

Exposé scientifique :

Les glaciations au cours des temps géologiques

[Le plan et le contenu de ce texte sont une proposition de correction et ne constituent pas LA correction idéale]

[Dans une première partie il est nécessaire de définir ce qu'est une glaciation ainsi que les caractéristiques associées. Pour cela il est préférable de prendre la glaciation la mieux connue : la glaciation Cénozoïque.]

Depuis la formation de la Terre il y a 4500 Ma, il est évident que les conditions à sa surface ont varié de nombreuses fois. En effet, la proportion en gaz à effet de serre, l'ensoleillement¹ de la planète, l'albédo, etc. ont nécessairement évolué au cours du temps.

Par ailleurs, notre planète est la seule à posséder de l'eau en grande quantité et dans une gamme de température proche du point triple, c'est-à-dire permettant la juxtaposition des trois états de l'eau à sa surface : liquide, solide et gazeux (Figure 1). Ainsi, des variations relativement faibles des températures permettent le développement préférentiel de l'un ou de l'autre des états.

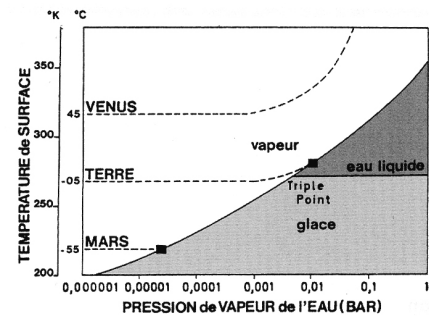


Figure 1 : Point triple de l'eau et la position des planètes Vénus, Terre et Mars (d'après Van Vliet-Lanoë, 2005)

I. La fin de l'ère Cénozoïque ou « ère Quaternaire² »

Le but de cette partie est de montrer que nous sommes actuellement dans une période glaciaire avec des alternances de périodes plus chaudes et plus froides et de définir les caractéristiques d'une glaciation.

I.1. La situation actuelle

A l'aide des documents que vous présenterez [Utilisez ce que vous arriverez à avoir : *inlandsis groenlandais* (très belle image avec Google Earth® ou Worldwind®), *carte de l'Antarctique et au pire juste quelques photographies de ces régions*] vous pouvez montrer qu'il existe actuellement sur la planète Terre deux inlandsis (Figure 2). Le plus important est situé entre 50° de latitude sud et le pôle et repose sur le continent Antarctique. Il représente une surface de 14 millions de Km² avec une épaisseur de glace moyenne de 2000 m et des maximums pouvant atteindre 4000 m. Le second, localisé dans l'hémisphère nord et recouvrant le Groenland, est de plus petite taille. En effet, il recouvre 1 726 000 Km² avec une épaisseur moyenne de 2000 m et des maximums de plus de 3000 m. Les inlandsis présentent, notamment, les caractéristiques suivantes [certaines de ces

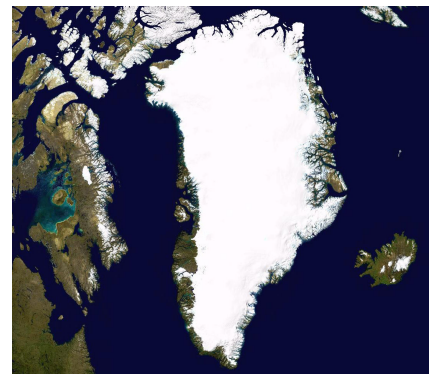


Figure 2 : Inlandsis groenlandais (WorldWind®)

¹ Noter que l'ensoleillement de la Terre dépend de plusieurs facteurs, dont l'obliquité et la puissance solaire. Cette dernière était seulement des 2/3 de la valeur actuelle vers 4,55 Ga.

² La notion de Quaternaire est très discutée et seuls les géologues travaillant sur les périodes récentes considèrent que cette période (ou système) existe (quoiqu'il en soit tout le monde s'accorde sur le fait que le Quaternaire n'est pas une ère mais une période incluse dans le Cénozoïque). Dans la dernière échelle stratigraphique (téléchargeable sur ce site) cette période a été rétablie, mais sans qu'il y ait de véritable consensus sur ses limites.

caractéristiques peuvent être illustrées par des documents] :

