

Les théories synthétiques en géologie.

Un problème qui excita longtemps l'imagination des géologues, avant la théorie moderne de la tectonique des plaques, était la formation des montagnes (ou orogénèse)[312, 322]. En effet, ayant reconnu sur le terrain un certain nombre de traits (plissements, failles, nappes de charriage, etc...) dont la formation ne pouvait être due qu'à une mise en contrainte mécanique (compression ou extension) de vastes zones de l'écorce terrestre, il leur fallait trouver le moteur produisant ces mouvements.

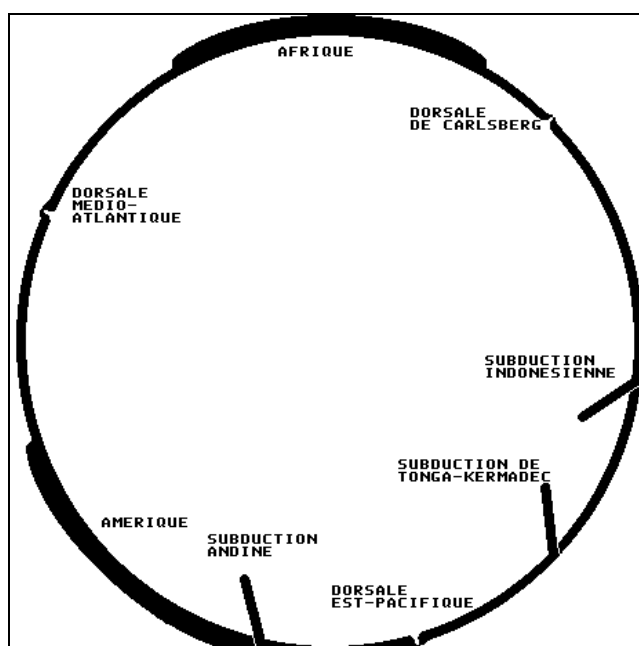
Une première théorie, proposée vers 1850 par Dana et de Beaumont, proposait un mécanisme de contraction générale de la Terre. Le modèle faisait appel à un processus de refroidissement progressif de la planète, qui entraînait une diminution du diamètre et donc du périmètre terrestre, provoquant une mise en compression et la surrection des montagnes. Cette théorie garda des partisans jusqu'en 1959 (Jeffrey), puis fut abandonnée. De nombreux arguments montrent en effet que la Terre ne peut pas se refroidir au rythme prévu. Il s'agissait au départ de calculs effectués par Kelvin, au temps où l'on ignorait la radioactivité (donc la source de chaleur principale à l'intérieur du globe), et qui tendaient à prouver que l'âge de la Terre n'était que de quelques millions d'années : en réalité, il est mille fois plus élevé. L'avantage de ce modèle par rapport aux autres était la possibilité de produire des poussées latérales énormes sur la croûte terrestre, et donc d'expliquer les phénomènes compressifs à l'origine de l'orogénèse.

Une théorie totalement opposée fut émise par Ilgenberg en 1933 et Halm en 1935. Elle suppose que le rayon de la Terre était initialement de 3000 kilomètres environ, et qu'il augmente en permanence sous l'effet de la diminution de la constante universelle de la gravitation (supposée par Dirac), et donc de la diminution de la pression dans les couches centrales du globe. Cette augmentation du rayon produit une augmentation du périmètre terrestre, qui explique l'ouverture des océans et la dérive des continents. Certains auteurs, reprenant cette théorie au début des années soixante, pensaient même que cette expansion s'était déroulée en plus grande partie durant les 300 derniers millions d'années, ce qui est approximativement le temps mis par l'Océan Atlantique pour s'ouvrir. Le mécanisme d'expansion postulé par cette théorie explique bien la formation du plancher océanique au niveau des dorsales, et les contraintes d'extension sur les continents (ouverture de failles), mais moins bien les contraintes de compression et l'orogénèse.

La théorie actuellement admise par la quasi-totalité des chercheurs, et qui a relégué au musée les deux précédentes, est la tectonique des

plaques [282]. Elle tire son origine de l'intuition d'Alfred Wegener, climatologue et généraliste inspiré, qui remarqua des similitudes entre les tracés de la côte est de l'Amérique du Sud et de la côte ouest de l'Afrique, ainsi que des coïncidences géologiques et paléontologiques entre ces régions. Il en induisit en 1912 un modèle dit de "dérive des continents", en pensant que ceux-ci, flottant sur le magma comme des icebergs sur la mer, s'écartent régulièrement. Ses idées furent un temps abandonnées, avant d'être rénovées dans les années soixante lorsque les campagnes d'échosondage en mer permirent de dresser les cartes précises du fond des océans, et de découvrir la structure particulière des dorsales. La découverte fut le fait de plusieurs laboratoires, notamment le Lamont et Princeton (USA) et Cambridge (Angleterre). Un Français, Xavier Le Pichon, participa à cette découverte, et fut l'un des premiers à publier l'hypothèse "plaquiste"[128]. Ce modèle stipule que des plaques lithosphériques constituées de magma solidifié et mesurant 20 à 100 kilomètres d'épaisseur, sont produites au niveau des dorsales océaniques, et s'écartent symétriquement par rapport à la dorsale. A l'autre bout des plaques, l'affrontement avec la plaque voisine provoque ce que l'on appelle la subduction : l'une des deux plaques s'incurve et plonge sous l'autre, s'enfonçant dans le magma jusqu'à 700 kilomètres de profondeur (comme par exemple sous le Japon et la Chine Orientale). Les continents, plus légers, sont portés par les plaques et se déplacent au gré des mouvements de ces dernières. Lorsque deux plaques portant chacune un continent se rencontrent, la subduction n'est pas possible, et l'on assiste à la la formation d'une chaîne de montagnes, comme c'est le cas actuellement dans l'Himalaya qui résulte de la collision entre la plaque australo-indienne et la plaque euro-asiatique. Le schéma ci-contre, d'après C. Allègre [282] illustre ce processus.

La grande question qui agite actuellement le milieu de la géophysique est la



recherche du “moteur”. En effet, si plus personne ne met en doute le modèle des “tapis roulants” que constituent les plaques portant les continents, plusieurs hypothèses sont en concurrence pour expliquer leurs déplacements. Elles font généralement appel aux courants de convection thermique dans le manteau et aux efforts mécaniques entraînés par le déplacement de la partie supérieure de ce dernier (asthénosphère) sous la plaque.

Il faut retenir pour l’instant que, si la théorie “plaquiste” rend compte des observations sur l’état général de la croûte terrestre, la théorie de la compression postulait un moteur beaucoup plus efficace pour justifier les efforts mis en jeu dans l’orogénèse, alors que la théorie de l’extension était séduisante pour comprendre les failles normales (consécutives à une extension) et certaines invasions de magma sur les continents. Ces différents arguments seront repris et développés plus loin, dans un chapitre consacré au moteur de la tectonique des plaques.

Les théories catastrophistes.

