

casion de le voir dans un des chapitres de l'introduction, une classification paléontologique, cela tient principalement à ce que les premiers palethnologues étaient des paléontologues. Cette classification est aujourd'hui abandonnée.

Il n'en est pas moins vrai que l'étude de la faune confirme entièrement la classification industrielle et la superposition des divers types d'instruments.

Parmi les divisions que l'on a cherché à établir dans la faune du quaternaire ancien, la plus importante, surtout lorsque l'on manque d'indications plus précises, est celle qui repose sur les différences de climat. Elle comprend deux coupures :

1° La Faune chaude.

2° La Faune froide.

La faune chaude a régné au commencement du quaternaire, pendant le chelléen.

A partir de l'acheuléen jusqu'au magdalénien, les animaux qu'on rencontre dénotent un refroidissement pour ainsi dire constant de la température, qui ne s'est radoucie que tout à fait à la fin du paléolithique, au tourassien.

On a cherché à mettre en doute la valeur des données climatologiques fournies par les fossiles, en disant « que la pureté des faunes est le cas exceptionnel, tandis que le mélange, dans une même couche, d'espèces dites *froides* et d'espèces dites *chaudes* est la règle pour un grand nombre de gisements ». Il y a là une exagération, évidemment voulue, contre laquelle il est nécessaire de s'élever. Ce n'est pas la pureté des faunes, c'est la pureté des gisements et surtout la précision des recherches qui est le cas exceptionnel.

Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, dans la grotte de Montgaudier, où toutes les époques paléolithiques, depuis le moustérien jusqu'au magdalénien, étaient représentées et où il y avait également du néolithique, la faune des divers niveaux a été complètement mélangée.

Un paléontologue allemand, Nehring, a cru reconnaître dans les ossements extraits des gisements paléolithiques de l'Europe

centrale, la succession de trois faunes distinctes, auxquelles il a proposé de donner les noms suivants :

1° Faune des Toundras.

2° Faune des Steppes.

3° Faune des Forêts.

La première, la plus ancienne, serait surtout caractérisée par le Renard polaire (*Canis lagopus*), deux espèces de Lemmings (*Myodes torquatus* et *Myodes obensis*), le Lièvre variable (*Lepus variabilis*), le Campagnol des neiges (*Arvicola nivalis*), le Bœuf musqué et le Renne, animaux vivant encore dans les toundras ou prairies glacées de la Sibérie et de l'extrême nord américain.

La seconde, par le Spermophile roux (*Spermophilus rufescens*), la Souris sauteuse (*Alactaga jaculus*), le Hamster (*Cricetus phæus*) et le Saïga, qui habitent les steppes ou plaines arides de l'Asie centrale.

Enfin, la dernière par les hôtes habituels de nos forêts : l'Écureuil, le Loir, le Lérot, la Marte, le Cerf, etc.

Mais ces faunes, dans leur ensemble, ne sont pas assez complètes, assez tranchées, assez nettement séparées pour qu'on puisse en tirer des conclusions générales bien solides. Gardons-nous, en tout cas, de les considérer comme pouvant servir à caractériser des époques distinctes. Elles ne comprennent pour ainsi dire que des petits mammifères, provenant de couches particulièrement riches en débris de rongeurs, qui ont, selon toute probabilité, servi de nourriture à des carnassiers de petite taille ou à des oiseaux de proie.

IV. FLORE OU BOTANIQUE.

CHAPITRE I.

GISEMENTS.

§ 1. Modes de gisement. — Où peut-on rencontrer la flore paléolithique ?

Elle se trouve dans des marnes et surtout dans des tufs et des tourbes.

Sur certains points, les débris végétaux, principalement des feuilles, sont tombés dans des eaux troubles contenant des matières argileuses en suspension. Ces matières en se déposant forment une suite de minces couches, de petits feuillets de marnes, qui présentent entre eux les empreintes des débris dont nous venons de parler.

Ailleurs, ces débris se sont trouvés en contact avec des eaux claires mais surchargées d'acide carbonique et tenant ainsi du carbonate de chaux ou calcaire en suspension. L'acide carbonique se dégageant à l'air, les molécules de calcaire se sont précipitées peu à peu, formant un dépôt désigné sous le nom de *tuf*. Ce tuf s'est moulé sur les végétaux ou en a pris des empreintes. Le tuf étant, à cause de sa légèreté et de son travail facile, une pierre recherchée pour les constructions, il est très fréquemment exploité. Lorsqu'il acquiert une certaine compacité on l'appelle *travertin*.

Dans le troisième genre de gisement dont il nous reste à parler, la tourbe, nous sommes en présence de la matière végétale elle-même. La tourbe est un dépôt composé de végétaux accumulés, plus ou moins altérés et très souvent tassés, surtout dans les

couches tourbeuses du quaternaire ancien, où elle passe à ce qu'on nomme le *lignite*. Le lignite n'est pas autre chose que de la tourbe comprimée. Ces dépôts purement végétaux fournissent des données botaniques moins nombreuses et moins sûres que les marnes et les tufs.

Nous allons examiner la flore d'une vingtaine de gisements paléolithiques.

§ 2. **Angleterre : Forest-bed.** — Les Anglais ont donné le nom de *forest-bed*, couche à forêt, à une assise qui s'étend le long de la côte du Norfolk. Sa base est composée de terre tourbeuse avec souches d'arbres en place. Au-dessus se trouve un paquet de feuillets d'argile, de sable et de lignite, qui atteint jusqu'à 3 mètres de puissance. Ce sont les *laminated-beds*, couches feuilletées, alternativement marines et fluviatiles. Le couronnement de la falaise, qui varie entre 15 et 90 mètres de hauteur, est formé de terrains glaciaires, *boulder-clay*, et d'alluvions sableuses et caillouteuses, *drift*.

On a malheureusement souvent confondu la faune des diverses couches. C'est ainsi qu'on a à tort attribué au forest-bed, nom qui s'applique spécialement à la base de l'assise à forêt, trois espèces d'éléphants qui n'ont pas vécu ensemble : l'*Elephas meridionalis*, qui se rencontre déjà dans la formation marine supportant le forest-bed et dit-on dans le forest-bed lui-même ; l'*Elephas antiquus* dont le gisement normal est dans les couches feuilletées ; enfin, l'*Elephas primigenius* recueilli au-dessus, dans le boulder-clay et le drift.

Ce qui s'est passé pour les animaux a très probablement eu lieu aussi pour les plantes. On a dû confondre en une seule et même liste celles du forest-bed et celles des lits de lignite des laminated-beds.

Dans tous les cas, la flore que nous désignons sous le nom de flore du forest-bed est certainement du quaternaire inférieur ou chelléen, si elle ne descend pas encore plus bas, à la fin du tertiaire supérieur, étage de Saint-Prest.

Cette flore se compose des végétaux suivants :

Potamogeton.
Abies excelsa D. C.
 — *pectinata* D. C.
Pinus sylvestris Lin.
 — *montana* Du Roi.
Taxus baccata Lin.
Betula alba Lin.
Alnus.

Quercus.
Corylus avellana Lin.
Menyanthes trifoliata Lin.
Ceratophyllum demersum Lin.
Prunus spinosa Lin.
Nymphæa alba Lin.
Nuphar luteum Smith.

Cette flore a surtout été étudiée par S.-W. King, qui a exploré le forest-bed de Happisburgh, et par Oswald Heer.

§ 3. **Grand duché de Luxembourg : la Sauvage.** — Sur les confins des territoires luxembourgeois et français, à environ 3 kilomètres des Saulnes, à la Sauvage, se trouvent deux masses tuffeuses considérables comme étendue et hauteur. Il existe encore en cet endroit une source incrustante, mais d'un débit fort modeste et ne produisant que des grumeaux tuffacés, bien différents du tuf compact des deux masses.

On rencontre dans ce tuf des coquilles terrestres se rapportant à la faune locale actuelle, sauf une variété de Succinées. Il paraît aussi y avoir quelques différences dans la fréquence des espèces.

A ces coquilles se joignent des empreintes végétales forestières. Le gisement se trouve encore dans une forêt. Ces empreintes comprennent, d'après Fliche qui a étudié le gisement conjointement avec Bleicher :

Carex paniculata Lin.
 — *panicea* Lin.
 — *riparia* Curt.
Taxus baccata Lin.
Quercus.
Fraxinus excelsior Lin.

Ligustrum vulgare Lin.
Rhamnus frangula Lin.
Acer pseudoplatanus Lin.
 — *platanoïdes* Lin.
Tilia grandifolia Ehrh.

§ 4. **Wurtemberg : Canstadt et Schussenried.** — A Canstadt, près de Stuttgart, existe un tuf terreux appelé *Alluvial-Kalk* par les Allemands, contenant, outre de nombreuses empreintes de plantes, des débris assez communs de mammouth. Le tuf est donc franchement paléolithique, ce qu'indique égale-

ment la faune malacologique. Klein y a constaté 71 espèces de coquilles dont 50 terrestres et 21 d'eau douce. Sur les 50 terrestres, 36 habitent encore le pays. C'est le groupe d'espèces propres à l'Europe centrale s'étendant jusque dans le Nord; 10 ont abandonné les environs de Stuttgart, mais n'ont pas quitté l'Europe; enfin, 4 sont éteintes. Parmi ces dernières se trouve le *Zonites acieformis*, forme du Sud-Est. Parmi les émigrées sont l'*Helix bidens* Ziegl., qu'on voit encore en Alsace, mais qui se développe surtout en Transylvanie; l'*Helix solaria* et la *Clausilia bidens* Turt., la *C. papillaris* de Draparnaud, types méridionaux que nous rencontrons en Italie. La *Clausilia* se trouve même dans la France méditerranéenne.

Parmi les plantes, on remarque :

Chara foetida Gmel.

— *hispida* Lin., var. *brachyphylla*.

Quercus sessiliflora Smith, var. *mammouthis* Heer

— *pedunculata* Ehrh.

Buxus sempervirens Lin.

Mespilus pyracantha Lin.

Le Wurtemberg a fourni une autre localité qui, bien que plus au sud, contient une flore beaucoup plus septentrionale. C'est Schussenried, sur la limite du bassin du Rhin et du bassin du Danube. Les anciens glaciers des Alpes se sont étendus jusque-là et c'est dans une dépression de leur moraine terminale qu'a été découverte une sorte de tourbe formée de mousses. Ces mousses sont associées à une station humaine contenant une industrie très caractérisée de la fin du paléolithique, époque de la Madeleine. Les mousses continuent au-dessus du dépôt archéologique et le recouvrent d'une couche de près de 2 mètres. En construisant la gare de Waldsee, à 12 kilomètres de distance, on a découvert à près de 7 mètres de profondeur une couche de mousse analogue à celle de Schussenried. Ces mousses, déterminées par Schimper, sont :

Hypnum sarmentosum Wahl.

— *aduncum*, var. *groenlandicum* Hedw.

— *fluitans*, var. *tenuissimum*.

§ 5. **Suisse : Zurich et Saint-Gall.** — Les dépôts quaternaires anciens des plaines des cantons de Zurich et de Saint-Gall contiennent des couches de lignite renfermant des ossements de l'Eléphant antique et du Rhinocéros de Merck, animaux caractéristiques du chelléen.

On a dit que ces lignites étaient intercalés entre deux assises glaciaires, ce dont il est permis de douter.

Heer, qui s'est beaucoup occupé de ces lignites, y a reconnu :

Hypnum, trois espèces.

Sphagnum cymbifolium.

Equisetum limosum Lin. ?

Phragmites communis Trin.

Scirpus lacustris Lin.

Abies excelsa D. C.

Larix europæa D. C. ?

Pinus sylvestris Lin.

— *montana* Du Roi.

Taxus baccata Lin.

Betula alba Lin.

Quercus robur Lin.

Corylus avellana Lin.

Polygonum hydropiper Lin. ?

Menyanthes trifoliata Lin.

Vaccinium vitis-idaea Lin. ?

Galium palustre Lin.

Trapa natans Lin. ?

Rubus idæus Lin.

Acer pseudoplatanus Lin.

Holoptera Victoria Heer.

§ 6. **France nord : Resson, la Perle et la Celle.** — Leymerie, dans sa *Statistique géologique de l'Aube*, a signalé un important gisement de tuf quaternaire ancien. C'est celui de Resson, commune de la Saulsothe. Ce gisement forme une ellipse assez allongée dont le grand axe mesure environ 1 kilomètre. Le dépôt se compose de deux assises superposées. L'inférieure, constituée par un travertin assez pur, a fourni les fossiles dont nous allons parler. L'assise supérieure présente tous les caractères d'un dépôt opéré plus tumultueusement. C'est presque une alluvion. Nous n'avons pas à nous en occuper.

Le tuf a donné quelques silex taillés de formes moustériennes, qui datent d'autant plus nettement le gisement qu'ils sont complètement cachelonnés par suite de l'action de l'acide carbonique. Ils sont donc bien contemporains de la formation du tuf.

Quelques ossements ont aussi été recueillis, entre autres une mâchoire de Castor et deux molaires de Mammouth. Les coquilles, assez nombreuses, sont des espèces d'eau douce comme

les Lymnées ou terrestres comme les Escargots (*Helix*). La plus intéressante est l'*Helix fruticum* Mull., espèce vivant, encore dans le pays, mais ne descendant pas jusque dans le midi de la France. Elle remonte jusqu'en Norvège, Suède, Russie, sans aller jusqu'à l'extrême nord. Sur nos montagnes, elle n'atteint pas les grandes hauteurs.

Les empreintes végétales, fort abondantes, se rapportent, d'après Fliche, aux espèces suivantes :

<i>Bryum bimum</i> Schreb.	<i>Populus tremula</i> Lin.
<i>Chara fœtida</i> Gmel.	— <i>canescens</i> Smith.
— <i>hispida</i> Lin., var. <i>brachyphylla</i> .	<i>Corylus avellana</i> Lin.
<i>Scolopendrium officinarum</i> Lin.	<i>Fagus sylvatica</i> Lin.
<i>Phragmites communis</i> Trin.	<i>Juglans regia</i> Lin.
<i>Scirpus</i> .	<i>Buxus sempervirens</i> Lin.
<i>Carex glauca</i> Scop.	<i>Ligustrum vulgare</i> Lin.
— <i>maxima</i> Scop.	<i>Cornus sanguinea</i> Lin.
— <i>flava</i> Lin.	<i>Hedera helix</i> Lin.
<i>Juncus</i> .	<i>Heracleum sphondylium</i> Lin.?
<i>Typha latifolia</i> Lin.?	<i>Rubus fruticosus</i> Lin.
<i>Betula alba</i> Lin.?	<i>Cerasus padus</i> D. C.?
— <i>papyrifera</i> Michx.	<i>Rhamnus frangula</i> Lin.
<i>Alnus glutinosa</i> Gærtn.?	<i>Tilia grandifolia</i> ou <i>parvifolia</i> Ehrh.
— <i>incana</i> D. C.?	<i>Acer campestre</i> Lin.
<i>Salix cinerea</i> Lin.	— <i>platanoïdes</i> Lin.
— <i>purpurea</i> Lin.	— <i>opulifolium</i> Vill.
— <i>grandifolia</i> Ser.?	<i>Clematis vitalba</i> Lin.
— <i>nigricans</i> Smith??	

La Perle ou Presle est un hameau du département de l'Aisne, situé sur la limite de celui de la Marne, à 4 kilomètres nord-est de Fismes, sur la rive droite de la Vesle. Il y a, à l'entrée du hameau, un gisement de tuf étudié et décrit par Bleicher et Fliche. Un chemin creux, qui conduit aux maisons, a mis ce tuf à découvert sur une hauteur de 2^m,50 à 4 mètres et une longueur de 15 mètres, mais il s'étend beaucoup plus. Une petite source émerge encore au-dessous du tuf. Le dépôt est plaqué contre le tertiaire. Durci en sorte de travertin à la base, il devient marneux au-dessus. On y a recueilli quelques ossements de Cerf, de

Sanglier et de Castor ainsi qu'un fragment de grès évidemment apporté par l'homme. Les coquilles, abondantes, sont toutes terrestres. Le *Cyclostoma elegans*, espèce qui aime la chaleur, et l'*Helix cellaria*, qui ne la craint pas, pourvu qu'il y ait une grande humidité, sont les plus communes.

Les débris végétaux accumulés en très grande quantité donnent :

<i>Conferva.</i>	<i>Juglans regia</i> Lin.
<i>Marchantia polymorpha</i> Lin.	<i>Ulmus campestris</i> Lin.
<i>Phragmites communis</i> Trin.	<i>Ficus carica</i> Lin.
Graminées indéterminées.	<i>Sassafras</i> ?
<i>Carex riparia</i> Curt.	Synanthérée indéterminée.
Cypéracées indéterminées.	<i>Heracleum sphondylium</i> Lin.?
<i>Juncus glaucus</i> Ehrh.?	<i>Pyrus acerba</i> D. C.
<i>Betula verrucosa</i> ou <i>B. pubescens</i> Ehrh.	<i>Cercis siliquastrum</i> Lin.
<i>Alnus incana</i> D. C.	<i>Evonymus europæus</i> Lin.
<i>Salix cinerea</i> Lin.	<i>Acer campestre</i> Lin.
<i>Populus nigra</i> Lin.	<i>Tilia grandifolia</i> Ehrh.
<i>Quercus pedunculata</i> Ehrh.?	— <i>parvifolia</i> Ehrh.
<i>Corylus avellana</i> Lin.	<i>Clematis vitalba</i> Lin.

Entre Moret et Montereau, rive droite de la Seine, existe à la Celle-sous-Moret (Seine-et-Marne) un massif assez important de tuf. Il est plaqué contre un escarpement calcaire. Ces tufs explorés par Chouquet lui ont fourni une faune malacologique et une flore intéressantes. Il n'y a plus de sources sur ce point; la formation dénote une époque beaucoup plus humide.

Les coquilles ont un caractère plus méridional que les coquilles actuelles de la localité. Les *Cyclostoma elegans* du dépôt, comme ceux des alluvions quaternaires inférieures de Paris et d'Abbeville, sont sensiblement plus gros et surtout plus profondément ciselés que ceux qu'on trouve vivants dans les vignes qui sont au-dessus du tuf. Ces deux caractères ne sont pourtant pas aussi prononcés que dans la région méditerranéenne. Quelques espèces ne vivent plus dans le bassin de la Seine, tels sont :

L'*Helix limbata*, du centre et surtout du midi de la France.

L'*Helix bidens*, signalée également dans les alluvions inférieures du bassin de Paris, qui s'est retirée vers l'Orient. Son centre actuel d'habitation est la Transylvanie et la Croatie.

Le *Zonites acieformis*, espèce ou forme éteinte, mais très voisine du *Zonites acies* et de plusieurs autres types analogues qu'on retrouve en Lombardie, Vénétie, Croatie et Dalmatie.

Ces diverses espèces dénotent un climat plus chaud.

Les plantes ont été déterminées avec le plus grand soin par Gaston de Saporta. En voici la liste :

<i>Scolopendrium officinarum</i> Lin.	<i>Sambucus ebulus</i> Lin.
<i>Salix cinerea</i> Lin.	<i>Hedera helix</i> Lin.
— <i>fragilis</i> Lin.	<i>Cerasus mahaleb</i> Mill.
<i>Populus canescens</i> Smith.	<i>Cercis siliquastrum</i> Lin.
<i>Corylus avellana</i> Lin.	<i>Evonymus europæus</i> Lin.
<i>Ficus carica</i> Lin.	— <i>latifolius</i> Scop.
<i>Buxus sempervirens</i> Lin.	<i>Acer pseudoplatanus</i> Lin.
<i>Laurus canariensis</i> Webb.	<i>Clematis vitalba</i> Lin.
<i>Fraxinus excelsior</i> Lin.	

§ 7. France nord-est : Jarville et Pont-à-Mousson. —

Le département de Meurthe-et-Moselle contient deux importants gisements.

Les travaux du chemin de fer de Paris à Strasbourg ont mis à nu à Jarville, près de Nancy, une mince couche de lignite. Elle est insérée dans des marnes quaternaires surmontées d'une puissante assise de graviers à mammouth. Ces lignites, qui ne sont restés à découvert que peu de temps, ont été étudiés par P. Fliche, qui n'a recueilli, en fait de mammifères, qu'une dent de cheval, mais qui y a récolté de nombreux débris d'insectes appartenant à des espèces septentrionales.

La flore se compose de :

Cypéracée indéterminée.	<i>Juniperus?</i>
<i>Elyna spicata</i> Schrad.	<i>Taxus baccata</i> Lin.?
<i>Abies excelsa</i> , var. <i>medioxima</i>	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.?
Nylander.	<i>Alnus viridis</i> D. C.
<i>Larix europæa</i> D. C.	Synanthérée indéterminée.
<i>Pinus montana</i> Du Roi.	<i>Rubus</i> .
— <i>obovata</i> Antoine.	<i>Hylocomium splendens</i> Schimp.?

Le second gisement, moins bien daté que le précédent, est à Pont-à-Mousson. Il se compose d'un amas de débris de tuf, à une altitude d'environ 60 mètres au-dessus de la Moselle, niveau où il n'existe plus actuellement de source et où les plantes qui aiment l'eau font complètement défaut. Aux empreintes végétales sont associées des coquilles terrestres et aquatiques de la faune locale de la région, mais de stations plus humides.

