

pérées avec des lits nettement glaciaires. Sur ce point, la zone neutre entre la mort et la vie doit avoir été plus étroite.

Partout ailleurs, de la calotte glaciaire jusque bien loin dans le sud, le sol devait être constamment balayé par un vent furieux et glacé, une sorte de mistral perpétuel causé par le retour vers l'Equateur de l'air ramené à zéro sur cet énorme appareil réfrigérant. Les faunes de toundra et de steppe, si bien étudiées par Nehring en Allemagne, correspondent à ces époques où le vent ne permettait pas aux arbres de vivre, même à plusieurs centaines de lieues du bord extrême de la coupole.

Il paraît y avoir eu quatre périodes comportant un grand développement de la calotte polaire. La première glaciation et les deux dernières n'ont que peu dépassé les bassins de la Baltique et de la Mer du Nord, mais le développement des phénomènes glaciaires a été cependant très grandiose dans les régions montagneuses. Les chicots de montagnes du centre de la France montrent les traces de glaciers formidables, contemporains du premier glaciaire, et que l'usure des cimes a empêché de se reproduire plus tard. Dans les Alpes, les glaciers du grand glaciaire ont au contraire entièrement raboté les moraines du premier.

Dans les intervalles des périodes froides, la température était d'abord supérieure à celle d'aujourd'hui. La faune à *Elephas meridionalis* et celle à *Elephas antiquus* comportent des espèces dont le genre de vie exigeait un climat doux, par exemple le magot, et des amphibiens exigeant des eaux constamment libres de glace, comme l'*Hippopotamus major* et son descendant amoindri l'hippopotame ordinaire. A partir du troisième interglaciaire les espèces adaptées au froid, rhinocéros laineux, mammouth et renne, dont la présence ne se constatait que par exception dans la couche inférieure, ne

quittent plus le pays jusqu'à leur entière destruction. Les périodes froides ne le sont plus assez pour leur interdire la vie dans les lieux abrités, et pendant les périodes chaudes, l'excès de la température n'est pas tel qu'ils ne puissent subsister dans les montagnes ou dans les forêts exposées au nord. De là de singulières coïncidences dans divers dépôts du pléistocène moyen et supérieur, et des mélanges déconcertants qui s'expliquent par les incursions estivales des espèces méridionales dans le nord, et les migrations hivernales des espèces du nord vers le midi, sous un régime climatérique à saisons très contrastées comme celui de nos pays à la fin du pléistocène.

**Causalité des glaciations.** — On ne sait rien de bien précis sur les causes des phénomènes glaciaires. Elles paraissent avoir été fort multiples, les unes générales et les autres locales. Les maxima de froid ont été dus pour chaque région à des conjonctures spéciales de causes, ce qui explique l'inégalité du phénomène dans les divers pays.

Pendant le miocène, la flore du Groënland et du Spitzberg avait de grandes analogies avec les flores actuelles des Canaries, de la Galice et de l'Irlande, elle suppose un climat très doux, plutôt chaud, et une grande humidité. Même en admettant un léger déplacement du pôle, que penser d'une pareille flore dans des régions où le soleil monte aujourd'hui si peu sur l'horizon l'été, où l'hiver est marqué par une nuit de plusieurs mois ? Il faut supposer qu'alors le soleil, plus grand, probablement moins chaud, éclairait à la fois les deux pôles du globe. Depuis, sa condensation s'est accusée, les pôles sont privés de ses rayons, et l'équateur les reçoit plus chauds. Le pléistocène paraît répondre à cette période de transition. Que le phéno-



mène ait été dû à des causes internes, ou que le soleil lui-même ait subi une action réfrigérante extérieure, il paraît certain que la crise a coïncidé avec la période météorologique tourmentée qui nous occupe. Le soleil n'était certainement pas durant le tertiaire tel qu'il est aujourd'hui (Blandet, Laparent, Faye).