La géologie a été tributaire jusqu’au milieu du dix-neuvième siècle des thèses bibliques sur le déluge. On admettait que le texte narrait l’histoire vécue de Noé, de sa famille et des animaux qu’il avait sauvés. Avec du recul, cela fait sourire d’imaginer ce pauvre Noé courant derrière tous les animaux de la création pour capturer un couple de chaque espèce, et l’on ne peut qu’être saisi d’admiration en imaginant l’arche telle qu’elle est décrite par la Bible, avec tout ce qu’elle devait contenir et les problèmes de logistique posés par la nourriture de tout ce cheptel pendant quarante jours. Un spécialiste des écosystèmes pourrait d’ailleurs s’amuser à faire une petite simulation, pour montrer qu’au bout de cette période, il ne devait plus rester que les tigres et les lions comme passagers... Certains amateurs d’insolite ne sont d’ailleurs pas autrement choqués par l’impossibilité pratique de l’existence d’un tel bateau avec son chargement, puisqu’on organise encore des expéditions sur le mont Ararat pour rechercher des morceaux de l’arche, et qu’on vend des ouvrages qui expliquent très sérieusement au public qu’on les a effectivement retrouvés.

Ces arguments n’ont pas dû échapper aux savants du siècle dernier, qui ont saisi la première occasion pour éliminer les modèles géologiques faisant référence à cet événement, certains étant sans doute ravis de porter une estocade à ce qu’ils devaient considérer comme de l’obscurantisme irrationnel. Le débat fut on ne peut plus vif au milieu du siècle dernier entre partisans du (ou des) déluge(s), et partisans des théories modernes, basées essentiellement sur la découverte de la succession des glaciations et déglaciations au Quaternaire. Charles Lyell, géologue anglais, fut un des premiers à défendre la théorie de “l’actualisme”, qui

postule au contraire que toutes les évolutions géologiques sont explicables par les mécanismes lents que nous voyons actuellement à l'œuvre, et qui, s'appliquant pendant des millions d'années, ont des effets considérables. Par exemple, la surrection d'une chaîne de montagnes au rythme d'un millimètre par an donne, en l'absence d'érosion, des pics de dix mille mètres d'altitude en dix millions d'années. On peut dans la plupart des cas expliquer les formations géologiques et les formes de relief par des mécanismes connus, et observables à notre époque. L'actualisme est donc la théorie qui prévaut dans les différents domaines de la géologie, ou dans certaines sciences parentes comme la paléontologie ou la géomorphologie.

Mais il faut bien dire que, si le bon sens, la volonté de rejeter des explications irrationnelles et peut-être un certain désir inconscient de quiétude ont conduit à éliminer les modèles explicatifs basés sur des cataclysmes d'ampleur exceptionnelle, personne jusqu'ici n'a réussi à réfuter formellement la possibilité de tels cataclysmes. Je vais donc reprendre un certain nombre d'observations géologiques, pour voir s'il y a des faits qui étaient cohérents avec le modèle "diluviste" et qui ne collent pas bien avec les modèles quaternaristes modernes.

Les pionniers des années cinquante.

Je me suis appuyé en partie, pour ces observations, sur les œuvres d'Immanuel Velikovsky et de Charles Hapgood. En effet, après la parution de "Mondes en collision", et la violente polémique qui s'ensuivit, Velikovsky poursuivit ses travaux dans le domaine de la géologie et de la paléontologie, à la recherche de preuves plus tangibles à fournir à ses détracteurs. Il publia en 1955 un ouvrage intitulé "Earth in upheaval", traduit en français et publié par Stock en 1982 sous le titre "Les grands bouleversements terrestres" [146]. Sans doute un peu remué par les arguments de ses adversaires, il se gardait bien de répéter ses théories astronomiques ainsi que ses hypothèses sur la chronologie biblique. Son but était de démontrer que la planète est soumise périodiquement à des catastrophes, depuis des temps très reculés, et d'accumuler des preuves physiques de ces événements. Il a donc relevé les faits paléontologiques ou géologiques qui ne peuvent être expliqués aisément par les théories actualistes. Il faut reconnaître qu'il a fait une fois de plus un travail considérable et fort intéressant de bibliographie sur le sujet. Bien qu'il soit sans doute allé un peu loin dans ses tentatives d'explication de l'orogénèse, ou de l'existence des dorsales médio-atlantiques qui venaient d'être découvertes, ses essais d'interprétation étaient un peu plus sérieux que les mécanismes de "Mondes en collision". Dans sa conclusion, il émettait d'ailleurs des doutes sur les causes qu'il avait inférées, et laissait sagement à d'autres le soin de trouver les mécanismes profonds capables de provoquer ces catastrophes.

Il rapporte plusieurs échanges de correspondance entre lui et Einstein dans les mois qui ont précédé la publication. Bien qu'il ait émis de sérieuses réserves sur les mécanismes explicatifs proposés, Einstein était convaincu de la solidité de l'argumentation et semblait se rallier à l'idée de ces catastrophes. Malheureusement, il devait mourir peu de temps après.

Moins connu peut-être que Velikovsky, Charles Hapgood a laissé également une œuvre originale sur les théories catastrophistes en géophysique. Professeur au Keene College, il publia en 1953 son ouvrage "Earth's shifting crust", littéralement "La croûte terrestre glissante". La préface était d'Einstein qui, sans approuver formellement la théorie de Hapgood, mentionnait qu'elle était séduisante, qu'elle permettait d'expliquer certains faits géologiques, et que rien ne permettait de la réfuter. L'ouvrage fut traduit en français en 1962, sous le titre "Les mouvements de l'écorce terrestre" [120], et préfacé par Yves Rocard. Physicien atomiste, ce dernier est connu pour avoir œuvré à la conception de la bombe française et à celle d'un homme politique dont les idées (avant qu'il ne soit au pouvoir) étaient parfois explosives. Rocard s'abritait prudemment derrière l'autorité scientifique d'Einstein pour donner à son tour sa bénédiction aux thèses présentées dans le livre.

Hapgood s'appuyait sur une série d'observations pour affirmer que des périodes de calme géologique sont séparées par des périodes de bouleversement brèves et violentes, avec des manifestations hydrauliques, volcaniques et sismiques. Il induisait de tout cela un modèle assez original. D'après lui, les calottes polaires étant décentrées par rapport aux pôles nord et sud, le mouvement de rotation de la Terre soumet les masses de glace à la force centrifuge et tend à les faire descendre vers l'équateur. Ces calottes, reposant sur les continents, entraînent avec elles l'ensemble de la croûte terrestre, dans un mouvement de rotation le long d'un méridien. Comme la Terre est une sphère imparfaite, légèrement renflée à l'équateur, ce mouvement de rotation produit des contraintes verticales sur la croûte, comme une masse poussée sur un sol plan, rencontrant un coin, se déforme et craque en montant dessus. L'accumulation des contraintes dues à ces phénomènes se relâche brutalement dans des épisodes de crise, au cours desquels la croûte terrestre se fracture en de nombreux endroits, et glisse brutalement de plusieurs dizaines de degrés par rapport au manteau, d'où les effets constatés.