Les plantes déterminées par Fliche sont :

<i>Pellia epiphylla</i> Radd.	<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.?
Muscinées indéterminées.	<i>Solanum dulcamara</i> Lin.
Graminées indéterminées.	Ericinée.
Cypéracées indéterminées.	<i>Hedera helix</i> Lin.
<i>Typha latifolia</i> Lin.	<i>Rubus</i> .
<i>Sparganium ramosum</i> Huds.?	<i>Rhamnus frangula</i> Lin.
<i>Salix cinerea</i> Lin.	<i>Evonymus europæus</i> Lin.
— <i>capræa</i> Lin.	<i>Tilia grandifolia</i> Ehrh.
<i>Populus tremula</i> Lin.	— <i>parvifolia</i> Ehrh.?
<i>Quercus pedunculata</i> Ehrh.	<i>Lepidiopsis tufacea</i> Fliche.
<i>Corylus avellana</i> Lin.?	<i>Berberis vulgaris</i> Lin.

§ 8. **France centre : Bezac et la Vis.** — Le gisement de Bezac, commune de Saint-Saturnin (Puy-de-Dôme), sur la rive gauche de la Monne, affluent de la Veyre qui se jette dans l'Allier à Martres-de-Veyre, se compose d'un fort paquet de lits ou feuilletts argilo-marneux contenant des empreintes de plantes. L'ensemble atteint une puissance de 6 à 8 mètres, au-dessus du niveau actuel de la rivière. Il repose sur une coulée de lave provenant du Puy-de-la-Vache, classé parmi les volcans les plus récents de l'Auvergne. Il ne peut donc monter au delà du quaternaire. C'est probablement le produit d'un petit lac dû au barrage occasionné par la coulée de lave. La différence de niveau entre le sommet du gisement et les eaux actuelles de la Monne, ainsi que quelques différences dans la flore montrent que le gisement n'est pas récent. Il a été fort bien étudié par un professeur de Lille, Boulay, qui y a reconnu, mêlées à des carapaces de diatomées, des élytres de coléoptères et du charbon, les espèces suivantes :

<i>Hypnum</i> , deux ou trois espèces.	<i>Fagus sylvatica</i> Lin.
<i>Pteris aquilina</i> Lin.	<i>Corylus avellana</i> Lin.
<i>Phragmites communis</i> Trin.?	<i>Humulus lupulus</i> Lin.
<i>Scirpus sylvaticus</i> Lin.?	<i>Cratægus oxyacantha</i> Lin.
<i>Pinus sylvestris</i> Lin.	<i>Sorbus torminalis</i> Crantz.
<i>Alnus glutinosa</i> Gærtn.	<i>Vitis vinifera</i> Lin.?
<i>Salix cinerea</i> Lin.	<i>Acer platanoïdes</i> Lin.
— <i>capræa</i> Lin.	— <i>campestre</i> Lin.
— <i>fragilis</i> Lin.? ou <i>pentandra</i> ?	<i>Tilia grandifolia</i> Ehrh., <i>platyphylla</i> Scop.
<i>Populus nigra</i> Lin.	<i>Tilia parvifolia</i> Ehrh., <i>sylvestris</i> Desf.
— <i>alba</i> Lin.	
<i>Quercus pedunculata</i> Ehrh.	

Le second gisement, beaucoup plus au sud, consiste en tufs qui se trouvent dans la vallée de la Vis, entre Gornières et Madières (Hérault), à une altitude de 200 mètres en moyenne. Les tufs, partant du niveau de la rivière, ont à Madières jusqu'à 15 ou 20 mètres de puissance. Ils sont le produit de petites sources ou filets d'eau qui sourdent en grand nombre entre deux couches du terrain jurassique, filets d'eau qui sont encore incrustants. Ces tufs, riches en empreintes végétales, contiennent aussi des coquilles, plutôt aquatiques que terrestres. On y aurait trouvé un morceau de charbon de bois et même une petite hache polie en jade. Il n'y a rien d'étonnant à cela. Une partie des tufs de la Vis doit être fort ancienne et remonter au quaternaire ancien, comme semble l'indiquer la flore, mais un noyau de pêche montre qu'il y a des parties qui sont bien plus récentes.

Cette flore se compose, d'après Boulay, de :

Conferves.	<i>Salix cinerea</i> Lin.
<i>Fegatella conica</i> Cord.	— <i>incana</i> Schr.
<i>Reboulia hemisphærica</i> Radô.	— <i>alba</i> Lin.?
<i>Marchantia polymorpha</i> Lin.	<i>Fagus sylvatica</i> Lin.
<i>Hypnum commutatum</i> Hedw.	<i>Ulmus campestris</i> Lin.
Graminées.	<i>Ficus carica</i> Lin.
<i>Arundo donax</i> Lin.?	<i>Buxus sempervirens</i> Lin.
<i>Carex</i> .	<i>Laurus nobilis</i> Lin.
<i>Alnus glutinosa</i> Gærtn.	<i>Ilex aquifolium</i> Lin.

Fraxinus excelsior Lin., *F. ros-
trata*.
Phillyrea media Lin.
Cornus sanguinea Lin.

Hedera helix Lin.
Persica vulgaris Mill. ?
Acer campestre Lin.

§ 9. **France sud-ouest : Soulac, Montalivet, Truc-Bland et Biarritz.** — Le long du littoral du département de la Gironde, entre Soulac et Lacanau, se développe une série de dunes qui, battues par la mer, forment des falaises sur le rivage et montrent ainsi leur composition intérieure. Ces intéressantes falaises ont été étudiées par une commission composée de Daleau, Dufau, Motelay et Dulignon-Desgranges, rapporteur. Cette commission a constaté dans la falaise de la station balnéaire des Olives, à 100 mètres au nord de la passerelle de Soulac, une couche de tourbe lignitifforme avec ossements de bœuf et de cheval, un peu au-dessous des hautes eaux de la mer. Ladite couche contient des souches ou bases de troncs d'arbres encore en place avec leurs racines, associées à des :

Polystichum filix-mas Roth.
Juncus indéterminés.

Cette ancienne forêt, actuellement sous-marine, se retrouve sur plusieurs points. A Montalivet, autre station balnéaire plus méridionale, on y trouve des :

Quercus, chênes.
Ulmus, ormes.
Pinus maritima Lam., pins maritimes.

Au poste de douane du Truc-Bland, plus au sud encore, les troncs d'arbres, debout ou couchés, sont nombreux et forment un véritable forest-bed analogue à celui des côtes du Norfolk. Un demi-kilomètre plus loin, on peut suivre cette formation jusque sous l'eau de mer. On observe là : le chêne et le pin maritime. Ils forment deux niveaux. La couche tourbeuse inférieure, la véritable couche sous-marine est à peu près exclusivement composée de chênes. Dans la couche supérieure, placée presque immédiatement sous la dune actuelle, c'est, au contraire, le pin maritime qui domine

Sur divers points, l'assise qui sépare les deux couches tourbeuses contient des silex taillés. Au Gurg, 9 kilomètres au sud de Soulac, des tessons de poterie sont associés aux silex.

En descendant jusqu'aux Basses-Pyrénées, on rencontre à Biarritz des lignites feuilletés quaternaires anciens, dans lesquels on a recueilli, d'après Gaudin :

Coryllus avellana Lin.

Menyanthes trifoliata Lin.

Holopteura Victoria Heer.

§ 10. **France sud-est : Chambéry, les Aygalades, Meyrargues, etc.** — Dans le bassin de Chambéry (Savoie) existent des alluvions anciennes, composées de sables, de marnes et d'argiles contenant des couches de lignite. Ce combustible, analogue à celui de Biarritz, a même été exploité à Sonnaz et à Servolex. La position géologique de ces alluvions est parfaitement déterminée. Elles sont immédiatement antérieures à la grande extension des glaciers, dont les produits, argiles à cailloux striés et blocs erratiques, les recouvrent directement. On n'a malheureusement pas trouvé d'ossements permettant de reconstituer la faune mammalogique. Plus heureux pour ce qui regarde la flore, on peut citer :

Abies excelsa D, C.

Betula alba Lin.

Salix cinerea Lin.

Salix repens Lin.

Buxus sempervirens Lin.

Le département des Bouches-du-Rhône a donné trois formations de tufs, dont les empreintes végétales abondantes ont été étudiées avec soin et critique par G. de Saporta et Marion.

C'est d'abord le tuf des Aygalades, près de Marseille, dans lequel on a eu la bonne fortune de rencontrer des molaires et des ossements d'Eléphant antique, ce qui fournit une date géologique précise, cet éléphant étant caractéristique du Chelléen.

Ces débris étaient associés comme flore à :

Pinus Salzmanni Dun.
Quercus pubescens Willd.
Corylus avellana Lin., *C. tubu-*
losa Willd.
Celtis australis Lin.
Ficus carica Lin.
Laurus nobilis Lin.

Laurus canariensis Webb.
Viburnum tinus Lin.
Pyrus acerba D. C.
Cratægus oxyacantha Lin.
Sorbus domestica Lin.
Cercis siliquastrum Lin.

Le second gisement des Bouches-du-Rhône est situé à Meyrargues, près d'Aix. C'est également un tuf riche en empreintes de plantes. Il a donné les espèces suivantes :

Pinus Salzmanni Dun.
Quercus pubescens Willd.
Juglans regia Lin.
Celtis australis Lin.
Ficus carica Lin.
Laurus canariensis Webb.

Hedera helix Lin.
Rhus cotinus Lin.
Vitis vinifera Lin.
Acer neapolitanum Ten.
Clematis vitalba Lin.

Le troisième est celui de Saint-Antonin, également dans les environs d'Aix. Sa flore, associée à des silex magdaléniens, est représentée par :

Quercus sessiliflora Smith.
 — *pubescens* Willd.
 — *ilex* Lin.
Hedera helix Lin.

Rubus cæsius Lin.
Pistacia terebinthus Lin.
Vitis vinifera Lin.

Le département du Var a fourni à G. de Saporta deux gisements. Le tuf des Arcs, près de Draguignan, sur les rives de l'Argens, qui a donné :

Pinus Salzmanni Dun.
Salix cinerea Lin.
Laurus nobilis Lin.

Et le tuf de Belgencier, situé au fond d'une vallée escarpée, dans une région boisée et montagneuse, qui renferme les espèces suivantes :

Corylus colurna Lin.
Ulmus montana Smith, var. *latifolia*.

Fraxinus ornus Lin.
Acer opulifolium Vill.
Tilia grandifolia Ehrh.

§ 11. **Italie septentrionale : Torriglia.** — Enfin, à Torriglia (Ligurie), Agostino Chiappari a signalé une couche de marne bleuâtre, brunie par de nombreux restes de végétaux, qui contient des souches d'arbres en place et debout. Cette couche repose sur des poudingues tertiaires. Elle est recouverte d'une assise d'argile rougeâtre empâtant des blocs de calcaire, véritable argile à blocs quaternaire se reliant à la couche à troncs et empreintes de végétaux. Chiappari y a reconnu :

Abies pectinata D. C.

Taxus baccata Lin.

Fagus sylvatica Lin.

Corylus avellana Lin

Et, d'après les bois, il indique comme genres : *Quercus*, *Ostrya*, *Fraxinus*, *Sambucus*, *Cratægus*. Il croit aussi avoir remarqué des troncs d'arbres portant de grossières traces de coups de hache.

C'est grâce à ces divers gisements que nous avons pu dresser le tableau de la flore paléolithique, que nous allons donner aussi complet que possible, en classant les espèces méthodiquement.

CHAPITRE II.

ENSEMBLE DE LA FLORE.

§ 1. Acotylédones.

ALGUES.

Conferva : La Perle, filaments abondants qui se rapportent au groupe des conferves, sans permettre de désigner la plante d'une manière plus précise. La Vis.

HÉPATIQUES.

Pellia epiphylla Radd. : Pont-à-Mousson, frondes abondantes. Cette espèce ne se trouve plus sur la côte où repose le tuf ; mais elle est encore abondante au bord des petits ruisseaux de la région. La côte est devenue trop sèche pour elle.

Fegatella conica Cord. : La Vis.

Reboulia hemisphærica Radd. : La Vis.

Marchantia polymorpha Lin. : La Perle. Très commune actuellement dans les endroits frais. La Vis.

MUSCINÉES.

Deux espèces de mousses non déterminées : Pont-à-Mousson.

Hypnum : trois espèces non dénommées dans les lignites de Zurich et Saint-Gall ; deux ou trois à Bezac.

Hypnum commutatum Hedw. : très commun à La Vis.

Hypnum sarmentosum Wahl. : Schussenried. Espèce qui ne vit actuellement qu'à la limite des neiges. Se trouve en Suède, Norvège et surtout en Laponie ; se rencontre aussi dans le Groënland et le Labrador. Elle ne descend dans les vallées que dans ces deux derniers pays et au Spitzberg. Ailleurs, elle habite les montagnes. On la rencontre, paraît-il, sur certains sommets des Alpes. Schimper, qui a déterminé les mousses de Schussenried, avait eu l'idée de faire de cette espèce une variété sous le nom de *Hypnum diluvii*, mais il a abandonné ce nom.

Hypnum aduncum, var. *groenlandicum* Hedw. Cette espèce, très variable, vit en Suisse sur les montagnes et dans les plaines du nord de l'Allemagne, mais les échantillons de Schussenried se rapportent à la variété *groenlandicum*, dont le nom indique l'habitat.

Hypnum fluitans, var. *tenuissimum*, qui vit dans les prés marécageux de l'intérieur des Alpes et se rencontre aussi dans l'Amérique du Nord. Ces deux dernières espèces sont associées à l'*Hypnum sarmentosum* à Schussenried et à Waldsee.

Hylocomium splendens, nom donné par Schimper à l'*Hypnum splendens* Hedw. : Jarville, certain comme genre, d'après Fliche, moins comme espèce.

Sphagnum cymbifolium, mousse des marais : Zurich et Saint-Gall.

Bryum bimum Schreb. : Resson. Mousse des plaines et montagnes inférieures de l'Europe tempérée, allant jusqu'en Suède et en Norvège.

CHARACÉES.

Chara foetida Gmel. : Canstadt, Resson. Très commun en France et dans le centre de l'Europe. A été subdivisé en plusieurs variétés par Cosson et Germain.

Chara hispida Lin., var. *brachyphylla* : Canstadt, Resson. Glabre ou presque glabre.

FOUGÈRES. Tribu des Polypodiacées.

Pteris aquilina Lin., grande fougère : Bezac.

Polystichum filix-mas Roth, fougère mâle : Soulac. La plus répandue de toutes les fougères.

Scolopendrium officinarum Lin. : La Celle. La scolopendre est encore fort commune dans les lieux humides.

ÉQUISÉTACÉES.

Equisetum limosum Lin. ? : Zurich et Saint-Gall. Tiges de prêles, qui suivant toutes les probabilités se rapportent à cette espèce.

§ 2. Monocotylédones.

GRAMINÉES.

Nombreuses, mais indéterminables : Pont-à-Mousson, Resson, La Vis.

Arundo donax Lin. ?, grand roseau : La Vis.

Phragmites communis Trin., roseau commun : Zurich et Saint-Gall, feuilles et racines ; Resson, La Perle, Bezac ? Il est tout naturel de rencontrer des roseaux dans des lignites et des tufs où l'eau joue un grand rôle.

CYPÉRACÉES.

Indéterminables : Jarville, Pont-à-Mousson.

Scirpus, sans détermination spécifique : Resson.

Scirpus lacustris Lin. : Zurich et Saint-Gall, graines.

Scirpus sylvaticus Lin. ? : Bezac.

Elyna spicata Schrad. : Jarville.

Carex paniculata Lin. : La Sauvage.

Carex panicea Lin. : La Sauvage.

Carex glauca Scop. : Resson; des plus communs dans la région.

Carex maxima Scop. : Resson ; rare actuellement dans l'Aube, il se trouve dans toute la France.

Carex flava Lin. : Resson ; commun encore dans la localité et dans toute la France.

Carex riparia Curt. : La Sauvage. Les trois espèces découvertes dans le Luxembourg sont encore fréquentes dans la région. Le tuf de La Sauvage paraît contenir encore d'autres espèces de ce genre, mais indéterminables. La dernière, le *Carex riparia*, a aussi été recueillie à La Perle.

JONCÉES.

Joncs indéterminés : Soulac, Resson.

Juncus glaucus Ehrh. ? : La Perle, tiges et feuilles, fracturées et mal conservées.

TYPHACÉES.

Typha, massette : Resson, appartenant probablement à l'espèce suivante.

Typha latifolia Lin. : Pont-à-Mousson. Espèce actuelle la plus commune, mais qui ne se rencontre plus sur la côte où est le tuf, côte devenue trop sèche.

Sparganium ramosum Huds. ? : Pont-à-Mousson, axe d'inflorescence qui, s'il n'appartient pas au *Sparganium ramosum*, peut être rapporté au *Sparganium simplex* Huds.

Ces deux espèces de rubaniers sont encore communes dans la région, mais n'existent plus sur la côte qui supporte le tuf.

POTAMÉES.

Potamogeton : Forest-bed du Norfolk.

§ 3. Conifères.

ABIÉTINÉES.

Abies excelsa D. C., *Pinus abies* Lin., épicéa, faux sapin, sapin de Norvège : Forest-bed du Norfolk, cônes ; Zurich et Saint-Gall, cônes et bois ; Chambéry, également cônes et bois. L'épicéa n'existe plus en Angleterre ; il est rare actuellement et exceptionnel dans quelques vallons près de Chambéry, et commun en Suisse.

Abies medioxima Nylander, variété de l'*Abies excelsa*, septentrionale : Jarville.

Abies pectinata D. C., *Pinus picea* Lin., sapin ordinaire, blanc ou argenté : Torriglia, branches et feuilles ; Forest-bed du Norfolk, cônes. Ne vit plus en Angleterre.

Larix europæa D. C., ancien *Pinus larix*, mélèze, plus montagnard encore que les *Abies excelsa* et *pectinata*. Cônes : Zurich et Saint-Gall. Très abondant à Jarville.

Pinus Salzmanni Dunal, pin de Montpellier ou des Pyrénées : Les Aygalades, Meyrargues, Les Arcs. Il n'existe plus en Provence ; il habite actuellement les Cévennes, plus à l'ouest.

Pinus maritima Lam., pin maritime : littoral de la Gironde, Montalivet et Truc-Bland, troncs, racines et cônes.

Pinus sylvestris Lin. : Forest-bed du Norfolk, cônes ; Zurich et Saint-Gall, bois, écorce et cônes ; Bezac.

Pinus montana Du Roi, pin de montagne : Forest-bed du Norfolk, cônes ; Zurich et Saint-Gall, bois, feuilles, cônes ; Jarville. Le pin sylvestre vit encore en Angleterre, mais le pin de montagne n'y existe plus. C'est une espèce plus montagnarde et plus nordique que la précédente.

Pinus obovata Antoine : Jarville, divers débris. Plus nordique encore que la précédente ; habite la Laponie et la Finlande.

CUPRESSINÉES.

Juniperus, genévrier indéterminé : Jarville.

TAXINÉES.

Taxus baccata Lin., if : Forest-bed du Norfolk, graines ; Zurich et Saint-Gall, graines ; La Sauvage, nombreuses feuilles ; Torriglia. L'if n'existe plus à La Sauvage, mais on le retrouve dans la forêt de Moyeuve, à 46 kilomètres. Il y a à Jarville un *Taxus*, qui probablement se rapporte au *baccata*.

§ 4. Dicotylédones.

BÉTULACÉES.

Betula alba Lin., bouleau blanc : Forest-bed du Norfolk, bois ; Zurich et Saint-Gall, ainsi que Chambéry, bois et écorce ; Resson, feuille.

Betula papyrifera Michx. : Resson. Espèce de l'Amérique du Nord et de la Sibérie, dont Fliche ne fait qu'une variété du *Betula alba*.

Betula verrucosa Ehrh.?, variété du *Betula alba*, abondante dans le nord de la France : Resson, La Perle.

Betula pubescens Ehrh., autre variété du *Betula alba* dont on fait une espèce : Jarville, La Perle.

Alnus, aune ou aulne : Forest-bed du Norfolk.

Alnus glutinosa Gærtm. : Resson ?; Bezac, La Vis. Très commun en France.

Alnus viridis D. C. : Jarville. Des Alpes.

Alnus incana D. C. : La Perle. Ne vit plus dans la région. Est une plante alpine. Fliche cite de Resson un aune qui s'y rapporte.

SALICINÉES.

Salix cinerea Lin., saule cendré. Une des espèces les plus répandues dans les gisements quaternaires : Chambéry, La Celle, La Perle, Pont-à-Mousson, Resson, Bezac, La Vis, Les Arcs. Abondante dans presque tous ces gisements. Encore très commune au bord des eaux, dans les endroits marécageux. Elle s'observe au bas de la côte de Pont-à-Mousson, mais ne monte plus jusqu'à la masse tuffeuse. Dans le Midi, le saule cendré ne se montre plus qu'au fond des vallées fraîches. N'existe plus aux Arcs ; pour le retrouver, il faut remonter au nord vers le pied frais et humide des montagnes.

Salix repens Lin., saule rampant : Chambéry, feuilles.

Salix fragilis Lin., saule fragile : La Celle ; Bezac, *fragilis* ou *pentandra* ?

Salix purpurea Lin., saule pourpré : Resson.

Salix capræa Lin. saule marsault : Pont-à-Mousson ; existe encore au même endroit. Bezac.

