

## Une mer se rétrécit

En l'an 2010, la sixième des plus grandes étendues d'eau intérieures de ce monde (auparavant la quatrième) pourrait bien avoir disparu.

De 1960 à 1987, le niveau de la mer d'Aral, en Union soviétique, a baissé de plus de 13 mètres; sa surface s'est rétrécie de 40 pour cent et son volume de 60 pour cent. Elle ne laisse sur ses rives qu'un désert salé.

Du temps de Staline, dans le cadre des mesures de

l'Union soviétique pour assurer son autarcie dans la production du coton, on commença à détourner l'eau des deux principales sources d'alimentation de cette mer,

le Syr-Daria et l'Amou-Daria, afin d'irriguer des centaines de milliers d'hectares de cultures de coton.

Herbicides et pesticides ont encore compliqué le

problème. La détérioration de la qualité de l'eau potable, dans la région, est à l'origine de maladies intestinales, de cancers de la gorge et de malformations congénitales parmi les habitants.

Le gouvernement soviétique a mis au point un programme étalé sur 20 ans, visant à empêcher tout dessèchement supplémentaire de la mer, en modernisant les systèmes de drainage et d'irrigation, et en réduisant la consommation d'eau.

L'eau détournée de la mer d'Aral irrigue le coton d'Uzbek.



aux l'au- 0 fr. joint e de fon : face, eurs, nité- lieu, assée logie e. » l'avec dans 'el. » des de pro- de fr. une sins fr. t-à-

BIBLIOTHÈQUE HISTORIQUE

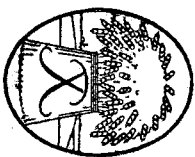
ED. LE DANOIS Dr Sc.

Ancien Directeur de l'Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

# LE RYTHME DES CLIMATS

DANS L'HISTOIRE DE LA TERRE  
ET DE L'HUMANITÉ

Avec 18 cartes et figures.



PAYOT, PARIS  
106, boulevard Saint-Germain

1950

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

## PRÉFACE

Tous ceux qui travaillent loin des villes, tous ceux dont la vue n'est pas perpétuellement limitée par l'alignement implacable des hautes façades des maisons, les marins, autour desquels règne le grand cercle du large, les paysans, isolés dans les vastes plaines où s'étalent les prairies verdoyantes ou les champs dorés des épis, les chasseurs et les gardiens de troupeaux qui errent sur le gazon fleuri des steppes ou à travers les hautes herbes frissonnantes des pampas, les montagnards grimpaient dans l'éternelle blancheur des neiges, tous ceux qui vivent dans la nature et puisent leurs moyens d'exister dans sa prodigieuse fécondité, s'arrêtent parfois au milieu de leur labeur et embrassent d'un regard circulaire l'horizon lointain pour y chercher les signes qui peuvent fournir à leur longue expérience des indices sur le temps probable du lendemain ; la menace de l'orage accentue sur leur front les rides qu'y ont creusées les intempéries ; leur visage s'éclaircit d'un reflet paisible quand le soleil se couchant dans toute sa gloire annonce le calme pour plusieurs heures. Mais les aspects variés du ciel ne peuvent permettre que des prévisions pour un avenir tout à fait immédiat et cependant tous voudraient savoir quel sera le caractère des saisons prochaines, deviner si l'hiver sera rigoureux, si l'été sera torride, si les pluies donneront à la terre une fertilité bienfaisante ou noieront au contraire les moissons sous leurs cataractes violentes, si les tempêtes empêcheront la poursuite du gibier ou du poisson. Et dans tous les métiers qu'ils exercent à l'air libre les hommes ont cherché des symptômes précurseurs des climats saisonniers. Le paysan dénombre avec soin les enveloppes multiples dont les oignons se couvrent avant l'hiver et note avec attention le moment où les oisiveurs migrateurs partent pour leurs longs voyages, le chasseur examine les écoureuls pour savoir s'ils accumulent d'abondantes provisions ou palpe l'épaisseur de la fourrure des bêtes de la forêt. Mais toutes ces indications sont bien précieuses et les événements démentent le plus souvent les suppositions auxquelles elles ont servi de base.

Aussi depuis les temps les plus reculés les hommes se sont tournés vers les Dieux pour les supplier de modifier favorable-

ment les conditions de l'atmosphère, de leur épargner le déchaînement des vents et des ouragans, de leur amener l'eau vivifiante du ciel dans les périodes de sécheresse.

Aux temps actuels, la Science a tenté de se substituer aux divinités et les savants ont remplacé les devins et les sorciers : les météorologistes ont pris le monopole des prédictions ; ils tentent de trouver des méthodes et cherchent à perfectionner leurs instruments d'observation ; ils ont découvert les hautes et les basses pressions et dressent avec soin chaque jour les cartes des isobares. Mais cette précision apparente réserve fréquemment des surprises et les cyclones et anticyclones ne gravitent pas toujours dans le sens désiré. Comme la science nouvelle est encore dans son enfance, elle a cru, dans son enthousiasme juvénile, pouvoir se suffire à elle-même et, chargée d'étudier l'atmosphère, elle a considéré que celle-ci était absolument indépendante du reste de la planète et puisait en elle-même les facteurs de ses variations. Comme les hommes primitifs, les météorologistes ont levé la tête vers le ciel et ont cru tout y trouver ; là où ils ne pouvaient atteindre, ils ont envoyé des ballons-sondes pour scruter la stratosphère, mais ils n'ont jamais songé à regarder à leurs pieds, la terre ferme et l'océan immense. Ils ont oublié que la masse des eaux recouvre plus des trois quarts de la surface de notre planète, que le milieu liquide est moins inconstant que le milieu gazeux et que, par son volume et la persistance de ses réactions, il constitue le plus puissant des régulateurs thermiques. L'air est instable par définition, la mer au contraire représente un élément constant. L'influence de l'air sur l'océan est presque nulle ; le vent par la formation de la houle en ride seulement les couches superficielles, et là s'arrête à peu près toute son action ; l'atmosphère reçoit beaucoup et donne peu ; elle s'échauffe à partir des accumulateurs de la chaleur solaire que les eaux marines ou les sables désertiques ont emmagasinés, elle se refroidit au contact de la banquise et des neiges des hautes montagnes ; elle véhicule du chaud et du froid, elle n'en produit pas. Et cependant les météorologistes n'ont pas encore compris que la solution des problèmes qu'ils étudient ne réside pas dans les fluctuations journalières des pressions barométriques, mais dans la cause même de ces fluctuations qui dépendent essentiellement des conditions de température de la masse océanique et des soles

continentaux. Il ne viendrait pas à l'idée d'étudier la vapeur en faisant abstraction de l'eau en ébullition qui l'a produite, mais la météorologie, née d'hier, se passe des données de l'océanographie et de la climatologie terrestre ; bien plus, elle affirme que c'est au contact de l'air que la mer et le désert se réchauffent, et prenant les effets pour les causes, fait d'Éole le maître du monde.

Ce n'est certes pas dans l'océanographie qu'il faut rechercher les moyens de prédire à coup sûr le temps du lendemain, mais par contre l'étude des grands mouvements internes de la masse océanique peut fournir d'utiles indications sur les rythmes des climats terrestres. Ceux-ci obéissent à une périodicité qui ne relève pas de variations locales et momentanées, mais embrasse le cours des siècles. C'est dans le monde stellaire et planétaire qu'il faut aller chercher les causes réelles des phénomènes qui se présentent à nos yeux dans le cadre étroit de la surface de la Terre et c'est aux astres que nous devons nous adresser quand il s'agit de déterminer les lois fondamentales auxquelles obéissent toutes choses en ce bas monde.

Tous les savants, astronomes, physiciens, géologues, historiens et même météorologistes se trouvent être exceptionnellement d'accord pour reconnaître que la Terre, depuis son origine, a connu des variations climatiques extrêmement importantes ; puis ce principe étant admis, ils en examinent les conséquences dans la branche qui les intéresse directement, sans tenir en général de rechercher les causes des changements qu'ils constatent.

En ce qui concerne l'époque actuelle, les géographes ont réussi à établir une classification rationnelle des climats et en ont étudié en détail la distribution ; ils ont trouvé dans les zoologistes et surtout dans les botanistes des auxiliaires utiles ; des lois précisent les rapports de la faune et de la flore avec les conditions de température, d'hygrométrie, d'altitude ; le tapis végétal est parfaitement connu sur la plus grande partie des masses continentales ; dans le domaine marin, l'océanographie fournit de même de sérieuses indications sur les facteurs physico-chimiques qui caractérisent les océans de la surface aux grandes profondeurs et influent sur la répartition des êtres vivants. Toutes ces données constituent les bases fondamentales de la Climatologie et de plus la météorologie s'efforce d'en montrer les variations journalières.

Mais dès qu'on essaie de remonter dans le passé pour reconstruire les mêmes données, la précision fait immédiatement place à l'incertitude et l'on entre aussitôt dans le domaine des hypothèses. Il n'existe pas de science qui ait réalisé la synthèse des connaissances fragmentaires que nous possédons sur ce sujet ; et l'on ne saurait s'en étonner, car une science digne de ce nom doit posséder ses méthodes spéciales d'investigation permettant le groupement d'observations contrôlées et effectuées d'après une échelle de mesures bien déterminée et unique. Or on ne trouve rien de semblable quand il s'agit de la Climatologie du passé de la Terre ; les divers savants qui s'en sont occupés ne parlent pas le même langage et par suite de la nature même de leurs études ont des appréciations bien différentes sur la valeur du temps. Pour un historien, un siècle représente une durée appréciable, au cours de laquelle se passe une foule d'événements ; l'anthropologiste commence à compter par millénaires ; le géologue calcule par centaines de siècles et encore quand il s'agit de périodes relativement récentes ; mais il fait pierre figure à côté de l'astronome : celui-ci pour préciser les distances planétaires et stellaires se sert de chiffres qui échappent à notre compréhension avec des unités comme l'année-lumière, dont l'effrayante valeur (10<sup>13</sup> kms) dépasse les limites de toute faculté de représentation pour le cerveau humain. Aussi les données fournies par ces différentes disciplines intellectuelles ne sont-elles pas conciliables et manquent de toute possibilité de corrélation.

Or pour connaître les variations climatiques de la Terre depuis son origine, il faut cependant faire appel à cette documentation hétéroclite. En effet elles se trouvent implacablement liées aux grands rythmes cosmiques dont elles sont des conséquences directes. Il est indéniable que les changements thermiques et hygrométriques de l'atmosphère terrestre dépendent de phénomènes obéissant à des périodicités complexes et multiples ; leur importance et leur amplitude sont d'autant plus grandes que leurs rythmes portent sur de plus longues durées.

C'est très près de nous que nous trouvons la cause des petites variations de climat, car elles relèvent du satellite de notre planète. A un degré plus élevé, nous nous trouvons en présence de l'influence du Soleil lui-même et particulièrement de ses rapports avec la Terre et la Lune ; ces phénomènes par suite de leurs cycles

relativement courts ont pu être étudiés avec une certaine précision, mais d'autres changements plus grands, embrassant des espaces de temps beaucoup plus longs, se sont produits dans les âges lointains et alors c'est au delà des limites du système solaire que l'on doit rechercher les motifs qui les ont déterminés et c'est au plan stellaire qu'ils doivent être rattachés. Les évaluations de ces rythmes d'énorme amplitude deviennent des plus hasardeuses ; elles échappent à tout calcul précis et ne doivent être considérées que comme de pures hypothèses.

Pour confirmer ces variations dans la climatologie géologique il faut arriver à caractériser l'ambiance thermique d'une époque donnée ; mais il est très difficile de trouver à ce sujet des critères certains. On ne peut par exemple se fier à la biologie des survivants d'une classe animale en partie disparue ; ce n'est pas parce que les éléphants vivent actuellement sous les tropiques qu'il faut en conclure que tous les Proboscidiens appartenant à la faune équatoriale ; l'exemple du Mammoth prouve largement comment une semblable méthode nous induirait en erreur. Malgré tout, quand tous les êtres rencontrés dans un gisement relèvent de familles ayant encore actuellement le même habitat, on peut présumer que ce gisement était placé dans des conditions qui devaient être fort proches de celles où se maintiennent ces espèces ; un fossile isolé ne prouve rien, mais une faune fossile peut permettre quelques déductions climatologiques. Quand il s'agit d'animaux marins, on doit être encore plus circonspect ; nous avons en effet montré dans un autre ouvrage<sup>1</sup> que des êtres appartenant à des communautés biologiques fort différentes peuvent résider dans la même localité, mais à des niveaux superposés ; il arrive fréquemment que dans les couches superficielles de la mer s'épanouisse une faune de caractère tropical, alors qu'au même endroit dans les profondeurs vivent des types arctiques, entraînés dans les grands fonds par les lois de la sténothermie. Et cependant nous n'avons guère d'autres documents pour définir le climat d'une époque géologique. Le témoignage des roches peut permettre quelques interprétations : la présence de formations désertiques indique une période chaude et sèche ; les couches de houille marquent des époques de caractère

1. Les profondeurs de la Mer, Trente ans de dragages au large des côtes de France. Payot, 1948.

tropical ; les époques glaciaires laissent aussi leurs traces sous forme de blocs erratiques ou de galets striés ; elles se notent encore mieux par de profondes transformations faunistiques, la disparition des massifs coralliens et des espèces tropicales. Tous ces renseignements sont incomplets et sporadiques ; en dépit de ces difficultés, nous tenterons dans les pages qui suivent de faire revivre les ambiances climatiques qui se sont succédées sur la Terre depuis les temps les plus lointains et même de rechercher les rythmes qui ont entraîné leur apparition périodique au cours des âges successifs.