Il faut bien dire que Hapgood, Einstein et Rocard se sont trompés. La validation de cette théorie impliquait en effet le rejet du modèle de la tectonique des plaques, ou du moins de son ancêtre, à savoir la théorie de la dérive des continents de Wegener, qui manquait alors de bases d'observation solides. Les travaux d'océanographie menés dans les années suivantes ont en effet montré que les intuitions de Wegener étaient bonnes, et fourni un modèle cohérent pour les expliquer. Par

ailleurs les calculs de Hapgood sur l'effet de coin du renflement équatorial étaient folkloriques, et les géophysiciens de l'époque, qui en savaient assez sur les déformations des roches et l'élasticité de la croûte terrestre, auraient pu lui montrer que ses théories étaient inconsistantes. Enfin, l'effet de balourd dû aux calottes polaires est négligeable par rapport au poids de la croûte terrestre et à sa résistance : si un déplacement peut se produire sous cet effet, il n'y a aucune raison pour qu'il provoque des crises violentes. Ainsi va la science, et cela n'empêche pas Einstein et Rocard d'avoir été de grands physiciens.

Comme le travail de Velikovsky, celui de Hapgood fit quelques vagues, plus calmes toutefois puisque le nom et le prestige d'Einstein étaient engagés dans l'affaire. Les géophysiciens ne se laissèrent toutefois pas impressionner et continuèrent leurs sondages océaniques. La mort d'Einstein, la confirmation du modèle de la tectonique des plaques, firent tomber l'œuvre de Hapgood dans l'oubli. Ce dernier changea de sujet, et se consacra à l'étude de portulans et de cartes du Moyen Age, où il fit un travail original.

En dehors d'aspects quelquefois déplaisants que prirent les débats sur ces théories, essentiellement d'ailleurs parce que Velikovsky et Hapgood étaient considérés comme des marginaux n'appartenant pas au sérail de la science officielle, le plus regrettable est que la matière amassée par ces deux pionniers fut vite oubliée, pour ne pas dire refoulée, dans la pénombre des bibliothèques. Et pourtant les observations sur lesquelles ils s'appuyaient étaient impressionnantes, et c'est ce qui explique sans doute les réactions d'Einstein, de Rocard et de quelques autres en faveur de ces modèles.

Les historiens des sciences qui se pencheront sur ces épisodes montreront sans doute que, dans les affaires Velikovsky et Hapgood, les scientifiques défendant les thèses orthodoxes ont malheureusement fait l'amalgame entre deux débats distincts. Le premier porte sur l'organisation de la recherche scientifique et consiste à savoir si le mécanisme habituel de financement sur fonds publics, de jugement par les pairs et de publication sous contrôle ne doit souffrir aucune exception. Le second porte sur le fond, à savoir sur la validité des modèles induits par ces auteurs à partir des faits. Le premier débat me paraît de toute manière stérile, car il y a toujours eu des francs-tireurs dans le processus du progrès scientifique (des bons et des moins bons), et ce ne sont pas les imprécations de certains chercheurs officiels qui changeront cet état de fait. Le second débat est plus important : je vais le résumer.

Les bancs de calcaire.

On trouve, dans de nombreuses séries sédimentaires, des alternances de calcaire et de marnes ou d'argiles. Les géologues sont capables d'identifier ces bancs par leur nature chimique et de les dater grâce à la présence ou l'absence de tel ou tel fossile. Ils peuvent ainsi donner la situation d'un banc dans une chronologie valable (avec quelques variantes) pour l'ensemble de la planète. Il est souvent possible de repérer, dans une strate visible en des endroits distincts (parfois éloignés de plusieurs centaines de kilomètres), des successions de bancs identifiés par la série des épaisseurs relatives des constituants. Dans de telles couches, un banc de calcaire correspond à une période de stabilité, dite "biostasie", avec une richesse organique importante dans l'océan où la couche s'est formée et sur les continents d'où proviennent les apports. Inversement, la séparation entre deux bancs est due à un épisode géologique ou climatique de transition, dit "rhexistasie", où d'autres matériaux, plus pauvres en carbonates et donc liés à des phénomènes d'érosion ou de décapage continental, sont déposés sur le plancher océanique. En-dehors de certaines couches de calcaire particulièrement épaisses (urgonien, etc...), dont on peut supposer qu'elles ont été déposées par des processus particuliers (subsidence constante en zone néritique, etc...) ou pendant des périodes géologiques exceptionnellement stables, tous les terrains sédimentaires montrent des stratifications plus ou moins prononcées. Il semble qu'actuellement aucune étude fréquentielle n'ait été menée sur ces signaux, mais certains géologues pensent que la durée d'une période de dépôt calme donnant un banc de calcaire, pourrait varier entre un et cent millénaires, avec une valeur moyenne se situant plutôt entre trois et vingt. Ces remarques sont basées sur l'épaisseur moyenne des bancs rapportée aux vitesses de sédimentation océaniques constatées de nos jours, ce qui peut être confirmé en divisant la durée de la période géologique totale par le nombre de strates de certaines grandes coupes (comme par exemple dans le Grand Canyon du Colorado).

J'émet à ce propos une hypothèse, que je pense originale, sur le mécanisme de formation de certaines séries sédimentaires (sédiments non détritiques de marges passives). On peut constater sur des signaux climatiques récents, reconstitués à partir de concentrations isotopiques dans des sondages effectués dans ce type de sédiments en cours d'accumulation, un "filtrage" dû aux animaux benthiques (crabes, holoturies, etc...). Le calcaire compact pourrait se former pendant une période où la faune benthique est très active, provoquant une importante bioturbation (c'est à dire un brassage perpétuel des couches déposées). Inversement, la séparation marneuse ou argileuse entre deux couches calcaires pourrait correspondre à une période plus ou moins longue sans animaux benthiques, pendant laquelle les dépôts, outre le fait qu'ils sont beaucoup plus pauvres en carbonates, donc d'origine détritique, ne sont

pas brassés : cela expliquerait leur grano-classement vertical et/ou latéral.

On pourrait induire que durant certaines périodes géologiques, la faune océanique (planctons, poissons, animaux benthiques) subit d'une manière répétitive des accidents qui diminuent considérablement le nombre d'individus, séparés par des périodes où les conditions de stabilité de l'écosystème amènent à une repopulation rapide. Les observations actuelles faites sur les fonds océaniques semblent d'ailleurs prouver que la fossilisation est un processus exceptionnel : une coquille de mollusque est dissoute par l'eau de mer en quelques années, ou transformée par certains organismes. Les amateurs de fossiles savent qu'il existe des zones où l'on en trouve de grandes quantités : cela suppose leur accumulation à la fois temporelle (sur une strate donnée) et spatiale (en un lieu donné) par un processus physique violent. L'identification de séries semblables en divers lieux de plusieurs continents pourrait alors impliquer que ces processus de bouleversement de l'écosystème se sont bien étendus à la planète entière.