Salix incana Schrank : La Vis.

Salix alba Lin. ?, saule blanc : La Vis.

Salix grandifolia Ser. Fliche rapporte, avec doute, à cette espèce du Jura et des Alpes, des feuilles de saule du groupe des *capræa* trouvées à Resson.

Salix nigricans Smith ?? : Resson. Forme des montagnes de l'est de la France.

Populus canescens Smith, peuplier grisaille : La Celle, Resson.

Populus tremula Lin., tremble : Resson, Pont-à-Mousson, existe encore sur place. Commun dans le centre et le nord de la France.

Populus nigra Lin. : La Perle. Ne vit plus dans la région ; bords du Rhin, espèce plutôt allemande que française. Bezac.

Populus alba Lin. : Bezac.

CUPULIFÈRES.

Quercus, chêne, facile à reconnaître, mais pas toujours facile à déterminer spécifiquement, d'autant qu'on a multiplié les espèces : Forest-bed du Norfolk, glands ; Zurich et Saint-Gall, bois et gland avec cupule ; Montalivet et Truc-Bland ; La Sauvage.

Quercus sessiliflora Smith, rouvre : Canstadt. Heer en avait fait le *Quercus mammouthis* sur des différences peu appréciables. Saint-Antonin.

Quercus pedunculata Ehrh., chêne blanc : Canstadt, La Perle ? ; Pont-à-Mousson, peuple encore la contrée ; Bezac, très abondant. Le *Quercus pedunculata* est, du reste, plus approprié aux sols humides que le *Quercus sessiliflora* qui se retrouve aussi dans la même région.

Quercus pubescens Willd. : Les Aygalades, Meyrargues, Saint-Antonin. Habite l'Allemagne et la France ; s'est maintenu en Provence.

Quercus ilex Lin., chêne vert : Saint-Antonin, vit encore dans la région.

Fagus sylvatica Lin., hêtre ou fayard : Resson, abondant ; Bezac, La Vis, Torriglia.

Corylus avellana Lin., noisetier, formant dans les cupulifères la tribu des corylacées. C'est la plante la plus généralement répandue dans les stations paléolithiques : Forest-bed du Norfolk, La Celle, La Perle, Pont-à-Mousson, Zurich et Saint-Gall, Resson, Bezac, Biarritz, Les Aygalades, Torriglia. Feuilles et

fruits. Noisettes rondes dans le forest-bed, rondes et longues dans les lignites de Zurich et de Saint-Gall.

Gaston de Saporta, qui avait tout d'abord déterminé le noisetier de la Celle et celui des Aygalades sous le nom de *Corylus avellana*, le rapporte, dans un tableau de classification publié en 1880 dans les *Matériaux pour l'histoire de l'homme*, à la race *Corylus tubulosa* Willd.

Corylus colurna Lin., noisetier de Byzance : Belgencier. Espèce de l'Europe orientale.

JUGLANDÉES.

Juglans regia Lin., noyer sauvage : Resson, La Perle, Meyrargues. Folioles de petites dimensions, qui distinguent le *Juglans regia* sauvage du *Juglans regia* cultivé.

URTICÉES.

Celtis australis Lin., micocoulier : Les Aygalades, Meyrargues. Vit encore dans la région méditerranéenne.

Ulmus campestris Lin., orme champêtre : La Perle, analogue au vivant ; La Vis.

Ulmus montana Smith, var. *latifolia*, orme à larges feuilles : Belgencier. Race ou variété très répandue en Auvergne, en Suède et ailleurs, n'existe plus en Provence, où pourtant habite l'*Ulmus montana* ordinaire.

Humulus lupulus Lin., houblon sauvage : Bezac.

Ficus carica Lin., figuier sauvage : La Perle, La Celle, La Vis, Les Aygalades, Meyrargues. Indiqué par des fragments de feuilles à la Perle, cette espèce a pu être étudiée par des feuilles et des fruits nombreux recueillis à la Celle. Le figuier sauvage est maintenant propre à la Provence. Les feuilles paléolithiques du tuf des Aygalades sont tantôt entières, tantôt lobées sur un côté seulement ou sur les deux côtés à la fois. Leur dimension est loin d'égaliser celle des figuiers actuels du pays.

EUPHORBIACÉES.

Buxus sempervirens Lin., buis : La Celle, Resson, Canstadt, Chambéry, La Vis. Actuellement le buis, qui se trouve encore à Chambéry, manque à la Celle et à Resson. Il ne dépasse pas la

Bourgogne, vers le nord. Il manque, à plus forte raison à Carcassonne.

LAURINÉES.

Laurus nobilis Lin., laurier ordinaire ou d'Apollon : La Vis, Les Aygalades, Les Arcs. S'est retiré un peu plus au sud, dans la région du littoral.

Laurus canariensis Webb, laurier des Canaries : La Celle, Les Aygalades, Meyrargues. N'existe plus en France.

Sassafras ? : La Perle, laurinée indéterminée.

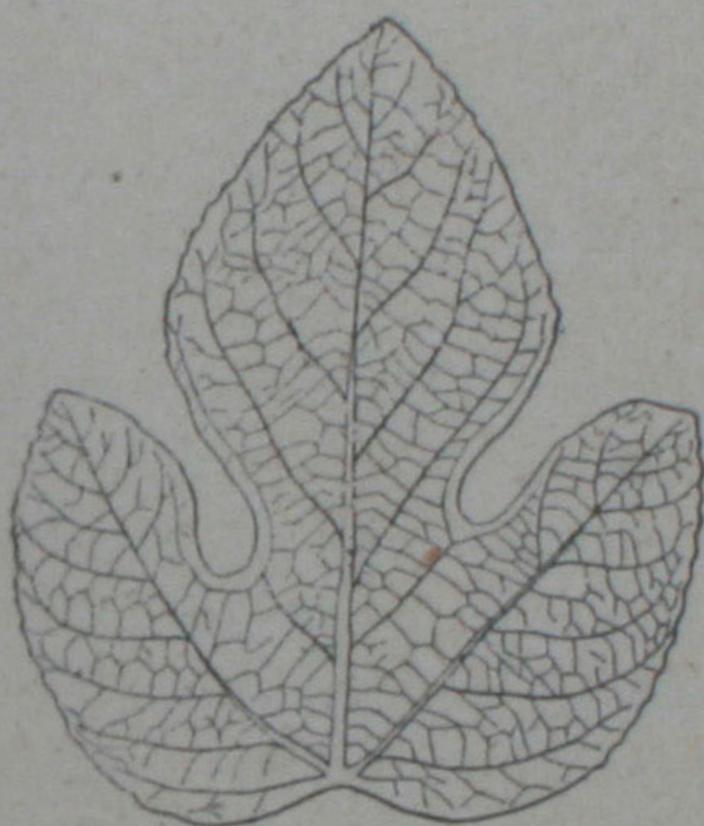


Fig. 96. — Feuille de figuier. 1/2 gr. Fig. 97. — Figue. Gr. nat.
Tufs de la Celle-sous-Moret (Seine-et-Marne).

POLYGONÉES.

Polygonum hydropiper Lin. ? : Zurich et Saint-Gall, graines.

Rumex indéterminable : Pont-à-Mousson, fragment de tige ; pourrait être le *Rumex hydrolapathum* Huds., encore très commun dans la région.

SOLANÉES.

Solanum dulcamara Lin. : Pont-à-Mousson. La douce-amère est très commune dans toute la France.

GENTIANÉES.

Menyanthes trifoliata Lin., trèfle d'eau : Forest-bed du Norfolk, graines ; Biarritz, graines également.

AQUIFOLIACÉES.

Ilex aquifolium Lin., houx : La Vis.

OLEACÉES.

Phillyrea media Lin. : La Vis.

Fraxinus excelsior Lin. : La Celle, La Sauvage, La Vis. Le frêne ordinaire existe encore au village de La Sauvage et dans la vallée de la Seine. Il descend jusque vers les limites de la Provence, mais n'est plus dans la région du figuier sauvage et encore moins dans celle du laurier.

Fraxinus ornus Lin., frêne à manne ou à fleur : Belgencier. N'existe plus spontané qu'en Corse et dans le midi de l'Italie.

Ligustrum vulgare Lin., troëne : La Sauvage, Resson ; existe encore dans ces deux régions, fort abondant.

ÉRICINÉES.

Espèce offrant de l'analogie avec l'*Arctostaphylos uva-ursi* Spreng., busserole : Pont-à-Mousson.

VACCINIÉES.

Vaccinium vitis-idaea Lin. ? myrtille ponctuée : Zurich et Saint-Gall, feuille. Appartenant à la flore Suisse.

SYNANTHÉRÉES.

Une synanthérée ou composée indéterminable : Jarville, La Perle.

STELLATÉES.

Galium palustre Lin., caille-lait des marais : Zurich et Saint-Gall, graines.

CAPRIFOLIACÉES.

Viburnum tinus Lin., laurier-tin : Les Aygalades. Vit encore spontané dans le Midi et remonte dans la vallée du Rhône jusqu'à Lafarge en face de Montélimar.

Sambucus ebulus Lin., sureau : La Celle.

CORNÉES.

Cornus sanguinea Lin., cornouiller : Resson ; La Vis. Très commun dans l'Aube et toute la France.

ARALIACÉES.

Hedera helix Lin., lierre : Pont-à-Mousson, Resson, La Celle, La Vis, Meyrargues, Saint-Antonin.

UMBELLIFÈRES.

Heracleum, probablement *sphondylium* Lin. : La Perle, fragment de tige. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'il y avait de grandes plantes de la famille des ombellifères. Il en est de même à Resson.

CERATOPHYLLÉES.

Ceratophyllum demersum Lin. : Forest-bed du Norfolk, fruits.

ONAGRARIÉES.

Trapa natans Lin.?, châtaigne d'eau : Zurich et Saint-Gall, débris de fruits. Le canton de Zurich a été un des derniers refuges de cette plante en Suisse.

POMACÉES.

Pyrus acerba D. C., *Malus acerba* Mérat, a aussi été appelé *Pyrus malus*, pommier sauvage : La Perle, Les Aygalades. Dans cette dernière localité, feuilles de toutes grandeurs, très bien conservées, se rapportant surtout au plus grand type actuel. Le pommier sauvage est encore fort répandu dans les bois des environs de la Perle.

Cratægus oxyacantha Lin., aubépine : Bezac, Les Aygalades.

Mespilus pyracantha, buisson-ardent : Canstadt. Cet arbuste habite actuellement le midi de l'Europe, et en France il ne remonte pas au delà du bas Dauphiné.

Sorbus domestica Lin., sorbier ou cormier : Les Aygalades. Arbre de nos forêts.

Sorbus torminalis Crantz : Bezac.

ROSACÉES.

Rubus, constatés comme genre à Jarville et à Pont-à-Mousson. Se rapportent à des framboisiers ou à des ronces. Certainement il devait y avoir des ronces, les ronces étant fort nombreuses dans les deux localités et très communes en France où elles abondent comme individus, variétés et espèces.

Rubus fruticosus Lin., dans la plus large acception du mot : Resson. Si nous entrons dans les subdivisions, les empreintes de feuilles se rapprochent surtout du *Rubus rhamnifolius* Weih., forme existant encore dans l'Aube, mais assez rare.

Rubus cæsius Lin., ronce : Saint-Antonin.

Rubus idæus Lin., framboisier : Zurich et Saint-Gall, graines. Vit encore dans le pays.

AMYGDALÉES.

Persica vulgaris Mill. ?, noyau de pêche avec point d'interrogation bien nécessaire : La Vis.

Prunus spinosa Lin., prunellier : Forest-bed du Norfolk, noyaux.

Cerasus mahaleb Mill., bois de Sainte-Lucie : La Celle. Encore très commun dans la localité.

Cerasus padus D.C. : Resson, une feuille certainement de cerisier, probablement du *Cerasus padus*, merisier à grappes, commun dans les plaines extrême nord de France et dans les montagnes, mais n'existant plus dans l'Aube. Pourtant pourrait se rapporter au *Cerasus avium* encore spontané dans la localité.

CÆSALPINIÉES.

Cercis siliquastrum Lin., gâinier ou arbre de Judée : La Perle, La Celle, Les Aygalades. Se trouve encore en Provence, mais n'existe plus à l'état spontané à la Celle et à la Perle. Sauvage, il ne remonte plus qu'aux rochers de Donzère, à la hauteur de Viviers (Ardèche). Pourtant il prospère dans nos bosquets, vallées de la Seine et de l'Aisne, y fleurit et y fructifie.

RHAMNÉES.

Rhamnus frangula Lin., bourdaine : La Sauvage, Pont-à-Mousson, Resson. Vit encore dans ces régions.

CÉLASTRINÉES.

Evonymus europæus Lin., fusain ordinaire : La Perle, La Celle, Pont-à-Mousson. Encore commun dans ces trois régions.

Evonymus latifolius Scop., fusain à larges feuilles : La Celle, associé à l'espèce précédente. Ce fusain n'existe plus dans le pays, il s'arrête au Jura.

TÉRÉBINTHACÉES.

Pistacia terebinthus Lin., pistachier ou térébinthe : Saint-Antonin. Se trouve encore dans tout le pourtour de la Méditerranée.

Rhus cotinus Lin., fustet : Meyrargues.

AMPÉLIDÉES.

Vitis vinifera Lin., vigne sauvage : Bezac ?, Meyrargues. Très rare, mais une feuille moyenne, à lobes peu profondément incisés, ne laisse aucun doute; se rapprochant de la *Vitis æstivalis* d'Amérique. Saint-Antonin. Signalé aussi par G. Planchon dans le tuf des environs de Montpellier. La vigne existe encore sauvage dans le midi de la France.

ACÉRINÉES.

Acer pseudoplatanus Lin., érable faux sycomore, ou tout bonnement sycomore : La Celle, La Sauvage, Zurich et Saint-Gall, feuilles. Le faux sycomore habite actuellement les localités citées, mais il ne s'associe plus au laurier ni même au figuier sauvage. Sa limite méridionale en France est dans les montagnes du Dauphiné. En Provence, il se montre même rebelle aux essais de culture comme plante d'ornement.

Acer platanoïdes Lin., plane : La Sauvage. Ne se trouve plus auprès du dépôt de tuf, mais existe dans la région; moins commun que le précédent. Resson, où le vivant est encore moins commun. Bezac, n'existe plus dans la contrée, rare en Auvergne.

Acer campestre Lin., érable champêtre : La Perle, Resson, Bezac. Moins montagnard que les deux autres espèces, il est très répandu dans les parties basses et les plaines de France.

Acer opulifolium Vill., érable à feuille d'obier : Resson, où il n'existe plus, s'étant retiré dans les montagnes du Jura, des Alpes, des Cévennes et des Pyrénées. Belgencier. Encore indigène en Provence dans la partie alpine.

Acer neapolitanum Ten., érable de Naples : Meyrargues. Race ou variété du sud de l'Italie, se rapprochant de l'*Acer opulifolium*.

TILIACÉES.

Tilia grandifolia Ehrh., tilleul à larges feuilles : La Perle, La Sauvage, Pont-à-Mousson, Resson, Bezac, Belgencier. Habite encore les régions qui viennent d'être citées, sauf les deux der-

nières. N'est plus spontané en Auvergne et en Provence ; pour trouver le tilleul spontané, il faut aller jusque dans les bois du massif montagneux de la Sainte-Baume et de Lure.

Tilia parvifolia Ehrh., tilleul à petites feuilles : La Perle, Pont-à-Mousson, Bezac. Linné, sous le nom de *Tilia platyphylla*, avait compris les deux formes précédentes qui vivent dans une véritable promiscuité et dans les mêmes conditions. Maintenant qu'on donne un nom à chaque forme, il est parfois bien difficile d'appliquer le véritable nom pour les échantillons fossiles.

CRUCIFÈRES.

Lepidiopsis tufacea Fliche : Pont-à-Mousson. Espèce nouvelle d'après une graine pourvue d'une aile marginale. Cette graine ou silicule a beaucoup d'analogie avec celles du *Lepidium sativum*, cresson alénois, mais ces dernières sont beaucoup plus petites. Comme grosseur, elle se rapproche de certaines espèces méridionales.

NYMPHÉACÉES.

Nymphaea alba Lin., nénuphar blanc : Forest-bed du Norfolk, graines.

Nuphar luteum Smith, nénuphar jaune : Forest-bed, graines.

Holopteura Victoria Heer : Zurich et Saint-Gall ; Biarritz, graines. Espèce éteinte. Ces graines, de la grosseur de celles du *Nymphaea alba*, se rapprochent de celles du *Victoria regia* par leur opercule et la solidité de leur coque.

BERBÉRIDÉES.

Berberis vulgaris Lin., épine-vinette : Pont-à-Mousson. Commune dans la localité.

RENONCULACÉES.

Clematis vitalba Lin., clématite vulgaire ou herbe aux gueux ; La Perle, Resson, La Celle, Meyrargues. Très commune actuellement dans ces localités.

En résumé, nous avons constaté dans le paléolithique la présence de :

I. Acotylédones	18 espèces.
II. Monocotylédones	15 —
III. Conifères	11 —
IV. Dicotylédones	89 —
Total.....	<u>133 espèces.</u>

Distribuées dans vingt-quatre localités différentes.

CHAPITRE III.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

§ 1. **Rapports avec le pliocène.** — Maintenant que nous avons étudié la flore du quaternaire ancien, il importe de tirer profit de cette étude et d'examiner les données qui en découlent. Mais avant, il n'est pas sans intérêt de chercher les rapports qui existent entre cette flore et celle qui l'a précédée, la flore du pliocène ou tertiaire supérieur.

La flore du quaternaire ancien se distingue surtout par sa grande analogie, on pourrait même dire sa similitude, avec la flore actuelle. Elle renferme des plantes émigrées, c'est-à-dire qui ont changé de région d'habitation, mais on n'y a pas signalé de formes éteintes du tertiaire. Des botanistes habitués à tenir compte des moindres détails ont voulu distinguer quelques formes ou espèces spéciales, mais c'est à grand'peine qu'ils ont pu trouver chez un petit nombre de plantes quelques caractères particuliers.

Il en est tout autrement de la flore du tertiaire tout à fait supérieur, celle de la fin du pliocène, flore contemporaine de l'éléphant méridional. Elle a surtout été étudiée à Durfort, dans le Gard. Cazalis de Fondouce et Ollier de Marichard ont extrait des dépôts supérieurs du pliocène de cette localité des végétaux, déterminés par G. de Saporta, qui y a reconnu deux espèces certainement miocènes : *Planera Ungerii* Ett. et *Parrotia*

pristina Ett. Ce sont des épaves de l'antique végétation qui ont persisté plus que les autres espèces, mais qui ne devaient pas tarder à s'éteindre. Les chênes étaient nombreux. Ils se rapportent surtout au *Quercus Farnetto* Ten., de l'Italie méridionale, et au *Quercus lusitanica* Webb. de Portugal. Mais nos chênes rouvres, *Quercus sessiliflora*, *pedunculata* et *pubescens*, que nous avons retrouvés dans le quaternaire, n'existaient pas encore dans la région. Cela suffit pour montrer qu'entre le quaternaire ancien et le tertiaire le plus récent il y a une différence très sensible.

Durfort représente une station chaude et peu élevée. Le Cantal nous offre des stations plus froides et bien plus élevées. J.-B. Rames a découvert, sur le mont Cantal, des cinérites ou petits lits superposés de cendres volcaniques, contenant des empreintes végétales. Elles se rapportent à la flore moyenne ou inférieure du pliocène. Ce gisement est donc un peu plus ancien que le précédent. Si nous le citons, c'est parce que l'effet de l'altitude y compense déjà en partie l'action de l'âge.

Les cinérites du Cantal donnent une plus forte proportion de plantes se rapportant au miocène, associées à une grande quantité d'espèces spéciales éteintes, formant l'ensemble du groupe, et à quelques formes ou espèces encore existantes. Parmi ces dernières une partie a émigré vers l'est et une autre vers le sud-ouest. Mais, grâce à l'intervention de l'altitude, on voit déjà paraître un certain nombre de nos espèces actuelles. Parmi ces dernières, on peut citer le tremble, *Populus tremula* de Linné; le hêtre, *Fagus sylvatica*; l'érable à feuille d'obier, *Acer opulifolium*, et un chêne du groupe des *Quercus robur* de Linné. Pour ces espèces, de Saporta se contente d'ajouter au nom actuel la simple épithète de *pliocenica* ou *pliocenicum*. C'est une détermination d'âge plutôt qu'une indication de variété.

En résumé, la flore pliocène contient, au milieu d'un grand nombre de formes ou espèces qui lui sont propres, encore quelques espèces miocènes qui se sont attardées, et renferme déjà quelques plantes actuelles. De ces dernières, une partie

s'est maintenue dans nos régions, les autres se sont plus ou moins retirées vers l'est, le sud ou l'ouest.

La flore paléolithique, tout à fait analogue à la flore actuelle, ne s'en distingue que par quelques différences d'habitation. Elle se distingue, au contraire, nettement de la flore pliocène, non seulement par l'absence complète de formes miocènes, mais encore par la disparition de presque tous les types tertiaires et par suite la rareté des espèces ou formes éteintes.

§ 2. **Flore chaude : France nord.** — Les gisements de plantes du quaternaire ancien nous montrent : les uns, une végétation qui a besoin d'une température plus élevée ou tout au moins d'un climat plus doux que celui qu'il fait à présent dans le milieu où elle se trouve; les autres, une végétation qui dénote au contraire une température plus froide que l'actuelle.