Puis sans remonter aussi loin dans le passé nous suivrons les effets que ces variations ont eu sur l'histoire de l'humanité et rechercherons leur influence sur l'évolution lente des civilisations. Après une esquisse incertaine des temps préhistoriques, nous trouverons des données plus sûres quand nous aborderons les périodes antiques dont quelques annales ont été conservées. Nous ne craindrons pas, quand les données scientifiques précises nous feront défaut, de faire appel aux traditions et même aux légendes ; quelle que soit la force de l'imagination humaine, il est bien rare en effet qu'elle forge de toutes pièces un ensemble de faits ; elle se borne à les idéaliser et à les exagérer et les récits que se transmettent les hommes reposent presque toujours sur un fond de vérité. Et même quand cet antique patrimoine des connaissances de notre race présentera trop de lacunes, nous entrerons dans le pur domaine des hypothèses, espérant que l'avenir se chargera de les vérifier.

Enfin dans les temps modernes, nous examinerons notre histoire nationale et tenterons de montrer que les grands et les vicissitudes que notre pays a connues à travers les siècles dépendent aussi du rythme des climats, et à l'appui de cette thèse hardie nous utiliserons les variations du costume et de la mode qui apportent un précieux témoignage de ces changements météorologiques. Un essai de définir la position de notre époque dans cette succession complète servira de conclusion à ce livre. Je tiens à reconnaître que j'ai été aidé puissamment dans mon travail par l'affectueuse collaboration de ma fille Yseult. Le Danois qui a bien voulu m'apporter son concours dans la documentation de cet ouvrage.

AVRIL 1950.

E. L. D.

# LE RYTHME DES CLIMATS

## INTRODUCTION

### LES DIEUX ET LES CLIMATS

La complexité des phénomènes naturels qui régissent l'atmosphère et leur irrégularité donna aux hommes les plus primitifs l'idée que ces étranges variations devaient être soumises à la volonté ou aux caprices d'êtres surnaturels et divins ; et en personnifiant les éléments, ils différencièrent les formes multiples des climats. Ils furent avant tout impressionnés par les orages et la foudre et d'une façon générale attribuèrent au plus puissant de leurs dieux le pouvoir de déchâtrer les ouragans et de frapper avec le feu du ciel. Dans les pays de sécheresse, les divinités qui président aux ondes bienfaites de la pluie sont l'objet de cultes particulièrement fervents ; dans les régions où les sources et les rivières sont nombreuses, les génies de la pluie se confondent le plus souvent avec ceux des cours d'eaux.

Ayant remarqué que les orages sont accompagnés de fortes averses qui, très souvent, commencent après un coup de tonnerre, les hommes considérèrent que le bruit était générateur de l'eau celeste et pour l'attirer s'ingénierent à produire les vacarmes les plus discordants : les instruments de cuivre, les cris, les hurlements, les chants accompagnèrent les invocations vers les eaux fertiles ; c'est sans doute de ce tumulte antique qu'est née l'expression qui a persisté jusqu'à nos jours : chanter faux pour faire pleuvoir ; qui a persisté jusqu'à nos jours : chanter faux pour faire pleuvoir ; plus tard la puissance donnée au verbe, à la parole parlée, se substituait au fracas ancestral qui fut remplacé par l'incantation.

### LES POPULATIONS CIRCUMPOLAIRES.

Sur les bords de l'Océan Arctique et en Russie septentrionale, les Votjaks, les Zirianes, les Tchérémisses ont pour religion un animisme élémentaire et n'ont pas encore nettement dégagé les génies inimmorables de la nature, des objets ou des êtres auxquels ils communiquent leur pouvoir vital. Parmi les forces climato-

logiques figurent Obin-murt, le génie de la pluie et Guduri-mumi, la mère du Tonnerre. Les Lapons ont incarné le dieu de la Foudre dans le tronc du bouleau.

Toute la race finno-ougrienne est profondément pénétrée par le chamamanisme et croit à une action sur les forces de la nature à l'aide d'incantations magiques. Dans le Kalevala, la grande épopée finnoise, « dès que Vainämöinen, le barde imperturbable, se met à chanter en s'accompagnant de son kantélé, tous les animaux s'approchent pour écouter avec ravissement les accents de la joie ; l'austère vieillard de Tapiola, tout le peuple des forêts, la souveraine des bois elle-même, accourent pour jouir de la belle harmonie ; l'aigle déserte son aire, le canard sauvage les vagues profondes ; les belles vierges de l'air prêtent aussi une oreille attentive à la voix du grand héros ; Kuuhtar, la fille splendide de la lune ; Päivätär, la fille glorieuse du soleil, laisse tomber sa navette et fuseau ; Ahto, le roi des vagues bleues à la barbe de gazon, s'étend au dessus de la voûte humide sur un lit de nénu-phars ; les vierges du rivage, à la parure de roseau, en oublient de lisser leurs riches chevelures, cependant que la souveraine des ondes, la vieille femme au sein enveloppé de saules, surgit des profondeurs de la mer pour écouter la surprenante mélodie du « kantélé... » Dans ces pays le rôle de premier plan appartient au Froid ; celui-ci est déchaîné par les enchantements de Louhi, la dame de Pohjola, le mystérieux pays des sorciers du Nord, qui prononce l'incantation : « O Froid, mon tendre fils, va où je t'invoite, fais que le navire de l'audacieux soit enchaîné par les glaces ». Et le Froid se met en devoir de soumettre la mer à sa puissance : dès la première nuit, il s'attaque aux golfes et aux lacs ; la nuit suivante il déploie une violence terrible, les glaces s'élèvent d'une aune ; mais grâce aux paroles toutes puissantes, le héros poursuivi par la dame de Pohjola sait résister aux redoutables attaques du Froid. En plus de ces multiples génies de la nature, le Kalevala cite parmi les Dieux : Jumala, ancien dieu du Tonnerre, dont le chêne est l'arbre sacré, et Ukko, père antique, qui règne dans le ciel, rassemble les nuages et fait tomber la pluie.

On retrouve le chamamanisme chez les Eskimos ; les forces naturelles sont les Innua, qui peuvent devenir les protectrices des hommes sous le nom de Torngak. Par leur volonté, il peut arriver qu'un humain ayant été dévoré par un ours, retrouve une seconde existence et il devient un sorcier ou Angakok. A ce titre il a le pouvoir d'amener le beau ou le mauvais temps et d'aller chercher les phoques au fond de la mer. Les Eskimos révèrent Nooltaikok,

l'esprit des icebergs, personnage bienveillant qui peut aussi protéger des phoques à ceux qui l'invoquent. Ces précieux animaux sont encore susceptibles d'être conduits vers les chasseurs pieux par Agloolik, qui règne dans les cavernes de glace.

#### LES POPULATIONS AFRICAINES.

Pour retrouver des croyances aussi primitives, il faut quitter les régions polaires pour venir les chercher sous la chaleur africaine. Les Bochimans ou Bushmen, pour attirer la pluie dans le désert aride du Kalahari, allument de grands feux qui provoquent la formation d'épais tourbillons de fumée noire, rappelant les nuages d'orage ; ces cérémonies sont accompagnées par des danses et des clameurs. La caméléon a le pouvoir de faire tomber l'eau du ciel, aussi lui adresse-t-on de ferventes prières.

Chez les Bechuana, les Bassouto, les Baronga, les sorciers ou inanga possèdent le don de faire pleuvoir ; ils gardent les nuages comme les boeufs d'un troupeau et sont pour cette raison appelés les bergers des cioux. L'invocation est accompagnée du sacrifice d'un boeuf noir, qui évoque les lourds nuages sombres chargés de pluie.

En Guinée, c'est par l'intermédiaire des fétiches que les naturels peuvent faire appel au dieu suprême qui influe sur toutes les conditions atmosphériques. Au Dahomey, où règnent les cultes sanglants, le Dieu du Tonnerre exige sacrifices et offrandes, mais son serviteur, le Serpent Arc-en-Ciel est un personnage doux et bienfaisant. Au Mozambique, le dieu du ciel est Tilo, qui agit sur le climat. Dans toutes ces contrées de l'Afrique Noire, la pluie est appelée par des vociférations au bruit du tam-tam et de tous autres instruments.

A Madagascar, le dieu suprême Ndrimanahary ayant envoyé son fils Atoakolohiona sur la terre, ce dernier en trouva la surface desséchée et brûlante et se réfugia dans ses profondeurs et n'en revint pas. Les hommes se mirent à sa recherche et le dieu tout puissant, pour les nourrir et les récompenser fit tomber la pluie pour les rafraîchir et leur permettre la culture des plantes.

#### LES CONSTRUCTEURS DE MÉGALITHES.

Le fond de croyances primitives que nous trouvons dans les régions circumpolaire et africaine a disparu totalement de l'Europe et de l'Asie antérieure et il est très difficile d'avoir des données précises sur les religions des races qui construisaient les mégalithes et dressèrent en particulier les menhirs. Il est à peu près certain qu'elles avaient étudié les phénomènes célestes, et l'orientation des

alignements de Carnac fournit une preuve de leurs connaissances astronomiques. Mais ces pierres dressées devaient avoir en outre bien d'autres vertus ; une légende bretonne, qui paraît s'être conservée intacte à travers les âges et les religions, donne à ce sujet une curieuse indication. Dans la forêt de Paimpont, que la geste d'Arthur appelle la forêt de Broceliande, se trouve un bois nommé le Breil de Baranton : « joignant à une fontaine, il y a une grosse pierre qu'on nomme le perron de Baranton. Et toutes les fois que le seigneur de Montfort vient à ladite fontaine, et de l'eau d'icelle arrose et mouille ledit perron, quelque chaleur, temps sûr de pluie, quelque part que le vent soit, soudain et en peu d'espace, plutôt que ledit seigneur n'aura pu recouvrer son château de Comper, ains qu'avant la fin d'icelui jour, pleut au pays si abondamment que la terre et le bien en icelle en sont moult arrosés et moult leur profite ». Tout porte à croire que cette cérémonie de l'arrosage des pierres sacrées, perpétuée jusqu'au Moyen-Âge, avait pour origine des rites remontant à la période mégalithique, et le Sire de Montfort répétait par tradition les gestes sacrés des chefs qui régnaient sur les tribus de la race de Conguel, quand celle-ci dominait en Armorique.

Le culte des mégalithes se conserva en Arabie jusqu'à l'arrivée de l'Islam et, malgré la fanatique croyance au dieu unique, n'a pas entièrement disparu. C'est dans les pierres que s'incarrait Kozah, dieu des orages et des tempêtes. Ses serviteurs étaient les Djinn, démons de l'atmosphère, qui personnifient les redoutables tempêtes de sable du désert, ou génies bienfaisants du climat de l'Arabie heureuse.

C'est peut être aussi aux races anciennes qui ont dressé les mégalithes que doivent être attribuées certaines légendes ayant encore cours dans les campagnes françaises ; les lavandières de nuit personnifient en Bretagne les brunes malsaines qui se lèvent au crépuscule autour des mares et des lavoirs ; dans le Berry, elles appellent la pluie et attirent l'orage en faisant avec leurs battoirs voler l'eau des sources et des marécages. De plus, dans cette province et en Beauce, régnaient les sorciers dangereux appelés meneux de nuées et tempestaires. Ceux-ci ont le pouvoir de chevaucher les nuées d'orage et de les faire éclater sur les champs qu'ils veulent détruire. Pour se préserver de leurs intentions maléfiques, il suffit de se munir d'un bâton d'épine blanche ou de faire sonner les cloches et le nuage va errever sur quelque lande inculte sans nuire aux moissons.