Il n'est donc pas impensable que, depuis le début des temps géologiques, la planète connaisse des périodes de calme de quelques millénaires, ou quelques dizaines de millénaires, séparées par des épisodes de crise qui bouleversent l'écosystème, et amènent le dépôt de matériaux peu carbonatés sur les planchers océaniques. Certaines séries calcaires ou marno-calcaires présentent des faciès rythmiques impressionnants : la succession y est régulière, sur des millions d'années, entre des bancs calcaires d'épaisseur quasi-constante et des dépôts marneux plus minces, suggérant des périodes de calme de durées à peu près identiques séparés par de courtes crises. Cela suppose un mécanisme régulier et répétitif capable de reproduire les mêmes effets pendant des temps très longs.

Il y a d'autres explications possibles aux changements de composition des sédiments (changement de température océanique, crises climatiques, modification de la couverture végétale sur les continents, vigueur du relief et puissance des processus de transport, etc...), et l'on sait aujourd'hui que les climats subissent des variations régulières sur des périodes de quelques dizaines de millénaires à cause des variations périodiques des paramètres de l'orbite terrestre [309]. Peut-être pourrait-on aussi, dans quelques dizaines de millions d'années, identifier sur une strate particulière la crise climatique provoquée par les hominidés à une certaine époque avec leurs déversements massifs de gaz carbonique ou de méthane dans l'atmosphère... La sédimentologie fait appel à des explications variées (climats, écologie, chimie, etc...) pour rendre compte des observations, mais sans avoir de lois suffisamment fiables pour identifier chacune de ces causes à travers leurs effets. Rien ne permet, dans ce domaine, d'imposer les modèles explicatifs gradualistes, ni de réfuter formellement les modèles catastrophistes.

Les blocs erratiques.

Il s'agit de gros blocs (quelques centaines à quelques milliers de tonnes), qui ont une composition différente de celle du substrat (la couche sur laquelle ils reposent). Une théorie assez en vogue au siècle dernier pour expliquer leur existence était celle des "vagues de transport" : des vagues gigantesques les auraient transportés, parfois à plusieurs centaines de kilomètres de leur lieu d'origine. Puis le progrès de la connaissance du Quaternaire permit d'expliquer leur transport par les glaces au cours des différentes périodes froides. Cette deuxième explication fait appel à un phénomène mieux connu et identifiable par d'autres traces (moraines, vallées en "U", etc...). Les géologues s'y sont donc ralliés, et on ne voit pas bien qui aujourd'hui pourrait soutenir sans crainte du ridicule la thèse des vagues de transport. Les blocs erratiques pourraient toutefois permettre d'inférer l'existence de telles vagues, si l'on en trouvait dont le trajet présumé ne peut pas s'expliquer par le transport glaciaire.

Si l'on considère tout d'abord le phénomène sous l'angle physique, il n'y a pas besoin de faire de longs calculs : il suffit d'aller visiter la vallée du Reyran, au nord de Fréjus, où un barrage céda en 1959. Des blocs de béton de plusieurs milliers de tonnes ont été entraînés sur des kilomètres, et sans doute seraient-ils allés plus loin si la vague ne s'était affaiblie en s'étalant dans la vallée qui s'élargit en amont de Fréjus. Le barrage avait une cinquantaine de mètres de haut, ce qui donne la hauteur maximale de la vague. Le transport par effet hydrodynamique sur des dizaines ou des centaines de kilomètres est certainement possible si une vague issue de l'océan peut se propager à de telles distances sur les continents. Bien entendu, une telle affirmation paraît à première vue anti-scientifique et délirante; mais, si l'on accorde quelque crédit aux traditions, il n'y a aucune raison de ne pas l'étudier attentivement. Je vais donc tenter de trouver les traces du passage de ces vagues.

On trouve des blocs erratiques dans des régions, comme le Bassin Parisien (par exemple tout près de Rouen), la vallée de la Loire, ou la basse vallée du Rhône, en dehors des zones où s'étendaient les glaciers dans leur extension maximale au Quaternaire. Il faut donc chercher une autre explication. L'hypothèse qu'ils ont été transportés sur des "radeaux de glace" portés par le fleuve ne semble guère crédible, parce que, dans les zones d'effondrement ou d'arrachage de tels blocs en montagne, les rivières qui suivent des parcours accidentés peuvent difficilement charrier des radeaux de glace suffisants pour inclure des blocs de plusieurs centaines de tonnes. Une autre hypothèse, celle du transport par des "laves torrentielles" (c'est-à-dire de violents écoulements de boue) est sans doute valable dans certains cas, mais se trouve inopérante ailleurs par le fait que certains blocs semblent avoir cheminé des côtes vers l'intérieur des terres. Darwin en a signalé aux Açores. Aux

Indes, certains blocs erratiques ont été transportés de la mer vers l'Himalaya. On trouve des blocs de la région d'Argelès transportés dans le département de la Lozère (De Nadaillac, "Les premiers hommes"). Sur d'autres continents, on trouve des blocs erratiques en dehors de tout contexte glaciaire : en Afrique du Nord, au Soudan, dans les ouadis de la péninsule du Sinaï, ou en Amérique du Sud jusqu'à 41 degrés de latitude. On en retrouve aussi en Sibérie orientale ainsi qu'à l'ouest de l'Alaska, alors que ces régions n'ont pas été atteintes par les calottes polaires au Quaternaire. .

Il faut rester prudent dans ce raisonnement, car il est aussi possible de trouver des origines non liées à d'hypothétiques vagues de transport pour ces blocs atypiques, par exemple :

- ◆ Certains peuvent être en situation anormale de façon originelle, comme les "olistolithes", blocs de roches plus anciennes inclus dans une couche sédimentaire plus récente par un processus de transport mécanique sur les pentes des fonds marins lors de la constitution de la couche.
- ◆ D'autres ont pu être transportés par les bâtisseurs de mégalithes, qui étaient capables de déplacer des masses de plusieurs dizaines de tonnes sur des distances importantes. Mais la plupart des blocs en situation anormale ne sont pas des menhirs, des dolmens ou des pierres à cupules, qui se reconnaissent par leur assemblage, leur position, ou leurs gravures. Certains blocs, par ailleurs, dépassent de loin le poids des pierres les plus colossales transportées dans l'antiquité : lorsqu'ils n'étaient pas encore cassés, le grand menhir de Locmariaquer pesait 350 tonnes, les statues colossales égyptiennes (colosses de Memnon, statue de Ramsès du Ramesseum) pesaient "seulement" un millier de tonnes.

Mais il se pourrait qu'un examen attentif des blocs en situation anormale ne laisse pas apparaître d'autre solution, dans certains cas, qu'un transport hydrodynamique sur une longue distance par une vague venue de l'océan. A ma connaissance, ce travail de recensement et de classification n'a jamais été fait, à moins que l'on ne retrouve ce type d'analyse dans certains ouvrages de géologie du siècle dernier, qui cherchaient à démontrer l'existence du déluge biblique.