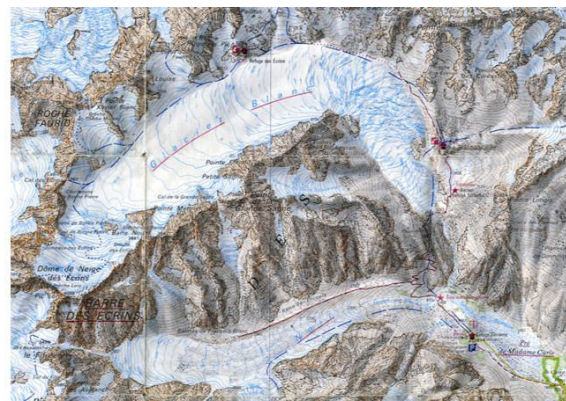
- une surface concave : les bords d'un inlandsis sont pentus et son centre est formé de plusieurs dômes très peu marqués qui donnent l'apparence d'un plateau ;
- une couche de glace très épaisse, en général 2 000 mètres d'épaisseur, et pouvant atteindre 4 000 mètres d'épaisseur ;
- un substrat rocheux pouvant se trouver sous le niveau de la mer ;
- un front glaciaire produisant de nombreuses digitations et lobes glaciaires ;
- une production d'icebergs
- une absence de relief émergeant à l'exception des nunataks.

A l'aide du même type de document (utiliser pour montrer l'existence des inlandsis), montrer qu'il existe des glaciers de grande taille, mais nettement plus petits que les inlandsis et qui sont nommés « calottes glaciaires », ou « glaciers de plateau ». Le plus connu est le Vatnajökull³ (8 390 Km² avec une épaisseur maximum de 1000 m) qui constitue non seulement le plus grand glacier islandais mais aussi européen. Cependant, il en existe de nombreux autres aussi bien dans l'hémisphère nord comme les calottes de l'île d'Ellesmere (Canada, superficie entre 26 000 et 22 000 Km²), ou encore le glacier Austfonna (Spitzberg ou Svalbard, Norvège, superficie 8120 Km²) que dans l'hémisphère sud comme le glacier Hielo Patagonico Nord (Chili, superficie 4400 Km²) ou encore le glacier Cook (Kerguelen, superficie 500 Km² ; c'est le plus grand glacier entièrement français). Ces glaciers sont très étendus et présentent une morphologie proche des inlandsis mais ils sont plus petits. *[Il est souhaitable que vous écriviez les mots inlandsis, calottes glaciaires et glaciers au tableau au fur et à mesure que vous en parlez en notant certaines de leurs caractéristiques].*

Ces glaciers correspondent aux glaciers continentaux. Leur étendue et leur épaisseur sont tellement importantes que le relief a peu d'incidence sur leur morphologie *[une ou deux photos, sont souhaitables pour étayer votre discours]*. Ils se présentent sous la forme d'un immense amas de glace au sommet formant un plateau peu pentu percé de temps à autre par un nunatak, s'écoulant de toute part en produisant des lobes glaciaires, des digitations et des ice streams. La grande majorité de ces glaciers sont aux hautes latitudes. La différence essentielle entre les inlandsis et les « calottes glaciaires » est la taille. En effet, les calottes glaciaires sont des glaciers continentaux de moins de 50 000 Km² alors que les inlandsis ont une superficie supérieure à 50 000 Km².



Le glacier d'Aletsch (Suisse) est le plus grand des Alpes.
Photographe : Dirk Beyer, Source : <http://www.wikipedia.org>



Le glacier Blanc et le glacier Noir, massif des Ecrins (Haute Alpes). Source : carte IGN Top 25 "Meije - Pelvoux"

Figure 3 : La morphologie des glaciers alpins dépend du relief. Cela est particulièrement net sur la carte topographique où tous les glaciers suivent le relief.

³ Il recouvre 8% de l'Islande et repose sur des volcans. Par sa superficie, il est le 6^{ème} des calottes glaciaires.

Il existe aussi un troisième type de glacier : les glaciers alpins (Figure 3). Ces derniers correspondent à des glaciers dont la morphologie est dépendante du relief [Utiliser des photographies de glaciers de montagne, ou mieux des cartes topographiques. La carte permet de montrer nettement l'association de nombreux glaciers avec le relief. Cependant, il y a un risque important de questions en rapport avec la carte]. Ils se trouvent en général en montagne et occupent le fond des vallées (Figure 3). Il en existe sous toutes les latitudes, même dans les zones équatoriales, entre les tropiques du Cancer et du Capricorne : glaciers andins⁴, glaciers africains (Kilimandjaro en Tanzanie et le Mont Kenya au Kenya), Punga Jaya (Irian Jaya, Indonésie)

La présence d'une banquise comme c'est le cas actuellement en Arctique, signifie seulement que la température y est froide, au moins une partie de l'année mais ne correspond pas à un glacier. En effet, sa présence n'est pas due à une accumulation de neige au cours du temps, mais juste à de l'eau de surface qui gèle.