Parmi les stations du nord de la France, deux se rattachent à la période chaude : la Celle-sous-Moret, dans Seine-et-Marne, et la Perle, un peu plus au nord, dans l'Aisne.

A la Celle, sur dix-sept espèces déterminées, il y en a cinq qui ne croissent plus spontanément dans la vallée de la Seine. Ce sont :

1° Le buis ordinaire, qui, bien qu'existant encore sur le versant de la Manche, ne dépasse pas les limites de l'ancienne Bourgogne.

2° Le fusain à larges feuilles, qui ne dépasse pas la vallée de la Saône et s'arrête au Jura.

3° Le gâinier ou arbre du Judée, qui s'est retiré encore bien plus au sud, ne dépassant plus, comme plante spontanée, les rochers de Donzère, qui ferment la vallée du Rhône un peu au-dessous de Montélimar.

4° Le figuier sauvage, plus méridional, propre à la Provence, n'atteignant même pas la limite nord de la zone des oliviers.

5° Le laurier des Canaries, espèce en voie d'extinction, qui n'habite plus la France. Elle s'est retirée dans les Canaries et dans l'Aurès.

Bien que n'étant plus spontanées dans la vallée de la Seine,

les trois premières espèces y vivent, plantées et cultivées, nos bosquets, mais ne s'y propagent pas. Le climat actuel ne tue pas, mais il ne leur permet pas de faire souche.

Quant au figuier, il est cultivé dans la vallée de la Seine comme arbre fruitier, mais dans des expositions choisies, éminemment favorables. Il faut encore, cependant, le préserver du froid, soit en l'enveloppant, soit en le couchant et l'enterrant pendant l'hiver.

Conserver le laurier des Canaries est encore plus difficile.

Le climat de la Celle devait donc être plus chaud et surtout plus doux à l'époque où se déposait le tuf. C'est avec intention que nous disons plus doux, car, s'il ne faisait pas des froids capables de faire périr les plantes que nous venons de citer, il ne faisait pas non plus de grandes chaleurs, comme le prouve la présence de certaines espèces qui exigent un climat tempéré. Tels sont :

Le saule cendré, qui, bien que descendant jusque vers la région méditerranéenne, ne s'y montre que dans le fond des vallées les plus fraîches et les plus humides.

Le frêne commun, rare en Provence, région qu'il a presque abandonnée.

Le faux sycomore, dont les limites méridionales actuelles se retrouvent dans les montagnes du Dauphiné. Non seulement il ne se montre plus spontané en Provence, mais sa culture comme plante d'agrément y présente des difficultés.

Il est, par conséquent, certain que le climat de la vallée de la Seine, au moment de la formation des tufs de la Celle, était moins chaud et moins sec que le climat actuel de la Provence. D'autre part, nous venons de voir qu'il était beaucoup plus chaud que le climat actuel de Paris. Nous pouvons même aller plus loin. Le laurier des Canaries ne peut supporter un froid de 8 degrés. La température de la Celle ne descendait donc pas à 8 degrés au-dessous de zéro.

Ces données climatériques sont d'ailleurs confirmées par des coquilles terrestres.

Quel est, au juste, l'âge du tuf de la Celle? La faune comme la flore sont éminemment chelléennes. Sa position, son mode de gisement nous le font également placer dans le quaternaire inférieur. Ce tuf, reposant sur les alluvions du fond de la vallée, a dû se déposer pendant la période de remplissage, au début du quaternaire. Ce qui le démontre, c'est qu'à la base du gisement, les deux premiers dépôts tuffeux ont été, chacun, recouverts d'une couche de marnes d'alluvion. Puis, à mesure que les tufs s'accroissaient, les alluvions sableuses et caillou-

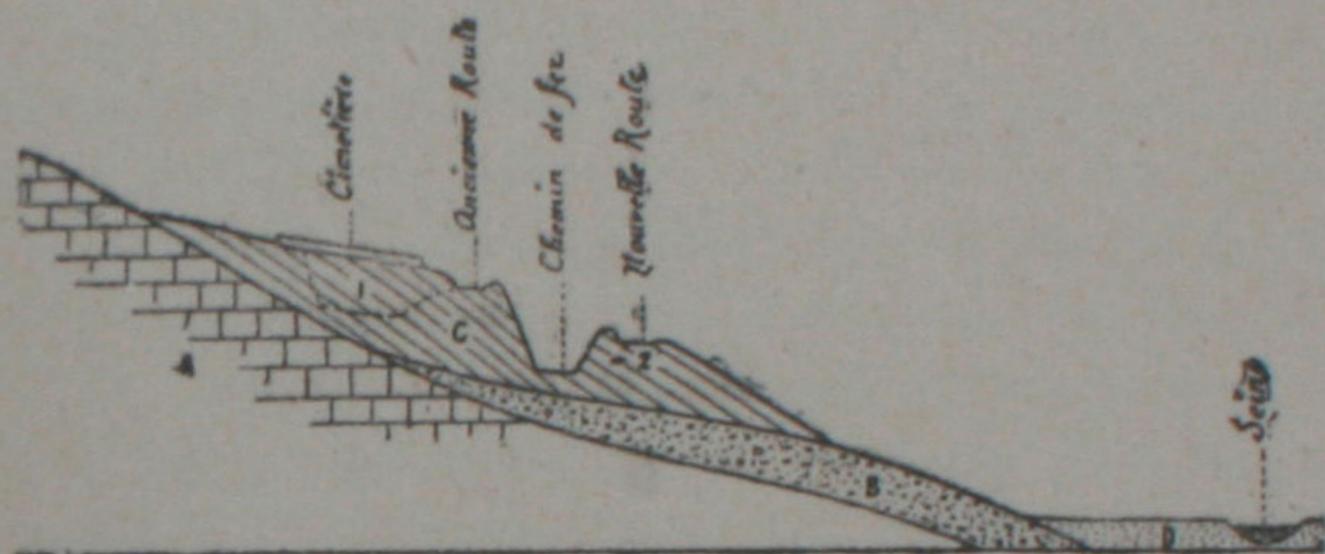


Fig. 98. — Coupe du gisement de la Celle-sous-Moret (Seine-et-Marne).

A. Calcaire lacustre tertiaire. — B. Alluvions quaternaires anciennes. — C. Tufs. — D. Alluvions récentes. — 1. Carrière qui a donné les empreintes végétales. — 2. Point où ont été trouvés les coups de poing acheuléens. (Par suite de l'inclinaison des couches tuffeuses, ces instruments gisaient à un niveau inférieur à celui des plantes examinées par G. de Saporta, bien qu'ils soient moins anciens que ces dernières.)

teuses les enveloppaient, faisant remonter l'orifice de la source incrustante.

Lorsque les eaux ont recreusé la vallée, à l'époque moustérienne, ce massif de tuf a été peu à peu dégagé et s'est enfin retrouvé entièrement découvert. Il n'a pas été complètement entraîné et détruit à cause de sa résistance et de sa dureté, qui le font justement exploiter actuellement comme matériaux de construction. Il était aussi protégé par sa situation. Placé au fond d'une anse et abrité par un promontoire que formaient en amont les berges calcaires de la rive droite de la Seine, il ne recevait pas le choc direct du courant. Pourtant, il en a subi

action, car en amont le gisement est plus arrondi, beaucoup moins étalé, et il n'y reste que les parties les plus dures de la roche, qui sont toutes moutonnées. G. de Mortillet a trouvé au-dessus du tuf un instrument moustérien et plus tard, vers 1894, on a recueilli dans le tuf même, au sommet de la formation, dans une couche bien supérieure à celles qui ont livré les empreintes végétales, un certain nombre de coups de poing en silex de formes acheuléennes. Tout prouve donc que c'est bien à l'époque chelléenne qu'appartient la flore de la Celle.

Le gisement de la Perle est analogue à celui de la Celle. Mais, comme il est situé plus au nord et moins bien exposé, les plantes émigrées vers le sud y sont moins nombreuses. On y trouve pourtant le gainier et le figuier sauvage. Le laurier n'y a pas encore été constaté, mais Fliche a cru reconnaître un autre genre de laurinéés méridionales, le genre *Sassafras*.

La présence simultanée de ces plantes, qui ne peuvent pas supporter un grand froid, et du saule cendré ainsi que du pommier sauvage, qui craignent la grande chaleur, sanctionne les conclusions tirées du précédent gisement. Le climat devait être humide, très doux et très uniforme.

§ 3. **Flore chaude : France sud.** — L'équivalent de la flore des climats chauds et humides du nord de la France se retrouve dans le Midi. Trois des gisements signalés par G. de Saporta s'y rapportent : les Aygalades et Meyrargues (Bouches-du-Rhône), les Arcs (Var).

Le laurier-tin, le gainier, le figuier sauvage et le micocoulier, tous les quatre recueillis dans le tuf des Aygalades, et dont deux, le figuier et le micocoulier, ont été trouvés aussi à Meyrargues, montrent qu'au moment du dépôt de ces tufs le climat de la région était à peu près celui de nos jours.

Cependant, il devait y avoir quelques différences sous le double rapport de l'intensité du froid et du chaud. Ainsi, les trois gisements contiennent le pin de Montpellier, qui n'existe plus en Provence. Il a émigré vers l'ouest, vers les Cévennes.

Le laurier noble a été rencontré aux Aygalades et aux Arcs,

où on ne le trouve plus spontané. Pour le retrouver, il faut aller au bord de la Méditerranée, sous le climat plus chaud, plus régulier de la zone ou région des orangers.

Le laurier des Canaries, réfugié dans les îles de ce nom, au climat si uniforme et si doux, vivait aux Aygalades et à Meyrargues.

Enfin, Meyrargues a donné l'érable de Naples, du sud de l'Italie.

En somme, la flore des tufs des Aygalades, de Meyrargues et des Arcs est très sensiblement plus méridionale que celle de la Provence actuelle. Cela correspond bien à ce que nous avons constaté pour le nord de la France. Dans le Midi, comme dans le Nord, à côté d'espèces réclamant une température plus chaude, s'en trouvent d'autres demandant une température moyenne assez fraîche. Avec les plantes que nous venons de citer, nos tufs de Provence renferment aussi le pommier sauvage et le saule cendré, qui ont abandonné les parties basses et chaudes du pays pour se retirer dans les vallons frais et humides des parties montagneuses.

Les cinq faunes que nous venons d'examiner ont la plus grande analogie.

Il n'est pas possible de les séparer. Elles appartiennent évidemment à une seule et même époque, caractérisée par un climat très doux, très uniforme, sans froids vifs, dont les chaleurs, tempérées par l'humidité, n'acquerraient pas une grande intensité.

Cette époque est le chelléen. Les dents d'éléphant antique recueillies dans le gisement des Aygalades ne laissent aucun doute.

§ 4. **Flore froide : France nord.** — A côté du groupe de stations végétales à climat uniforme et chaud, le quaternaire ancien de France nous fournit un autre groupe, indiquant un climat également uniforme mais froid. Dans le nord de la France, deux stations surtout caractérisent ce groupe : les tufs de Resson (Aube) et les lignites de Jarville (Meurthe).

La flore de Resson se rapporte comme ensemble à la flore actuelle du pays. Elle a pourtant un aspect très sensiblement plus nordique. Nous allons l'établir d'après les déterminations du professeur Fliche. Parmi les trente-six espèces qu'il indique, cinq habitent actuellement les régions plus froides des montagnes et une remonte même jusque vers les régions polaires.

Les cinq espèces des montagnes sont : un aune (*Alnus incana* ?), le saule à grandes feuilles ?, le merisier à grappes, le plane et l'érable à feuille d'obier.

L'autre est le *Betula papyrifera* Michaux. Qu'on le considère comme une espèce ou une simple variété du bouleau blanc, c'est une forme spéciale qui habite l'extrême nord de l'Asie et de l'Amérique.

A ces six plantes recherchant un climat froid, on ne peut opposer que deux espèces ayant quitté le pays faute de chaleur : le buis et le noyer. Ce dernier, du reste, ne craint que les grands froids, et s'il a disparu depuis, c'est que vers la fin du quaternaire ancien le climat uniforme a été remplacé par un climat à températures extrêmes. Quant au buis, si nous le retrouvons à Resson, c'est sans doute parce qu'il était là dans des conditions exceptionnellement favorables. Le tuf regarde en effet le sud-est, la meilleure des expositions.

La végétation de Resson indique qu'il devait régner, pendant le dépôt du tuf, un climat très égal, plus frais que le climat actuel pendant l'été, mais aussi moins froid pendant l'hiver, conditions qui pouvaient encore très bien convenir au buis comme au noyer sauvage.

Fliche aurait une tendance à rapprocher la flore de Resson de celles de la Celle et de la Perle. Il suffit de comparer les inventaires de chacune d'elles pour voir qu'elles appartiennent à deux groupes différents.

A Resson, nous avons des espèces émigrées vers les montagnes ou vers le nord, mais pas une espèce émigrée très au sud.

Tandis qu'à la Celle, qui est à peu près au même degré de latitude, et à la Perle, station un peu plus septentrionale,

toutes les espèces émigrées se sont retirées vers le sud, et même tout à fait au sud.

Les deux flores de la Perle et de la Celle sont donc parfaitement distinctes de celle de Resson. Elles ont d'importants points de contact avec la flore méridionale. Celle de Resson, au contraire, a des tendances à se rapprocher de la flore septentrionale. Les premières dénotent un climat sensiblement plus chaud que l'actuel, la dernière un climat sensiblement plus froid.

Quant à l'âge de la station, il est clairement établi par la stratigraphie, la paléontologie et la palethnologie.

Le tuf de Resson s'est déposé au-dessus des alluvions du fond de la vallée. Il n'a pas été battu, moutonné, entamé par les grands courants quaternaires comme celui de la Celle. Il est donc plus récent.

La faune mammalogique fournit des données encore plus précises.

Parmi les ossements de mammifères recueillis dans le tuf de Resson, il y a des molaires d'éléphant qui se rapportent au mammoth, espèce surtout caractéristique du quaternaire ancien moyen, et des dents de *Rhinoceros tichorhinus*, qui ne se trouve qu'à ce niveau géologique.

Cette date est, de plus, attestée par la présence de quelques instruments en silex de types moustériens, profondément cacholonnés par suite de leur contact avec les eaux tuffeuses. C'est donc bien à l'époque du Moustier qu'appartiennent les tufs de Resson.

Le lignite de Jarville donne aussi une flore de climat froid. Les genévriers, les pins, les épicéas et les mélèzes rapprochent cette flore de celle des hautes montagnes. Mais il y a mieux : l'*Abies medioxima* de Nylander est une forme du nord et le *Pinus obovata* d'Antoine est encore plus nordique.

La flore de Jarville présente donc une certaine analogie, non seulement avec celle des sommets alpins, mais aussi avec celle des plaines septentrionales de la Suède et de la Sibérie. Les

données que fournissent les insectes récoltés et déterminés par Fliche conduisent aux mêmes résultats.

Intercalé dans des marnes surmontées des alluvions à mammoth avec lesquelles elles sont intimement liées, le lignite doit faire partie du quaternaire moyen. Comme sa flore et sa faune entomologique indiquent un climat plus froid que celui de Resson, assez semblable à celui de la fin du quaternaire ancien, le gisement de Jarville pourrait bien toucher de près au quaternaire supérieur, si même il ne lui appartient pas. Il serait, en tout cas, un peu plus récent que le gisement de Resson.

§ 5. **Flore froide : France sud, Italie et Algérie.** — Au sud comme au nord, nous voyons à côté d'une végétation de climat chaud des végétations de climats plus froids. La Provence nous offre des exemples de ces dernières à Belgencier, dans le Var, et à Saint-Antonin, dans les Bouches-du-Rhône.

Si la flore de Belgencier contient le noisetier de Byzance, espèce plus orientale, et le frêne à fleur, espèce plus méridionale, elle renferme aussi : le tilleul à grandes feuilles et l'érable à feuille d'obier, habitants des montagnes, ainsi que la variété à larges feuilles de l'orme de montagne qui s'étend jusqu'en Suède.

Elle a donc une physionomie toute différente de celles des Aygalades, de Meyrargues et des Arcs, qui se trouvent pourtant dans la même région.

Elle a perdu les plantes caractéristiques des climats chauds et les plantes émigrées vers les montagnes ou le nord y sont plus nombreuses et plus importantes.

La position un peu plus montagnarde du tuf de Belgencier ne suffit pas pour expliquer la disparition de tous les genres caractéristiques des climats chauds et la présence d'espèces ou variétés propres aux climats froids. Nous avons devant nous une flore quaternaire plus froide que celles précédemment étudiées et que la flore actuelle de la localité.

La flore de Saint-Antonin, avec des chênes du groupe des rouvres, les *Quercus sessiliflora* et *pubescens*, avec son chêne vert, son pistachier et sa vigne, se rapproche beaucoup de la

flore actuelle de la localité, mais diffère de la flore quaternaire voisine de Meyrargues. Un coup d'œil sur la liste des deux flores permet de se rendre compte qu'à Saint-Antonin comme à Belgencier les plantes les plus méridionales manquent.

Des silex taillés magdaléniens découverts par Marion au milieu des empreintes datent le dépôt de Saint-Antonin. Il appartient au quaternaire ancien tout à fait supérieur.

En suivant la côte méditerranéenne et en pénétrant en Ligurie, on rencontre les marnes de Torriglia, dont les empreintes végétales se rapportent à une flore froide.

Le refroidissement qui a eu lieu pendant le quaternaire ancien ne s'est pas manifesté seulement en France et dans le nord de l'Italie ; il s'est fait sentir jusqu'en Algérie. Bleicher a signalé, à Tlemcen, un dépôt de tuf quaternaire, dont la flore, étudiée par de Saporta, nous montre le laurier noble associé à l'aune glutineux, devenu rare en Algérie, et au saule cendré, qui n'y existe plus. Cette dernière espèce ne descend même pas, aujourd'hui, dans la Provence méditerranéenne.

§ 6. **Flores du Wurtemberg.** — On observe dans le Wurtemberg, tout comme en France, la succession de deux climats assez différents. Les tufs quaternaires de Canstadt contiennent le buis, dont l'habitat actuel est assez éloigné au sud, et le buisson-ardent, arbuste encore plus méridional. Leur flore, plus chaude que la flore moderne des environs de Stuttgart, est analogue à celle de la Celle, dont elle renferme l'ensemble des espèces, moins les plus méridionales : le laurier, le figuier et le gâinier.

Comme la flore, la faune conchyliologique indique une température plus chaude que l'actuelle. Par contre, les tufs de Canstadt ont donné, en fait de mammifères, le mammoth, éléphant plutôt de climat froid. Ces tufs doivent, par conséquent, être rangés dans le quaternaire moyen, très probablement au début de cette fort longue période. C'est sans doute à l'époque de transition entre la faune chaude et la faune froide, l'acheuléen, qu'ils se sont formés.

Un autre gisement quaternaire du Wurtemberg, Schussenried, offre un exemple de flore froide. Il y a là, dans un sol tourbeux, des quantités considérables de mousses appartenant à des espèces qui ne vivent plus que dans les montagnes ou tout à fait au nord, comme l'*Hypnum fluitans*, var. *tenuissimum*, et l'*Hypnum aduncum*, var. *groenlandicum*, ainsi qu'à une espèce uniquement circumpolaire, l'*Hypnum sarmentosum*.

Au milieu de ces mousses se trouve une station humaine avec silex taillés de formes magdaléniennes, associés à de nombreux débris de renne. Le gisement est donc bien de la fin du quaternaire ancien. Il nous prouve d'une manière incontestable que la température était alors fort peu élevée.

§ 7. **Flores diverses.**— Il est deux gisements qui paraissent en désaccord avec les treize dont il vient d'être question. Ce sont le forest-bed du Norfolk et le lignite des cantons suisses de Zurich et de Saint-Gall. Le désaccord, plus apparent que réel, est facile à expliquer.

Les quinze espèces de plantes signalées dans le forest-bed vivent encore toutes de nos jours ; mais trois, le sapin ordinaire, le sapin argenté et le pin des montagnes, n'existent plus en Angleterre. Cette flore dénote un climat relativement froid et semble jurer avec la faune qui lui est associée, faune de climat chaud ou tout au moins de climat très tempéré. C'est, en effet, dans la douceur permanente de la température qu'est le nœud de la question. La plupart des végétaux du forest-bed peuvent supporter des températures très froides et craignent les températures chaudes. La plupart des animaux de la même assise peuvent supporter des températures très chaudes et craignent les températures froides. Puisque plantes et animaux vivaient ensemble, il n'y avait donc ni grandes chaleurs ni grands froids. Il régnait alors dans le Norfolk un climat très doux et très uniforme, sans grandes variations entre l'hiver et l'été.

Ce climat était pourtant relativement plus froid que celui de la France et du sud de l'Europe, par suite de la pénétration dans l'intérieur des terres de la grande mer du Nord qui amenait le

froid. Ce froid est venu progressivement ; pour s'en convaincre, il suffit d'étudier la faune malacologique des mers pliocènes de la région. Ces mers ont laissé des dépôts désignés sous le nom de *crag*, dépôts analogues aux faluns, mais plus récents. Le *crag* se subdivise en trois assises qui se superposent ainsi :

1. *Crag* de Norwich, le plus récent.
2. *Crag* rouge, moyen.
3. *Crag* corallien, le plus ancien.