#### LES RACES ASIANIQUES.

Sur les cylindres trouvés dans les fouilles archéologiques du pays de Sumer et remontant au troisième millénaire avant notre ère, sont figurés des scènes rituelles pour obtenir la pluie. Celle-ci était dans les attributions du dieu Enlil, dieu de Nippour, seigneur des vents, maître des orages et qui vivait sur la grande Montagne de l'Est. Le dieu d'Eridou, Ea, était d'une façon générale le dieu des eaux. Quand Enlil devint par la suite le dieu suprême, ses pouvoirs atmosphériques devinrent l'apanage du dieu Adad, qui dispensait la pluie et réglait les crues.

En Elam, les tempêtes et les pluies fécondes étaient aux mains d'In-Shousinak, le dieu suprême.

Dans le Pays de Canaan, avant l'arrivée des Hébreux, existait tout un Panthéon exerçant sa suprématie sur le climat de la Phénicie et de la Palestine : El, le dieu solaire, donnait à la terre sa fertilité ; Hadad était le dispensateur des pluies ; Môt, fils préféré du dieu El, réchauffait les moissons sous les chaleurs torrides ; Aleyin, fils de Haddad, celui qui chevauche les nuées, combattit Môt et le tua au début de la saison humide ; Anat, sa sœur, était la déesse de la rosée ; par ses incantations elle tua Môt une première fois, mais ce trépas n'eut qu'une courte durée ; enfin Kousor et Hasisou étaient les régulateurs des saisons.

Chez les Hittites, en pays Hourri, régnait le grand dieu Teshoup, qui présidait aux tempêtes et aux pluies et habitait le sommet des montagnes. Les cylindres de Boghaz-Kéui illustrent fréquemment des scènes de libations et de sacrifices destinés à attirer les eaux célestes. Tous ces cultes climatériques de la race asiatique présentent entre eux de grandes analogies et chez tous ces peuples le pouvoir suprême est toujours entre les mains du dieu des sommets.

#### LES MONGOLS.

Les populations nomades des grandes steppes, Huns ou Hioung-Nou, Mongols, Jou-Jouen et Sien-Pi, Turcs, etc... révéraient comme principale divinité Tängri, le dieu des sommets ; on ne pénétrait pas sur les hautes montagnes pour ne point troubler son repos ; c'est dans les altitudes qui dominent la vallée du haut-Kérouten que Djengis-Khan alla méditer avant d'entreprendre ses victorieuses campagnes, et c'est là qu'il fut enterré. Tängri avait la puissance sur toute l'atmosphère, commandait aux vents, aux orages et aux pluies. Ce dieu des sommets rappelle entièrement celui qu'honoraient les peuples asiatiques.

## LES CHINOIS.

C'est ce même dieu probablement que nous retrouvons en Chine sous les noms de Yu-Ti ou Auguste de Jade, de Lao-t'ien-yeh ou Père-Ciel. Aux temps anciens, l'Empereur pour être consacré, devait lui offrir sur la montagne de l'Ouest un sacrifice humain entouré de rites mystérieux. Cette consécration lui donnait le droit de s'appeler Fils-du-Ciel.

Dans les temps très anciens, aux époques Chang et Tcheou, dans le courant du second millénaire avant notre ère, les cérémonies pour obtenir la pluie au printemps comportaient notamment la Danse de l'Oiseau du Tonnerre; cet oiseau est le faisan, parce qu'il produit une sorte de grondement en frottant ses ailes pour attirer les femelles dans la période des amours. La danse, sur une colline sacrée, consistait en des sautilllements exécutés par le délégué du village qui s'était préparé à cette cérémonie par des jeûnes et des mortifications; elle était accompagnée du bruit du tambour; ensuite venait une procession aux sons discordants des gongs, cymbales et autres instruments de cuivre.

Une autre occasion de pluie était fournie par la rencontre de deux personnages célestes, la Tisseuse et le Bouvier, qui venaient échanger des paroles amoureuses, le septième jour du septième mois sur un pont formé par les pies, et leurs larmes de joie se répandaient sur la terre en ondée bienfaisante.

Les conditions climatiques sont au pouvoir des Rois-Dragons ou Long-Wang, qui interviennent auprès du Père-Ciel et reçoivent l'ordre de distribuer une certaine quantité de pluies dans la contrée. Ils vivent dans les quatre mers qui entourent la Terre dans des palais de cristal, et ont pour serviteurs toutes les bêtes sous-marines. L'un d'eux, Ngao-Kwang, a la suprématie sur ses trois frères: Ngao-Jouen, Ngao-Chen et Ngao-Kin. Chaque province possède de plus ses rois-dragons particuliers qui en général bénéficient d'un culte plus assidu que les rois-dragons dont le pouvoir s'étend à tout l'Empire. En période de sécheresse, le peuple des villes forme de grandes processions, où l'on promène en dansant un dragon en étoffe, au son de musiques bruyantes. Dans les villages, les invocations sont suivies d'un sacrifice, et si le dieu ne se rend pas aux prières, il est sorti de son temple et exposé au soleil afin que la chaleur torride le fasse souffrir suffisamment pour qu'il se décide à apporter la pluie. Pour le remercier, quand la sécheresse a pris fin, les fidèles lui offrent un sacrifice accompagné d'une représentation théâtrale.

Sous les ordres des rois-dragons se trouvent Lei-Kong, Monseigneur le Tonnerre, d'une laideur repoussante, muni d'ailes et de griffes; il tient un maillet dont il frappe des tambours suspendus à ses flancs et qui donnent le bruit du tonnerre; il porte aussi un ciseau, symbole de la foudre, dont il frappe les coupables de crimes impunis; T'ien-Hou, la mère-éclair, agitant des miroirs; Yu-Che, le Maître de la pluie, qui avec une épée tire de l'eau d'un vase et en asperge les campagnes; Yun-T'ong, le jeune garçon des nuages; Fong-Po, le Comte du Vent, souvent remplacé par Fong-p'o-p'o, Madame le Vent, assise sur un tigre et Hou-Chen, dieu de la Grêle.

## LES JAPONAIS.

Le frère d'Amaterasu, la grande déesse solaire du Japon, Susano, règne sur la plaine des mers et est le dieu de l'orage et du tonnerre. Ayant voulu rendre visite à sa sœur, il fit un tel bruit que la déesse se prépara à combattre, mais il la rassura et dans sa joie il dévasta les rizières, combla les fossés, souilla le temple des prémices et lança dans la chambre des tisseuses un cheval écorché dont la vue fit mourir de peur l'une d'elles. Amaterasu irritée se cacha et le monde fut plongé dans la nuit, puis réapparut quand Susano fut expulsé du ciel. La disparition de la déesse solaire symbolise la saison d'hiver et son retour marque celui du printemps. L'irruption de Susano est le symbole des tempêtes d'automne. Cette lutte entre Amaterasu et Susano recouvre de plus l'animosité des tribus d'Izumo, dont le dieu était Susano, et du Yamato qui adorait Amaterasu. Le dieu, expulsé du ciel, descendit sur la terre à Izumo et devint bienfaisant; il répandit la pluie féconde, puis disparut dans le royaume souterrain.

A côté de Susano, on trouve au Japon d'innombrables dieux de l'atmosphère: Take-Mikazuchi, dieu du tonnerre, détenteur de la descendance de Susano et règne à Izumo; Ajizuki-Takahikone, son fils, unit la terre et le ciel, et Taki-tsu-hiko, son petit-fils, est un prince-cascade, personnifié par un rocher dispensateur de la pluie; Kami-Nari symbolise le grondement du tonnerre et porte pour emblème un sabre, représentant la foudre; Taka-Okami est un dieu de la pluie qui siège dans les montagnes et Kina-Okami un dieu de la neige dans les vallées; les arbres fendus par la foudre sont désignés du nom de Kantoki-Nobi et ne doivent pas être abattus. Les vents sont commandés par des couples divins comme Shina-tsu-hiko et Shina-to-be, et comme Tatsuta-hiko et Tasutahime; ces derniers ont un rôle de protecteurs des marins pendant les tempêtes.

A l'époque Engi, au x<sup>e</sup> siècle, on comptait 85 temples où les



Japonais venaient prier dans les périodes de sécheresse ; actuellement, pour attirer la pluie, ils font des processions où, au grondement des buccins et des tambours, ils promènent un dragon d'étoffe tendue sur des bambous et vont le plonger cérémonieusement dans les eaux d'un lac.

#### LES INDIENS D'AMÉRIQUE.

Alors que les croyances de la Chine et du Japon n'ont aucun rapport entre elles, il est intéressant de noter certaines analogies entre les divinités honorées par les anciens Chinois et par les Indiens de l'Amérique du Nord ; peut-être faut-il y voir une indication complémentaire sur l'origine de ces derniers, déjà fortement établie par des communautés de caractères anthropologiques. Par exemple les Algonquins et les Indiens des plaines révèrent l'Oiseau du Tonnerre, dont les yeux lancent des éclairs et dont le froissement des ailes produit le bruit du tonnerre. L'Oiseau empêche la sécheresse et favorise la végétation. Dans la Prairie, les orages sont si puissants que les Indiens leur ont attribué la création du monde : un premier ouragan rida la Terre et fit jaillir les montagnes ; un second enfanta les bois et les forêts ; une troisième tempête fournit l'eau des fleuves et des torrents et une quatrième dispersa les graines qui féconderent le monde.

Chez les Iroquois et les Hurons, les forces de l'atmosphère sont entre les mains des géants Gaoh et Hino qui déracinent les arbres ou détruisent les choses nuisibles avec des fleches de feu. Ainsi on retrouve dans ces tribus la notion du tonnerre justicier, que nous avons notée dans les croyances chinoises. La puissance bienfaisante de la rosée est répandue par le Grand-Aigle Oshadagea, qui vient de l'Ouest et porte sur ses ailes un lac d'eau vivifiante.

Dans la terrible religion des Aztèques, les dieux des climats participent aux sacrifices sanglants. Huitzipochtli représente l'orage du sud ; tenant un serpent de feu et un bâton courbe, il massacra ses quatre cents frères ; Tezcatlipoca est un géant solaire qui amène la sécheresse et emploie des armes déloyales vis-à-vis de son ennemi Quetzalcoatl ; celui-ci est le dieu civilisateur des Mayas et des Toltèques ; venu de l'Ouest, il commande au vent dans son bateau traîné par des poissons et des oiseaux. Le grand dieu Tlaloc est dispensateur de la pluie ; il arrose la terre avec ses quatre cruches, dont l'une est fécondatrice et contient l'eau qui fait pousser le maïs et les fruits ; mais les trois autres renferment des eaux malfaisantes, l'une développe les toiles d'araignée et les maladies des créatures, une autre est source de gelée et la dernière provoque la

mort des fruits. Le culte de Tlaloc était ensanglanté par des sacrifices d'enfants dont les pleurs amenaient la pluie.

Chez les Incas, avant l'institution du culte solaire de Inti, Viracocha est un dieu cosmogonique, qui après avoir créé les astres et les hommes se retira dans les profondeurs du lac Titicaca ; son corps est formé d'écumme, sans os ; c'est un dieu de fertilité qui répand la pluie, ainsi que sa sœur et épouse Mama-cocha. Dans le culte solaire figure Catequill, cruel dieu du tonnerre ; et à côté des grands astres, le Soleil et la Lune, la constellation des Pléiades est révéérée comme protectrice des céréales.

Les Araucans honorent comme dieu suprême Pillan, dieu du tonnerre et des éclairs ; il transforme les guerriers tués dans le combat en nuages, leurs chefs deviennent des volcans, et l'orage est l'image d'une bataille. Huecuvus est un génie néfaste qui amène des calamités, comme des chutes de pluies pendant les moissons ; Meuler a la forme d'un lézard et commande aux typhons et aux ouragans, enfin Huailpenyri est le dieu du brouillard ; son aspect est celui d'une brebis avec une tête de veau et un arrière-train de phoque.

#### LES ARYÂS.

A leur arrivée dans l'Inde, les tribus des Aryâs trouvèrent les peuples dravidiens, sectateurs de dieux sinistres et cruels. Parmi ceux-ci figurait Roudra, personnifiant la mort et les orages ; du haut de la montagne, armé de la foudre, il régnait dans l'atmosphère et sur la terre et exerçait une implacable justice à l'aide de ses fleches de feu. Auprès de lui, les Marouts étaient les divinités secondaires des vents et des tempêtes ; ils chassaient les nuages et saccageaient les forêts profondes. Au cours des siècles, le dieu Roudra se transforma lentement et devint le redoutable Civa ; ce dieu à la fois constructeur et destructeur préside dans sa danse mystique à la formation et à la disparition des mondes ; seul, dans tous les panthéons antiques, il atteint à la hauteur des rythmes cosmiques, surpasse toutes les divinités astrales et survit éternellement dans sa philosophie triomphante aux cataclysmes qu'il a déchainés.