En résumé, la planète Terre possède actuellement de nombreux glaciers qui se divisent en trois groupes :

- les inlandsis (mot d'origine scandinave *inland* : intérieur des terres et *is* : glace)
- les calottes glaciaires
- les glaciers alpins

L'ensemble de ces glaces est conséquent car il occupe une très grande surface et représente plus de 98% des ressources en eau douce de la planète !

Nous allons voir maintenant si, dans les périodes récentes, les conditions climatiques ont ou non évolué.

1.2. Des variations de l'englacement

La carte géologique de Grenoble (il y en a d'autres bien sûr qui sont aussi très bien) nous montre [n'oubliez pas de faire un schéma structural sur un transparent] des structures du Quaternaire particulières. Tout d'abord, on observe des moraines Würmiennes qui traduisent donc la présence de glaciers dans cette région il y a environ 20 000 ans. De plus, il y a aussi des alluvions Würmiens et Rissiens⁵, qui traduisent la présence de deux « périodes glaciaires ». Par ailleurs, les variations des proportions des isotopes O¹⁶ et O¹⁸ de l'oxygène (Figure 4) permettent de montrer l'existence de nombreuses périodes plus froides qu'aujourd'hui et d'autres plus chaudes. Les périodes froides sont caractérisées par le développement d'inlandsis sur le nord de l'Europe et de l'Amérique (Figure 5). Les périodes plus chaudes sont caractérisées par la disparition de tous les glaciers de types alpins⁶, ou presque. Cependant au moins un inlandsis reste présent, celui de l'Antarctique.

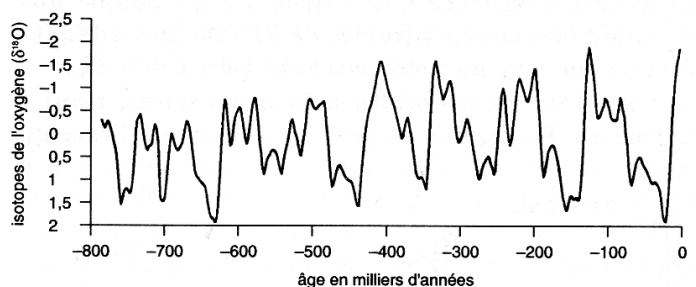


Figure 4 : Courbe synthétique du $\delta^{18}\text{O}$ d'après des mesures effectuées sur l'oxygène des carbonates de la coquille des foraminifères fossiles provenant de carottes océaniques (Foucault, 1993)

⁴ Les glaciers andins sont pratiquement les seuls glaciers tropicaux car les autres glaciers ont quasiment disparu.

⁵ Les termes Biber, Donau, Günz, Mindel, Riss et Würm ne sont plus valides aujourd'hui car trop imprécis. Ils sont remplacés par les stades isotopiques de l'oxygène. Cependant, ces termes sont à connaître car on les trouve encore dans de nombreux ouvrages.

⁶ Il est à noter que les glaciers scandinaves avaient tous disparu lors de l'optimum climatique, âge du Bronze, et qu'ils se sont reformés ensuite. Ils ne sont donc pas des reliquats des grands froids glaciaires.

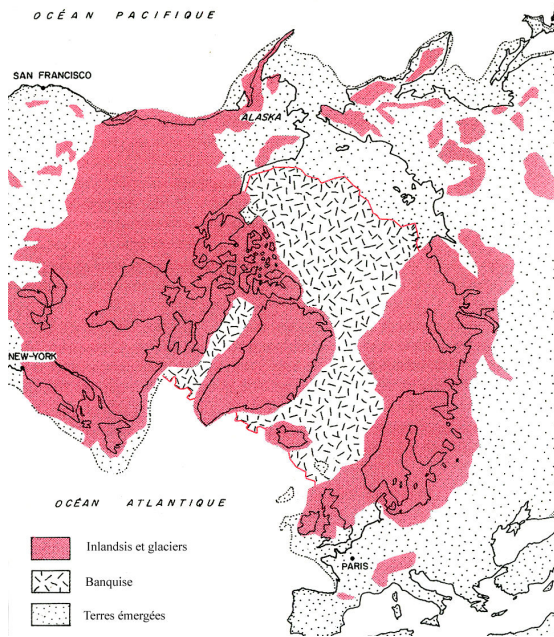


Figure 5 : Extension des Inlandsis dans l'hémisphère Nord lors du dernier maximum glaciaire (D'après Pomerol et al., 2000)