Les deux derniers appartiennent à l'époque astienne, le premier se rapporte à l'époque saintprestienne.

Le *crag* corallien a donné 327 espèces de coquilles, sur lesquelles 159 sont éteintes et 168 encore vivantes, soit 51 pour 100.

Le *crag* rouge, 225 espèces, dont 130 vivantes, soit 57 sur 100.

Le *crag* de Norwich, 81 espèces, dont 69 vivantes, ce qui fait 85 pour 100.

La plupart des espèces vivantes habitent encore les mers britanniques. Parmi les espèces du *crag* corallien, 2 seulement se rapportent à la faune du nord, et il y en a 27 de la faune du sud, soit 26 de la Méditerranée et 1 des Indes Occidentales. Parmi les espèces vivantes du *crag* rouge, il y en a déjà 8 des mers du nord et plus que 16 méridionales. Enfin, dans le *crag* de Norwich, il n'y a plus une seule espèce méridionale, et les espèces septentrionales atteignent le nombre de 12.

Ce résultat de statistique pure est confirmé par deux considérations accessoires :

1° Les mers chaudes ont une population malacologique bien plus considérable et bien plus variée que les mers froides. Or, nous voyons le *crag* corallien présenter un tiers de plus d'espèces que le *crag* rouge ; et celui-ci en a fourni à peu près les deux tiers de plus que le *crag* de Norwich.

2° Dans le *crag* corallien, ce sont les espèces méridionales qui sont les plus abondantes en individus, par conséquent les plus prospères, celles qui donnent à la faune sa physionomie. Dans

le crag de Norwich, au contraire, ce sont les espèces septentrionales.

Les laminated-beds qui recouvrent le forest-bed sont une formation mixte d'eau douce et marine. On y a trouvé des ossements de Morse, *Trichechus rosmarinus*, et d'un Narval, *Monodon monoceros*, mammifères marins qui habitent les mers du nord.

Enfin le tout est recouvert par le boulder-clay et le till, laissés par la mer glaciale ou glaciaire.

Il résulte de ces observations géologiques et paléontologiques que la mer qui baignait l'est de l'Angleterre pendant le pliocène et le quaternaire, s'est refroidie progressivement et a eu une grande influence sur le climat du pays pendant ces longues époques géologiques.

Mais l'abaissement de température qui a marqué le milieu et la fin de la période paléolithique n'est pas venu seulement du nord. Il est descendu aussi des montagnes. C'est ce que démontrent les lignites du nord-ouest de la Suisse.

Dans ces lignites, comme dans le forest-bed, on a rencontré des ossements d'éléphant antique et de rhinocéros de Merck. La faune est donc incontestablement chelléenne. On est là en plein quaternaire inférieur. Ces animaux sont cependant associés à une flore plutôt froide. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la liste des plantes pour reconnaître qu'on est en présence d'une flore montagnarde, à peu près analogue à celle qui existe actuellement dans le canton de Zurich. Toutefois, dans son ensemble, la flore des lignites de Zurich et de Saint-Gall ne peut être considérée que comme une flore de région montagneuse, mais non comme une flore alpine.

Si le Norfolk a subi la première influence du refroidissement dû aux glaces du nord, le canton de Zurich a éprouvé une action analogue de la part des glaces alpines. Le froid, qui commençait à s'accumuler sur les sommets neigeux, s'est fait sentir dans les vallées et les plaines attenantes avant d'envahir le centre et l'ouest de l'Europe.

Il nous reste à examiner quelques-unes des stations dont nous

avons donné l'énumération. Nous allons rapidement les passer en revue :

Les lignites de Biarritz ont été insuffisamment étudiés.

Il en est à peu près de même de ceux des environs de Chambéry. Au point de vue stratigraphique, leur position est très nette. Ils gisent immédiatement au-dessous des dépôts de la grande extension glaciaire; ils ont donc pu se déposer pendant la période de développement des glaciers. Leur flore présente des analogies avec celle de Resson.

Les tufs de la Vis se rapportent en grande partie à la période chaude du quaternaire inférieur, ainsi que le prouve la présence du figuier et du laurier noble.

Les assises marneuses de Bezac, au contraire, appartiennent à la période froide. Il n'y a point de plantes chaudes, sauf la vigne, qui est douteuse.

La flore du tuf de Pont-à-Mousson est tout à fait analogue à celle de nos jours. Si le gisement est vraiment quaternaire, il doit être très voisin des temps actuels.

Plus encore que celui de Pont-à-Mousson, le tuf de la Sauvage peut laisser quelques doutes sur son attribution au quaternaire ancien. Les conditions physiques, topographiques et botaniques ne paraissent pas avoir changé depuis son dépôt.

Enfin, les stations de Soulac, Montalivet et Truc-Bland sont d'une détermination aussi un peu douteuse. Elles présentent en général deux niveaux tourbeux, parfois séparés par une assise avec silex taillés néolithiques et débris de poterie grossière. Le niveau inférieur, qui est plus bas que les hautes eaux de la mer, pourrait donc seul être quaternaire.

§ 8. **Résumé et conclusions.** — La flore du quaternaire ancien ou flore paléolithique se compose essentiellement et presque exclusivement des types végétaux actuels, avec d'assez nombreuses différences dans leur distribution géographique et dans leur association.

Les modifications de distribution consistent principalement en un mouvement assez général vers le sud, parfois vers l'est,

des plantes qui exigent une certaine chaleur. Ce mouvement denote un changement de climat dans le sens de l'abaissement de la température. C'est la continuation régulière d'une évolution climatologique datant des temps tertiaires. La flore du saint-prestien, tout à fait de la fin du pliocène, indique un climat un peu supérieur au climat le plus chaud des temps quaternaires. Mais, entre les deux, il n'y a pas de passage brusque: on reconnaît, au contraire, une action progressive et continue.

Les modifications d'association, rapprochant des espèces qui maintenant sont séparées, les unes exigeant une température plus chaude, les autres préférant une température plus fraîche, prouvent que pendant le quaternaire ancien le climat était plus doux et plus uniforme. Il n'y avait pas les différences de froid et de chaud qui existent de nos jours. La température moyenne pouvait être à peu près la même, mais sans grand écart entre les extrêmes. Ce résultat était produit par une forte humidité. Le rôle considérable qu'a joué l'eau, au moins pendant le quaternaire inférieur et le quaternaire moyen, est attesté par les phénomènes géologiques de cette période: comblement et déblaiement des vallées, formation d'alluvions puissantes à gros éléments, extension considérable des glaciers.

L'étude des végétaux paléolithiques nous montre tout d'abord un climat chaud, comme on peut le reconnaître à la Perle, à la Celle, aux Aygalades, à Meyrargues et aux Arcs. C'est le commencement du quaternaire, se ressentant encore de l'influence tertiaire. Nous sommes à l'époque chelléenne, caractérisée par l'éléphant antique et par une faune conchyliologique terrestre contenant des espèces émigrées vers le sud.

A Canstadt, la flore chaude et les coquilles méridionales accompagnent le mammoth. C'est le début du quaternaire moyen ou époque acheuléenne.

Le quaternaire moyen, dont la durée a été fort longue, comprend aussi l'époque moustérienne, caractérisée par un climat plus froid, bien que toujours excessivement humide. Les tufs continuent à se former. Ceux de Resson fournissent un véritable

herbier de cette époque, daté non seulement par la présence du mammoth associé au *Rhinoceros tichorhinus*, mais également par des instruments en silex des formes les plus caractéristiques du moustérien. La plupart des flores froides que nous avons examinées sont de cette période.

A la fin du quaternaire ancien, à l'époque de la Madeleine, le climat est devenu plus sec, plus rigoureux, plus inégal, ainsi que nous a permis de le constater le gisement de Schussenried, qui n'a donné qu'une végétation tout à fait septentrionale, au sein de laquelle on a recueilli des ossements de renne et des instruments magdaléniens.

Mais les changements de température ne s'opèrent que lentement et progressivement. Nous avons pu l'observer en Angleterre et en Suisse. Sur les côtes du Norfolk, la population conchyliologique marine nous a montré la température baissant peu à peu à la fin du tertiaire. La végétation en a naturellement éprouvé le contre-coup, et, dès le chelléen, elle a pris une physionomie de climat froid.

Le voisinage des montagnes, de même que celui des mers, a une grande influence sur la composition de la flore. Cette action date de loin, puisque de Saporta l'a déjà constatée dans les flores pliocènes des cinérites du Cantal. Il est donc tout naturel que les Alpes de la Suisse aient fait perdre en partie son caractère méridional à la végétation du quaternaire inférieur des cantons de Zurich et de Saint-Gall.

Malgré cela, nous pouvons conclure d'une manière générale que, d'après les données botaniques, le quaternaire ancien se subdivise en trois grandes époques :

- 1° Le quaternaire inférieur ou chelléen, avec flore chaude.
- 2° Le quaternaire moyen ou moustérien, avec flore froide.
- 3° Le quaternaire supérieur, comprenant le solutréen et le magdalénien, avec flore encore plus froide, n'exigeant pas un climat aussi égal que les précédentes.

V. GEOLOGIE.

CHAPITRE I.

MOUVEMENTS DU SOL.

§ 1. **Soulèvements et affaissements.** — Pendant le quaternaire ancien, il n'y a pas eu seulement d'importants changements de température, il s'est aussi opéré de grands mouvements du sol.

La faune quaternaire des Iles-Britanniques, identique à celle de la France, nous montre que ces îles étaient rattachées au continent.

Un grand cordon de blocs erratiques en roches du nord de la Scandinavie et de la Finlande, qui traverse toute l'Europe, prouve qu'une mer glaciale, si ce n'est un vaste glacier, couvrait près de la moitié de la Russie, la Prusse entière, le Hanovre, la majeure partie de la Hollande et une portion de l'Angleterre.

Les bassins de la Seine et de la Somme ont subi, comme en général tout le sol de la France, un mouvement d'affaissement pendant la première partie du quaternaire ancien et d'exhaussement pendant la seconde partie.

Le mouvement d'affaissement a coïncidé avec une température douce et extrêmement humide.

Aussi des masses énormes d'alluvions ont rempli tout le fond des vallées qui avaient été creusées pendant l'époque tertiaire. Ces amas se sont élevés jusqu'à 20 et 30 mètres au-dessus du niveau actuel du fond de ces vallées.

Quand le mouvement d'exhaussement a commencé, les grands cours d'eau ont tout naturellement produit une action

complètement inverse. Au lieu de continuer à déposer des alluvions dans le fond des vallées, ils se sont mis à entamer les dépôts formés précédemment, à les enlever et les entraîner successivement, et à recreuser les anciens lits, laissant sur les hauteurs et contre les parois des témoins plus ou moins importants, plus ou moins considérables de leur premier travail. Cette action, dans son ensemble, s'est produite d'une manière uniforme. Pourtant, il y a eu à certains moments ralentissement et calme relatif; c'est ce qui a donné lieu à la formation des terrasses que l'on observe à divers niveaux le long des vallées, et qui consistent généralement en trois systèmes bien distincts.

A ces diverses actions géologiques correspondent des modifications de climat, des variations de flore et de faune ainsi que des changements dans l'industrie.

§ 2. **Grande mer ou grand glacier du Nord.** — Une grande mer couvrait presque tout le nord de l'Europe au commencement des temps quaternaires. Des glaces flottantes partant des régions polaires parcouraient cette mer et venaient échouer sur ses côtes méridionales, apportant avec elles des blocs de roches caractéristiques des montagnes du nord de la Finlande, de la Suède et de la Norvège, montagnes qui, paraît-il, formaient une grande île au milieu de cette mer. Gravier, boues et blocs amenés par les glaces ont à la longue formé un vaste bourrelet sur toutes les rives de la mer, ce qui nous permet de tracer très exactement le pourtour de son bassin. Partant de la côte orientale du golfe Tcheskaïa, il se dirigeait au sud-est jusque vers le pied de l'Oural; puis, revenant vers le sud-ouest, il descendait, en passant par Nijni-Novgorod, jusque bien au delà du centre de la Russie, à Veronèje, sur le Don. Après un immense coude qui le ramenait à moitié chemin de Moscou, il se rejetait encore plus au sud jusqu'à 51 degrés et quart de latitude. Filant ensuite vers l'ouest, il atteignait le 50° degré, passait un peu au nord de Cracovie, sur les frontières septentrionales de la Bohême, à Dresde, au sud de Weimar. Puis, se relevant vers le nord, il contournait le massif montagneux de Gættingue, venait

traverser la vallée du Rhin un peu au sud de Wesel, pour s'étendre très peu sur la rive gauche; enfin, remontant le fleuve, il se dirigeait vers le Zuiderzée.

L'existence de ce bourrelet glaciaire ne saurait être mise en doute; mais, depuis qu'il a été reconnu, la théorie a changé. Au lieu d'une grande mer charriant des blocs de glace, ce serait, suivant l'opinion généralement admise aujourd'hui, une immense nappe continue de glaces, qui aurait couvert plus de la moitié de la Russie, presque toute la Pologne, toute la Prusse, la Saxe, le Hanovre, le Danemark, la moitié des Pays-Bas, s'étendant en Angleterre sur tout le Norfolk, le Suffolk et une grande partie des comtés voisins, entre autres ceux de Bedford et Cambridge, où se développent les vallées de l'Ouse et de ses affluents. Elle venait presque jusqu'à Londres, sans pourtant l'atteindre.

Mer ou glacier, pour nous, cela ne change rien à la chose. Au contraire. La formation de cette colossale masse glacée réclame encore plus d'humidité et plus de temps.

§ 3. Position respective du boulder-clay et du drift. —

Le grand glacier quaternaire du Nord a laissé, en Angleterre, sur les points qu'il a recouverts, un dépôt argileux à galets et à blocs erratiques, en grande partie de roches venant de la Norvège. C'est ce que les Anglais ont nommé le *boulder-clay*. Cette formation, qui est bien un dépôt de fond glaciaire, vient confirmer l'hypothèse d'un glacier. Elle repose, dans le Norfolk, sur le *forest-bed*, assise pliocène supérieure ou saintprestienne, avec la faune spéciale de cette époque : *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros etruscus*, *Hippopotamus major*, *Trogontherium Cuvieri*. A cette faune du Saintprestien, s'associe déjà l'*Elephas antiquus* caractéristique du Chelléen. Cela montre que le développement du grand glacier en question s'est opéré après l'époque saintprestienne.

Sur le boulder-clay se trouvent un grand nombre de dépôts d'argiles, sables et graviers, alluvions quaternaires que les Anglais appellent *drift*. Ces alluvions sont le gisement habituel de l'*Elephas primigenius*, du *Rhinoceros tichorhinus* et du *Cervus*

tarandus, faune caractéristique de l'époque moustérienne. Elles ont aussi fourni des coups de poing acheuléens, dont quelques-uns sont faits avec des roches provenant du boulder-clay. Ce dernier est donc certainement antérieur au drift. Dans cette partie de l'Angleterre, vallée du Waveney et bassin de l'Ouse, le grand glacier du Nord aurait recouvert le pays pendant l'époque chelléenne. Puis, à sa fonte, les eaux se seraient écoulées et auraient raviné le boulder-clay. Cette action très lente, commencée à l'époque acheuléenne, se serait prolongée jusqu'au moustérien.

Cependant, tout le drift ne semble pas être postérieur au boulder-clay. Il y a probablement des lambeaux de drift antérieur. John Evans a cité, à Biddenham, dans la vallée de l'Ouse, un gisement avec *Elephas antiquus*, où le drift n'est pas superposé au boulder-clay, mais repose directement sur le terrain secondaire.

§ 4. **Jonction de la France et de l'Angleterre.** — Non seulement la faune de la France et de l'Angleterre est actuellement la même, mais elle était déjà tout à fait semblable à l'époque quaternaire.

Cela prouve qu'à cette époque il y avait jonction entre les deux pays. En effet, si les oiseaux peuvent facilement traverser une mer resserrée, comme la Manche, ou un détroit, comme le Pas de Calais, il n'en est plus de même pour les mammifères et les reptiles. Ce passage est encore bien moins admissible pour les invertébrés, surtout pour les coquilles terrestres. Pourtant oiseaux, mammifères, reptiles, invertébrés, jusqu'aux mollusques terrestres de France et d'Angleterre, sont les mêmes.

Il faut donc forcément admettre que pendant le quaternaire ancien il y avait un pont, une jonction entre les deux pays. Nous disons durant le quaternaire ancien, car la faune paléolithique des deux côtés de la Manche est encore plus semblable que la faune actuelle.

La similitude des flores nous fournit une démonstration encore plus concluante

En effet, la flore des deux côtés de la Manche est tout à fait semblable. Pour trouver une modification sensible, une limite de région, il faut remonter un peu plus au nord dans l'Angleterre. Cela se comprend très bien : la flore de Normandie et de Picardie, ainsi que la flore du sud de l'Angleterre, sont des flores continentales avec influences méridionales.

Au contraire, la flore de la vallée de la Tamise, qui s'étend vers le nord, est une flore qui a subi l'influence du grand glacier septentrional.

Cette distribution géographique des plantes prouve que la jonction des deux pays existait à l'époque chelléenne.

Le grand glacier du nord, dont le boulder-clay permet de retracer les limites, occupait une assez grande partie de l'est de l'Angleterre, mais contournait, presque sans l'entamer, le comté d'Oxford et, s'abaissant ensuite vers le sud, n'atteignait pas Londres ; couvrant le comté d'Essex, et de là décrivant probablement un golfe arrondi, il remontait jusqu'en Hollande, vers le Zuiderzée. L'absence des blocs erratiques du Nord sur les côtes du comté de Kent et des Flandres prouve bien que le Pas de Calais n'était pas ouvert.

La Seine, au point où se trouve à présent son embouchure, tournait à l'est et suivait cette direction le long de la côte actuelle du département du Calvados ; elle montait ensuite un peu vers le nord pour contourner le sommet du département de la Manche et se jeter plus loin dans un golfe de l'océan Atlantique, entre la pointe de Cornouailles et la Bretagne.

La Somme allait aussi se jeter dans le même golfe, après un trajet beaucoup plus long. Elle traversait d'abord un peu en écharpe la Manche actuelle pour se rapprocher des côtes d'Angleterre. Puis, grossie de divers affluents français et anglais, elle s'engageait entre l'île de Wight et l'Angleterre, passant par Spithead et le Solent, d'où elle allait se jeter dans l'Atlantique, au nord de la Seine. Leurs deux estuaires se joignaient peut-être, comme cela arrive souvent à l'embouchure des grands fleuves.

§ 5. **Jonctions de l'Europe avec l'Amérique et avec l'Afrique.** — Les arguments dont nous venons de nous servir pour prouver la jonction de la France et de l'Angleterre pendant le quaternaire ancien peuvent être mis en avant pour établir la jonction de l'Europe avec l'Amérique du Nord à la même période géologique. La faune et la flore du nord de l'Amérique ont la plus grande analogie avec la flore et la faune de l'Europe. Il y a évidemment eu contact entre les deux continents. Mais, d'autre part, flore et faune offrent d'assez grandes différences pour qu'on soit forcé d'admettre que la séparation s'est opérée depuis longtemps.

Quelques naturalistes ont voulu expliquer cette jonction uniquement par un immense pont de glace, qui se serait formé entre les deux régions pendant l'époque glaciaire et qui aurait permis aux animaux de passer d'un continent dans l'autre. Cette explication serait peut-être plausible pour les gros animaux, mais elle est tout à fait insuffisante pour expliquer l'existence de petites coquilles terrestres de même espèce des deux côtés du pont, et ces espèces de coquilles sont nombreuses. Elle est aussi tout à fait insuffisante pour ce qui concerne les plantes.

La découverte d'instruments du type coup de poing dans les alluvions quaternaires de l'Amérique du Nord nous fournit une indication sur la date de cette jonction. Elle devait déjà exister au moins à l'époque acheuléenne. D'autre part, la présence dans les deux continents d'animaux appartenant à une faune froide, comme le cerf du Canada, le bœuf musqué et l'ours gris, semble démontrer que la séparation n'a pas eu lieu avant l'époque moustérienne.

Il suffit de jeter les yeux sur un globe terrestre pour voir que cette jonction a dû s'opérer par les Iles-Britanniques, les Iles Féroë, l'Islande et le Groënland. Probablement, elle s'étendait plus au sud, ce qui a permis aux plantes et aux animaux de se répandre dans cette direction.

On a tout récemment supposé l'existence d'une autre soudure, plus méridionale, qui aurait relié la Péninsule Ibérique à l'Amé-

rique septentrionale par les Açores et à l'Amérique centrale par les Antilles, et l'on n'a pas hésité à identifier ces prétendues terres avec la trop fameuse Atlantide des anciens. Mais cette conception ne résiste pas à un examen sérieux. D'abord, nous ne savons rien de précis sur l'Atlantide, cette île fabuleuse, qui pourrait bien être une invention de Platon, si ce n'est un emprunt à quelques vieilles légendes sans fondement. Enfin, la faune des Açores nous prouve que ces îles d'origine volcanique n'ont jamais été rattachées à aucun continent. Lors de leur découverte, en 1432, elles étaient complètement inhabitées par l'homme et ne possédaient en fait de vertébrés que des animaux volants.

Ce que nous avons dit de l'Amérique septentrionale s'applique encore mieux à l'Afrique.

