croire à une diminution du phénomène, tandis que celui-ci subit un simple déplacement horizontal.

Ce déplacement, comparable à celui des lignes de falaises sur une côte soumise à la dénudation marine et compatible, comme lui, avec la persistance des dimensions initiales du phénomène, ne peut cependant durer indéfiniment.

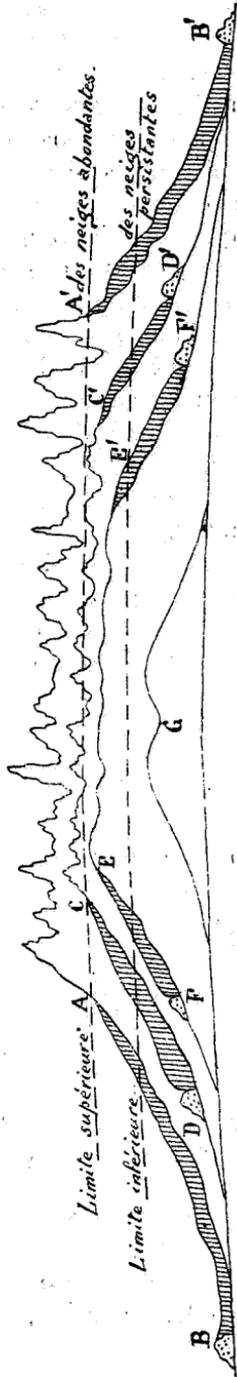
A la faveur du temps, quand les diverses origines glaciaires en route vers le centre commun arrivent enfin à se rencontrer, probablement suivant une ligne de faite, c'est que le plus haut relief subsistant est parvenu lui-même dans la zone atmosphérique des neiges persistantes.

Le régime *Alpin* est alors constitué et, dès le moment de sa première constitution, les glaciers qui le caractérisent sont pourvus de marges très étendues en aval de leurs moraines frontales, où les glaciers antérieurs ont laissé leur empreinte. Ici encore, il semble que les *glaciers alpins* représentent une diminution par rapport à des glaciers

DIAGRAMME

MONTRANT LA CORRÉLATION ENTRE L'ÉTAT GRADUEL DE DÉMOLITION
d'un grand massif montagneux

ET LE DÉVELOPPEMENT ET LA DISTRIBUTION DES GLACIERS QUI EN DESCENDENT



Phases successives d'ablation du massif montagneux.

- AB-A/B/ État primitif, Pamirien, avec glaciers absents d'un vaste plateau central.
- CD-CD/ » suivant, Alpin, avec glaciers développés, descendant dans la plaine.
- EF-E/F/ » ultérieur, Pyrénéen, avec glaciers courts et larges.
- G » ultime, Vosgien, sans glaciers possibles.

Dans cette figure les glaciers sont représentés par les zones hachurées verticalement et les moraines frontales par les amas pointillés B, B', D, D', F, F'.

plus anciens, tandis qu'ils peuvent, en réalité, être tout aussi développés et seulement situés en des régions différentes.

On voit, d'après ces considérations, combien il peut paraître anti-scientifique de dire, avec certains géologues, qu'à une époque antérieure les Alpes ont été presque entièrement ensevelies sous une masse de glace qui mesurait 150.000 kilomètres carrés, tandis qu'aujourd'hui la totalité des glaces alpines ne dépasse pas 4000 kilomètres carrés; et que l'épaisseur de ces glaces quaternaires pouvait atteindre 1200 et même 1700 mètres, de manière à franchir le Jura. Que les Pyrénées envoyaient dans les plaines aquitaniennes des fleuves de glace de 60 à 75 kilomètres, parfois épaisses de 900 mètres, comme à Luchon, etc.

Quoi qu'il en soit, à partir du moment où nous sommes parvenus, la diminution progressive va se manifester, toujours par le fait pur et simple de la continuation des actions déjà décrites. Malgré son recouvrement par la neige, la montagne continue de subir la dénudation; de toutes parts sont des abrupts, des aiguilles qui s'éboulent en avalanches de pierres, que les fleuves de glaces transportent tôt ou tard jusqu'à leur tête.