Une glaciation, ou ère glaciaire, est caractérisée par la présence d'au moins un inlandsis de grande taille. Cela n'est possible que si un continent est présent à l'un des pôles. Des périodes suffisamment froides pour installer une glaciation peuvent exister et juste développer une banquise à chaque pôle, mais pas d'inlandsis s'il n'y a pas de continent à l'un des pôles. La présence d'un continent permet l'accumulation d'une très grande quantité de glace et ainsi créer une véritable réserve de froid suite à la continentalisation des climats que cela entraîne.

Ainsi, on parle de glaciations au Quaternaire, mais cela est un abus de langage. En effet, la période glaciaire que nous connaissons s'est mise en place à la fin de l'Eocène, il y a environ 40 Ma sous forme de glaciers de montagne sur la chaîne Transantarctique. Cependant, l'englaciation véritable de l'Antarctique a vraiment commencé au tout début du Miocène, vers 22,9 Ma, avec l'ouverture du détroit de Drake (qui a séparé l'Antarctique de

l'Amérique du sud) qui a isolé l'Antarctique par les courants circumpolaires. Ce que l'on appelle communément des glaciations au cours du Quaternaire correspondent à des extensions des fronts glaciaires déjà existants.

Les glaciations ne sont pas constamment présentes au cours de l'histoire de la Terre. En effet, au Mésozoïque il n'y a aucune trace d'inlandsis (Figure 6) car le climat était non seulement trop chaud, mais aussi il n'y avait aucune surface émergée à l'un des pôles. Seul un refroidissement important eut lieu à la fin du Crétacé, mais qui n'a pas conduit à une glaciation. La chute des températures semble importante mais l'absence de continent à l'un des pôles, associée à la courte durée de ce refroidissement n'a pas permis l'installation d'une période glaciaire. Il semblerait cependant qu'une banquise ait pu se mettre en place.

Nous allons maintenant tenter de déterminer s'il y a eu d'autres glaciations au cours des temps géologiques ainsi que leurs caractéristiques.

II. D'autres mondes glacés

II.1. Les autres glaciations du Phanérozoïques

La figure 6 nous montre qu'au cours du Phanérozoïque deux périodes glaciaires ont existé : une à la fin de l'Ordovicien et une autre au cours du Carbonifère. La présence d'un continent à l'un des pôles est attestée par

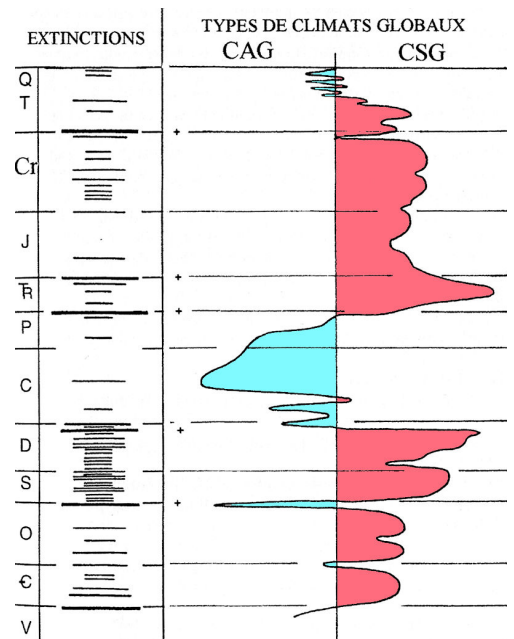


Figure 6 : Variation du climat global au cours du Phanérozoïque et périodes d'extinction. Les + : les 5 crises biologiques majeures. CSG : climat global sans glaciation, CAG : climat global avec glaciation. Plus la courbe pointe vers la gauche plus les calottes glaciaires sont étendues et plus le gradient thermique latitudinal est élevé. Plus une extinction est sévère et plus le trait est long. Ceux correspondant aux cinq crises majeures sont en gras (d'après Lethiers, 2004).

les études paléomagnétiques (Figure 8). Ces glaciations ont été mises en évidence par la présence de différentes figures d'érosions⁷, par des variations de production de matières organiques et des isotopes de l'oxygène. Cependant, il semblerait qu'une troisième glaciation, de moindre importance se soit mise en place entre les deux précédentes : la glaciation fini-dévonienne.