L'aristocratie équestre des tribus aryennes, dans la vaste migration qui la conduisit sur les bords du Gange et jusqu'aux rives de l'Euphrate, dans le pays de Mitanni, emportait avec elles ses dieux et ses croyances. Indra est une personnification de la caste guerrière des Kchatryas. En arrivant sur le sol desséché de l'Inde, afin de rester le premier des dieux, Indra devient le maître de la fécondité ; avec la foudre, il crève les nuages, les vaches du ciel, et leur fait

engendrer l'eau bienfaisante, après avoir vaincu le dragon Vritra. La cavalerie nésite entraîna Indra jusqu'en pays hittite où il devint Inar et aida Teshoup, le dieu du ciel, à détruire le Grand-Serpent.

A côté d'Indra, dans l'Inde et au Mitanni, siège Varouna la Lune, régularité des saisons et des pluies ; ses yeux sont les étoiles et son souffle est le vent. Le dieu chevauche un makara ou monstre marin.

Dans l'Inde brahmanique, Agni, comme dieu du feu, possède la foudre dans ses attributs. Il peut aussi combattre les effets de la pluie intarissable qui coule des écluses de Varouna : la fille du roi Nila, prince arya qui régnait sur les Dravidiens, était accablée par la tristesse depuis que de grandes inondations avaient envahi le pays. Le roi Nila essaya de la consoler en lui offrant de somptueuses parures, en la charmant par la musique, en lui donnant un éléphant savant, en lui présentant de beaux guerriers comme prétendants à sa main, mais rien n'arrêtait la mélancolie profonde de la princesse. Alors le grand pontife indiqua comme remède suprême le Feu. Pour invoquer Agni les prêtres commencèrent leurs incantations, mais ni Indra, ni Varouna ne semblèrent entendre ; alors un ermite signala que dans un temple éloigné se trouvaient des livres sacrés qui seuls pouvaient fléchir Agni ; on apporta avec les livres la statue du dieu. Dès que les chants commencèrent la fille de Nila put se lever de sa couche, puis mêla sa voix à celle des prêtres et soudain des flammes enveloppèrent la statue et la consumèrent ; la princesse retomba dans sa langueur quand apparut un faucon portant une aiguère au bec qu'il lâcha au-dessus des tisons presque éteints ; c'était Soma, le fils de l'orage, descendu pour faire revivre Agni. Bientôt l'humidité disparut, la fille de Nila se mit à danser ; près d'elle se tenait un jeune homme d'une éblouissante beauté et tous deux partageaient la joie des effusions divines.

En Perse, les cultes climatiques ont revêtu une forme purement astrale : le Soleil est le principe essentiel de la chaleur, la Lune engendre l'humidité et les planètes commandent à la sécheresse et au froid.

#### LES GRECS.

Dans la mythologie grecque, Zeus, le maître des Dieux, possède la foudre et domine les vents, les nuages et la pluie ; ses sanctuaires sont situés en des lieux élevés. Les variations atmosphériques dépendent de ses filles, les Hores, qui répandent la pluie fécondante et précèdent à la succession des saisons. Les Pleiades, filles d'Atlas métamorphosées en étoiles, sont annonciatrices de la belle saison.

alors que leurs sœurs les Hyades sont le signe stellaire de la saison des pluies. Les Vents sont fils de l'Aurore, Eos, et du Ciel étoilé : Borée, le vent du Nord ; Euros, le vent d'Est ; Zéphyre, le vent d'Ouest et Notos, le vent du Sud. Les enfants de Borée sont les Boréades, les vents favorables du Nord-Est. Eole est le gardien des Vents : c'est lui qui, pour aider Ulysse dans son voyage, enferma les Vents contraires dans des outres que les marins ouvrirent imprudemment, et les Vents libérés provoquèrent leur naufrage.

#### LES ROMAINS.

Avant que la mythologie romaine ait été pénétrée par les divinités grecques, elle dérivait directement du panthéon étrusque. Jupiter remplissait de nombreux rôles suivant les épithètes qu'on lui décernait : Jupiter Tinia représentait le tonnerre justicier ; sous le nom de Summanus il dirigeait la foudre ; comme Lucetius, il était dieu de la lumière ; Jupiter Elicius commandait à la pluie, Jupiter Liber à la fécondité de la terre et Jupiter Dapalis était le dieu des semailles. Avant de se confondre avec Chronos, Saturne était une divinité champêtre et sa faucille de moissonneur ne devint que plus tard la faux mortelle des années. A la même époque, Minerve était une déesse de la foudre. Les Saturnales, fête hivernale, prenaient place peu avant le solstice ; les Quinquatries de Minerve correspondaient à l'Equinoxe de printemps ; enfin Neptune était un protecteur contre la sécheresse ; aux Neptunales, en plein été, en juillet, on construisait des huttes de feuillage vert comme abri contre les rayons du soleil.

#### LES NORDIQUES.

Entraînant avec elle les hordes des dolichocephales blonds qu'elle avait asservies dans la plaine russe, l'aristocratie kymrique ou cimmerienne pénétra en Germanie et s'avança jusqu'aux extrémités occidentales de la Gaule. Dans notre pays la plupart des cultes des Nordiques furent amalgamés aux religions des Alpes qui, mêlés aux Méditerranéens, occupaient le sol. Dans le domaine climatique, le seul dieu gaulois qui semble avoir été honoré est Taran, dieu du tonnerre, de l'orage, de la pluie et de la chaleur féconde.

En Germanie, Odin est une divinité des tempêtes et Thor, avec son marteau, est le dieu du tonnerre. Près d'eux les Vans distribuent la chaleur et la pluie ; ils eurent à lutter contre les Ases tout-puissants et durent leur livrer des otages. La déesse de la fécondité Nerthus était fêtée au printemps ; elle parcourait les campagnes, invisible, sur un char traîné par des bœufs ; ensuite tout ce qui avait

pu être proche de la déesse était détruit, son char était plongé dans la mer et les esclaves étaient noyés.

Le froid a été personnifié dans la gracieuse légende de la Reine des Neiges ; vêtue de fourrures blanches, elle se promène pendant les blizzards, dans un traîneau blanc auquel sont attelés des rennes de même couleur, rapides comme le vent. Elle entraîne dans cet attelage resplendissant les malheureux égarés dans la tempête de neige et nul ne les revoit jamais plus. Elle les garde en effet comme prisonniers dans le beau palais de glace qu'elle habite au nord du monde, toujours éclairé de la fantastique lueur des aurores boréales.

#### LES SARMATES ET LES SLAVES.

En Lithuanie, le grand dieu de la foudre est Perkunas, sorte de Jupiter ; Patrimpas est le dieu de l'eau et Gardaitas, celui des vents. Certains nuages recèlent un lac dans leurs flancs et tous les habitants désirent posséder cette source de richesse et supplient le nuage de s'arrêter chez eux, mais il faut prononcer le mot qui convient pour décider le nuage à déposer le lac précieux : aussi essaie-t-on de trouver le son décisif et les cris les plus variés accompagnent la nuée dans sa course. Parfois ce vacarme est couronné de succès, le gros nuage alors s'enroule et désormais un beau lac enrichit la contrée.

Les Slaves adorent le Ciel, Svarog, la foudre Peroun et les dieux des vents Striborg et Dogoda. Yarilo est le dieu de l'amour et du printemps, c'est un dieu de clarté et de grâce ; on l'honore en vêtements blancs, sur des chevaux de même couleur, et on lui tresse des couronnes de fleurs. Ses funérailles sont le motif de réjouissances et de bombances. Le solstice d'été est la fête de Koupala ; elle est surtout observée par les femmes ; en l'honneur de la déesse, elles se baignent dans les eaux claires et y jettent des couronnes fleuries ; dans la nuit on allume de grands feux et on cueille les herbes magiques.

Il ne faut pas croire que les cultes climatériques aient totalement disparu dans le passé. L'âge des incantations et des processions destinées à rendre favorables les génies de l'atmosphère est loin d'être révolu. Le christianisme a dû conserver certains rites dont il n'eût pu se défaire tant ils étaient profondément ancrés dans les mœurs des populations agricoles. A la fête des Rogations, au mois de mai, la procession parcourt les champs, et les saints sont invoqués pour qu'ils intercèdent auprès de Dieu afin de donner aux cultures ce dont elles ont besoin, la pluie qui verdit les pâturages ou le soleil

qui fait mûrir les épis. Les dieux de la pluie ont aussi été canonisés, mais n'ont pas perdu de leur importance. Saint Médard est rendu responsable par les cultivateurs quand de trop longues pluies au printemps mettent en péril la formation des fruits et la poussée des blés en herbe. De même dans bien des contrées, les solstices sont grandement fêtés ; le solstice d'hiver est confondu avec les solennités de Noël, et saint Jean a pris sous son patronage les grands feux qui éclairaient la nuit du solstice d'été.

CHAPITRE PREMIER  
REMARQUES GÉNÉRALES  
SUR LA PÉRIODICITÉ CLIMATÉRIQUE

A. — LA PÉRIODICITÉ DES TRANSGRESSIONS  
OCÉANIQUES

Il y a déjà plus de vingt-cinq ans que j'ai défini les transgressions océaniques : cette théorie fut accueillie alors avec scepticisme et n'attira même de profondes inimitiés ; elle ne pouvait plaire aux vieux savants qui avaient enseigné ex-cathedra pendant de longues années que le climat tempéré dont jouit l'Europe Occidentale était uniquement dû à la présence du merveilleux courant du Gulf Stream, qui, parti du Golfe du Mexique, traversait l'Océan Atlantique dans toute sa largeur, sans que ce formidable voyage entraînât la moindre déperdition de chaleur et que le beau fleuve marin aux eaux bleues, défini par le bonhomme Franklin sur les vagues indications d'un balainier de Nantucket, venait longer les côtes de la vieille Europe, faisait pousser les asperges et les artichauts de Roscoff, verdissait les prairies d'Irlande et même, remontant tout à fait au nord, tous les jours sans se refroidir, activait la croissance des sapins en Norvège. La plupart de mes anciens détracteurs sont morts sans avoir été convertis et depuis le Gulf Stream a perdu beaucoup de son prestige ; certes il figure encore sur les cartes de nombreux atlas, toujours aussi net et toujours aussi bleu, et il y figurera jusqu'à ce qu'une réduction des frais d'impression permette enfin de remplacer ces documents périmés. Mais dans les milieux scientifiques, on en parle avec moins d'assurance ; les travaux récents publiés en anglais et en allemand s'agrémentent des épithètes « the so-called Gulf-Stream » ou « der so-genannte Golfström ». D'une façon générale, quand le terme de transgressions océaniques n'est pas adopté, on parle de la dérive atlantique (atlantic drift) ce qui revient absolument au même. Les savants se sont en effet rendu compte qu'il était difficile qu'un courant puisse maintenir une telle persistance thermique en ne comportant en fait qu'un volume d'eau assez restreint et que des phéno-

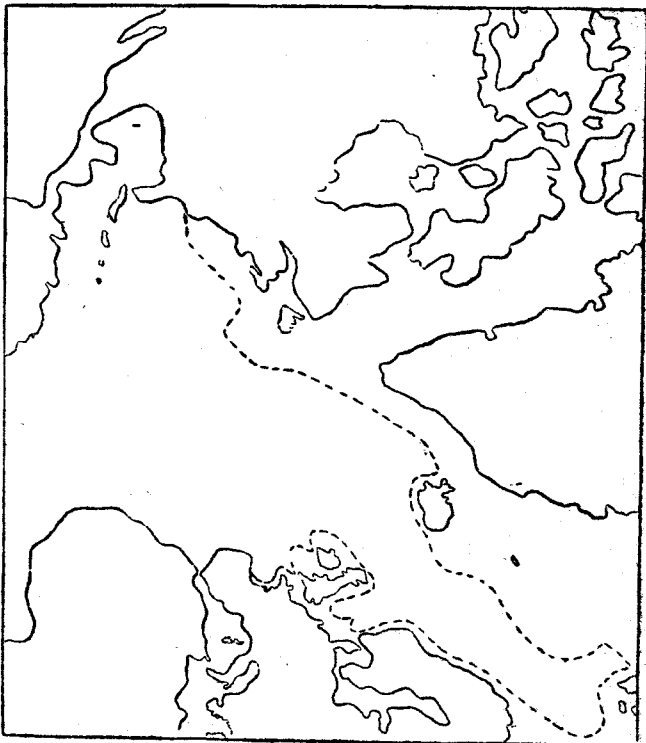


Fig. 1.