Cette usure a pour contre-coup nécessaire une efficacité moins grande des hautes régions à alimenter les glaciers, qui se raccourcissent peu à peu, perdent progressivement leur portion étroite et flexueuse, pour se restreindre aux zones larges qui caractérisent le régime Pyrénéen.

Postérieurement, les aiguilles disparaissent à leur tour et la dénudation en est ralentie d'autant; mais alors le relief général est fort amoindri et, avec lui, les condensations aqueuses. Les glaciers perdent plus qu'ils ne gagnent et ils finissent par disparaître tout à fait, laissant seulement un sol mamelonné, moutonné, poli et strié comme en présentent encore les Vosges, et comme n'en montrent plus les montagnes de Bretagne, où les anciens glaciers, malgré les dénudations, sont encore perceptibles parfois par la présence de blocs erratiques de plus en plus rares avec le temps.

Toute cette histoire, si simple dans ses grandes lignes, se complique en réalité par une foule de causes. Par exemple, des soulèvements successifs du sol, comme ceux dont la chaîne des Alpes a été, à tant de reprises et est encore le théâtre, restituent à certains points une altitude perdue et qui retarde la disparition finale de la glace. Ailleurs les progrès du phénomène peuvent convertir un massif d'abord unique, comme la chaîne des Monts Célestes, en massifs distincts dont chacun fonctionne pour son compte, amenant la production de sillons glaciaires convergents comme ceux qu'on voit dans les vallées du Jura et

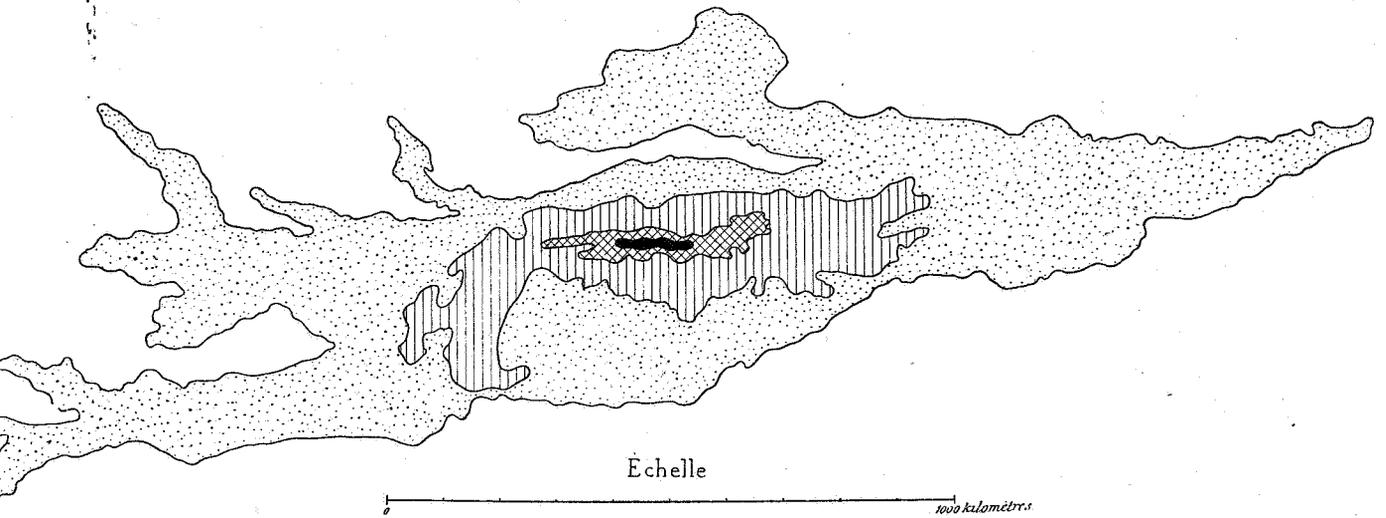
qui semblent remonter vers le sommet général. Il va sans dire que pour telle chaîne en particulier l'évolution peut n'avoir pas été complète. Les Vosges n'ont pas nécessairement commencé par l'état Pamirien et leur altitude primitive peut n'avoir pas même atteint celles des plus hauts pics des Pyrénées.