La glaciation fini-Ordovicienne se développe à l'Ashgillien (extrême fin de l'Ordovicien) et s'étend sur 10 à 15 Ma. A cette période les terres émergées étaient regroupées en cinq continents, quatre de petite taille et un de grande taille : le Gondwana qui coïncidait avec le pôle sud (Figure 8). Il s'est alors développé un

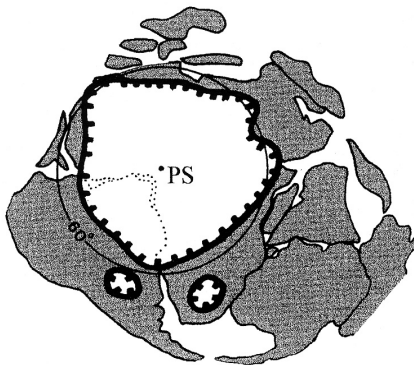


Figure 7 : Extension probable de l'inlandsis sur le Gondwana à l'Ordovicien, PS : Pôle Sud (Letheirs, 2004)

inlandsis plus grand que celui de l'antarctique actuel, ainsi qu'au moins deux centres glaciaires secondaires (Figure 7). Même si des fluctuations des fronts polaires sont plus que probables, ils n'ont pas encore été démontrés. Cependant, des études sédimentologiques précises ont montré que cette glaciation a comporté deux à quatre phases glaciaires accompagnées par autant d'interglaciaires. Les analyses montrent que le taux de CO₂ était 14 fois supérieur à l'actuel. La quantité de gaz à effet de serre a un effet sur le climat mais qui peut donc être contrebalancé par d'autres facteurs, d'autant plus qu'à l'Ordovicien la vie n'avait pas encore conquis le milieu aérien.

La glaciation permo-carbonifère fût longue, plus longue que la précédente (Ordovicien) car elle s'étend sur plus de 80 Ma. Il est à noter que certains auteurs proposent un modèle avec deux glaciations bien distinctes espacées de 15 Ma environ. A cette époque le Gondwana s'était encore agrandi par rapport aux époques précédentes par l'accrétion de nouvelles masses continentales et ce continent se trouvait centré sur le pôle sud. Les glaces recouvraient une surface très importante (Figure 9). Cependant, à la même époque, il y a eu une production végétale impressionnante comme l'attestent les grands dépôts de charbon que l'on trouve dans différentes régions du monde (et qui a donné le nom à cette période, ou système) en particulier l'Europe qui se trouvait au niveau de l'équateur. Il y avait donc un gradient thermique latitudinal extrêmement important.

⁷ Ce genre de phrase, sans citer le moindre exemple, est une perche pour que le jury pose des questions sur ces figures d'érosions. Il est donc bien d'en connaître certaines comme les stries glaciaires, les moraines, les roches moutonnées, etc.

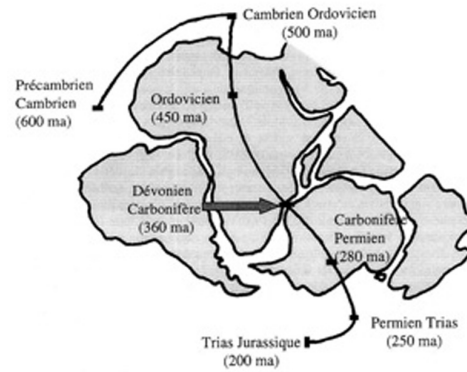


Figure 8 : Déplacement apparent du pôle sud par rapport au Gondwana (d'après Foucault, 1993)

inlandsis plus grand que celui de l'antarctique actuel, ainsi qu'au moins deux centres glaciaires secondaires (Figure 7). Même si des fluctuations des fronts polaires sont plus que probables, ils n'ont pas encore été démontrés. Cependant, des études sédimentologiques précises ont montré que cette glaciation a comporté deux à quatre phases glaciaires accompagnées par autant d'interglaciaires. Les analyses montrent que le taux de CO₂ était 14 fois supérieur à l'actuel. La quantité de gaz à effet de serre a un effet sur le climat mais qui peut donc être contrebalancé par d'autres facteurs, d'autant plus qu'à l'Ordovicien la vie n'avait pas encore conquis le milieu aérien.