Il est évident que la réduction de volume du soleil, et le changement dans l'incidence de ses rayons ont déterminé une condensation considérable de vapeurs atmosphériques. Il s'est produit en petit pour la vapeur d'eau ce qui s'était fait en grand quand le globe entier était passé de l'état gazeux à l'état liquide. De là, et pendant une longue période coupée d'alternatives, un régime de brumes épaisses, de pluies interminables et de neiges abondantes, et la cessation du rôle protecteur contre le refroidissement que jouait l'épaisse couche de nuages permanents du monde ancien.

Ce phénomène, sur lequel mon attention a été attirée par M. de Rouville, me paraît avoir eu sur le pléistocène une influence principale. D'autres causes générales ont exercé aussi une influence probable. Le général Drayson pense que le pôle décrit un cercle autour d'un point situé à  $6^\circ$  du pôle de l'écliptique, et à  $29^\circ 25' 47''$  du pôle. Vers 13700 avant J.-C., le cercle polaire pouvait ainsi coïncider avec le centre de l'Angleterre. Il est possible aussi que la théorie de Croll explique une partie des phénomènes, mais elle a le tort grave de n'expliquer facilement qu'un glaciaire, commençant il y a 240,000 ans, durant 160,000 ans et prenant fin il y a 80,000 ans à peu près. Pour quiconque a étudié les dépôts pléistocènes, alluvions de fleuves ou dépôts marins, il est bien difficile d'admettre une pareille durée du glaciaire, et une pareille ancienneté de sa fin. Ces dépôts, terrestres ou marins, partout où la glace n'est pas intervenue, ne représentent que bien peu

de chose auprès des couches vraiment géologiques <sup>1</sup>. Il ne s'agit plus, d'autre part, d'un seul mais de plusieurs glaciaires, de sorte que l'hypothèse de Croll s'appliquerait seulement au second. Il est possible enfin que des phénomènes géologiques internes aient produit un déplacement appréciable de l'axe de gravité, et par suite des pôles, à diverses reprises, mais cette cause est à peu près négligeable. Il faudrait un prodigieux changement d'équilibre, un soulèvement en masse de la moitié des terres du globe à deux ou trois mille mètres, pour faire varier d'un ou deux degrés la position du pôle. La cause dominante reste donc celle-ci : avant le pléistocène il n'y avait pour ainsi dire ni zones ni saisons, la paléontologie nous le prouve, et les périodes de lutte entre le chaud et le froid ont été la crise inaugurale du régime actuel.

1. Les dépôts laissés par les glaciers sont comparables par leur épaisseur à d'importantes formations géologiques, mais partout où n'ont pas agi ces formidables instruments d'érosion et de transport, les couches pléistocènes ne dépassent pas quelques mètres. Les dépôts glaciaires marins du nord de l'Europe ont de 40 à 200 mètres. Dans l'île de Seeland, un sondage a atteint 400 m. sans sortir de la couche. On évalue la masse totale des matériaux enlevés à la Scandinavie et aux régions voisines à plus de 700,000 kilomètres cubes. La Baltique et les lacs de Finlande, dus à l'érosion glaciaire, ont fourni une partie des matériaux, mais l'abrasion a dépassé 2,000 m. dans quelques régions de la Scandinavie. Dans la région du Léman, des sondages ont atteint une profondeur de 200 m. sans sortir de la couche des matériaux alpins apportés par les glaciers. Les alluvions de rivière ne dépassent, au contraire, généralement pas dix ou vingt mètres en France et en Allemagne. Plus au sud, la couche devient très faible.

Les couches marines sont à peu près négligeables. Cependant elles ont atteint une épaisseur plus grande dans certains dépôts de la Méditerranée, formés durant une période d'affaissement local lent et continu. Dans ce cas l'épaisseur des couches pléistocènes peut atteindre plusieurs dizaines de mètres.