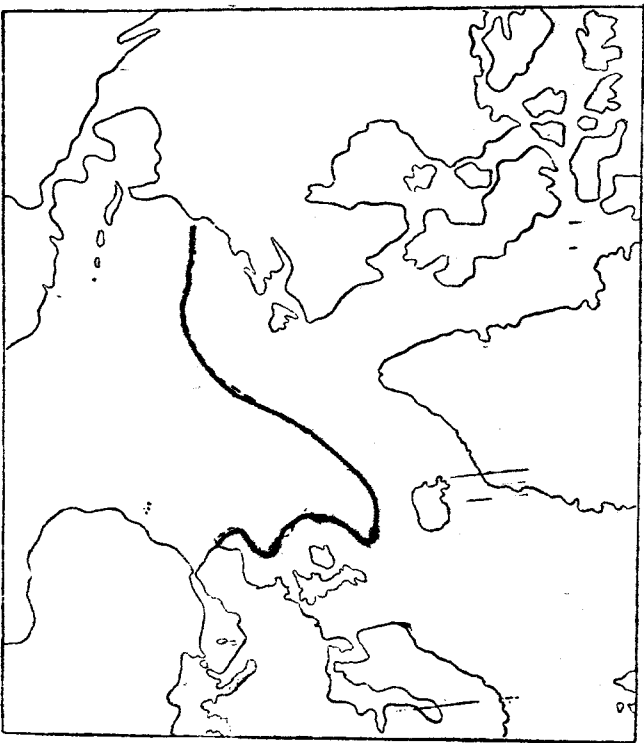


Fig. 2.

mêmes ayant l'importance de ceux qui permettent le réchauffement de la majeure partie de l'Atlantique oriental devaient avoir nécessairement pour base une puissante masse d'eaux de température élevée.

#### LES TRANSGRESSIONS Océaniques.

Bien que j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'énoncer dans d'autres ouvrages la définition des transgressions atlantiques<sup>1</sup>, je crois utile de rappeler que les eaux de l'Océan ne sont pas homogènes et sont essentiellement composées de deux catégories de nappes marines ayant une origine différente : les eaux d'origine polaire, froides et de faible salure, variant de 30 à 35 ‰, et les eaux d'origine équatoriale, chaudes et d'une salinité supérieure à 35 ‰. Ces dernières représentent dans l'Océan un élément mobile et actif, sans cesse en lutte contre la passivité des eaux de l'autre groupe, auxquelles elles ne se sont pas mélangées depuis que de lointains bouleversements géologiques les ont mises en contact, en application du principe de l'immixibilité des eaux, établi par WYVILLE-THOMSON et CARPENTER en 1868 : *des eaux de température et de salure différentes ne se mélangent pas quand elles sont en grandes masses.*

Chaque année les eaux d'origine tropicale empiètent momentanément sur les eaux d'origine polaire ; l'amplitude de ce mouvement est variable suivant une périodicité dont nous reparlerons plus longuement. Ce vaste déplacement des eaux atlantiques a pour base la région équatoriale ; d'abord elles progressent dans l'hémisphère nord, puis régressent et s'avancent au contraire dans l'hémisphère austral. Cette énorme marée interne déferle sur les côtes d'Europe ; elle pénètre dans le Golfe de Gascogne, contourne les Îles Britanniques, s'étend aux côtes de Norvège et atteint la Mer de Barentz. Puis les eaux polaires et continentales regagnent du terrain et prennent une position stable qu'elles maintiennent jusqu'à l'année suivante.

Sur la côte américaine, les transgressions sont arrêtées par la masse des eaux froides qui se déversent à partir de la banquise en formant le Courant du Labrador ; ces eaux lourdes sont entraînées vers l'ouest par la force de la rotation de la Terre. Un choc violent entre les transgressions et les eaux polaires se produit dans la région des Bancs de Terre-Neuve ; c'est cette limite de friction qui détermine au large du Nouveau Continent le courant du Gulf Stream, en bordure des eaux transgressives, mais il se dilue ensuite dans la

1. Cf. *L'Atlantique*, Histoire et vie d'un océan. Albin Michel, Paris, 1938.

masse des eaux équatoriales et perd toute individualité à l'ouest de l'archipel des Açores.

Des mouvements analogues se produisent dans l'Océan Pacifique, où les transgressions remontent le long de la côte de Californie et progressent jusqu'au large de la Colombie Britannique. Les mers du Japon sont également le siège de luttes entre eaux froides (Oyashiro) et eaux chaudes (Kuro-shiro).

C'est donc sur des phénomènes de très grande importance et intéressant une partie considérable des eaux des océans que reposent les particularités climatiques attribuées autrefois à de simples courants.

On comprendra toute la valeur de réchauffement que représentent les nappes transgressives et l'influence qu'elles peuvent exercer sur le climat si l'on tient compte de la capacité calorifique des eaux tropicales. L'éminent savant suédois, Otto PETTERSON, un des créateurs de l'Océanographie, a en effet calculé que l'émission de chaleur par mètre carré des transgressions en surface s'élève à plus de 540.000 calories.

#### PÉRIODICITÉ DES TRANSGRESSIONS.

Suivant les années, l'amplitude des grandes marées internes est extrêmement variable : parfois elles entraînent avec elles des masses d'eau considérables et par leur volume arrivent à lutter contre les eaux polaires et à s'avancer très loin vers le nord ; d'autre fois leur volume est beaucoup moindre et elles ne progressent que faiblement vers les latitudes septentrionales.

Le caractère de marée interne que présentent les transgressions implique immédiatement l'idée que leur périodicité se trouve en rapport avec les périodes lunaires.

Pour faire comprendre les termes astronomiques qui précèdent cette périodicité il n'est pas inutile de rappeler rapidement quelques définitions. On sait que la Lune décrit autour de la Terre une trajectoire ayant la forme d'une ellipse dont la Terre est l'un des foyers. Reportées sur la sphère céleste, les positions successives de la Lune peuvent s'inscrire sur un grand cercle qui est incliné sur l'écliptique ; cette inclinaison varie de 5° à 5°18', avec une valeur moyenne de 5°9'. L'orbite lunaire est donc situé dans le Zodiaque. Elle coupe l'écliptique en deux points opposés  $\lambda$  et  $\lambda'$ , appelés nœuds. La latitude céleste de la Lune est calculée en valeurs positives à partir du point  $\lambda$ , le nœud ascendant, et en valeurs négatives à partir du point  $\lambda'$ , le nœud descendant. Le nœud ascendant est animé sur l'écliptique d'un mouvement rétrograde ; il parcourt un arc de 3°11''

par jour. La révolution complète des noeuds se fait en 6.793 jours, soit 18 années et 8 mois ou 18 années, 6. On appelle apsides de la Lune les extrémités du grand axe de l'orbite lunaire. Le point P, le plus rapproché de la Terre, porte le nom de périhélie ou apside inférieure ; le point A, le plus éloigné, est désigné par le terme aphélie ou apside supérieure. Dans les mouvements apparents de la Lune autour de la Terre, l'apside inférieure est dite périgée et l'apside supérieure apogée. La ligne AP est appelée ligne des apsides.

La Lune et le Soleil sont en conjonction quand ils ont la même longitude céleste. Si la conjonction se produit quand la lune passe

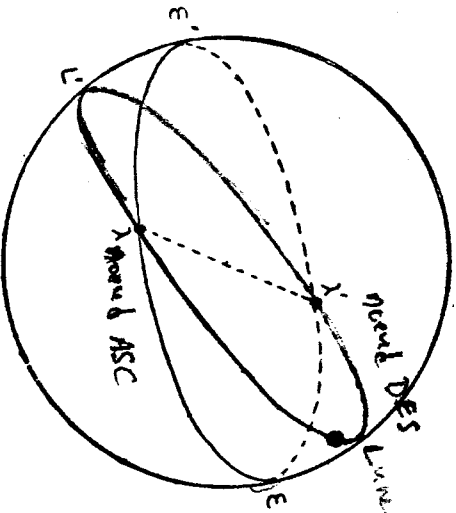


FIG. 3.

par un noeud, les centres du Soleil, de la Terre et de la Lune sont alignés : c'est le phénomène des éclipses de Soleil, qui peut se produire aussi quand la Lune est au voisinage du noeud et que les trois astres sont presque alignés sans l'être rigoureusement.

On dit que le Soleil et la Lune sont en opposition quand leurs longitudes sont écartées de 180°. Si l'opposition se produit quand la lune passe par un noeud, les centres des 3 astres sont alignés et la Terre est entre le Soleil et la Lune ; si celle-ci était habitée, les Lunaires pourraient assister à une éclipse. La conjonction et l'opposition de la Lune et du Soleil sont fréquemment désignées du nom de syzygies. La lunaison est la valeur moyenne du temps qui sépare deux conjonctions consécutives de la Lune et du Soleil, soit environ 29 jours 12 heures. Quand la Lune a effectué un tour complet sur son orbite, elle a accompli sa révolution sidérale ; celle-ci, par suite du

lent déplacement du point  $\lambda$  est plus courte que la lunaison avec une valeur moyenne de 27 jours 7 heures.

Tous les trois ans, l'apside et le noeud de l'orbite lunaire se rencontrent sur l'écliptique ; c'est la constellation du noeud apside. Le noeud apside peut être dirigé avec l'apogée dans la direction du Soleil (direction CIS) ou dans la direction inverse (direction TRANS) A notre époque cette rencontre se produit en automne, mais il y a cinq siècles elle arrivait au moment du solstice d'hiver, en fin décembre.

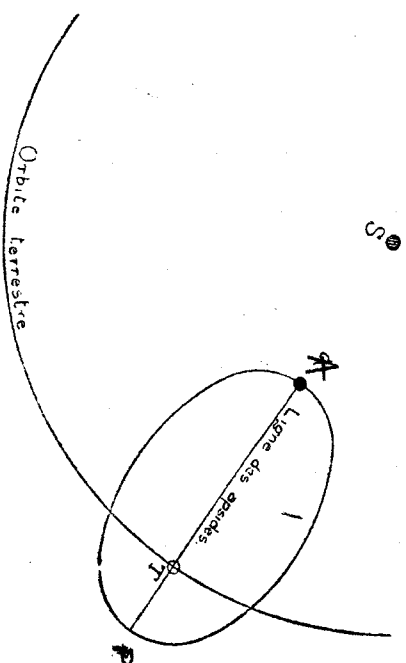


FIG. 4.

La force des marées dépend des variations de la pesanteur sur la Terre et ces variations sont déterminées par la constellation des noeuds apsides. Elles atteignent de hautes valeurs au temps de syzygies. Les effets les plus puissants des périodes lunaires prennent place quand il y a combinaison des époques de la déclinaison avec les syzygies de la Lune en périgée ou en apogée au temps du perihelium de la Terre. Cette combinaison se reproduit tous les 111 ans. Enfin la force des marées atteint son maximum absolu quand le noeud apside se produit au temps du solstice d'hiver en direction CIS, au moment du perihelium de la Terre. Cette position perihelium-noeud apside se retrouve environ tous les 1.850 ans ; la dernière fois elle prit place au xve siècle vers 1433. Elle eut pour conséquence de provoquer de terribles ravages sur les côtes de la Mer du Nord et de la Baltique et des inondations qui submergèrent une grande partie des Pays-Bas.

La période de 111 ans correspond d'autre part à un multiple de l'onde des variations périodiques du magnétisme terrestre et du

déplacement en latitude des taches solaires. Cette coïncidence de périodes solaires et lunaires est de nature à déterminer des phénomènes de très vaste amplitude.

La périodicité des transgressions dépend des rythmes suivants :

**Périodes lunaires.**

Période de révolution des noeuds de l'orbite lunaire.	18 années, 6
Harmonique de 1/2 de cette période.	9 années, 3
Harmonique de 1/4 de cette période.	4 années, 6
Période déclinaison-syzygies.	111 années
Période perihélium-noeud apside.	1.850 années

**Périodes solaires.**

Variation du déplacement en latitude des taches solaires.	11 années, 1
Harmonique décuple de cette onde.	111 années

Il est utile de constater que 3 périodes de 9 années, 3, c'est-à-dire de 9 années et 4 mois environ forment un groupe de 28 années. Et quatre périodes de 28 années forment un ensemble de 112 ans.

D'autre part 6 périodes de révolution des noeuds de l'orbite lunaire correspondent à peu près aux ondes solaires et lunaires de 111/112 années.

En effet :  $18,6 \times 6 = 111$  années, 6,

soit 111 ans et 8 mois. 3 groupes de 111 ans et 8 mois correspondent à un cycle de 335 ans. Enfin 50 périodes de 111 ans et 3 périodes de 1850 ans équivalent à 5.550 années, en effet :

$$111 \times 50 = 5.550 \text{ ans,}$$

$$\text{et } 1.850 \times 3 = 5.550 \text{ ans.}$$

Ces coïncidences périodiques sont de nature à donner aux phénomènes transgressifs des amplitudes exceptionnelles.