La glaciation permo-carbonifère fût longue, plus longue que la précédente (Ordovicien) car elle s'étend sur plus de 80 Ma. Il est à noter que certains auteurs proposent



Figure 9 : Extension probable de l'inlandsis sur le Gondwana au Permo-Carbonifère (d'après MacRae, 1999)

Cependant, entre ces trois périodes, un continent se trouvait toujours au niveau du pôle sud. Il y a donc d'autres facteurs ayant un rôle dans la mise en place d'une glaciation.

II.2. Les glaciations ante-cambriennes

[Cette partie reste inévitablement très théorique car il est difficile de présenter des documents ou des objets, mais si vous avez une idée n'hésitez-pas, car le jury apprécie toujours du moment que c'est pertinent] Des glaciations sont connues bien avant le Cambrien. En effet, des traces glaciaires bien documentées sont connues dès le milieu du Mésoarchéen. Des dépôts associés à du transport par de la glace flottante sont connus vers 3000 Ma dans le complexe de Stillwater (Amérique du Nord) et des évidences de véritables glaciations sont datées de 2800 Ma dans le super groupe du Witwaterstrand en Afrique du Sud.

A partir du Mésoproterozoïque d'autres périodes glaciaires, environ quatre, s'individualisent, dont deux très importantes qui ont eu lieu entre 850 et 630 Ma lors du Cryogénien. La première, la glaciation Sturtienne (entre 750 et 700 Ma) puis la glaciation Varangienne (qui se termina vers 635 Ma) sont les plus importantes que la terre ait connu et ont produit un englacement considérable. En effet des tillites, notamment, se trouvent jusque dans les zones équatoriales de l'époque. Ces constatations ont amené à l'édification de la théorie de la « *snowball earth* » ou théorie de la boule de neige. Cette théorie propose un englacement quasi complet de la planète pendant de très longues périodes et un réchauffement lent associé à une fonte très rapide des glaces, environ un millier d'années. Il est à noter qu'à l'époque il n'y avait pas de végétation à la surface de la terre, ni même de vie pluricellulaire. Suite à ces deux glaciations extrêmes, il y a une explosion de biodiversité avec notamment l'apparition des premières faunes pluricellulaires, très bien mise en évidence à Ediacara (Australie), d'où le nom de la période qui suit : l'Ediacarien. Il se pourrait par ailleurs que ces deux glaciations soient un des facteurs ayant entraîné l'apparition de la vie multicellulaire (nous en reparlerons dans la partie suivante).

III. Causes et conséquences des glaciations

III.1. Causes

Nous avons vu que la présence d'un continent à l'un des pôles est nécessaire pour qu'une glaciation se mette en place. Cependant, l'absence de glaciation continue entre l'Ordovicien et le Carbonifère montre que ce caractère n'est pas suffisant.

III.1.1. Tectonique et glaciations

Chaque glaciation du Phanérozoïque est associée à un grand cycle orogénique (Tableau 1), avec la particularité du refroidissement du Dévonien (nous y reviendrons).

Tableau 1 : Cycles orogéniques et glaciations

Cycle orogénique	Glaciation
Cycle Alpin (<i>du Trias à aujourd'hui</i>)	Glaciation quaternaire
Cycle Hercynien (<i>Dévonien supérieur au Permien supérieur</i>)	Glaciations fini dévonienne et Permo-Carbonifère
Cycle Calédonien (<i>Cambrien au Dévonien moyen</i>)	Glaciation fini-ordovicienne

Chaque cycle orogénique comprend trois phases : sédimentation, orogénèse et pénélplanation. Or, dans la phase d'orogénèse il y a une augmentation de l'altitude moyenne des terres émergées, ce qui entraîne leur refroidissement et ainsi la conservation de la neige l'été. A terme, il y a développement de glaciers à des latitudes où ils ne devraient pas se former. Par ailleurs, la formation de glacier augmente l'albédo planétaire, ce qui augmente l'effet du froid lié à l'altitude. Les barrières ainsi formées peuvent perturber les trajets des vents, notamment lorsque les chaînes dépassent 5 000 m. Cette barrière bloque les masses d'air humide et entraîne le développement d'une aridité continentale sous leur vent. S'il s'agit

de masse d'air chaud, alors ces régions sous le vent subissent un refroidissement important. L'effet sera particulièrement marqué pour les régions tempérées froides qui basculeront en climat polaire. Le refroidissement fini-dévonien est associé au début du cycle Hercynien. Est-ce que la situation orogénique a été suffisante pour avoir un effet sur la mise en place de conditions glaciaires ?