Les autres matériaux transportés.

Les chercheurs qui travaillent sur l'histoire du Quaternaire se heurtent parfois à des énigmes. Il leur arrive de manquer de modèles plausibles pour expliquer la présence de certains matériaux de transport. On trouve par exemple des couches de débris mélangés (sable, galets, blocs), dont on peut difficilement expliquer la provenance.

La forme émoussée des galets et le mélange des différentes granulométries (hétérométrie) laissent supposer qu'il s'agit de matériaux transportés par l'eau. Mais les immenses surfaces recouvertes peuvent difficilement l'avoir été par des rivières ou des fleuves, même en supposant que leur débit dans les phases de fonte des glaciers était multiplié par cent par rapport aux valeurs actuelles. Par exemple les sables de Lozère dans le Bassin Parisien ("Lozère" est le nom d'un lieu-dit, et non une présomption d'origine depuis le département du même nom) constituent une formation d'origine inexplicable. Ces sables sont venus soit d'un massif cristallin continental, par un processus inexplicable, soit des plages de l'Atlantique. D'autres phénomènes de transport que les déglaciations semblent donc nécessaires, et l'écoulement hydraulique en nappe sur de grandes surfaces est un candidat possible que certains géologues envisagent [344]. Par ailleurs les vagues de transport, si elles existent, doivent être des processus morphogénétiques (c'est à dire capables de modeler le terrain) dont on devrait trouver les traces dans différents domaines (pédologie, sédimentologie, etc...). Mais comme cette idée a été abandonnée depuis plus d'un siècle, on n'en cherche plus de preuves, et il est à craindre que, lorsqu'on en trouve, on s'efforce de les rapporter à des processus connus ou de les oublier...

Les déplacements des pôles.

En ce qui concerne le long terme, les géologues sont d'accord pour reconnaître qu'au cours des ères géologiques, du Primaire au Quaternaire, des calottes glaciaires ont recouvert différentes régions de la Terre, situées maintenant au voisinage de l'équateur, comme l'Inde ou le Sahara. Inversement, et dans les mêmes époques, des régions actuellement situées près des pôles, comme par exemple le continent antarctique, ont connu des climats tropicaux. Un mécanisme physique permet donc à l'écorce terrestre dans son ensemble de se déplacer par rapport à l'axe de rotation de la Terre. En quelques dizaines de millions d'années, des régions peuvent effectuer un voyage de dizaines de milliers de kilomètres par rapport au pôle. Cela représente des vitesses de l'ordre d'un mètre par an, c'est-à-dire cinq à dix fois plus que ce que l'on constate aujourd'hui *. Ces déplacements du pôle sont par ailleurs plus importants que les mouvements des continents les uns par rapport aux autres. La loi de conservation du moment cinétique global de la Terre sur son orbite fait que l'axe de rotation de la Terre est probablement resté voisin de sa position actuelle depuis des milliards d'années (en dehors du mouvement de précession qui lui fait décrire un cône). On peut en déduire que c'est la croûte terrestre qui se déplace par rapport à l'axe de rotation et non pas l'inverse. Mais s'agit-il de déplacements très lents ou bien au contraire de déplacements brutaux, au cours desquels le

* Dans la dérive à long terme de l'oscillation de Chandler.

pôle se déplacerait de quelques centaines de kilomètres en un temps bref à l'échelle géologique ?

Hapgood relève qu'au cours de la dernière glaciation dans l'hémisphère nord ("Würm" pour les Européens, "Wisconsin" pour les Américains), des phases d'avancée et de recul successives des calottes polaires se sont succédées. Il fait remarquer à juste titre que ces phases ne se sont pas effectuées sur des latitudes équivalentes entre les différentes calottes :

- ◆ la calotte des Laurentides, qui était centrée à peu près sur la baie d'Hudson.
- ◆ la calotte du Groenland, qui existe toujours.
- ◆ la calotte fenno-scandinave, qui couvrait la Scandinavie, le Danemark, la moitié nord de la Grande Bretagne et des Pays-Bas.

On retrouve les mêmes phases d'avancée ou de recul des calottes à court terme (le millénaire) sous l'effet des cycles climatiques, mais avec des mouvements à long terme (la glaciation) complètement décalés. Les lignes d'avancées maximales, soulignées par des moraines, devraient se retrouver approximativement à la même latitude, de part et d'autre de l'océan (avec des variations liées aux courants océaniques ou aux reliefs). Mais il est impossible de retrouver, sur des parallèles, la synchronisation entre des moraines américaines et des moraines européennes. La Sibérie, qui est aujourd'hui considérée comme le "pôle du froid" de l'hémisphère nord, n'a pas supporté de grande calotte durant la glaciation du Würm, alors que la glace avançait bien plus au sud sur le continent américain ou en Europe. L'Alaska, qui est aujourd'hui plus froid que la région de la baie d'Hudson, n'a jamais supporté de calotte (en dehors des glaciers de montagne). On a trouvé sur le Yukon, près de Fairbanks, un site archéologique datant de 25000 bp, alors qu'à cette époque il y avait quelques centaines de mètres de glace sur Chicago !

En 1977, un chercheur suédois, Nils-Axel Mörner, a publié un article [396] dans lequel il analyse les déplacements des marges des calottes glaciaires de l'hémisphère nord pendant les trois principaux épisodes de la dernière glaciation. La conclusion de son article est que les fluctuations, aussi bien de grande que de petite amplitude, des deux calottes (laurentide et fenno-scandinave), étaient synchronisées, et dues à des variations globales de climat. Par contre, les migrations du nord vers le sud de la calotte laurentide, et du nord-est vers le sud-ouest de la calotte fenno-scandinave ne sont pas explicables par des causes climatiques connues. Certains chercheurs parviennent à les simuler en travaillant sur les paramètres de modèles climatiques, mais, dans ce type de recherche, la limite est difficile à placer entre la variation acceptable d'un jeu de paramètres et le tour de passe-passe mathématique : pousser un peu plus loin de telles simulations permettrait de

cultiver des bananes au Groenland tout en chassant l'ours blanc au Japon.