En Chine, le loess, qui est une formation éminemment pléistocène, un dépôt de poussière et de boues, atteint dans la vallée du Hoang-Ho une



Des modifications importantes dans la répartition des eaux et la direction des courants se sont produites pendant le pléistocène. En Europe, les choses se sont passées comme si dans les périodes froides le Gulf-Stream fut arrêté très au large, à des centaines de lieues, par une barrière de terres basses, ne laissant accéder les nuages que refroidis et prêts à se résoudre en neige. Les effondrements considérables dans la région atlantique ont agi aussi comme causes directes de production de vapeur, et ont dégagé certainement au fond de la mer des quantités considérables de calorique, en partie dues à l'action mécanique et en partie à d'immenses épanchements basaltiques. Ces effondrements ont agi encore d'une manière plus directe, en soulevant d'immenses raz-de-marée qui balayaient les continents jusqu'à une grande hauteur. Les phénomènes

---

épaisseur de 600 m. C'est encore une anomalie dont l'explication sera impossible tant que le mode de formation du loess n'aura pas été expliqué.

Ces données ne concordent donc pas avec les chiffres de Croll. L'hypothèse de Croll peut cependant fournir des résultats plus satisfaisants, combinée avec celle d'Adhémar sur la précession des équinoxes. D'après cette théorie, l'hémisphère nord et l'hémisphère sud jouissant alternativement d'un été plus long, et souffrant d'un hiver plus prolongé, le maximum de refroidissement pour chacun d'eux constituerait une période glaciaire, dont l'intensité serait réglée par une combinaison avec les causes invoquées par Croll. La période d'Adhémar est d'environ 10,500 ans. Elle donnerait au pléistocène une durée de 50 à 60,000 ans, peut-être suffisante pour l'accomplissement des phénomènes d'érosion et de transport.

Il ne faut pas toutefois chercher à raccourcir trop les périodes glaciaires. Que l'on songe au temps nécessaire pour amener, à dos de glacier, un bloc de Finlande en Brandebourg ou de Suède en Angleterre. Avec la marche actuelle des glaciers il faudrait plusieurs milliers d'années. Mettons que le transport ait été dix fois plus rapide, il n'en a pas moins fallu, le glacier établi, des milliers et des milliers d'années pour transporter la prodigieuse quantité de matériaux détritiques indiquée plus haut.

diluviens, en effet, sont à peu près les seuls qui puissent expliquer la présence d'alluvions de plateaux dans diverses régions. Il suffit de se reporter aux récits du raz-de-marée qui accompagna l'explosion du Krakatoa pour comprendre l'élévation prodigieuse des lames que devaient produire des effondrements étendus, mille ou un million de fois plus vastes, et plus profonds.

Il n'y a pas à tenir grand compte des dénivellements lents. Ils ont agi simplement en modifiant la répartition des terres et des eaux, dans le N. O. surtout, mais ils n'ont élevé aucune région étendue à de grandes hauteurs. Des mouvements de bascule ont porté en Sicile, en Calabre, en Turquie, de petits lambeaux de terrain sicilien ou saharien à quelques centaines de mètres d'élévation, mais, d'une manière générale, c'est plutôt par une tendance à l'affaissement des terres que se caractérise le pléistocène. Ces périodes d'affaissement comportent des phases de compensation partielle qui sont les périodes chaudes, mais les époques froides paraissent avoir été toutes des périodes d'affaissement général. Il faut d'ailleurs retenir que le maximum de dépression ne coïncide pas dans l'espace et le temps avec celui de la coupole glaciaire et de l'extension des froids, de sorte que les dépôts nous renseignent surtout sur la faune marine du commencement et parfois de la fin de l'époque glaciaire correspondante. Il est bien certain que cet affaissement n'a pas été dû seulement à la compression par la calotte de glace, ou à l'attraction exercée par celle-ci sur les eaux, déterminant un bourrelet de la surface marine, ni à la contraction des matériaux de l'écorce terrestre par l'effet du refroidissement <sup>1</sup>.

---

1. Drygalski a calculé que le granit se dilate de 8 à 9 millionnièmes lorsque sa température augmente de 1°, pour 5 ou 10 degrés la dilata-



A titre d'exemple, la côte scandinave était, avant le pléistocène, de 1,000 m. environ au dessus de son niveau actuel dans la région des fiords, qui, naturellement, n'ont pas été creusés sous l'eau. Pendant le quatrième glaciaire, la Scandinavie méridionale était de 300 m. environ au dessous du niveau actuel. Les dénivellations ont été généralement moins considérables dans le reste du N. O. de l'Europe, à peu près 40 m. seulement pour l'Ecosse et moins pour l'Angleterre. Evidemment des causes géologiques locales sont intervenues comme élément principal dans ces dénivellations.