III.1.2. Les gaz à effet de serre

Les gaz présents dans l'atmosphère peuvent avoir un effet de serre⁸ plus ou moins important. En effet, lors de la plupart des glaciations une diminution de la quantité de gaz à effet de serre est observée, mais est-ce que la glaciation entraîne une baisse de ces gaz, en particulier du CO₂, ou est-ce le contraire. Des périodes de fortes activités volcaniques peuvent introduire des aérosols et des particules dans l'atmosphère. Cela va entraîner en premier lieu une diminution des températures mais cela va surtout entraîner une augmentation rapide des quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et ainsi entraîner un réchauffement climatique. Ce phénomène semble être la cause de la fin brutale de la glaciation varangienne.

III.1.3. Le forçage orbital⁹ et non orbital

Le soleil étant la source d'énergie externe de la Terre, il existe nécessairement des relations entre les variations climatiques et les relations Terre/Soleil, en d'autres termes de l'énergie que reçoit la Terre.

Les modifications de l'énergie reçue dépendent, notamment, des variations de l'énergie émise par le Soleil. En effet, au début de son existence le soleil n'émettait que les 2/3 de l'énergie actuelle. Ainsi, une augmentation de la puissance solaire peut avoir un impact sur le climat général et donc sur la mise en place ou non d'une glaciation. Par ailleurs, le soleil présente des variations cycliques de son activité. Cependant, ces variations ne sont pas suffisantes pour expliquer des glaciations. De même le passage du système solaire dans des nuages de poussières stellaires pourrait avoir une influence sur le climat.

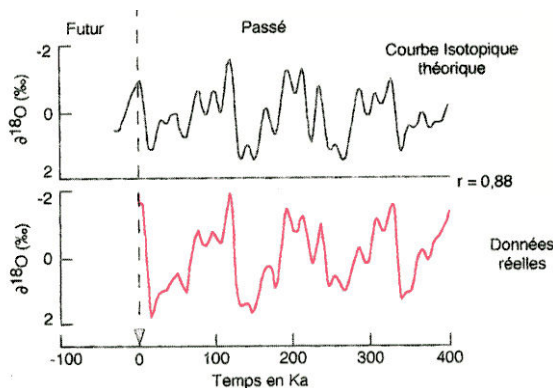


Figure 10 : Courbes des variations du $\delta^{18}\text{O}$ théorique et calculé (d'après Pomerol et al., 2000)

Les effets les plus importants sur le climat viennent directement des caractères orbitaux de la planète. Les études à partir des isotopes de l'oxygène montrent qu'il y a une relation entre les variations de l'englacement, au cours des derniers 2,7 Ma, et les trois paramètres orbitaux [dans le cadre de ce sujet ne précisez pas ce que sont ces paramètres pour des raisons de temps, mais attendez-vous à des questions dessus] de la Terre que sont la précession des équinoxes, l'obliquité et l'excentricité (Figure 10)¹⁰. Ainsi, les conditions de l'ensoleillement de la planète entraînent des variations de l'englacement de la Terre.

Ainsi, au moins trois types de facteurs sont nécessaires pour installer une glaciation :

- un continent localisé sur l'un des pôles
- la phase orogénèse d'un cycle orogénique

⁸ C'est par ailleurs cet effet de serre qui permet d'avoir de l'eau liquide sur notre planète.

⁹ Le forçage orbital correspond à la théorie de Milankovitch commencée en 1920 et publiée en 1941. Elle est passée inaperçue à l'époque et il a fallu attendre les années 70 pour qu'elle soit remise à l'honneur.

¹⁰ Les fluctuations isotopiques ne sont pas une reproduction simple de l'ensoleillement, donc des fluctuations orbitales. En effet, il est nécessaire de tenir compte de la vitesse différentielle de développement et de fonte des calottes glaciaires. Les événements de fontes sont le plus souvent brutaux, contrairement à la formation des masses glaciaires.

- le forçage orbital

Dans une moindre mesure la quantité de gaz à effet de serre ainsi que le forçage non orbital ont aussi une action sur l'installation d'une glaciation. Le système Terre/Lune n'a pas toujours existé et notre satellite stabilise la Terre sur le plan de l'écliptique. Ainsi, tant que notre planète n'avait pas capturé son satellite, le climat a pu passer brutalement de périodes glaciaires à non glaciaires, et réciproquement, uniquement suite à des changements brutaux de position par rapport à l'écliptique.