Le pourtour du bassin méditerranéen a une flore et une faune dont tous les caractères généraux sont communs. Faune et flore ne se distinguent, d'une région à l'autre de la Méditerranée, que par des détails qui se reproduisent presque toujours sur les deux rives du bassin situées en face l'une de l'autre. Cela montre qu'il y a eu divers points de jonction entre ces rives. Ainsi l'Espagne a été réunie au Maroc, et cela à l'époque chelléenne, puisque, à San-Isidro, près Madrid, les alluvions quaternaires qui contiennent des instruments chelléens renferment aussi des débris de l'*Elephas africanus*. Il en est de même de l'Italie et de la Tunisie, par la Sicile, qui contient également l'*Elephas africanus*.

§ 6. **Volcans du centre de la France.** — Pendant l'époque chelléenne, le massif volcanique du centre de la France était encore en activité. Il suffit pour le prouver de donner la coupe de l'enclos des Fous, près Montredon, dans le Velay ou département de la Haute-Loire. On trouve là, en allant de haut en bas :

- 1° Cailloux anguleux avec chevaux.
- 2° Basalte compact.
- 3° Cailloux roulés quaternaires à rhinocéros.

4° Sables pliocènes à couches inclinées en discordance de stratification avec les cailloux.

Le basalte, produit volcanique, est directement superposé à des alluvions quaternaires. D'après Rames, qui a si bien étudié la géologie du Cantal, cette superposition du volcanique sur le quaternaire s'observe fréquemment dans ce département.

Dans le Velay, les éruptions volcaniques, qui commencent au miocène, viennent jusqu'au quaternaire. En effet, à Denise, volcan situé tout près du Puy, sur la commune d'Espaly, les basaltes descendent jusqu'au fond de la vallée de la Borne; par conséquent, cette vallée était déjà creusée quand le volcan était en activité. Les alluvions quaternaires du fond de la vallée contiennent du mammoth. Les laves boueuses qui ont donné des restes humains étant plus anciennes, c'est donc bien à l'époque chelléenne qu'elles appartiennent.

§ 7. **Extension des côtes de l'Inde.** — Dans la province de Madras, à l'époque chelléenne, le sol émergé se prolongeait probablement bien plus avant qu'actuellement, empiétant d'autant sur le golfe du Bengale. L'argile rouge qui contient des instruments chelléens domine la mer de plus de 90 mètres. Cette argile est un dépôt de grand cours d'eau, cours d'eau qui devait avoir son embouchure bien plus loin dans la mer. Il n'est pas possible de supposer une embouchure à une hauteur pareille. Pour regagner le niveau de la mer avec une pente rationnelle, il faut supposer au moins une étendue de terrain de 90 à 100 kilomètres.

Dans ses excellents travaux sur les poissons, Sauvage a constaté qu'entre la faune ichthyologique d'eau douce de l'Indo-Chine et celle de l'Archipel Malais (Bornéo, Sumatra, Java), « c'est non seulement une affinité qui existe, mais une similitude complète ». Cela prouve que ces îles ont été plus ou moins soudées entre elles et réunies au continent pendant le quaternaire ancien.

Tous les faits que nous venons de signaler montrent que, pendant le quaternaire inférieur, il y a eu une série d'actions géologiques très puissantes.

CHAPITRE II.

CREUSEMENT ET COMBLEMENT DES VALLÉES.

§ 1. **Creusement des vallées du bassin de Paris.** — La partie supérieure du tertiaire parisien est formée par le calcaire lacustre de Beauce et par l'argile avec meulière de Montmorency. Ce sont les deux dernières formations tertiaires qui se montrent dans le bassin de Paris. On les rencontre en lambeaux sur les sommets, à une altitude moyenne de 150 à 160 mètres, autour de Paris.

Ces couches, qui devaient constituer une vaste plaine au moment de leur formation, appartiennent à l'oligocène supérieur ou miocène inférieur, étage aquitanien.

Pendant le miocène moyen et le miocène supérieur, ainsi que pendant presque tout le pliocène, il ne s'est plus formé de dépôts dans le bassin de Paris.

Mais, comme en géologie la nature agit toujours, qu'il y a ablation quand il n'y a pas dépôt, des corrosions considérables ont dû se produire dans le bassin de Paris pendant le miocène et le pliocène. C'est pendant ce laps considérable de temps qu'a eu lieu le creusement des vallées.

La grande plaine aquitanienne s'est peu à peu corrodée, les vallons se sont dessinés, les vallées se sont ouvertes, laissant comme témoins de l'état primitif les collines et les plateaux élevés.

Pour se rendre bien compte de la puissance de ces corrosions, il suffit de jeter un coup d'œil sur un point quelconque de la vallée de la Seine.

Les témoins de terrain aquitanien qui couronnent les hauteurs de Montmorency et ceux du sommet du Mont-Valérien sont environ à 16 kilomètres de distance en ligne droite. Il en est à peu près de même entre ceux qui, plus bas dans la vallée, se



Fig. 99. — Carte du Bassin de Paris au quaternaire ancien, d'après Belgrand. Échelle : 1/400000.

- Fleuve actuel.
- - - - - Fleuve à l'époque des bas niveaux.
- Couleurs au lac époque des hauts niveaux

montrent au fort de Cormeilles et sur les hauteurs qui lui font face, rive gauche de la Seine.

Le Mont-Valérien a 161 mètres d'altitude et la Seine à sa base seulement 20. Le fort de Cormeilles s'élève à 170 mètres et la Seine coule à ses pieds à 18 mètres. L'érosion de la vallée de la Seine, entre Neuilly et le confluent de l'Oise, s'est donc étendue sur une largeur de 16 kilomètres et une profondeur moyenne de 145 mètres. En admettant qu'il n'y ait que la moitié de ce vaste espace de vide, ce qui est au-dessous de la vérité, cela donne par kilomètre courant un déblaiement de 1 milliard 160 millions de mètres cubes. Quel temps n'a-t-il pas fallu pour produire ce gigantesque travail!

D'autant plus que, parmi les terrains corrodés et ablationnés, se trouvaient non seulement des sables, des argiles et des marnes, mais encore des gypses, des grès, des meulière, des calcaires compacts et des calcaires grossiers parfois fort durs.

Ce qui démontre bien que tout le creusement des vallées a eu lieu, dans le bassin de Paris, pendant le tertiaire, ce sont les alluvions pliocènes de Saint-Prest.

Ces alluvions, qui appartiennent au pliocène le plus récent, prouvent, d'une part, qu'à la fin du pliocène commençait le travail de comblement, et d'autre part, que l'ablation était alors complète, puisque les graviers de Saint-Prest reposent dans des corrosions de la craie, sans intermédiaire de terrain miocène ou éocène.

§ 2. Comblement du fond des vallées. — La première action quaternaire, dans le bassin parisien, a été le comblement du fond des vallées par des alluvions. Ces alluvions sont montées successivement, à Paris, jusqu'à l'altitude de 60 mètres d'après Belgrand, de 65 mètres d'après Hébert. La Seine étant à 26 mètres, elles ont donc atteint une puissance de 34 à 39 mètres.

Pour arriver à ce résultat, il a fallu nécessairement le concours de deux causes :

1^o Un affaissement du sol. Quand le sol s'élève, les eaux coulant plus facilement et avec plus de force, entament le sol

et entraînent toutes les matières qu'elles désagrègent. Quand le sol s'abaisse, il se produit une action inverse, le mouvement des eaux se ralentit et les matières entraînées sur les pentes se déposent dans le fond des vallées, les eaux n'ayant plus assez de force pour les emmener plus loin. C'est ce qui a dû se produire au commencement de l'époque quaternaire.

2° Une grande abondance de pluies. Pour charrier et entasser dans le fond des vallées une pareille quantité de limons, de sables, de graviers et de cailloux, il a fallu des cours d'eau puissants, subissant de grandes et fréquentes crues, ce qui suppose des pluies abondantes et souvent renouvelées.

Nous devons donc conclure que, pendant l'époque chelléenne, le sol du bassin parisien a éprouvé un mouvement d'affaissement et a été soumis à un régime atmosphérique très humide, très pluvieux. Par bassin parisien, nous entendons non seulement la vallée de la Seine et celles de ses divers affluents, mais encore la vallée de la Somme et tout le nord-ouest de la France.

§ 3. **Ravinements et terrasses.** — La chute abondante de pluies et de neiges qui, dans les régions montagneuses, engendrait les glaciers, produisait dans les plaines de grands et violents cours d'eau. Ce sont ces cours d'eau de l'époque moustérienne qui, combinés avec l'exhaussement du sol, ont peu à peu déblayé les vallées, en entraînant les alluvions qui s'y étaient accumulées pendant l'époque précédente.

Nous avons des preuves directes de ce ravinement. Le chelléen ne se trouve plus que par lambeaux plaqués à diverses hauteurs le long des vallées, et partout en partie mêlé à du moustérien, qui généralement le recouvre. On voit que les alluvions chelléennes sont complètement démantelées et dominées par les alluvions moustériennes. C'est ce qui fait qu'à tous les niveaux on peut rencontrer chelléen et moustérien. La théorie des hauts et bas niveaux de Belgrand, de prime abord si séduisante, doit donc être complètement abandonnée.

Les alluvions les plus anciennes, loin de se trouver sur les hauts niveaux, sont au contraire tout à fait au fond des bas

niveaux. C'est là, dans le fond des vallées, qu'on rencontre encore parfois des assises assez puissantes de chelléen. Le gisement typique de Chelles est de ce genre. Il existe sur ce point, à peu près au fond de la vallée de la Marne, un important témoin de chelléen, qui forme un large mamelon appuyé contre la base d'une des parois de la vallée. C'est une portion des alluvions quaternaires les plus anciennes qui, protégée par sa situation ou par la composition de ses assises, a résisté aux attaques



Fig. 100. — Ravinement du Chelléen par le Moustérien.

Coupe prise dans les ballastières de Chelles (Seine-et-Marne). Échelle : 1/150.

A. Terre végétale et limon rouge magdalénien à cailloux anguleux. — B. Alluvions chelléennes. — D. Alluvions moustériennes. — E. Bloc de transport.

érosives des eaux moustériennes. Ces attaques ont laissé dans la masse de profondes empreintes.

Les ballastières de Chelles présentent, en effet, de remarquables exemples de ravinelements.

La figure 100 donne la coupe d'un de ces ravinelements que nous avons pu constater en juillet 1880.

Les amas d'alluvions quaternaires anciennes d'Abbeville ont aussi fourni d'intéressants exemples de cette superposition des dépôts des deux époques et du ravinement de l'inférieur par le supérieur.

La superposition et le ravinement existent encore d'une ma-

nière très nette à Levallois. G. de Mortillet a dessiné autrefois, quand le chemin de la Révolte était bordé de sablières, des coupes qui ne laissent aucun doute à cet égard.

Des preuves directes des soulèvements du sol à l'époque moustérienne existent aussi. Les soulèvements ont dû être extrêmement lents. Ils auraient fort bien pu ne pas laisser de traces. Heureusement, il n'en est pas ainsi. Des plissements et des ruptures ont été occasionnés par les mouvements du sol.

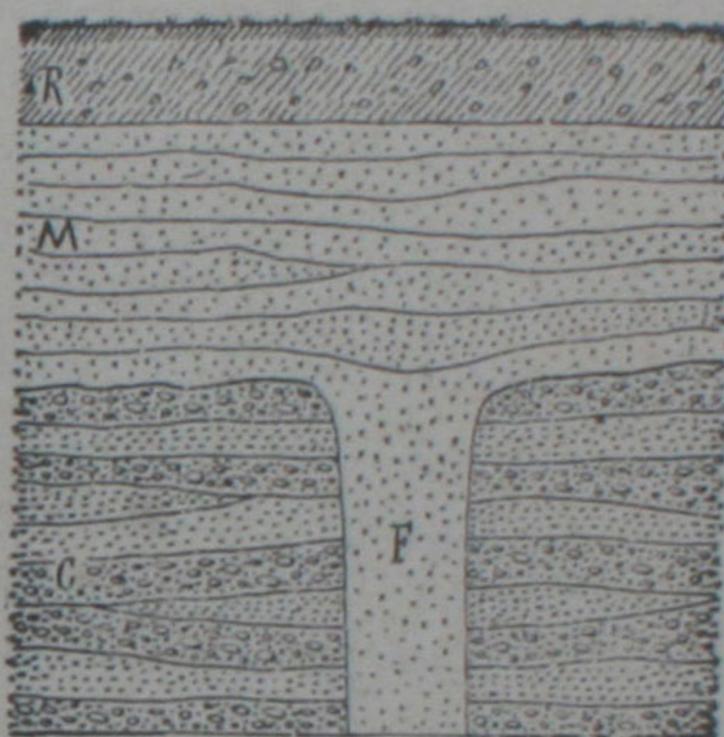
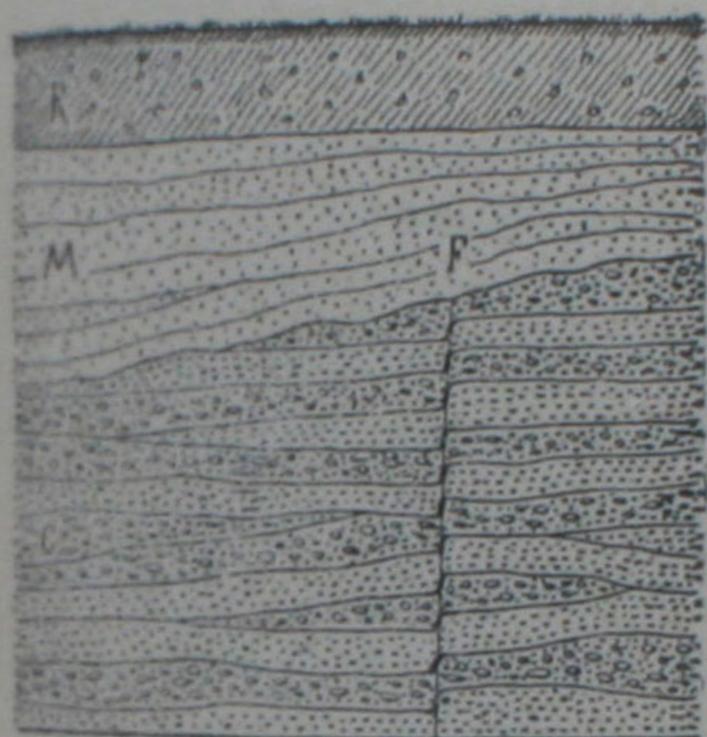


Fig. 101. — Faille à bords en contact.

Fig. 102. — Faille à bords disjoints.

R. Magdalénien, limon rouge à cailloux anguleux. — M. Moustérien, alluvions sableuses. — C. Chelléen, alluvions caillouteuses. — F. Failles.

Les ballastières de Chelles en montrent, dans le chelléen, de très curieux exemples.

Nous avons publié dans le *Musée Préhistorique* une coupe très nette de ces plissements (1).

Quant aux failles ou ruptures des couches, G. de Mortillet en a, avec Ameghino, constaté plusieurs de genres divers, mais toujours dans le dépôt le plus ancien, le dépôt chelléen. Parfois les deux lèvres de la faille se sont écartées, et il existe entre elles un vide assez large, qui s'est comblé de dépôts moustériens (fig. 102). Parfois, au contraire, les deux lèvres de la brisure

(1) G. et A. DE MORTILLET. *Musée Préhistorique*, pl. IX, fig. 51.

sont restées juxtaposées, mais il y a eu une dénivellation ; un des côtés est plus élevé que l'autre, dès lors toutes les couches forment gradin (fig. 101).

Le mouvement d'exhaussement du sol, pendant l'époque moustérienne, ne s'est pas fait d'une manière régulière et surtout continue. Il y a eu des moments d'arrêt. Le sol ne montant plus, le ravinement en profondeur cessait. Il ne se faisait plus que latéralement. Il se formait ainsi, au fond des vallées, des plaines dans lesquelles les eaux divaguaient. Puis, quand le mouvement d'exhaussement du sol reprenait, les eaux aussi recommençaient leur affouillement, laissant sur leurs bords des lambeaux de l'ancienne plaine, formant des séries de terrasses le long de leur cours.

Ces terrasses sont beaucoup plus sensibles le long des cours d'eau du midi de la France que dans le nord. Elles forment généralement trois étages ; ce qui montre qu'il y a eu trois principales périodes d'arrêt. Ce n'est pas seulement en France qu'il existe des terrasses le long des fleuves, on en observe dans beaucoup d'autres pays, entre autres en Italie.

Ces interruptions dans les mouvements du sol ont naturellement dû avoir une certaine influence sur les conditions atmosphériques. Peut-être sont-elles une des causes des oscillations des anciens glaciers.

§ 4. **Loess ou Lehm.** — On donne, dans la vallée du Rhin, le nom de *læss* ou de *lehm* à un dépôt de limon argileux rougeâtre, très fin, qui recouvre tout le pays, comme un vaste manteau. Les deux mots sont synonymes, bien que quelques personnes aient pensé pouvoir les appliquer à des couches différentes. Le mot *lehm* est le plus généralement employé.

Des géologues, entre autres Ch. Lyell, ont voulu voir dans le lehm du Rhin un produit spécial provenant de la fonte des glaciers des Alpes. S'il en était ainsi, le limon glaciaire, avant de combler le Rhin, aurait tout d'abord comblé les bassins bien moins importants des lacs suisses.

Le lehm du Rhin est tout simplement un limon analogue à

celui qui se trouve dans toutes les vallées des grands fleuves : le Danube, le Pô, le Nil, le Gange, le Mississipi, les Amazones. En effet, tous ces limons sont, comme le lehm du Rhin, très fins, essentiellement argileux, avec plus ou moins de sable et de calcaire, et sans stratification apparente.

Pour les géologues et les palethnologues, le lehm est donc le dépôt limoneux laissé par les eaux troubles d'un fleuve qui, par suite d'inondations, couvrent des terrains plats sans qu'il se produise d'écoulements rapides. Généralement le lehm recouvre tous les autres dépôts fluviatiles.

Il s'en est formé à diverses époques. La preuve, c'est que, dans la vallée du Rhin, on rencontre le lehm à des niveaux fort différents, qui, par le 48° degré de latitude, entre Colmar et Fribourg-en-Brisgau, peuvent varier de 240 mètres. En effet, à cette latitude, le Rhin coule environ à 200 mètres d'altitude au-dessus de la mer; le Vieux-Brisach, perché sur une hauteur, est à 240 mètres, et Fribourg, vers l'extrémité est du bassin, à 284. Non seulement le lehm existe dans tout le fond de la vallée, mais il se montre jusqu'à 480 mètres au sommet du Kathle, l'un des pics du Kaiserstuhl, massif jurassique et volcanique qui se dresse au milieu de la plaine. En descendant le cours du Rhin, entre Heidelberg et Darmstadt, où le fleuve se trouve de 75 à 76 mètres au-dessus de la mer, le lehm se rencontre encore à une altitude dépassant 240 mètres. Il s'échelonne donc là sur 170 mètres de hauteur.

Ce manteau de lehm, qui recouvre le nord de la France, le sud-est de la Belgique et la vallée du Rhin, ainsi que celle du Danube, manque complètement au delà d'une ligne qui, d'après d'Omalius d'Halloy, partant de Dunkerque, passe par Cassel (Nord), Courtrai, Oudenarde, Louvain (Belgique), Juliers et Cologne (Allemagne du Nord). C'est une preuve que le glacier du nord s'étendait encore sur toute la grande plaine sableuse du centre de l'Europe pendant le puissant dépôt du lehm, et qu'il s'y est maintenu jusqu'au complet recreusement des vallées, à la fin de l'époque moustérienne.

Le lehm se montre aussi sur des points qui sont trop élevés pour avoir été recouverts par des eaux limoneuses. Ce limon des hauteurs est un produit atmosphérique, résultat de la décomposition des roches locales, ou apport dû au vent, repris et rendu solide par les eaux de ruissellement. On se rend facilement compte de la lenteur avec laquelle se sont formés de semblables dépôts.

CHAPITRE III.

GLACIAIRE.

§ 1. **Blocs erratiques.** — Les glaces des bords de la mer et même des grands fleuves, ayant saisi et enveloppé des quartiers de rochers ou les soutenant sur leur dos, peuvent, comme de puissants flotteurs ou de vastes radeaux, les transporter au loin. Il en arrive ainsi chaque année sur les côtes de la baie du Saint-Laurent, au Canada. Des glaces flottantes y apportent continuellement de nombreux et volumineux blocs des diverses roches du Labrador et du Groënland.

Si l'on peut à la rigueur expliquer par des glaces flottantes le transport lointain des blocs erratiques qui existent dans les plaines du nord et du centre de l'Europe, il n'en est pas de même d'une série de blocs qui se montrent dans les régions montagneuses.

Ces blocs se trouvent disséminés et isolés, parfois à de très grandes distances des roches en place d'où ils proviennent. C'est pour cela qu'on les nomme *blocs erratiques*. Ainsi, tout autour des Alpes, on voit de nombreux blocs des roches qui constituent le centre du massif, disséminés sur des roches d'une composition et d'un aspect tout à fait différents. Des protogines, des granites, des serpentines, des phyllades, des grès et des poudingues anthracifères, roches de l'intérieur des Alpes, se

rencontrent en blocs isolés au milieu des calcaires secondaires et des mollasses tertiaires qui s'étalent au pourtour de cette chaîne de montagnes.