**Formation de l'Atlantique.** — L'événement géologique du pléistocène est la formation de l'Atlantique. Jusqu'alors et depuis le crétacé supérieur la grande masse des eaux dans l'Occident de l'hémisphère nord affectait la forme d'une bande irrégulière, s'étendant depuis le N. de la Perse jusqu'au fond du Golfe du Mexique, et dont l'étendue longitudinale et les contours ont varié suivant les époques dans des proportions considérables. Les régions couvertes aujourd'hui par l'Atlantique Nord étaient un continent fort ancien, dont les débris nous montrent encore en Irlande, aux Færøer, en Islande, au Groënland, dans le N. E. de l'Amérique, des traces de lits charbonneux à flore et à faune terrestres. Plus au N. il y avait probablement de vastes étendues d'eau, mais d'eau tiède, car les couches du Spitzberg nous montrent une flore tempérée

tion serait de 40 à 90 millionnièmes. Il suffirait d'une dilatation de 4 millionnièmes pour expliquer les relèvements produits en Scandinavie depuis l'époque glaciaire. Réciproquement l'affaissement général de la région circumpolaire pourrait être en partie expliqué par la perte de chaleur pendant les périodes glaciaires, perte très incomplètement récupérée depuis, mais cette cause ne peut être invoquée seule, car les affaissements précèdent toujours les maxima de froid.

chaude, et on a trouvé au N. du Groënland, à Discovery-Harbour, par 81° 48', le *Taxodium distichum* qui vit actuellement au Mexique.

On peut voir dans l'ouvrage célèbre de Suess, et surtout dans l'édition française publiée par M. de Margerie sous le nom de *Face de la terre*, (t. I, part. 2, ch. iv), le résumé des vicissitudes de cette mer parallèle à l'Equateur et dont la faune avait une grande uniformité à chacune de ses époques. Les formations à polypiers de Saint-Barthélemy, leurs équivalents de Cuba, de la Jamaïque, représentent les bancs à polypiers de Castel-Gomberto et de Crosara en Europe : *Trochosmilia subcurvata*, *arguta*, *Stephanocœnia elegans*, *Astrocœnia multigranosa*, *Ulophylla macrogyra*, *Porites ramosa*. *Cidaris melitensis* existe dans plusieurs des Antilles, en compagnie d'espèces proches parentes de celles du calcaire supérieur de Malte, comme *Schizaster Loveni*, *Brissopsis Antillarum*. La différenciation s'accuse dans les étages supérieurs; une cause, sur la nature de laquelle on n'est pas fixé, mais qui ne comporte pas l'existence d'une séparation complète, empêche la diffusion des faunes.

Le pléistocène débute par l'effondrement de vastes parties de ces régions, permettant à la faune du plus extrême Nord de pénétrer jusque dans la Méditerranée pendant les divers glaciaires. Pendant tout le pléistocène se sont succédé ces effondrements, dont les derniers ont donné lieu à la légende de l'Atlantide et à d'autres analogues. Ces cataclysmes, le mot est purement exact dans ce cas, ont été très rapides. Presque tout le travail de formation de l'Atlantique Nord s'est fait ainsi dans la période si courte du pléistocène, quelques dizaines de mille ans au plus. Ces phénomènes soudains, dus à des ruptures de voûtes, ont été accompagnés de mouvements de bascule lents et plusieurs fois répétés au N. O. de l'Europe. Le



résultat définitif a été la formation de ce vaste bassin qui s'étend depuis le pôle jusqu'à l'Equateur, où il se joint au grand système maritime austral.

La direction nouvelle des eaux, suivant les méridiens, fait croix avec la mer tertiaire dont il reste seulement les deux extrémités, le Golfe du Mexique et la Méditerranée. L'aspect des régions américaines a donc profondément changé depuis le pliocène et ce phénomène a été général sur tout le globe. Au régime des mers peu profondes et enchevêtrées dans un système d'archipels et de terres découpées a succédé un régime de continents compacts et de vastes et profonds océans.