Mais, si les incidents de détail peuvent être nombreux et variés, ils ne masquent pas l'allure générale de la grande action que j'ai essayé d'analyser et dont j'ai retrouvé les traces dans toutes les régions que j'ai étudiées.

La manière de voir que je propose de substituer à celle qui est si généralement professée et qui, je n'en doute pas, provoquera bien des résistances, me paraît avoir des avantages considérables, que je me réserve d'indiquer plus tard en détail. Je dirai seulement ici qu'elle cadre avec la doctrine, de plus en plus assise, des causes actuelles, sagement comprises; qu'elle permet de concevoir facilement la coexistence des phénomènes glaciaires et des manifestations chaudes, dont la flore et la faune quaternaires sont si prodigues et qu'elle n'oblige en aucune façon à supposer que la majestueuse évolution dont la surface du sol a été le théâtre ait jamais subi un temps d'arrêt auquel répugne la conception moderne du monde.

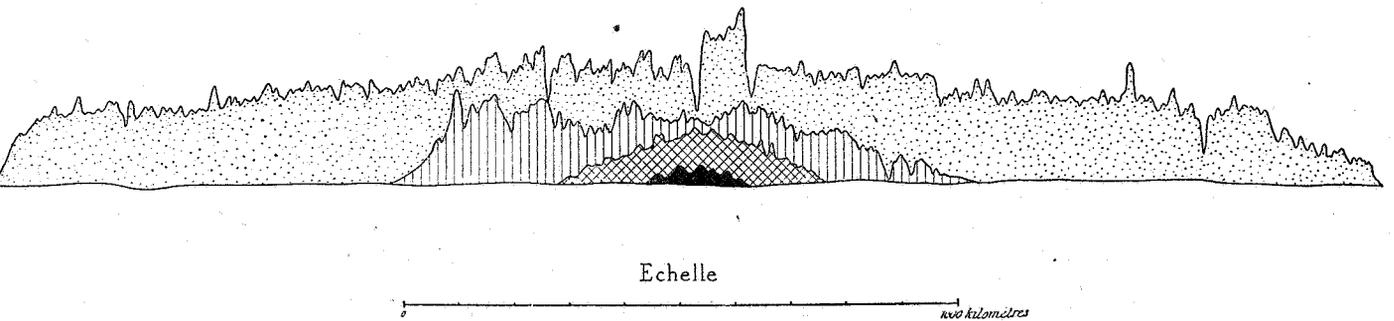
Au Muséum de Paris, le 24 mars 1895.

COMPARAISON DES SURFACES RESPECTIVES DES MONTS CÉLESTES, DU MASSIF DES ALPES, DE LA CHAÎNE DES PYRÉNÉES ET DES VOSGES.



- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | <i>Surface occupée par la chaîne des Monts Célestes.</i> |  | <i>Surface occupée par la chaîne des Pyrénées.</i> |
|  | <i>Surface occupée par la chaîne des Alpes.</i> |  | <i>Surface occupée par la chaîne des Vosges.</i> |

COMPARAISON DES ALTITUDES RESPECTIVES DES MONTS CÉLESTES, DU MASSIF DES ALPES, DE LA CHAÎNE DES PYRÉNÉES ET DES VOSGES.



- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | <i>Altitude de la chaîne des Monts Célestes.</i> |  | <i>Altitude relative de la chaîne des Pyrénées.</i> |
|  | <i>Altitude relative de la chaîne des Alpes.</i> |  | <i>Altitude relative de la chaîne des Vosges.</i> |