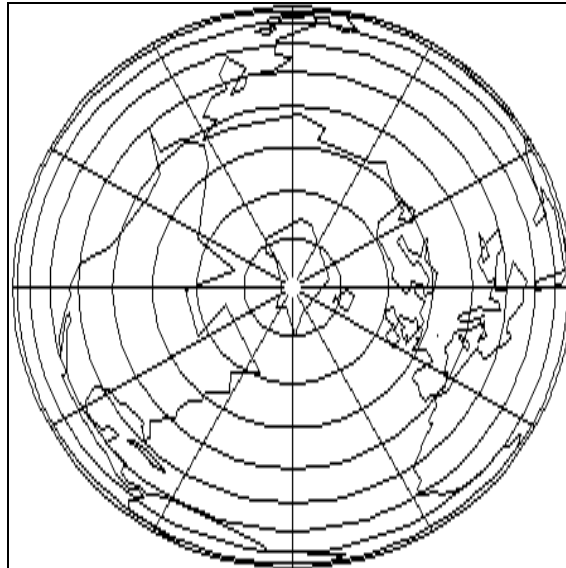
Hapgood cite également un résultat de sondage effectué en Mer de Ross (sur le bord ouest du continent Antarctique), daté à l'indium, qui semble indiquer que dans les phases où la calotte laurentide descendait le plus au sud, la Mer de Ross était libre de glaces et que des rivières s'y jetaient puisqu'on y trouve des sédiments de type fluvial. Aujourd'hui la Mer de Ross est entièrement occupée par un "shelf" (plate-forme glaciaire en partie flottante), et les sédiments qui se déposent sont de type glaciaire.

Pour expliquer ces différents faits, on pourrait supposer qu'au début de la glaciation du Würm, 90 000 bc, le pôle nord était à peu près à son emplacement actuel, ou vers 80°N 20°O. Durant le stade interglaciaire qui a pris place entre 75 000 et 60 000 bc, il se serait déplacé vers l'ouest du Groenland, vers 70°N 45°O. La fin de la glaciation, de 60 000 à 20 000 bc se serait déroulée avec le pôle centré approximativement sur cette position. Enfin, vers 20 000 à 15 000 bc, il serait revenu à la position que nous connaissons actuellement. Cette hypothèse d'un déplacement de grande amplitude de la position du pôle sur la surface terrestre est invoquée à la fois par Velikovsky et par Hapgood, qui, l'un comme l'autre, le placent dans la même région du Groenland. Hapgood pensait que le couple dû à la force centrifuge exercée sur la grosse calotte laurentide, décalée par rapport à l'axe de rotation, étant devenu important, l'écorce terrestre dans son ensemble aurait glissé brutalement le long d'un méridien tel que le 80° O. La calotte laurentide et la Mer de Ross étant sur ce même méridien, le réchauffement de l'une aurait ainsi la même cause que le refroidissement de l'autre *.

Pendant la dernière partie de la glaciation du Würm, le pôle aurait pu se situer au voisinage de la baie d'Hudson ou de la Terre de Baffin. Si l'on plaçait de la glace approximativement sur la zone située au-dessus de 60°N (un peu plus au sud sur le continent américain, un peu plus au nord en Europe pour tenir compte du Gulf-Stream), on aurait ainsi une gigantesque calotte polaire qui descendrait jusqu'aux Grands Lacs et à l'Angleterre, alors que la Sibérie se trouvant au contraire au-dessous de ce même parallèle garderait un climat et une végétation sub-polaires.

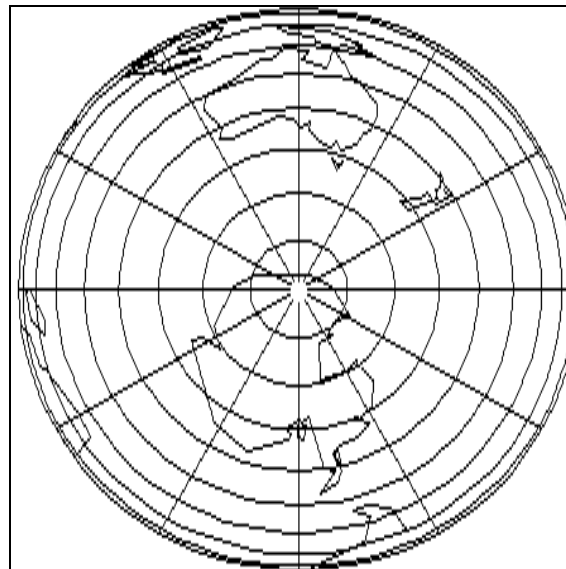
** L'hypothèse du refroidissement récent de l'Antarctique occidentale, où se trouve la Mer de Ross, est réfutée par les glaciologues, qui s'appuient sur des méthodes de datation de la glace par comparaison entre des courbes type de concentration d'isotopes (Oxygène-18 et Deutérium). Le sondage cité par Hapgood ayant été effectué à une époque où les datations par radio-éléments en étaient à leur début, les méthodes de datation par les concentrations isotopiques ne donnant pas des échelles de temps absolues et se trouvant contestées par certains chercheurs [417], il est prudent de dire que le problème de l'âge de la glace de l'Antarctique Ouest reste ouvert.*

La carte ci-contre est une "projection polaire parallèle" centrée sur 70° N, 45° O (c'est-à-dire près de la côte ouest du Groenland). Elle montre l'allure qu'aurait eue la Terre vue au télescope depuis l'étoile polaire de l'époque. On peut approximativement retrouver la limite sud des calottes polaires au maximum de la glaciation du Würm, il y a 20 millénaires, sur le parallèle 60° N de cette carte. On voit effectivement que les plaines du nord de la Sibérie et l'Alaska devaient jouir à cette époque de climats voisins de ceux que connaissent aujourd'hui la Scandinavie ou la Terre de Feu, si l'on en juge par la latitude de ces régions. On voit aussi sur cette carte que la Sibérie centrale devait être alors à la même latitude que le Sahara ...



Si le pôle nord était à cet emplacement, le pôle sud était lui à 70° S, 135° E. La carte suivante montre une projection équivalente effectuée au dessus de ce point, qui actuellement est situé à l'est du continent, tout près de la base Dumont d'Urville en Terre Adélie.

On voit que la même limite des 60° de latitude passe sur la chaîne de Horlick, ce qui impliquerait que la mer de Wedell et la péninsule de Palmer (la presqu'île du continent Antarctique qui fait face à la Terre de Feu) auraient été libres de glaces. Suivant les avancées ou les reculs de la calotte, les vallées donnant sur cette zone auraient été occupées soit par des torrents glaciaires, soit par des glaciers, ce qui

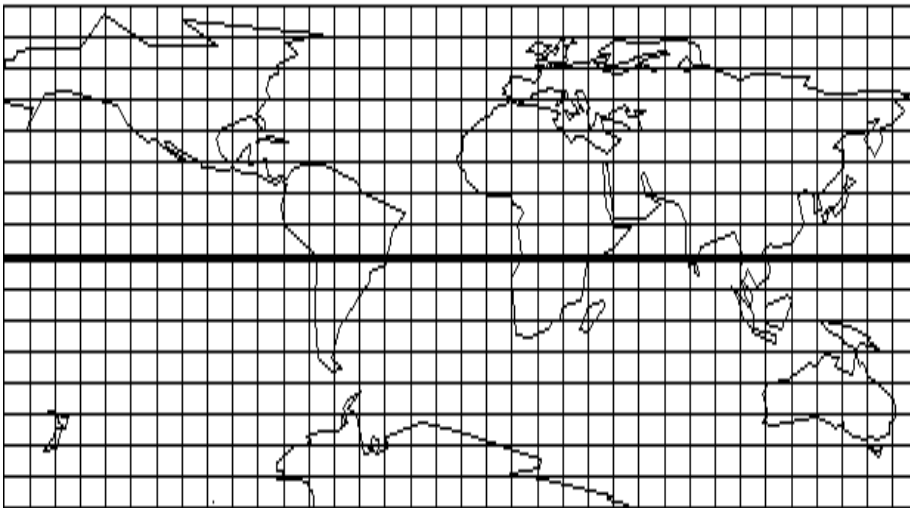


expliquerait les alternances de sédiments de type fluvial et glaciaires dans les sondages de la mer de Ross.