Parmi les blocs les plus remarquables, on peut citer :

Le Bicc-Monstre, ainsi désigné par de Charpentier, père de la théorie glaciaire. Il est posé sur le flanc nord du Montet, colline gypseuse qui sépare Bex de la saline des Devens, canton de Vaud (Suisse). Ses dimensions sont : hauteur, 20 mètres ; longueur, 17^m,50 ; largeur, 14 mètres ; ce qui représente un volume de 4 900 mètres cubes, et un poids de plus de 12 000 tonnes ou



Fig. 103. — Bloc erratique anguleux : la Pierre-du-Bon-Dieu, à Trept (Isère).
D'après Falsan et Chantre.

12 millions de kilogrammes. Ce bloc est en calcaire des montagnes qui dominant la vallée de l'Avençon ; il ne provient donc que de quelques kilomètres.

La Pierre-à-Bot, sur une colline de la base du Jura, dominant Neuchâtel (Suisse). C'est un bloc grand comme une maison, de granite à petits grains, isolé au milieu d'une région calcaire et mollassique. Il mesure 13 mètres de haut, 16^m,20 de long et 6^m,50 de large, ce qui fait 1 370 mètres cubes, ou — la densité moyenne du granite étant 2,65 — ce qui représente comme poids plus de 3 630 tonnes. Cette masse vient au moins de 120 kilomètres, environs de Martigny (Valais).

Le bloc de Steinhof près Seeberg (canton de Berne), mesurant

2080 mètres cubes et pesant 5512 tonnes, vient encore de bien plus loin. Il est en granite qui ne se trouve que dans la vallée de Binnen, à 330 kilomètres de distance. Pourtant ses angles et ses arêtes sont parfaitement conservés.

La Pierre du Bon-Dieu (fig. 103), à Trept, canton de Crémieu (Isère), est un bloc de brèche triasique de 240 mètres cubes, reposant sur le calcaire de la grande oolithe. Bien que venant de 120 à 130 kilomètres de distance, il a conservé toutes ses arêtes.

Les blocs erratiques s'étalent sur le versant italien des Alpes tout comme sur le versant nord. Il suffira de citer :

En Piémont, à Pianezza, au-dessus de la Dora-Riparia, un bloc d'euphotide ayant, d'après Gastaldi, 25 mètres de long sur 14 de haut et 12 de large. Le volume est estimé 2500 mètres cubes. Une chapelle s'élève sur son sommet et n'en occupe pas toute la surface.

En Lombardie, à Bellaggio, entre le lac de Côme et celui de Lecco, sur le mont San-Primo, entièrement calcaire, se trouve un bloc de granite remarquable par sa forme anguleuse. Il a 18 mètres de long sur 12 de large et 8 de haut, ce qui représente en volume 1728 mètres cubes et en poids 4579 200 kilogrammes. Ce bloc, énorme et lourd, est perché à 700 mètres au-dessus du niveau des deux lacs. Il provient du haut de la Valteline, d'une distance de 50 ou 60 kilomètres.

Comment ont été transportés ces blocs ?

Leur poids et leur volume ne permettent pas de supposer qu'ils ont été charriés par des courants d'eau. Du reste le propre des eaux courantes est de rouler les matériaux qu'elles transportent ; par suite, elles les arrondissent, effacent leurs angles et leurs arêtes. Or, les blocs erratiques ont habituellement leurs angles bien conservés, parfois intacts.

En outre, les cours d'eau déposent les pierres qu'ils roulent dans le sens de leur plus grande stabilité, et plus ces pierres sont volumineuses, plus elles vont au fond du lit d'écoulement. Les blocs erratiques se comportent d'une manière toute

différente. On en voit sur les flancs des coteaux et souvent à de très grandes hauteurs. Ce ne sont certes pas là des dépôts de fond et par conséquent de cours d'eau.

Les blocs erratiques ne sont pas non plus posés, comme les pierres entraînées par l'eau, dans un équilibre parfaitement stable, suivant leur grand axe. On en rencontre dans toutes les positions, ce qui fait que parfois on les a pris pour de véritables monuments mégalithiques. C'est ainsi que G. de Mortillet a vu sur le calcaire de la croupe orientale du Salève (Haute-



Fig. 104. — Bloc erratique pseudo-menhir : la Pierre-des-Fées à Cuzieu (Ain). D'après Falsan et Chantre.

Savoie) un amas de blocs de protogine du Mont-Blanc, parmi lesquels il y en avait un planté debout comme un véritable menhir. Falsan et Chantre, dans leur belle *Monographie du terrain erratique du bassin du Rhône*, citent à Cuzieu (Ain), au milieu d'une pente rapide, un gros bloc de grès houiller, de 9 mètres cubes, de forme parallépipédique, se dressant isolé sur une de ses petites arêtes et se tenant dans un curieux état d'équilibre. C'est un véritable bloc perché, appelé la *Pierre des Fées* (fig. 104).

Les mêmes auteurs citent et figurent un autre bloc erratique encore plus perché que le précédent. C'est un quartier de brèche

triasique, de 12 mètres cubes, posé sur d'autres fragments de roches. Il se trouve auprès du Bourget (Savoie), sur le bord de la route du Mont-du-Chat (fig. 105).

Une dernière considération qui empêche d'attribuer à des cours d'eau le transport des blocs erratiques, c'est que les roches des diverses parties de la vallée, au lieu d'être complètement mêlées, comme cela a toujours lieu par le charroi tumultueux de l'eau courante, sont au contraire nettement séparées suivant qu'elles proviennent d'un côté de la vallée ou de l'autre. C'est



Fig. 105. — Bloc erratique perché. Environs du Bourget (Savoie).
D'après Falsan et Chantre.

ainsi que, dans la vallée de l'Arve (Haute-Savoie), les blocs erratiques de protogine abondent le long de la rive gauche, côté de leur gisement naturel, le Mont-Blanc; ils manquent sur la rive opposée, côté du Buet, des Aiguilles-Rouges et des Fiz, où il n'existe pas d'affleurement de cette roche.

Les blocs erratiques des massifs montagneux n'ont donc pas été transportés par des courants d'eau.

Ont-ils navigué sur des glaces flottantes? Pas davantage. Pour s'en assurer, il suffit de remarquer que ces blocs des centres montagneux sont distribués en abondance jusqu'à des hauteurs où les eaux lacustres et fluviales ne sont jamais parvenues pen-

dant le quaternaire. Dans tout le bassin du lac de Genève, sur le Salève, sur les Voirons, sur les montagnes du Chablais et sur le Jura, on rencontre des amas de blocs erratiques jusqu'à 1200 mètres d'altitude, 825 mètres au-dessus des eaux actuelles du lac. D'ailleurs, les glaces flottantes, très mobiles, poussées par les courants et les vagues, auraient mêlé les roches de versants différents.

Il nous reste à étudier le transport par les glaciers.

Les glaciers portent sur leur dos des blocs de rochers fort considérables. Il suffit de visiter un glacier actuel pour s'en assurer. Dans la vallée de la Saas existe un bloc erratique nommé Blaustein. C'est un quartier de serpentine mesurant 8360 mètres cubes, par conséquent de la grosseur des gros blocs cités précédemment. On sait qu'il a été déposé, il y a à peu près cent cinquante ans, au point où il se trouve, par le glacier actuel de Mattmark.

Les blocs transportés par les glaciers conservent leurs formes primitives et gardent leurs angles intacts.

Dépôts d'une manière très lente et très calme, ils peuvent affecter les positions les plus variées et rester sous forme de pierres-fiches ou menhirs, de pierres posées sur des supports, etc.

La glace, remplissant les vallées, abandonne ses blocs non dans les fonds, mais à certaines hauteurs.

Enfin, le milieu des glaciers étant toujours un peu bombé, les pierres qui tombent sur un des bords y restent, ce qui fait que, bien qu'entraînées au loin, elles se déposent toujours sur la même rive.

Les glaciers peuvent donc rendre compte des diverses observations concernant les blocs erratiques. Il s'agit maintenant de savoir s'il existe d'autres traces et d'autres preuves de l'existence d'anciens glaciers dans la région où les blocs erratiques se rencontrent.

§ 2. **Cailloux striés et irréguliers.** — La glace, comme l'eau, a une tendance à glisser et couler dans les vallées. Mais, la matière étant beaucoup moins fluide, beaucoup plus consis-

tante, l'écoulement de la glace se fait très lentement. Dans sa marche, la glace entraîne sous elle des débris de roche, qu'elle arrondit et réduit en cailloux comme l'eau courante. Pourtant, ces cailloux sont moins réguliers que ceux des cours d'eau. Cela tient à ce que le glacier a un poids fort considérable et à ce que, glissant d'une manière irrégulière suivant les obstacles qu'il rencontre, il exerce des pressions très diverses sur les cailloux engagés sous lui; par suite, il en brise fréquemment des portions. Chaque brisure produit sur le caillou une irrégularité. Les angles de la brisure s'usent vite, mais les brisures se succèdent, de sorte que le caillou glaciaire, au lieu de s'arrondir entièrement par le frottement, reste toujours plus ou moins irrégulier.

En outre, la surface polie des cailloux glaciaires est habituellement couverte de petites stries ou empreintes longitudinales en creux. Ces stries sont produites par le frottement mutuel, puissant bien que lent, des débris emprisonnés sous la glace. Les plus durs burinent ces stries sur les plus tendres. Ce caractère du striage est très net et très frappant.

Non seulement les cailloux roulés par les cours d'eau et les galets des bords de la mer ne présentent pas ces deux caractères; mais, quand on prend des cailloux glaciaires irréguliers et striés et qu'imitant autant que possible le charroi des cours d'eau, on les fait tourner lentement dans un cylindre avec du limon, du sable et de l'eau, les stries disparaissent bientôt et les irrégularités s'effacent peu à peu. De même les émissaires des glaciers, qui entraînent des cailloux striés et irréguliers, ont bien vite fait disparaître stries et irrégularités. Les stries les plus fortes ne résistent pas l'espace d'un kilomètre.

Eh bien, partout où l'on rencontre des blocs erratiques dans les massifs montagneux, on trouve aussi des cailloux striés et irréguliers.

§ 3. **Roches polies et moutonnées.** — Les glaciers produisent sur les roches en place une action analogue à celle exercée sur les cailloux. Leur frottement lent et continu contre les parois des rochers finit par polir admirablement ces parois. Mais

la glace, saisissant des débris de roches, les fait glisser lentement, avec une très forte pression, contre ces mêmes parois. Si les fragments de roches saisis par la glace sont plus durs que la roche encaissante, ils font l'effet de burins et tracent de grandes stries sur les parois. Ces parois sont donc aussi fortement striées. N'étant pas mobiles comme les cailloux, leurs stries sont plus profondes et surtout plus régulières.

Il est rare qu'une surface de roche soit d'une dureté bien uniforme. Les parties les moins dures s'usent plus facilement et



Fig. 106. — Roches polies, striées, cannelées et moutonnées de Bellecombettes, à Montagnole (Savoie). D'après Falsan et Chantre.

plus vite que les autres et il se produit, outre les stries, des sillons. Ces stries et ces sillons marquent la direction de la marche du glacier.

Sous le glacier, dans les parties plates, il se produit une autre action, qu'on nomme le *moutonnement*. Le mouvement du glacier, avec son interposition de débris divers, rabote la roche sous-jacente. Non seulement il la polit, mais encore, usant davantage les portions tendres et laissant en relief les points plus résistants, il y produit une espèce d'ondulation, de mamelonnage dans le genre du mamelonnage de la toison du mouton : c'est le moutonnement (fig. 106).

Toutes ces actions se retrouvent dans la région des blocs erratiques. C'est une preuve certaine que cette région a été occupée par des glaciers. Grâce à la direction du moutonnement, des cannelures et surtout des stries, on peut même remonter aux points d'origine des glaciers. Les indications ainsi obtenues concordent parfaitement avec celles fournies par la nature minéralogique des blocs erratiques.

§ 4. **Boues glaciaires.** — L'écrasement sous les glaciers des débris de roche, leur polissage, leur striage, ainsi que l'usure des roches encaissantes — polissage, striage et cannelage — et le moutonnage des roches de fond, produisent une abondance d'éléments ténus de toute nature mêlés ensemble. C'est ce qu'on appelle la *boue glaciaire*. Cette boue a des caractères très particuliers, qui permettent de la distinguer des alluvions des cours d'eau. Nous allons mettre en présence les caractères de ces deux modes de dépôts. C'est la meilleure manière de les bien faire reconnaître.

BOUES GLACIAIRES.

1° Stratification nulle.

2° La boue est un mélange de toute espèce d'éléments : argile, sable et calcaire.

3° Les cailloux et autres pierres se trouvent au milieu de la boue et pêle-mêle avec elle.

4° Les cailloux et blocs de pierre sont disséminés au milieu de la boue sans ordre et sans aucune distinction de volume.

5° Les cailloux et autres débris de roche se trouvent au milieu de la boue dans toutes les positions. Quelques-uns sont verticaux. On reconnaît que ces

ALLUVIONS.

1° Stratification plus ou moins nette.

2° Les divers éléments ténus se séparent par le lavage et le décantage naturel. Le sable, les parties marno-calcaires et les argiles se déposent généralement à part.

3° Les cailloux et graviers sont toujours lavés et séparés de la boue ou limon.

4° Les cailloux de diverses dimensions se groupent généralement ensemble, formant des lits séparés.

5° Les cailloux sont toujours posés dans le sens horizontal de leur grand axe et sur leur face la plus plane, dans l'équilibre le plus stable.

pierres ont été maintenues dans les positions où elles se trouvent par l'empâtement boueux.

6° Les cailloux empâtés dans la boue glaciaire sont généralement irréguliers.

7° Les cailloux sont habituellement couverts de stries.

8° Les boues glaciaires reposent sur des roches parfaitement polies et fortement striées.

6° Les cailloux des alluvions sont arrondis et généralement réguliers.

7° Les cailloux ne sont jamais striés.

8° Les argiles et limons alluviaux reposent sur des roches qui ne présentent pas de stries.

On voit que les boues glaciaires, avec leur mélange chaotique de cailloux irréguliers et striés, sont très faciles à reconnaître. Eh bien, on les retrouve dans toute la région des blocs erratiques, non seulement dans le fond des vallées, mais encore sur les points les plus élevés. C'est ainsi par exemple que, dans le bassin de Chambéry, G. de Mortillet a signalé des boues glaciaires à cailloux striés de calcaire noir alpin aux Déserts, derrière le mont Nivolet, à environ 1 000 mètres d'altitude.

§5. **Moraines.** — Les blocs et débris qui tombent sur la surface d'un glacier, après avoir cheminé plus ou moins longtemps sur son dos, sont en partie abandonnés sur ses bords, de sorte qu'il s'y forme un bourrelet longitudinal de fragments de roches diverses. Le reste est charrié jusqu'à l'extrémité du glacier et s'y amoncelle, constituant de petits monticules composés de matériaux variés, déposés dans le plus grand désordre.

C'est ce qu'on appelle les *moraines*. Elles prennent le nom de *moraines latérales*, quand elles bordent le glacier, et de *moraines frontales* ou *terminales*, quand elles entourent son extrémité. L'aire de distribution des blocs erratiques est presque toujours limitée soit par des moraines latérales, soit par des moraines frontales.

Les moraines frontales sont plus complexes que les moraines latérales. Les éléments charriés à la surface du glacier s'y mêlent avec ceux provenant du fond. Les blocs erratiques anguleux d'en haut y sont associés à des blocs erratiques arrondis et

fortement striés d'en bas. On y rencontre en certaine abondance la boue glaciaire et les cailloux striés, qui sont exceptionnels dans les moraines latérales.

Le front des glaciers s'étalant suivant une section de cône surbaissé, les moraines qui l'entourent décrivent généralement un arc de cercle dont l'intérieur est tourné en amont. C'est ce qu'on nomme l'*amphithéâtre glaciaire*.

Son versant intérieur est assez abrupt et l'extérieur a une pente plus ou moins douce.

Les moraines latérales suivent les sinuosités des parois encaissantes de la vallée, à un niveau constant s'inclinant régulièrement dans le sens de la pente.

La région des blocs erratiques, bordée par des moraines, a certainement été occupée par d'anciens glaciers. On constate là un ensemble de phénomènes que seuls les glaciers peuvent produire.

§ 6. **Creusement des lacs.** — Si les phénomènes que nous venons d'examiner ont laissé des traces plus ou moins faciles à reconnaître dans l'ancienne région glaciaire, il en est un autre qui, à la simple inspection d'une carte, peut nous donner une idée approximative de cette région : c'est la distribution des lacs. En effet, les lacs des Alpes sont tous dans la région glaciaire, et les grands lacs, en général, à l'extrémité de cette région. Tels sont les lacs de Genève, Neuchâtel et Constance, en Suisse; les lacs d'Ammer, Würm et Chiem, en Bavière; les lacs d'Atter et de Traun, dans la Haute-Autriche; le lac de Werther, en Carinthie, et les lacs de Garde, Iseo, Côme et Majeur, en Italie. Les petits lacs vosgiens indiquent l'existence des anciens glaciers des Vosges. En Angleterre, ce qu'on appelle le *Pays des lacs* correspond à un grand développement glaciaire quaternaire. Enfin, en Norvège, en Suède et surtout en Finlande, le domaine des anciens glaciers est littéralement marqué de lacs. Il en est de même dans le nord de l'Amérique jusqu'aux limites du Canada et des États-Unis, où se trouvent justement les grands lacs.

Il y a donc une relation certaine entre les lacs et les glaciers. Il y a plus, les lacs sont un produit des glaciers. En effet, autour d'eux, on observe des alluvions anciennes inférieures et, par conséquent, antérieures au terrain erratique et aux boues glaciaires. Ces alluvions sont régulières. Les couches qui se trouvent au débouché du lac contiennent des cailloux ou roches du haut de la vallée. Ces roches ont été roulées tout le long du bassin du lac, qui dès lors ne devait pas exister. S'il en avait été

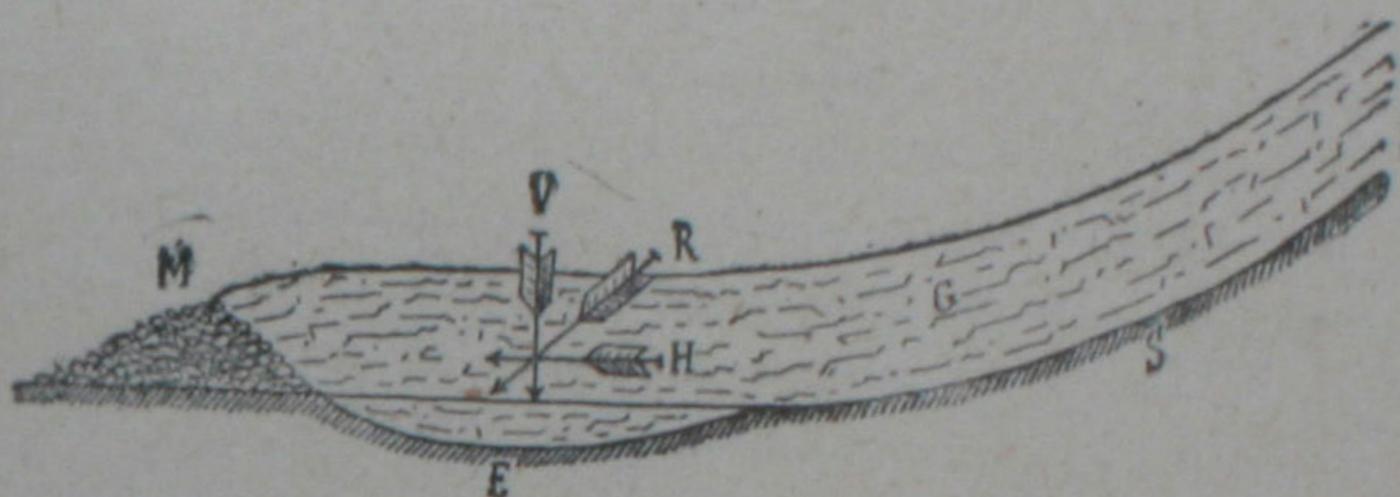


Fig. 107. — Creusement des lacs par les glaciers.

S. Sol primitif. — G. Glacier. — E. Excavation du sol, bassin lacustre. — M. Moraine terminale, en partie composée du terrain excavé. — V, R, H. Représentation de l'action dynamique. — V. Action verticale du poids. — H. Action horizontale de la poussée. — R. Résultante agissant obliquement et labourant le sol S.

autrement, au lieu de parvenir à son extrémité, elles seraient restées au fond.

Les lacs qui existent de nos jours ont des profondeurs qui atteignent 290 mètres au lac de Garde, 298 au lac d'Iseo, 587 au lac de Côme, et même 797 mètres au lac Majeur.

Ces profonds bassins ont été creusés entre le dépôt des alluvions anciennes et les temps actuels. Seule, l'extension des glaciers s'interpose entre deux ; c'est donc à elle qu'il faut attribuer le creusement des lacs.

Ce n'est pas seulement par suite des barrages produits par les moraines frontales, que les lacs se sont formés, puisque leurs bassins descendent bien au-dessous de la base des moraines ; c'est surtout par une action de creusement. Les glaciers, affouillant profondément les sols meubles, ont déblayé les grands bas-

sins remplis d'alluvions anciennes, et, après la fonte des glaces, ces bassins sont restés occupés par l'eau.