D'autre part, à côté de la période de révolution des noeuds de l'orbite lunaire se trouve la période astronomique dite « Saros » d'une valeur de 18 années et 11 jours ; elle a une grande importance dans la production des éclipses lorsque les centres des trois astres, Soleil, Terre et Lune ne sont pas rigoureusement alignés, comme lorsqu'il y a conjonction au moment du passage de la Lune par l'un des noeuds ; cette période Saros se rapproche de si près de l'autre période de 18 années, 6 que, dans certains cas, elles unissent leurs effets, ce qui peut avoir d'importantes répercussions sur la valeur des amplitudes transgressives.

Lallemand et Prévot en étudiant les variations lentes du niveau moyen de la mer sur le littoral français ont constaté que l'exhausse-

ment de ce niveau subit des fluctuations périodiques et qu'il ne doit pas être attribué à un affaissement du sol, mais à un mouvement oscillatoire complexe résultant de la superposition de plusieurs ondes d'origine astronomique, parmi lesquelles figurent la révolution de la ligne des noeuds de l'orbite lunaire, la variation périodique du déplacement en latitude des taches solaires et les harmoniques de ces deux ondes.

L'Institut météorologique de Yokohama a constaté que les calculs des coefficients de marées présentent des variations qui parfois peuvent atteindre 25 % de la valeur de ces coefficients ; il est des plus probables qu'une partie de ces variations est due aux dénivellations provoquées par les différences d'amplitude des transgressions océaniques. C'est un phénomène de même ordre qui me fut signalé en 1944 par un des officiers de l'Océanographical Service de l'Armée Américaine, qui avait été chargé de faire les calculs de marée au moment du débarquement en Normandie : avec leur esprit méthodique habituel, les Allemands avaient disposé sur les plages des pieux en vue d'empêcher le passage des embarcations en tenant strictement compte de la hauteur des marées telle qu'elle était indiquée dans les annuaires officiels ; or ces données obtenues par le calcul se révélèrent inférieures à la réalité et la marée fut beaucoup plus forte qu'il n'avait été prévu et permit aux bateaux plats des Américains de passer au-dessus des pieux plantés par les Allemands.

En résumé on peut considérer qu'à côté des périodes lunaires de faible durée qui agissent sur les marées diurnes ou semi-diurnes existent des marées parallactiques de grande amplitude, et que les transgressions océaniques représentent une des formes essentielles de ces grands phénomènes périodiques.

En conséquence on peut établir le rythme transgressif suivant :

$$1 - 4,6 - 9,3 - 18,6 - 111.$$

Nous pouvons donc classer les transgressions comme suit :

- a) transgressions annuelles 1 an ;
- b) transgressions seminovennales 4 ans 1/2 ;
- c) transgressions novennales 9 ans, 3 ;
- d) transgressions octodécennales 18 ans, 6 ;
- e) transgressions séculaires 111 ans.

On peut de plus poser immédiatement comme règle que : l'amplitude d'une transgression est d'autant plus forte qu'elle correspond au maximum d'une période plus longue.

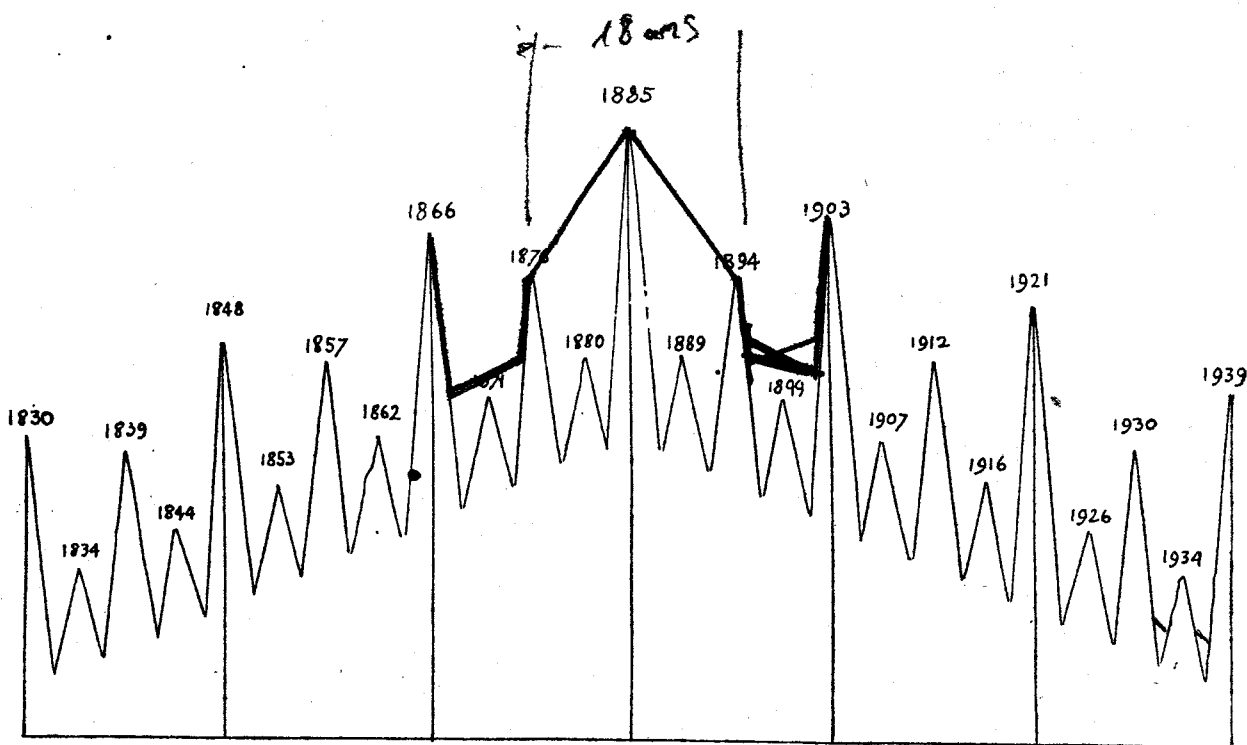
Quand il s'agit des transgressions de très forte amplitude, comme

les transgressions séculaires par exemple, la durée pendant laquelle cette amplitude se manifeste n'est pas limitée à la seule année où se place son maximum ; en effet elle se fait sentir plusieurs années avant et plusieurs années après la date où se place exactement son sommet. Les transgressions séculaires portent sur toute la durée des transgressions octodécimales avec lesquelles elles coïncident et en fait s'étendent sur 18 ans et même parfois plus, par suite des coïncidences avec les périodes Saros.

La dernière transgression séculaire a pris place en 1883 et en réalité elle engloba toute la période s'étendant de 1876 à 1894 ; elle comprit la valeur de toute une période Saros ; au XVIII<sup>e</sup> siècle, le sommet de la transgression séculaire était en 1771, mais elle eut une durée extraordinaire et porta sur 3 périodes Saros de 1748 à 1802, c'est-à-dire environ 54 ans ; au XVII<sup>e</sup> siècle ce fut une petite période qui n'embrassa qu'un Saros avec son maximum vers 1660. Au XVI<sup>e</sup> siècle le sommet porte sur l'année 1548. Au X<sup>e</sup> siècle, la périodicité transgressive se confondit avec celle du perihélium-nœud apside (1850 années) et ses effets en furent profondément altérés. En remontant dans le passé nous pouvons indiquer comme dates approximatives des maxima transgressifs séculaires : 1436, 1325, 1213, 1101 et 990. Dans l'avenir la prochaine marée séculaire se situera autour de 1995.

Entre les maxima séculaires se placent environ tous les 55 ans des minima transgressifs ; bien que l'année sur laquelle porte ce minimum corresponde à un sommet octodécimal, l'amplitude de la marée interne reste assez faible et n'a pas les mêmes conséquences que pour les sommets octodécimaux qui sont plus rapprochés d'un maximum séculaire.

Depuis 1883, les points culminants des transgressions octodécimales s'échelonnent en 1902, 1921 et 1939 ; ce dernier sommet correspondait justement à une phase intertransgressive, c'est-à-dire à égale distance de deux transgressions séculaires, aussi ses effets ont-ils été des plus faibles. Les sommets novennaux sont marqués par les années 1893, 1911, 1930 et 1949. Le premier, celui de 1893, se trouva pour ainsi dire inclus dans la fin de la marée séculaire et alla à la prolonger effectivement jusque vers 1896. Les deux autres, 1911 et 1930, furent assez bien marqués. Les petits sommets semi-novennaux de 1889, 1898, 1907, 1916, 1926, 1934 ont eu quelques



GRAPHIQUE THÉORIQUE D'UNE MARÉE SÉCULAIRE.

Fig. 5.

$$\begin{aligned}
 1885 + 4,5 &= 1889 \\
 1885 + 9,3 &= 1894 \\
 1894 + 4,5 &= 1899 \\
 1894 + 9,3 &= 1903 \text{ etc, etc}
 \end{aligned}$$



répercussions sur les phénomènes qui servent de cortège aux transgressions.

Si l'on figure sur un graphique l'ensemble d'une transgression séculaire avec les sommets octodécimaux, novennaux et semi-novennaux, il faut remarquer que la courbe théorique ne correspond pas à la réalité. Nous figurons ci contre un graphique non interprété, indiquant l'ordre de grandeur des maxima de la dernière marée séculaire et à côté, la forme réelle de la courbe des amplitudes transgressives ; on voit dans cette dernière figure la fusion des sommets qu'entraîne le culmen de la grande transgression de 1883 et de même on remarque que les maxima octodécimaux de 1830 et de 1939 ont eu une valeur très réduite, ainsi que les sommets novennaux de 1839 et de 1930. Par contre les années 1848, 1866, 1894, 1907 et 1921 présentent des maxima bien nettement marqués. D'une façon générale l'individualisation des sommets est mieux indiquée dans les périodes interséculaires.

#### B. — HYPOTHÈSES SUR LA PÉRIODICITÉ DES CLIMATS DES AGES PASSÉS DE LA TERRE

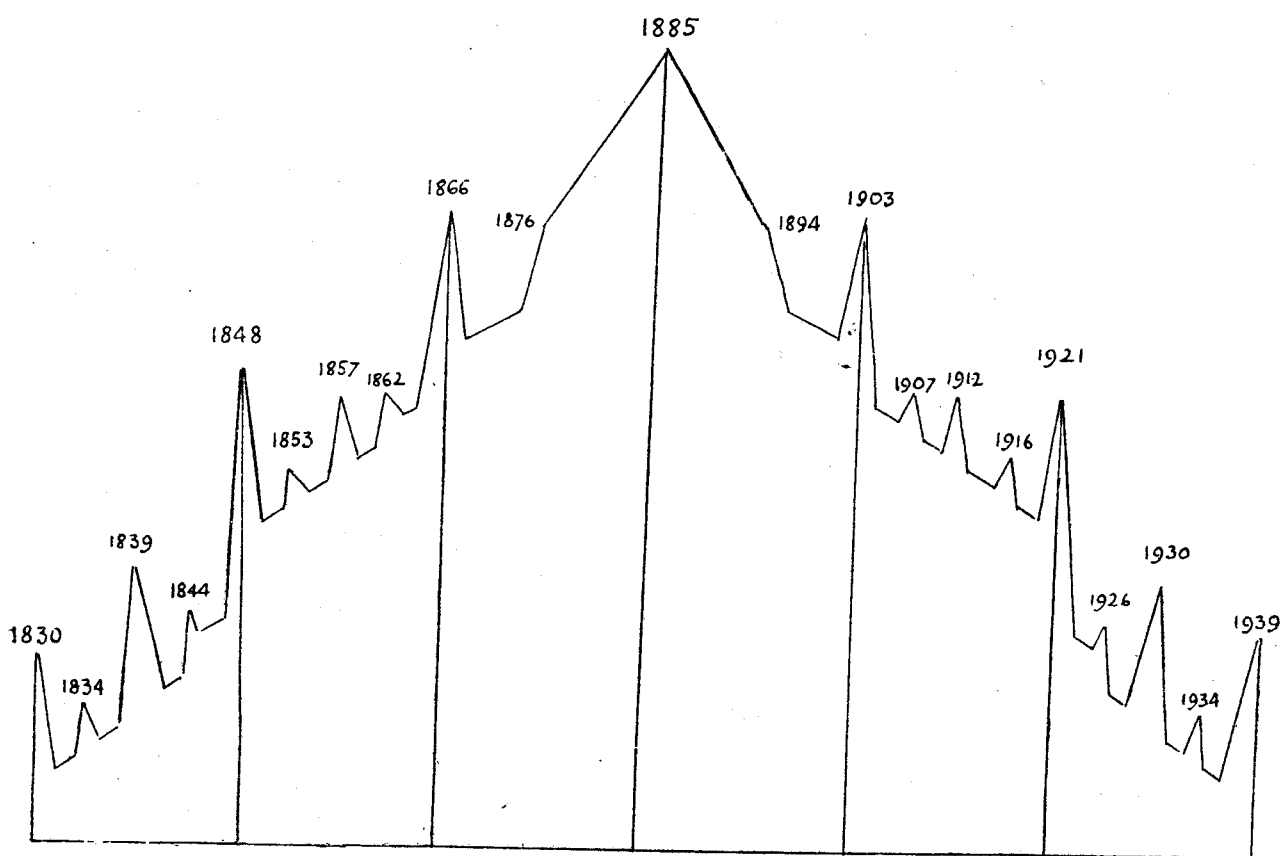
La périodicité des coïncidences intéressant le Soleil, la Terre et la Lune qui déterminent le rythme des transgressions océaniques ne portent que sur des durées restreintes et ne peuvent entrer en ligne de compte avec les phénomènes qui ont déterminé les grandes variations climatiques dans le passé lointain de la Terre.