**Les faunes.** — Les vicissitudes du climat ont entraîné d'une manière nécessaire une grande vicissitude de faunes. Les espèces de la fin du pléistocène sont en grande partie nouvelles, et les plus caractéristiques du commencement de cette époque ont disparu. Ces dernières sont cependant moins nombreuses qu'il ne paraît d'abord. Il faut distinguer les espèces vraiment éteintes, disparues sans descendance, comme l'*Elasmotherium* ou le *Megaceros*, de celles qui ont survécu dans des formes mieux adaptées, comme l'*Elephas meridionalis* N. dans l'*E. antiquus* F., celui-ci dans l'*E. primigenius* Bl. et l'*E. Africanus*, L., ce dernier encore vivant. Pour les rhinocéros, les éléphants, les chevaux, les bœufs, etc., la transition des espèces est insensible, et il existe, par exemple, dans la collection Sirodot, tous les intermédiaires entre les formes éteintes et vivantes d'éléphant. Tous ceux qui ont eu à classer des mammifères pléistocènes, et qui se sont maintes fois butés à l'impossibilité de rapporter un exemplaire à une espèce plutôt qu'à une autre, savent à quoi s'en tenir sur l'extinction des espèces. En réalité, à part *Machærodus latidens*, *Elasmotherium*, *Trogontherium*, et quelques hippopotames et éléphants minuscules

de Crète, de Sicile et de Malte, les espèces pléistocènes d'Europe et de Sibérie survivent toutes. La faune pléistocène de l'Amérique a été, au contraire, prodigieusement réduite en grandes espèces <sup>1</sup>. Il en est de même pour les petits animaux et les plantes, il n'y a pas plus d'une dizaine des uns et des autres qui aient disparu sans descendance. Quant aux espèces disparues de chez nous mais qui survivent ailleurs, comme les cerfs, les hyènes et les félins pléistocènes, *Machærodus* excepté, c'est à tort qu'elles sont parfois appelées éteintes.

Cette dernière catégorie est généralement qualifiée : animaux émigrés. Cela ne veut dire aucunement que le climat ayant cessé de leur convenir, ils aient été chercher fortune ailleurs. En réalité, à mesure que le climat variait, chaque espèce s'éteignait sur une partie de son aire, et envahissait au contraire de nouveaux territoires devenus appropriés à sa constitution. Cette remarque a son intérêt. Elle nous permet de comprendre que le renne de France pouvait avoir un tempérament

1. Le globe entier était couvert durant le pléistocène moyen d'une faune de mammifères gigantesques, éléphants, rhinocéros, édentés, ruminants, marsupiaux. Toute cette faune est éteinte, à part deux espèces d'éléphants et trois ou quatre de rhinocéros, qui survivent en Afrique et en Asie. L'Amérique du Nord a perdu *Mastodon ohioiticus*, *Elephas Colombi, americanus*, *Mylyodon*, *Megatherium*, *Megalonyx*. Toute cette faune s'est éteinte depuis la fin du pléistocène. On la trouve dans les brèches et dans les grottes des Grandes Antilles et des Bahamas, jusqu'à Anguilla, dans l'est extrême du système des Grandes Antilles. Toutes ces terres faisaient, comme nous le verrons plus tard, partie du continent. L'Amérique du Sud a perdu de grands félins, *Machærodus neogæus*, *Feles protopanther*, des chameaux, *Macrauchenia*, *Protauchenia*, et toute une faune singulière d'édentés, de tatous : *Chlamydotherium*, *Glyptodon*, *Eutatus*, *Panoctus*, *Dædicurus*, *Toxodon*. Tant dans le Nord que dans le Sud, quelques espèces ont végété jusqu'à une époque récente, le dernier mastodonte aurait été tué au siècle dernier et le bison a été exterminé de nos jours. L'immense majorité des espèces n'existait déjà plus à la fin du pléistocène.