Une autre observation intéressante est rapportée par le glaciologue Penck. Il a constaté que la limite des neiges persistantes en Tasmanie était à 450 ou 500 mètres en dessous de la même limite en Nouvelle-Zélande. Or ces deux régions sont actuellement situées à des latitudes presque identiques et ont des climats voisins. Avec le Pôle sud ainsi décalé, la Tasmanie est sensiblement plus près du pôle que la Nouvelle-Zélande, ce qui expliquerait donc la différence. On peut voir aussi que la Péninsule de Palmer, qui va jusqu'à 45° Sud, devait être tempérée (sans doute autant que la France de l'époque). Dans cette hypothèse, il serait légitime de penser que cette zone était habitée, et que sous la glace doivent se trouver des vestiges animaux ou archéologiques : il pourrait d'ailleurs s'agir du continent de "Mu" dont l'existence est mentionnée par de nombreuses traditions. Enfin l'Amérique du Sud (zone de l'Argentine) devait être une région tempérée, voire tropicale : ceci expliquerait aussi qu'en dehors de la Cordillère des Andes et des plateaux de Patagonie, il n'y ait pas trace de glaciations dans cette zone, à des latitudes qui sont aujourd'hui bien plus hautes que la zone des Grands Lacs américains.

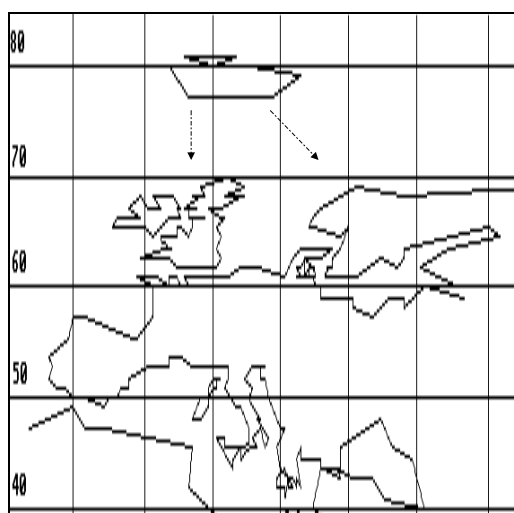
La carte suivante est une projection cylindrique établie suivant l'axe des pôles cité ci-dessus. On voit effectivement que tous les continents sont inclinés par rapport à leur position habituelle, et que certaines régions du globe se trouvent de ce fait rapprochées ou éloignées de l'équateur, ce qui explique certaines variations climatiques constatées sur les matériaux palynologiques (pollens) ou paléontologiques.

Certaines zones (par exemple Leningrad ou Nairobi) gardent des latitudes approximativement égales à celles qu'elles ont aujourd'hui.



D'autres zones sont fortement décalées, comme l'Amazonie, qui est tropicale au lieu d'équatoriale, et l'Australie, qui est tempérée au lieu de tropicale. On voit aussi le décalage sur l'Antarctique occidental, qui devait alors connaître un climat semblable à la Tasmanie et à la Nouvelle-Zélande, c'est-à-dire des neiges persistantes vers 500 à 1000 m d'altitude, ce qui correspondrait à peu près au climat actuel de l'Islande ou du sud du Groenland. Or nous savons par des récits historiques que le sud du Groenland (littéralement la "Terre verte") peut passer en quelques siècles d'un climat doux autorisant l'agriculture à un climat plus rude où seuls les chasseurs comme les Eskimos peuvent subsister.

Une autre remarque intéressante faite par Hapgood pour étayer sa théorie, reprise d'une thèse de Forrest qu'il cite, est que le flux à la base de la calotte glaciaire qui a couvert l'Angleterre, attesté par des stries sur des rochers, était dirigé sur un axe allant du nord-ouest vers le sud-est. Cela est surprenant car on aurait tendance à penser que la calotte avait pris naissance sur la Scandinavie, puis s'était étendue vers l'ouest, abordant donc l'Angleterre sur un axe allant du nord-est vers le sud-est. Or, si l'on regarde l'Europe sur la projection précédente (agrandie ci-contre), on voit l'Angleterre penchée vers la droite par rapport à sa position actuelle, de sorte que la glace n'avait qu'à aller du



nord vers le sud le long d'un méridien de l'époque pour laisser les marques constatées. Il se trouve par ailleurs qu'il existe des bancs peu profonds (quelques centaines de mètres), entrecoupés d'étroits canyons sous-marins, dans la zone qui sépare l'Islande (grossie artificiellement par la projection) de l'Ecosse et de l'Irlande. On pourrait penser que la calotte groenlandaise et la calotte fénno-scandinave étaient jointes par un "pont", une calotte de glace un peu analogue à celle que porte actuellement l'Antarctique de l'Ouest, dont la base était soit au dessus du niveau marin (Islande, Faeroe, Shetland), soit au dessous (dorsale médio-atlantique, Seuil de Rockall, banc de Porcupine) [129]. Plutôt qu'un "pont" étroit, il pouvait d'ailleurs s'agir de la limite sud d'une énorme calotte qui aurait recouvert sans discontinuité les Laurentides, le Groenland le Spitzberg, la Mer de Norvège et la Mer de Barents. La présence d'une calotte épaisse dans cette zone expliquerait la poussée vers le sud de la glace, et les stries constatées dans les Iles britanniques.

Enfin, un dernier argument est la position actuelle du champ magnétique terrestre. Les pôles magnétiques se situent en effet approximativement à l'emplacement où l'on peut supposer que le pôle géographique s'est trouvé pendant la glaciation du Würm. Si le pôle est resté longtemps centré sur cette position, il est possible que celle-ci ait été mémorisée, à cause de l'hystérésis magnétique de la croûte terrestre, ce qui expliquerait la position actuelle du champ.

L'activité tectonique est elle cyclique ?

Umbgrove, de l'université de Columbia, cité par Hapgood, observait la chose suivante :

"...Le nombre croissant d'études stratigraphiques rend de plus en plus évident le fait que l'écorce terrestre a été soumise à une alternance périodique de pressions croissantes et décroissantes... Il me semble de plus en plus évident que ces mouvements impliquent une cause commune universelle, active et profonde."