#### L'ORIGINE DE LA TERRE ET LA CONSTRUCTION DE L'ÉCORCE TERRESTRE.

Dans son remarquable livre sur *l'Architecture de l'Univers*<sup>1</sup>, Paul Couderc a exposé diverses théories sur l'origine de la Terre ; celle de Jeans explique que le passage d'une étoile troublante à proximité du Soleil avait déterminé une marée d'une telle amplitude qu'une énorme montagne de matière solaire s'était élevée au-dessus de la surface en un long bras gazeux, que celui-ci s'était détaché de l'astre et par fragmentation avait constitué les planètes.

De plus le savant astronome précise d'une façon générale que le passage d'une étoile près d'une autre provoque une marée qui se calme quand les deux astres s'éloignent. La hauteur de cette marée dépend à la fois de la masse de l'astre perturbateur et de son éloignement.

<sup>1</sup> Paul Couderc, *L'Architecture de l'Univers*, Paris, Gauthier Villars, 1947.



GROUPEMENT DES SOMMETS D'UNE MARÉE SÉCULAIRE.

De longues discussions ont mis aux prises physiciens et géologues pour déterminer l'âge de la Terre, c'est-à-dire la date approximative de cette marée anormale qui aboutit à la rupture d'une partie de la matière solaire, génératrice de planètes. Ces conflits scientifiques ont pris fin par l'étude des radioactivités, qui permettent de mesurer l'âge des roches terrestres.

En effet l'uranium se transforme en une variété de plomb avec émission d'atomes d'hélium et cette transformation s'opère à une vitesse constante. La teneur en plomb et en hélium d'un minerai d'uranium est donc proportionnelle à l'âge du minerai. Les dosages effectués dans toutes les parties du monde fournissent ainsi de précieuses indications sur l'âge des couches géologiques. La roche la plus ancienne connue serait une pegmatite du Manitoba dont l'évolution radioactive remonte à 1.750 millions d'années.

En conséquence la croûte terrestre était déjà solidifiée il y a environ 2 milliards d'années. C'est à partir de cette consolidation de la première écorce que débute le refroidissement général et graduel de la Terre que l'on peut considérer comme le principe le plus fondamental de la climatologie de notre globe et qui parait accepté par les physiciens et les géologues. S'il n'y avait pas eu refroidissement, la Terre serait encore à l'état entièrement gazeux, c'est-à-dire à peu près telle qu'elle dut être dans cette phase de son histoire, la plus lointaine, alors qu'elle venait d'acquiescer son individualité astrale. La cristallisation de l'écorce primitive isola de la lourde masse solide et liquide du noyau central la vaste atmosphère qui présentait encore une composition fort complexe. Des réactions chimiques de grande envergure combinèrent les acides dérivés des métalloïdes aux métaux alcalins et alcalino-terreux et formèrent sur la croûte récemment constituée un bain de sels minéraux ; cette masse saline où dominaient les chlorures, les bromures, les iodures, les sulfates de soude, de potasse, de chaux, de magnésie recouvrit en se solidifiant le relief tourmenté des premières roches cristallines d'une couche très blanche, marbrée par place des taches rouges, vertes ou grises des filons de fer, de cuivre ou de manganèse et cette blancheur de la Terre transparaisait dans l'atmosphère encore rubescente. Les fortes pressions des gaz qui enveloppaient le globe permirent la réalisation à très haute température de la combinaison hydrogène et oxygène et l'eau se condensa en pluies bouillantes et torrentielles. Aussitôt évaporées, les eaux de ruissellement reformèrent de nouvelles vapeurs et retombaient indéfiniment. Cependant l'eau finit par prendre possession de la Terre ; elle lava l'écorce rocheuse en la débarrassant par une dissolution intense de son enduit

de sels minéraux. Ainsi la mer primitive présagea dès son origine de sa composition actuelle, qui ne dut varier à travers les temps que par la diminution graduelle des proportions de sels dissous, accompagnant l'abaissement des températures et des pressions initiales et la pesanteur précipita l'Océan dans les grandes déclivités de l'écorce terrestre.

#### LA CHRONOLOGIE DES TEMPS GÉOLOGIQUES.

Le calcul de l'âge des roches par l'étude des radioactivités permet l'établissement d'une chronologie donnant la valeur des époques géologiques. Elle peut être approximativement dressée de la façon suivante.

La formation des terrains archéens et algonkiens qui constituent la masse des socles antécambriens débuta dès la première solidification du magma superficiel, il y a 2 milliards d'années et se continua jusqu'à l'aurore de l'Ère Primaire que l'on peut fixer approximativement à 650 ou 700 millions d'années dans le passé.

Le Paléozoïque dura fort longtemps et on peut estimer la durée des diverses périodes comme suit :

- le Cambrien, entre 680 millions et 600 millions d'années ;
- le Silurien, entre 600 millions et 480 millions d'années ;
- le Dévonien, entre 480 millions et 380 millions d'années ;
- le Carbonifère, entre 380 millions et 280 millions d'années ;
- le Permien, entre 280 millions et 220 millions d'années.

Le Secondaire ou Mésozoïque eut une durée beaucoup plus courte, n'excédant guère 180 millions d'années :

- le Trias dura de 220 millions à 180 millions d'années ;
- le Jurassique dura de 180 millions à 90 millions d'années ;
- le Crétacé dura de 90 millions à 40 millions d'années.

Quand au Tertiaire tout entier, et même en y adjoignant le Pleistocène, il n'atteint pas 50 millions d'années.

Ainsi d'après cette chronologie, on peut estimer que les temps archéens représentent 1.400 millions d'années de l'âge de la Terre, soit environ les deux tiers de son existence. L'âge primaire s'étendit à 450 millions d'années et les autres ères réunies, secondaire et tertiaire, n'ont guère dépassé 200 millions d'années.

#### \* LA ROTATION DU SOLEIL DANS LA GALAXIE.

On sait que le Soleil appartient à la grande nébuleuse appelée Voie lactée ou Galaxie dont le diamètre est voisin de 100.000 années-lumières et dans laquelle il occupe une position marginale. La Galaxie

est animée d'un mouvement de rotation gigantesque avec une rapidité dont l'absence de points de repère rend le calcul impossible. A l'intérieur de la nébuleuse, en plus d'une vitesse de 20 kms par seconde qui lui est propre, le Soleil est entraîné en direction de Céphée à raison de 275 kms par seconde. Il effectue le tour de la Galaxie en 200 millions d'années (Couderec, *loc. cit.*).

Comme l'existence de la Terre remonte au moins à 2 milliards d'années, notre planète, en accompagnant le Soleil a donc participé environ dix fois à cette immense rotation. Il semble a priori impossible qu'un déplacement périodique de cette envergure n'ait pas influé sur la climatologie. Dans son parcours, le système solaire doit en effet se trouver placé dans des conditions variables suivant la position qu'il occupe au milieu des étoiles de la Galaxie. La chaleur solaire doit parfois être singulièrement renforcée quand cet astre passe à proximité de certains amas stellaires et il est évident que de semblables coïncidences cosmiques ont des répercussions sur l'ambiance thermique de la Terre. On peut donc en conclure que des variations climatériques de haute importance peuvent se reproduire suivant un rythme de 200 millions d'années.

Dans l'étude des âges les plus lointains, les géologues signalent qu'à certains moments, le climat de la Terre paraît avoir été uniforme sur toute l'étendue de la planète; les mêmes espèces animales et végétales sont répandues partout et on rencontre les mêmes fossiles du Spitzberg à l'Antarctide; on ne reconnaît dans ces périodes aucune délimitation de provinces faunistiques. Une semblable isothermie généralisée paraît indiquer l'absence totale de glaces dans les régions polaires et elle accuse un caractère tropical nettement marqué. On peut donc supposer que ces périodes à climat uniforme correspondent à un réchauffement de la planète; cette supposition est certainement préférable à l'étrange théorie de Wegener qui n'hésitait pas à déplacer les pôles et à faire dériver les continents sans tenir compte du relief sous-marin afin d'expliquer ces conditions climatériques spéciales.

Les époques où ce phénomène a été constaté sont le Silurien, le Carbonifère et le Jurassique. Or en tenant compte de la chronologie que nous avons fournie ci-dessus d'après les études sur les radio-activités, ces 3 périodes sont sensiblement écartées les unes des autres par des intervalles de 200 millions d'années. On peut donc supposer sans trop d'in vraisemblance — et cette opinion est partagée par de nombreux astronomes et géologues — que l'uniformité du climat terrestre à certaines époques aurait eu pour cause la situation du système solaire dans la Galaxie. Il est probable

que le refroidissement général de la Terre a du donner à ces périodes analogues se succédant avec un immense écart dans le temps des valeurs thermiques décroissantes. Le climat du Silurien était sans doute plus chaud que celui du Carbonifère et beaucoup plus que celui du Jurassique.

Mais au cours de sa rotation, le Soleil doit se trouver placé dans des positions telles que des influences stellaires de nature différente ou simplement son éloignement de tout groupement d'étoiles peuvent déterminer des conditions absolument contraires. Au lieu du climat tropical uniforme, les diverses régions de la Terre connaissent alors des localisations thermiques ou hygrométriques et des provinces faunistiques bien délimitées s'établissent. Il paraît logique d'attribuer également à ces grands changements que subit le système solaire au cours de son trajet dans l'espace l'origine des phases désertiques et même glaciaires. En ce qui concerne les grands déserts, la géologie reconnaît que des formations de cette nature ont pris place au Cambrien, au Dévonien, au Permian-Trias et enfin qu'à l'aube du Tertiaire une période de sécheresse a marqué les étages Thanétien et Sparnacien. Or entre ces époques s'étendent des intervalles de 200 millions d'années; elles sont du reste à peu près exactement à égale distance des époques d'uniformité climatérique.

Cette périodicité de 200 millions d'années, dépendant des positions variées du Soleil au cours de sa rotation galactique, représente le plus important des rythmes cosmiques ayant une influence sur la climatologie terrestre.

#### LES TRANSGRESSIONS GÉOLOGIQUES.

L'étude des couches stratigraphiques révèle qu'à diverses reprises les Océans se sont avancés sur les masses continentales précédemment émergées; ils ont inondé les plaines transformées en bassins, en golfes ou en plateaux continentaux, puis ensuite ont reculé en laissant derrière eux l'accumulation de dépôts sédimentaires. Bien des hypothèses ont été imaginées pour expliquer ces montées du niveau marin; comme on ne pouvait trouver d'où venait cet afflux d'eaux inusité, on a considéré que ce n'était pas l'Océan mais les continents qui bougeaient et on les a fait s'affaisser à chaque transgression et se relever à chaque régression. Cette explication est considérée à l'heure actuelle comme la seule plausible, mais n'est guère satisfaisante car elle ne fournit aucune raison de ces mouvements continentaux.

Nous n'avons certes pas la prétention de résoudre ce grave problème de géologie et nous nous bornerons à ajouter une nouvelle

hypothèse à celles qui ont déjà été formulées sur la question.

Ce n'est pas au hasard qu'il y a vingt-cinq ans nous avons dénommé *transgression* le phénomène qui périodiquement entraîne les eaux d'origine équatoriale à empîéter sur les eaux d'origine polaire. Dès nos premières recherches nous avons signalé le caractère de *marée interne* que présentait cette rupture d'équilibre des nappes marines. La nature de leur périodicité qui dépend de la révolution des noeuds de l'orbite lunaire souligne encore ce caractère. Par leur mécanisme, par leur attitude, les eaux tropicales agissent de la même façon que les eaux des océans géologiques, mais à une échelle beaucoup plus restreinte; elles n'empîètent que sur d'autres nappes marines au lieu d'envahir les continents; encore ce phénomène, comme nous l'avons expliqué précédemment, est-il accompagné d'une faible dénivellation de la surface de la mer et participe aux variations du niveau oscillatoire moyen.