Les glaciers, comme nous l'avons vu, exercent une action des plus puissantes sur les terrains sous-jacents. Ils rongent et moutonnent les roches les plus dures : granites, quartz, quartzites, porphyres. On peut juger par là de ce qu'ils doivent produire sur les éléments meubles des alluvions. Nous avons constaté qu'ils entraînent ces matières meubles dans le sens de leur marche, comme le prouvent le polissage et le cannelage des roches en place, le striage et l'arrondissement successif, après de nombreuses fractures, des cailloux contenus dans les boues.

Les lacs se trouvent aux points du maximum de puissance et par conséquent d'action des anciens glaciers. D'après l'altitude des moraines latérales, on peut calculer qu'en ces points la hauteur de la glace, au-dessus du niveau actuel de l'eau, variait de 300 à 800 mètres. Chaque mètre carré de surface supportait donc un poids d'environ 300 à 800 000 kilogrammes. Cette pression verticale, combinée avec une force de poussée encore plus grande, dans le sens de la vallée, c'est-à-dire à peu près horizontale, a dû forcément, d'après les lois de la dynamique, donner une résultante agissant obliquement (fig. 107). C'est cette résultante qui a usé et moutonné les roches dures et affouillé profondément les dépôts meubles d'alluvions.

L'affouillement glaciaire, tant ancien qu'actuel, est démontré de la manière la plus certaine par l'existence de boue avec cailloux striés, formation de fond, dans les moraines frontales, à des niveaux bien supérieurs à celui du fond de la vallée. Ces boues avec cailloux striés ont forcément été refoulées et relevées par l'action des glaciers.

Bien plus, l'observation directe des glaciers actuels fournit des exemples frappants d'affouillements. Il y a une cinquantaine d'années, le glacier des Bossons, à Chamounix, était en voie d'accroissement. En avançant au sein d'un bois de sapins, il a affouillé profondément le sol, l'a soulevé et a porté, jusque sur le dos de ses moraines, arbres et terrain. De Billy, rendant compte de l'a-

vancement du glacier de Gorner, vallée de Zermatt (Suisse), en 1852, dit que les glaces « soulevaient devant elles le sol, comme un gigantesque soc de charrue ». L'observation directe des faits vient donc, tout comme les lois mathématiques, confirmer l'idée que G. de Mortillet a émise en 1859 du creusement des lacs des régions montagneuses par l'affouillement des glaciers.

J. Clifton Ward a démontré que les cuvettes de plusieurs lacs du Cumberland, région glaciaire, sont le produit d'actions d'excavation : lacs Derwentwater, Bassenthwaite, Buttermere, Crummock et Loweswater. Ces cuvettes ne se trouvent pas sur des failles et ne sont pas dues à des endiguements morainiques. Quel a pu être l'agent excavateur, si ce n'est le glacier lui-même ?

§ 7. **Extension des glaciers.** — Grâce aux données qui précèdent, on peut tracer assez exactement la carte de l'ancienne extension des glaciers.

Les petits centres glaciaires, disséminés actuellement sur les points les plus élevés des Alpes, formaient, au centre de l'Europe, une vaste région glaciaire, dont les grands lacs qui entourent la chaîne fixent à peu près les limites. La Suisse était entièrement couverte, à part quelques îlots à l'intérieur et un petit espace à l'extrême nord-ouest, du côté de Bâle. Les glaces, passant par-dessus le Jura, déversaient même un peu sur la France. Au delà du lac de Constance, elles empiétaient un peu sur Bade et le Wurtemberg. En Bavière, elles descendaient jusque vers Munich. En Autriche, elles occupaient tout le Tyrol, le Salzbourg, et atteignaient presque Linz. Le Scemmering avait aussi ses glaces. Toute la Carinthie en était remplie, jusque vers Klagenfurt. Toutes les vallées alpines du versant italien étaient également remplies, et l'on voyait le glacier du Tagliamento s'étaler dans la plaine jusque vers Udine; ceux de la Piave et de la Brenta réunis couvrir le plateau des Sette-Comuni; celui de l'Adige, après avoir occupé le lac de Garde, étendre ses moraines frontales jusqu'à Lonato, Castiglione, Volta, Sommacampagna; celui de l'Oglio s'étendre, au delà du lac d'Iseo, jusqu'à Adro et

Rovato; celui de l'Adda, après avoir traversé les lacs de Côme et de Lecco, couvrir la Brianze; celui du Tessin passer le lac Majeur, se jeter vers l'est et occuper toute la région du lac Varèse et des petits lacs; celui de la Doire d'Ivrée former, au delà de cette ville, un vaste hémicycle, qui se terminait à peu de dis-



Fig. 108. — Carte des glaciers des Alpes au quaternaire ancien moyen.
Échelle : 1/6 500 000.

Les hachures indiquent les régions recouvertes par la glace et les névés.

tance de Chivasso; enfin le glacier de la Doire de Suse, sur la moraine frontale duquel est bâti Rivoli, arrivait non loin de Turin. Dans les Alpes-Maritimes, les anciens glaciers seraient descendus jusque vers le confluent de la Tinée et du Var. Le glacier du Drac a dépassé Sisteron et s'est étendu jusqu'à Château-Arnoux. Plus de la moitié des départements des Hautes-Alpes et de l'Isère, ainsi que toute la Savoie et la Haute-Savoie,

étaient sous les glaces. Les glaciers du Rhône, de l'Arc et de l'Isère, réunis, envahissaient le nord du Dauphiné et le sud du département de l'Ain, et venaient largement s'étaler jusqu'à Lyon.

On a aussi signalé quelques petits glaciers locaux du Jura et du massif du Pilat, où il n'en existe plus.

Les Vosges avaient un massif glaciaire bien caractérisé, d'où partaient divers grands glaciers : Giromagny et Felleringen, en Alsace ; Ramonchamp, la Bresse et Gérardmer, dans le département des Vosges.

En traversant le Rhin, les montagnes de la Forêt-Noire présentent un autre massif glaciaire.

Dans le centre de la France, les massifs du Mont-Dore et du Cantal ont eu leurs anciens glaciers assez fortement développés. On observe aussi des phénomènes glaciaires à Ruines (Cantal) ; à Nasbinals, sur les limites du Cantal, de l'Aveyron et de la Lozère ; enfin à Costelades, dans la Lozère, sur les confins de l'Ardeche.

Dans les Pyrénées, l'extension des glaciers a été moins considérable que dans les Alpes. Elle y a pris pourtant un grand développement. Toutes les vallées intérieures étaient remplies par les glaces, qui parfois sont venues même largement s'étaler à leur débouché, comme on peut le constater en amont de Pamiers (Ariège), à Saint-Gaudens (Haute-Garonne) et surtout dans la vallée d'Argelès (Hautes-Pyrénées), dont l'amphithéâtre morainique dépasse beaucoup Lourdes.

En Espagne, on a signalé d'anciens glaciers dans la prolongation des Pyrénées, du côté des Asturies, et dans la Sierra-Nevada, Andalousie ; c'est-à-dire tout à fait au nord et tout à fait au sud de la Péninsule.

En Corse, un petit glacier ancien a été indiqué au sommet du Monte-Rotondo, au centre de l'île.

Bien plus étendus sont les glaciers quaternaires de la Grande-Bretagne. Ils étaient assez développés dans le Pays de Galles. Plus au nord, sur les limites de l'Angleterre et de l'Écosse, ils

occupaient ce qu'on appelle le *Pays des lacs* dans le Westmoreland et surtout le Cumberland. Ils prenaient encore plus d'extension en Écosse, principalement dans le massif des Grampians.

Toute la partie de la Norvège, de la Suède et de la Finlande marquée de lacs était aussi une terre recouverte d'énormes glaciers.

Les Carpathes et surtout le Caucase ont eu à l'époque quaternaire un grand développement glaciaire.

L'extension des glaciers a été aussi signalée en dehors de l'Europe. Il suffira de citer l'Himalaya et l'Amérique du Nord.

§ 8. **Conditions météorologiques.** — L'extension glaciaire a donc été considérable pendant le quaternaire ancien. On peut s'en faire une idée par le glacier du Rhône, qui actuellement n'atteint pas une longueur de 8 kilomètres, et qui avait alors un développement dépassant 400 kilomètres. Il était, par conséquent, cinquante fois plus grand. Quelle est la cause qui a pu produire cette énorme extension des glaciers?

Les glaciers sont le résultat de la transformation de la neige en glace. Cette transformation nécessite assez de chaleur pour fondre une petite portion de neige qui imprègne d'eau la neige voisine, et assez de froid pour regeler tout cet ensemble et le changer en glace. Cela suppose une température plutôt douce que rigoureuse, pourtant pas trop douce, car, neiges et glaces fondant, il n'y aurait plus de glaciers possibles.

En d'autres termes, la première condition de l'existence du glacier, c'est qu'il fasse assez froid pour qu'il tombe de la neige. La seconde, qu'il y ait une grande humidité afin que la neige soit abondante. La troisième, qu'il fasse suffisamment chaud pour que la neige fondante et imprégnée d'eau puisse se transformer en glace, sans pourtant fondre complètement.

Il en résulte que les données les plus favorables pour la grande extension des glaciers sont : froids modérés et très grande humidité de l'air.

En effet, pendant le magdalénien, époque à laquelle il faisait très probablement plus froid et incontestablement plus sec qu'au

moustérien, les glaciers se sont retirés. Actuellement encore, dans l'Himalaya, nous voyons les neiges et les glaces descendre beaucoup plus bas sur les pentes méridionales qui reçoivent les vents humides de la mer, que sur le versant septentrional soumis à l'influence de l'air entièrement sec du Thibet. Les cols et passages de la partie sud, bien moins élevés que ceux de la partie nord, sont bien plus tôt et plus longtemps obstrués par les neiges.

D'autre part, dans l'atmosphère fort humide de la Nouvelle-Zélande, le glacier de Waïau descend jusqu'à 212 mètres au-dessus de la mer et celui de Francois-Joseph même jusqu'à 115 mètres, au milieu d'une végétation des plus luxuriantes, parmi laquelle existent un palmier, l'*Areca sapida*, et des fougères arborescentes. Ces glaciers se trouvent entre le 43° et le 44° degré, c'est-à-dire à une latitude égale, sinon un peu inférieure à celle qu'atteignaient les anciens glaciers des Alpes-Maritimes et de la Durance.

De nos jours, on voit sur les côtes de la Patagonie, au sud de Chiloé, les glaciers descendre jusqu'à la mer par une latitude qui correspond à celle des lacs de Genève et de Neuchâtel. La grande extension glaciaire de l'Europe ne présente donc rien d'anormal.

Pour la justifier et l'expliquer, il suffit d'admettre une légère diminution dans la température et une grande augmentation dans l'humidité de l'air. Quelle a été la cause de ces deux changements météorologiques?

Tout d'abord, la grandeur des résultats produits frappant les imaginations, on s'est jeté dans les hypothèses cosmiques. Pendant la période glaciaire, a-t-on dit, notre système planétaire a traversé des espaces plus froids. Plus tard, on a supposé que, pendant toute cette période, des nuages s'étaient interposés entre le soleil et la terre. Pures rêveries, qui ne s'appuyaient sur rien et dont on sentit bientôt toute l'inanité. On fit alors intervenir le déplacement de l'axe de la terre et la précession des équinoxes. L'axe de la terre se déplaçant, les pôles se déplaçaient aussi et avec

eux le centre glaciaire. On alla jusqu'à calculer le mouvement de ce déplacement et par suite la durée des périodes glaciaires pour chaque partie du globe. Il n'y a qu'une objection majeure à opposer à tous ces beaux calculs, c'est que l'on n'a rien pu constater de régulier et de périodique dans les phénomènes géologiques, surtout dans les phénomènes glaciaires.

Inutile d'aller chercher si loin, il suffit, pour parfaitement expliquer le grand développement des glaciers, de faire quelques observations autour de soi.

La condition principale pour que les glaciers s'accroissent est une forte humidité. Cette grande humidité a existé au commencement et au milieu de la période paléolithique. Elle a laissé d'imposants témoins. Ce sont d'abord les alluvions qui remplissent le fond de toutes nos grandes vallées et qui s'élèvent sur leurs bords jusqu'à une hauteur de 30 ou 40 mètres, parfois même plus haut. Comme nous l'avons établi, ces vallées ont commencé par se remplir d'alluvions, puis s'est opérée une dénudation qui les a de nouveau recreusées. Ce double travail a forcément nécessité une abondance d'eau prodigieuse. Le débit de nos cours d'eau était alors beaucoup plus considérable que de nos jours. Ce qui le démontre, c'est que ces cours d'eau ont amené et emporté des graviers et des cailloux qu'ils ne peuvent plus charrier, quand bien même ils les trouvent tout arrondis sur leur passage.

Un autre genre de témoins de l'humidité des temps quaternaires anciens, c'est l'existence de nombreuses petites vallées d'écoulement, actuellement sans eaux. Nous n'en citerons qu'un exemple que l'on peut facilement vérifier. En allant de Creil à Amiens, en chemin de fer, on traverse un grand plateau de craie blanche coupé par quatre ou cinq petites vallées d'érosion, bien caractérisées par des talus et des terrassés, mais sans le moindre cours d'eau actuel au fond. Après Ailly, on rencontre une fort jolie vallée d'érosion, avec une terrasse, aujourd'hui complètement à sec. Elle est précédée et suivie de simples combes de dénudation. Pour que ces combes et ces petites val-

lées se soient formées, il faut forcément faire intervenir des eaux bien plus abondantes et bien plus puissantes que celles de nos jours. C'est la meilleure preuve que l'on puisse avoir de la grande humidité de l'atmosphère. Il pleuvait beaucoup dans la plaine, il neigeait proportionnellement sur les hautes montagnes, excellentes conditions pour le développement des glaciers.

D'où provenait cette humidité atmosphérique ?

De deux causes.

Nous connaissons déjà la première. C'est la grande mer ou le grand glacier du nord, qui, couvrant une bonne partie de l'Europe septentrionale, devait fournir d'abondantes vapeurs à l'atmosphère.

La seconde est tout à fait méridionale. Le grand désert du Sahara, qui nous envoie des vents chauds et secs, n'était pas aux temps quaternaires anciens ce qu'il est aujourd'hui.

Le niveau parfois inférieur à celui de la Méditerranée de ces immenses flaques d'eau saumâtre du Sud algérien et tunisien, désignées sous le nom de *Chotts*, l'aspect d'un dépôt récent de fond de mer que semblent avoir les sables du désert, la présence de coquilles marines fossiles et notamment du *Cardium edule*, ont pu faire croire, avec une certaine vraisemblance, qu'il y avait eu là une mer pendant le quaternaire moyen. Mais cette hypothèse, qui a eu ses beaux jours, est aujourd'hui fortement compromise. G. Rolland, qui a tant et si bien étudié le nord de l'Afrique, n'admet pas la mer saharienne quaternaire. Les dunes de sable du Sahara, dit-il, sont une formation aérienne de l'époque actuelle; l'amoncellement des sables, qui proviennent de la désagrégation des roches sous les influences atmosphériques, serait entièrement dû au vent. La présence d'eau salée dans les chotts serait le résultat du lavage des terrains de l'Atlas, qui sont presque tous imprégnés de sel. Enfin, les terrains récents du Sahara ne présenteraient pas de véritable gisement de fossiles vraiment marins. Le *Cardium edule* subfossile des chotts ne serait pas, d'après Tournouër, une espèce

purement marine ; ce serait surtout une espèce d'eau saumâtre.

Quoi qu'il en soit, les abords du grand désert prouvent que toute la région était autrefois bien plus arrosée que de nos jours. Partout les pentes sont rongées et coupées par des ravins profonds entièrement privés d'eau actuellement.

Il existe même de grands dépôts de tuf. Ch. Zittel en signale un près de l'oasis d'El-Khargueh, dans le désert Libyque. C'est une énorme nappe travertineuse qui couvre, sur une grande étendue, la surface d'une pente presque taillée à pic, d'une hauteur de 300 mètres. Ce tuf renferme des feuilles de dicotylédones et des tiges de graminées. Il est pourtant actuellement dans un lieu absolument dépourvu d'eau et de végétation.

On a également découvert des tufs sur divers points de l'Algérie et Rolland a décrit un travertin dans le voisinage d'Ouargla.

Prise entre une région recouverte d'abondantes neiges, au nord, et une région moins sèche qu'aujourd'hui, au sud, l'Europe devait avoir son atmosphère saturée d'humidité.

Quant à la température, refroidie par les glaces du nord et n'ayant pas pour la relever les vents brûlants du Sahara, ce grand calorifère actuel de l'Europe, elle a dû éprouver un notable abaissement.

C'est plus qu'il n'en faut pour rendre compte du grand développement des glaciers.

Est-il même nécessaire de supposer un froid intense ? Non.

La faune et la flore actuelles se montrant en grande partie pendant l'époque glaciaire, il faut en conclure que la température de cette époque n'était pas très inférieure à celle de nos jours. Elle devait seulement être plus uniforme ; il y avait moins de différence entre la saison chaude et la saison froide. Ce qui s'explique par la présence d'une forte humidité, qui tempérait les ardeurs du soleil en été et empêchait l'irradiation en hiver. C'est, du reste, ce qu'on observe à la Nouvelle-Zélande, où la différence entre la moyenne d'été et celle d'hiver ne dépasse

pas 7 degrés, tandis qu'en Europe elle atteint actuellement de 16 à 20 degrés.

§ 9. **Classement du phénomène.** — Il est très important de bien définir ce qu'a été le phénomène glaciaire et à quelle époque il se classe.

Tout d'abord, on doit se demander si ce phénomène a été

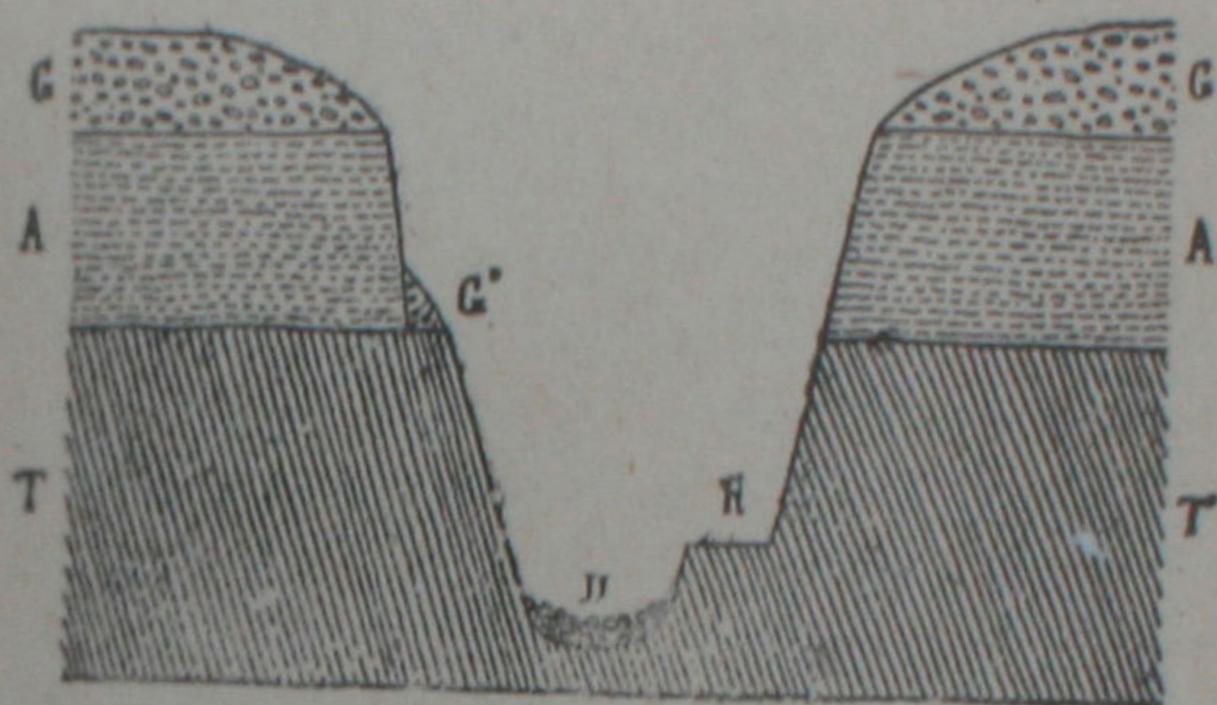


Fig. 109. — Gorge de la Drance (Haute-Savoie).

D. Lit de la Drance. — R. Route. — T. Couches presque verticales du trias. — A. Alluvions anciennes horizontales. — G. Boues glaciaires. — G'. Boues glaciaires tombées sur le sommet des couches triasiques, à la base des alluvions.

simple ou multiple. Y a-t-il eu une ou plusieurs périodes glaciaires ?

Une grande période glaciaire est incontestable, ainsi que nous l'avons vu.

Certains géologues ont cru en reconnaître deux. Mais leur opinion ne s'appuie que sur des observations exceptionnelles plus ou moins exactes. On a, par exemple, fait grand bruit d'une superposition, dans la gorge de la Drance, près Thonon (Haute-Savoie), de deux assises de boues glaciaires à cailloux striés, entre lesquelles existeraient de puissantes couches d'alluvions anciennes. Or, ce n'est là qu'un trompe-l'œil. La gorge de la Drance est ouverte dans des couches calcaires presque verticales. Sur la tranche supérieure de ces calcaires reposent direc-