Il a en outre été frappé par le fait que cette force universelle n'agissait pas de manière continue. Elle agissait seulement à certains moments, puis se trouvait inactive dans d'autres. Umbgrove observe les périodicités auxquelles est souvent confronté le géologue, et pense que l'on pourrait envisager d'attribuer aux mêmes causes :

- ◆ la formation des couches sédimentaires successives
- ◆ les modifications du niveau des mers
- ◆ les intrusions de matière en fusion dans l'écorce terrestre
- ◆ les modifications de climat
- ◆ les modifications des formes vivantes
- ◆ l'élaboration des montagnes.

Différentes observations, comme la géométrie des failles, ou les remontées de roches plutoniques en filons ou batholites, conduisent à l'hypothèse d'une succession de mouvements compressifs et extensifs. Une succession de tels efforts, s'exerçant sur des durées de dizaines de millions d'années, expliquerait certains traits de l'histoire terrestre (par exemple la formation des géosynclinaux et leur plissement ultérieur). Mais certains mouvements locaux (charriages, failles chevauchantes, etc...) supposent plutôt des efforts violents et localisés.

Je n'ai pas trouvé d'étude des durées des phases d'extension ou de compression, et apparemment l'état de contrainte mécanique n'est pas pris en compte dans la caractérisation des époques géologiques, comme le sont la nature chimique des roches et la composition de la faune

fossile. Une telle étude pourrait confirmer (ou infirmer) l'existence de tels cycles sur des échelles de temps de quelques millénaires ou quelques dizaines de millénaires : si l'on pouvait montrer ainsi que des périodicités voisines se retrouvent dans les stratifications sédimentaires et dans les phases de travail mécanique de l'écorce terrestre, il serait tentant de chercher une cause commune capable de produire des cycles de contrainte mécanique et de bouleversements des écosystèmes.

Au cours des vingt derniers millénaires, sur tous les continents, les manifestations volcaniques ou séismiques ont été beaucoup plus importantes et violentes que durant les derniers siècles. On retrouve, aussi bien en Europe que dans le Nouveau Monde, des témoignages d'éruptions nombreuses, surtout entre 13000 bp et 6000 bp [388]. Les volcans d'Auvergne étaient en éruption il y a neuf millénaires. Certaines de leurs crises ont sans doute été assez violentes, et ont laissé des couches de cendres conséquentes à proximité. Nous pourrions peut-être avec un peu de chance retrouver un Pompéï de cette époque en cherchant bien sur le sol auvergnat [270]. D'ailleurs, dix millénaires ne sont rien dans la vie d'un volcan, et un tel phénomène est possible l'année prochaine. Depuis trois ou quatre millénaires, les volcans d'Europe semblent s'être calmés, et on ne trouve plus les grandes couches de cendres des millénaires précédents dans les tourbières ou les varves lacustres (c'est-à-dire les dépôts au fond des lacs, dont les coupes permettent de repérer chaque année, un peu comme dans un gâteau feuilleté). De même l'activité séismique est, semble-t-il, plus sporadique que dans le passé. Pratiquement toutes les cités antiques du pourtour du bassin méditerranéen ont été soumises à des tremblements de terre, qui les ont souvent détruites. Nous avons des témoignages d'auteurs grecs ou latins, qui comptaient les tremblements de terre enregistrés en une année sur certains lieux. Et les chiffres sont impressionnants. Des zones qui aujourd'hui sont relativement calmes étaient alors secouées plusieurs fois dans une année.

Il semble y avoir une évolution similaire du volcanisme et de la séismicité dans les derniers millénaires, avec une phase de près de dix millénaires d'intense activité plutonique et, depuis les temps historiques (les deux ou trois derniers millénaires), une phase de répit. Cette situation a sans doute été favorable au développement des civilisations actuelles, mais ne reflète peut-être pas les conditions qui prévalent généralement sur la planète.

Certains géologues pensent que ce phénomène d'alternance entre des périodes agitées et calmes pourrait être une loi générale, qui explique certaines formes de terrain : bien que l'on connaisse des exceptions, dans une période calme (comme maintenant) les mécanismes d'érosion qui détruisent les reliefs sont prépondérants par rapport à l'orogénèse qui les crée. Ces observations géologiques amènent donc à rechercher un mécanisme moteur discontinu pour la tectonique générale. Comme le

faisaient remarquer Umbgrove et Hapgood, un tel mécanisme se répétant sur des durées chiffrées en milliards d'années, avec des périodes de quelques dizaines de millénaires, expliquerait beaucoup d'observations géologiques difficiles à relier à des mécanismes continus observés actuellement.

Mais, à l'inverse, on peut aussi inférer de certaines observations qu'un tel mécanisme cyclique est susceptible de s'interrompre pendant de très longues périodes de temps. En effet, on constate, à certaines époques et sur de vastes portions de la planète, une planation complète des continents par l'érosion dite "aréolaire". Par exemple, l'ère hercynienne s'est terminée avec une situation morphologique particulière (que l'on qualifiait autrefois de "pénéplaine"), que l'on retrouve aujourd'hui, éventuellement basculée, datée par des sédiments triasiques. Le même phénomène se retrouve avec la "surface éogène" du Massif Central ou les "surfaces tertiaires" du Bassin Parisien. Il se pourrait donc que la situation générale de la planète soit calme et acyclique pendant de longues durées (quelques dizaines de millions d'années), ou au contraire rythmée par des successions de cycles violents de période relativement courte (quelques dizaines de millénaires) s'étendant sur des durées tout aussi longues (quelques dizaines ou centaines de millions d'années).

Je terminerai ce chapitre en reprenant deux citations. La première est extraite du livre "The face of the Earth" du géologue Eduard Suess, qui vivait dans la seconde moitié du XIX^e siècle [120], et la seconde de la Bible :

"L'enthousiasme avec lequel on a contemplé le petit polype construisant le récif de corail, et la goutte d'eau creusant la pierre a, j'ai bien peur, introduit un certain quiétisme géologique quant à l'étude des questions importantes de l'histoire de la Terre, quiétisme inspiré par la banalité de la vie quotidienne, et cet élément ne contribue en aucun cas à donner une juste conception des phénomènes qui ont présidé au façonnement de la Terre et qui continuent de le faire. Les convulsions qui ont agité certaines régions de l'écorce terrestre, à une fréquence bien plus grande qu'on ne l'avait supposé jusqu'à ces derniers temps, montrent combien ce point de vue est partial. Les tremblements de terre actuels ne sont que de vagues réminiscences des mouvements telluriques, dont presque toutes les chaînes de montagne sont le témoignage. Certaines grandes chaînes de montagnes suggèrent par leur structure l'intervention possible et même probable de ces bouleversements épisodiques qui surviennent parfois au cours des longues ères géologiques, dont la violence est tellement effrayante que l'imagination se refuse à comprendre et à compléter l'image que l'observation des faits nous présente."

"La Terre ne cesse de se fendre,
La Terre ne cesse de vaciller,
La Terre ne cesse de s'ébranler,
La Terre ne cesse de tituber comme un homme ivre".

Isaïe 25.