Tout porte à croire que les transgressions géologiques sont aussi des marées, mais d'une amplitude exceptionnelle. Il convient de définir d'abord la manière dont elles peuvent se produire. On admet en général que sous la croûte terrestre solidifiée ou *Sial* existe une matière plus ou moins en fusion ou *Sima*, entourant le noyau solide ou *Nife*. D'autre part on ne connaît rien de la constitution des terrains qui forment le fond des grandes plaines bathypélagiques car aucune surrection orogénique n'a fait émerger même des fragments du plancher abyssal. Enfin la théorie de l'isostasie soutient que l'épaisseur du *Sial* est beaucoup plus grande sous les masses émergées et sous les montagnes que sous les océans. Si on admet ces diverses données qui sont acceptées par la plus grande partie du monde scientifique, il est peut-être possible de concevoir le mécanisme des transgressions géologiques.

En effet on peut supposer que sous l'influence d'une attraction puissante émanant soit du système solaire, soit d'un astre perturbateur étranger à ce système, le *Sima*, par suite de son état liquide, soit capable de se déplacer sous forme d'une marée. Les lourdes masses de *Sial* qui renforcent la croûte terrestre sous les continents et qui peut être en certains endroits rejoignent plus ou moins le *Nife* sont immobilisées par leur poids ou leurs racines et opposent une résistance passive à la montée du *Sima*, de telle sorte que sa marée ne trouve pour avoir libre cours que les parties amincies au fond des océans. Sous la pression du *Sima*, le plancher des plaines bathypélagiques subit un phénomène de flexion et se trouve faiblement bombé. Par suite de l'immense étendue de ces plaines — qui occupent plus de la moitié de la superficie du globe et qui en occupaient

au moins les trois-quarts avant que les plissements successifs aient accru le volume des terres émergées — il suffit d'une très faible courbure pour déterminer le déplacement en hauteur de masses d'eaux considérables. Une surélévation du fond des plaines bathypélagiques atteignant 100 mètres au point le plus élevé de la voute ne se traduit que par une variation infime, inférieure à un degré et n'altère pas le profil de caractère épeirogénique des étendues abyssales, mais le volume d'eau déplacé est largement suffisant pour inonder toutes les parties basses des continents. Ce serait l'influence d'une marée du *Sima* déterminant une courbure temporaire des fonds océaniques qui produirait l'élévation des eaux marines caractérisant les transgressions géologiques.

On peut donc considérer que transgressions marines et transgressions géologiques appartiennent à la même catégorie de phénomènes et sont avant tout des marées périodiques; elles ne diffèrent que par la durée de leur rythme et leur amplitude; alors que les premières ne mettent en mouvement qu'un faible volume des eaux des océans, les autres agissent sur la masse liquide profonde du *Sima* et par répercussion sur l'ensemble des nappes marines qui couvrent la plus grande partie de la Terre.

Nous remarquerons en outre que les invasions des mers géologiques ont presque toujours amené avec elles un climat chaud. Il faut sans doute en chercher la raison dans ce fait que les plaines bathypélagiques s'étendent surtout en zone tropicale; aussi la courbure du plancher des grandes plaines a-t-il surtout déterminé le déplacement en surface des eaux équatoriales, qui, par leur légèreté, se sont avancées fort loin vers les hautes latitudes. Ce caractère établit un rapprochement supplémentaire entre les deux sortes de transgressions.

Les expansions des mers géologiques semblent obéir à un phénomène de périodicité, dont le rythme serait de 40 millions d'années. En effet on peut dresser la liste suivante de ces transgressions.

	Millions d'années.	
Cambrien ...	80	2 transgressions ?
Silurien .....	120	3 transgressions ? dont 2 dans l'Ordovicien et 1 au Gothlandien.
Dévonien....	120	3 transgressions (Coblentzien, Eifelien, Frasnien).
Carbonifère..	80	2 transgressions (dont 1 au Dinantien = Culm).
Permien.....	80	2 transgressions (dont la Mer du Zechstein au Thuringien).

	Millions d'années.	
Trias.....	40	1 transgression (au Muschelkalk).
Jurassique....	80	2 transgressions (l'une au Charmouthien, l'autre au Callovien).
Crétacé.....	40	1 transgression (la Mer de la Craie).
Tertiaire.....	40	1 transgression (la Mer Nummulitique).

On connaît mal les transgressions cambriennes et siluriennes, par contre celles du Dévonien sont assez distinctes. Le Carbonifère et le Permien doivent comporter 4 transgressions, mais les seules bien précisées sont celle du Culm, au Dinantien, c'est-à-dire au début du Carbonifère et celle de la Mer du Zechstein, au Thuringien, vers la fin du Permien ; les deux transgressions intermédiaires sont vagues, mais on peut supposer que leurs traces ont été profondément remaniées par le mouvement hercynien qui prend place à cette époque. Les transgressions de l'âge secondaire sont par contre bien nettes ; dans le Tertiaire la mieux marquée correspond à la Mer Nummulitique, mais, au Miocène, la Mer des Faluns peut être considérée comme une nouvelle invasion marine, après une régression oligocène : notre connaissance des terrains néozoïques est très détaillée, mais on peut croire que, dans un passé plus lointain, les mers éocène et miocène eussent été confondues et interprétées comme une transgression unique. Il est du reste certain que dans les grands débordements océaniques du Primaire et du Secondaire, il devait y avoir des phases de repos ou de régression partielle et que l'avance des eaux ne devait pas être continue. Des rythmes secondaires analogues à ceux qui régissent les transgressions océaniques actuelles devaient en faire varier l'amplitude, sans du reste modifier les phénomènes dans leurs grandes lignes. Sous réserve de ces remarques de détail, on peut considérer que les transgressions géologiques se sont succédées à des intervalles voisins de 40 millions d'années.

Cette périodicité semble exclure à priori la possibilité d'admettre que les marées du Sima se soient produites sous l'influence d'un astre perturbateur étranger au système solaire. Il paraît en effet difficile de supposer qu'au cours de sa rotation galactique de 200 millions d'années le Soleil rencontrerait cinq étoiles à égale distance les unes des autres qui exerceraient une attraction assez importante pour déterminer ces marées profondes, à l'intérieur de la Terre. Il paraît donc plus logique d'attribuer au Soleil lui-même ce pouvoir périodique d'attraction. Il nous est toutefois impossible d'en indiquer les causes que des astronomes pourraient peut être expliquer.

(Le rythme de 40 millions d'années qui provoque les transgressions

géologiques prend place après celui de 200 millions d'années comme exerçant une influence de grande envergure sur la climatologie terrestre.

#### AUTRES RYTHMES DE CLIMATOLOGIE GÉOLOGIQUE.

A partir de ces énormes périodicités de 200 millions et de 40 millions d'années, il paraît presque impossible de trouver des sous-multiples de ces rythmes qui conduiraient graduellement vers ceux qui régissent les phénomènes transgressifs actuels. L'échelle des mesures varie énormément quand les périodes diminuent d'importance. Un million d'années est une erreur négligeable quand elle porte sur des dizaines ou des centaines de millions, mais ne peut être admise dans les rythmes de faible amplitude. Il faut à un moment donné que le calcul précis se substitue aux larges approximations et la transition n'est pas facile à établir.

On pourrait encore admettre l'étage géologique comme une unité de mesure : la notion d'étage correspond à un changement de faune et ce changement résulte forcément de phénomènes ayant déterminé d'importantes modifications climatiques. Malheureusement l'étage a des valeurs bien différentes suivant l'âge où il est situé : le seul Ordovicien au Silurique correspond certainement comme durée au Tertiaire tout entier ; certains étages du Dévonien ont la même valeur que des époques des ères ultérieures ; il faut donc laisser de côté le Primaire où l'incertitude de nos connaissances conduit fatalement à confondre sous une même dénomination de longues périodes ayant embrassé de multiples variations faunistiques qui nous échappent.

A l'époque Secondaire, la valeur des étages devient plus homogène. On compte dans le Jurassique environ 16 étages pour une durée approximative de 80 millions d'années, ce qui donne une moyenne de 5 millions d'années pour chacun d'eux. De même le Crétacé compte 8 étages pour une durée d'environ 40 millions d'années. Au Tertiaire les divisions se multiplient par suite de la précision de nos études, mais les étages de cette ère récente n'auraient même pas la valeur d'un sous-étage des ères plus anciennes. L'Oligocène tout entier, qui fait figure de période, ne doit pas excéder de beaucoup les 5 millions d'années que nous avons retenus comme une approximation de la durée des étages du Mésozoïque. Je ne parle naturellement pas du Pliocène et de Pléistocène qui, réunis, n'arrivent certainement pas à atteindre un million d'années malgré leurs multiples subdivisions.

En somme, on peut considérer que l'espace de temps qui corres-

pond à la moyenne de durée d'un étage de l'ère secondaire, soit 5 millions d'années, qui se traduit par un changement faunistique appréciable pour les géologues, représenterait un nouveau terme de la périodicité climatérique. L'âge Tertiaire vaudrait dans son ensemble huit de ces étages, 5 pour l'Éocène, 1 pour l'Oligocène et 2 pour le Néogène.

En admettant cette notion purement empirique de 5 millions d'années comme un élément des rythmes des climats, on peut rechercher comment elle s'incorporerait dans les multiples des ondes périodiques connues qui régissent les transgressions actuelles. Or il se trouve qu'il existe une valeur de 4.800.000 ans (exactement 4.795.200 ans) qui représente une entière coïncidence de ces ondes ; elle équivaut en effet à :

- 108 périodes de 44.400 ans,
- 864 périodes de 5.550 ans,
- 2.592 périodes de 1.850 ans,
- 43.200 périodes de 111 ans.

La période de 44.400 ans mérite d'être examinée car elle correspond à :

- 8 périodes de 5.550 ans,
- 24 périodes de 1.850 ans,
- 400 marées séculaires de 111 ans.

Ce qu'il y a de plus curieux est que cette période de 44.400 ans se rapproche étrangement d'une période de 43.200 ans à laquelle les Chaldéens donnaient une très grande importance. Bêrose a fourni en effet une liste des rois légendaires de la Chaldée jusqu'au déluge avec la durée de leurs règnes, mais ces durées portent sur un tel nombre d'années que la plupart des historiens modernes s'accordent pour leur donner un caractère astronomique. Elles sont calculées en sarses et le sarses est de 3.600 ans. Entre la création du monde et l'avènement du premier roi, Alôros, 72 sarses s'étaient écoulés, puis Bêrose donne la chronologie suivante :

Alôros.....	règne 10 sarses	Daros .....	règne 10 sarses
Alaparos .....	3	Evedoranchos .	18
Amillaros.....	13	Amempsinos...	10
Ammenon.....	12	Obartès.....	8
Amelagaros ...	18	Xisouthros ...	18

soit au total 120 sarses de 3.600 ans ou 432.000 ans ; chaque roi ne trouve donc avoir régné pendant 43.200 ans en moyenne. Ces chiffres étaient calculés de façon à entrer dans une grande période astronomique de douze fois 43.200 ans dont l'existence paraissait

prouvée aux savants chaldéens, bien que l'origine de cette déduction soit inconnue. Sans doute le sarses chaldéen de 3.600 ans était-il calculé d'après les périodes Saros car les mages avaient déjà de fortes connaissances sur les éclipses. La différence entre 24 périodes de coïncidence perihelium-noeud apside et 200 périodes Saros correspond sensiblement à la discordance entre les 2 rythmes de 43.200 et de 44.400 ans. Le cycle de 4.795.200 ans équivaut du reste à 111 périodes de 43.200 ans. Ces recherches des Chaldéens montrent comment le problème des rythmes cosmiques a passionné les savants depuis la plus haute antiquité.

En résumé on peut considérer que la climatologie terrestre est influencée par des périodicités multiples, régissant des phénomènes très variés ne paraissant pas avoir entre eux de connexion évidente.

- 1° Rythme de 200 millions d'années ; (durée de la rotation galactique du Soleil).
- 2° Rythme de 40 millions d'années ; (périodicité des transgressions géologiques).
- 3° Notion empirique de 5 millions d'années ; (valeur moyenne de la durée d'un étage du Secondaire). Cette notion doit être rapprochée d'une valeur de 4.795.200 ans.
- et à partir de cette valeur :
  - 4° Rythme de 44.400 ans ;
  - 5° Rythme de 5.550 ans ;
  - 6° Rythme de 1.850 ans ; (perihelium-noeud apside).
  - 7° Rythme de 111/112 ans ; (marées séculaires transgressives).
  - 8° Rythme de 18 ans, 6 ; (révolution des noeuds de l'orbite lunaire).