III.2. Conséquences des glaciations

Une des conséquences les plus évidentes d'une glaciation est l'abaissement des niveaux marins (les mouvements du niveau des océans liés aux glaciers se nomme le glacio-eustatisme). Lors du dernier maximum glaciaire le niveau des mers était 120m plus bas qu'aujourd'hui, comme le montre la position de la grotte Cosquer (découverte en 1991) dont l'entrée est située à -37 mètres sous les eaux, près de Marseille. Cette grotte, qui présente un art pariétal magnifique, est datée entre 25 et 19000 ans BP [*Ce type d'exemple permet de construire votre démonstration, ce qui est rarement fait à la fin d'un exposé*]. Cet abaissement du niveau marin entraîne une diminution de la surface des plateaux continentaux, zone la plus riche en vie. Par ailleurs, le gradient thermique devenant élevé, cela entraîne pour chaque espèce une zone trophique qui diminue et augmentant ainsi la compétition entre les espèces. L'une des cinq extinctions majeures a lieu à l'Asghilien, lors de la glaciation ordovicienne et une autre à lieu à la limite Frasnien/Famenien (en correspondance donc avec la « glaciation » dévonienne). Cependant, il n'y a pas de grande extinction lors de la glaciation cénozoïques, ni lors de glaciation permo-carbonifère. Au contraire, l'extinction majeure a lieu à la limite permo-trias, lors d'un réchauffement important. Par ailleurs, la période qui suit la dernière « snow ball » correspond à un moment extrêmement important dans l'histoire de la Terre. En effet, il y a apparition des premiers être pluricellulaires, notamment dans le site d'Ediacara¹¹ (Australie). Ainsi, certains auteurs proposent l'hypothèse que ces glaciations majeures seraient responsables de l'apparition de la vie multicellulaire. Les glaciations ne seraient donc pas toujours synonymes de destruction comme on le croit encore trop souvent.

IV. Conclusion

La mise en évidence de glaciations anciennes est difficile car leurs traces sont fragiles et facilement remobilisées, ce qui rend l'interprétation des affleurements délicats pour les glaciations ante quaternaire. Cependant de grandes périodes glaciaires ont été reconnues. Plusieurs ont eu lieu au Protérozoïque et les deux dernières ont été suffisamment importantes pour entraîner un englacement quasi complet de la planète. Au Phanérozoïques, deux, voir trois ont été démontrées au cours du Paléozoïque : une à la fin de l'Ordovicien, une au cours du Carbonifère et du Permien et une dernière beaucoup moins connue, à la fin du Dévonien. Puis au Cénozoïque s'est mis en place la glaciation actuelle, avec ses avancées et recules du front glaciaire. Au cours du Quaternaire, ces avancées du front glaciaire sont nommées glaciations, ce qui est un abus de langage.

Pour qu'une glaciation se mette en place un certain nombre de conditions doivent être réunies :

- un continent doit être positionné à l'un des pôles,
- une orogénèse active doit être présente

¹¹ La faune ediacarienne, très particulière, se retrouve en différent endroit du monde et a donné le nom d'Ediacarien au dernier système du Néoproterozoïque.

- la planète doit être dans des conditions orbitales particulières (cycle de Milankovitch)
- les gaz à effet de serre ont un rôle encore mal compris.

BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie en générale, et au CAPES en particulier, est riche sur les glaciations quaternaires, mais elle est très pauvre en ce qui concerne les glaciations ante quaternaires. Les références avec une * sont présentes à la liste du CAPES.

OUVRAGES

- *Elmi, S. & Babin, C., 1996, Histoire de la Terre, Masson, 187p.
- Foucault, A., 1993, Climat, Fayard, 328p.
- Legrand, P. 1983, Réflexions sur le paléoclimatologie au Paléozoïque inférieur. Un exemple: l'Ordovicien. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux* 34:87-113.
- *Pouyaud, B. & Francou, B., 2007. Au chevet des glaciers andins. *Pour la Science* 351:74-81.
- *Lethiers, F., 2004, Evolution de la biosphère et événements géologiques, Gordon and Breach Science Publisher, 321p.
- *Pomerol, C., Lagabrielle, Y. & Renard, M., 2000, Eléments de géologie, Dunod, 746p.
- *Riser, J., 1999, Le Quaternaire, Dunod, 320p.
- *Van Vliet-Lanoë B., 2005, La planète des glaces, Vuibert, 470p.

SITE WEB

<http://www.wikipedia.org> Ce site est une encyclopédie en ligne gratuite très bien faite et de très bon niveau.