

COLLECTION « INTERACTIONS »
DIRIGÉE PAR PATRICK DE WEVER

JEAN-FRANÇOIS DECONINCK

PALÉOCLIMATS

L'ENREGISTREMENT DES VARIATIONS CLIMATIQUES

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
VUIBERT

Table des matières

Préface	IX
Avant-propos	1
Introduction	3
CHAPITRE 1. Les acteurs du climat et le système climatique	9
1. Le Soleil	9
1.1 Énergie et rayonnement solaire	9
<i>Comment a-t-on mesuré la température de la photosphère ? 10 – Quelle est l'énergie rayonnée par le Soleil ? 11</i>	
1.2 Variations de l'activité solaire	12
1.3 Relations Terre–Soleil	15
Caractéristiques de l'orbite terrestre, 15 – L'obliquité de l'axe de rotation de la Terre, 16 – Les saisons, 16 – <i>Quelle est la durée... ou quelles sont les durées des saisons ? 18</i> – La précession des équinoxes, 18 – Répartition de l'insolation, 19 – L'Albédo, 20	
2. L'atmosphère	21
2.1 Composition et structure	21
2.2 Atmosphère et rayonnement solaire	23
La circulation générale atmosphérique, 23 – Spectre d'absorption des gaz atmosphériques et effet de serre, 25	
2.3 Évolution de la composition de l'atmosphère au cours des temps géologiques	27
3. L'océan mondial	29
3.1 Densité de l'eau	30
3.2 La circulation thermohaline	31
<i>En combien de temps s'effectue la boucle thermohaline ? 32</i>	
3.3 Interactions océan-atmosphère	32
4. La cryosphère	33
4.1 Les glaciers alpins	34
4.2 Les inlandsis	34
4.3 Les glaces de mer	36
4.4 Influences de la cryosphère sur le climat	36
<i>Qu'appelle-t-on glacio-eustatisme ? 37</i>	

5. La biosphère	37
5.1 La vie précambrienne	37
5.2 La période phanérozoïque	38
5.3 Rôle de la biosphère sur le climat	38
6. La croûte continentale	39
6.1 Formation de la croûte continentale	39
6.2 L'altération des continents	39
Rôle de la tectonique des plaques sur le climat, 40 – <i>Comment évaluer l'intensité de l'altération chimique au cours des temps géologiques ?</i> 41	
7. Importance du cycle du carbone et des rétroactions	42
7.1 Sources et puits de dioxyde de carbone	44
Le modèle BLAG, 44 – Rôle de l'océan, 45 – La photosynthèse, 45 – <i>Les isotopes stables du carbone</i> , 46 – Le méthane, 46 – <i>Qu'appelle-t-on hydrates de méthane ou clathrates ?</i> 47 – Le modèle Geocarb II, 48	
7.2 L'influence des rétroactions	49
CHAPITRE 2. Climats actuels et méthodes d'étude des paléoclimats	51
1. Climats et phénomènes climatiques actuels	51
1.1 La distribution zonale des climats actuels	51
1.2 La mousson	51
1.3 Conséquences de la mousson	54
1.4 Les oscillations atmosphériques	54
Enso : El Niño Southern Oscillation, 54 – Oscillation nord-atlantique (ONA), 57	
2. Supports de l'enregistrement climatique et techniques d'études des paléoclimats ...	57
2.1 Mesures directes et documents historiques	57
2.2 Supports biologiques	59
Dendroclimatologie, 59 – Palynologie et données paléobotaniques, 59 – Scléroclimatologie, 63 – Utilisation des isotopes stables de l'oxygène en paléoclimatologie, 63	
2.3 Dépôts sédimentaires	66
Dépôts continentaux, 66 – Les sédiments marins, 70	
2.4 Étude des glaces	74
Datation des glaces, 74 – Étude des bulles d'air et des impuretés de la glace, 75	
CHAPITRE 3. Les périodes glaciaires	77
1. Les glaciations précambriennes	79
1.1 La glaciation huronienne	79
<i>Quelles sont les causes possibles de la glaciation huronienne ?</i> 80	

1.2 Les glaciations néoprotérozoïques	82
Répartition spatiale et temporelle des dépôts glaciaires, 82 – Sédiments associés aux dépôts glaciaires, 82 – <i>À quoi correspondent les cap carbonates ?</i> 83 – Les scénarios proposés, 84	
2. Les glaciations phanérozoïques	87
2.1 La glaciation de l'Ordovicien terminal	87
Répartition géographique des dépôts glaciaires, 87 – Durée de la glaciation, 88 – Les variations du niveau marin, 90 – Paléogéographie et paléoenvironnements ordoviciens, 90	
2.2 Les glaciations du Dévonien terminal au Permien supérieur	93
Durée de la glaciation, 93 – Causes de la glaciation, 94	
3. Le refroidissement et la glaciation cénozoïques	100
3.1 Données isotopiques	100
3.2 Enregistrement sédimentaire de la glaciation cénozoïque :	
la sédimentation sur la marge nord-est américaine	103
3.3 Quelles sont les causes du refroidissement cénozoïque ?	107
Rôle de la tectonique des plaques, 107 – Mise en place de la circulation circum-antarctique, 108 – Formation de dépôts sédimentaires riches en matière organique, 110 – Rôle du volcanisme et des impacts, 111	
CHAPITRE 4. Les périodes chaudes de type « <i>greenhouse</i> »	115
1. Les périodes chaudes du Paléozoïque	115
1.1 Les climats cambro-ordoviciens	115
1.2 Les climats siluro-dévonien	118
<i>L'évolution climatique du passage Frasnien-Famennien peut-elle être en partie responsable de cette extinction majeure ?</i> 119	
2. Les climats du Permo-Trias à l'Éocène (– 225 à – 35 Ma)	120
2.1 L'aridité permo-triasique et les climats du Trias	121
Les trapps du Nord-Ouest de la Sibérie, 122 – Le passage Trias-Jurassique, 123	
2.2 La période Jurassique-Crétacé	124
Existait-il des glaces polaires au Jurassique et au Crétacé ? 124 – Climats liasiques, 126 – L'événement toarcien, 128 – Évolution de la température des eaux océaniques du Jurassique moyen au Crétacé supérieur, 129 – Le passage Jurassique-Crétacé, 131 – Les refroidissements du Crétacé, 132 – Quelles sont les causes de ces refroidissements ? 133 – L'optimum climatique du Cénomaniens, 136 – Le refroidissement progressif du Crétacé supérieur, 137 – Conséquences climatiques de l'impact de Chicxulub à la limite K-T, 138 – Le maximum thermique du passage Paléocène-Éocène (P-E), 140 – Quel processus est susceptible d'entraîner une élévation forte des températures et la libération de carbone à $\delta^{13}\text{C}$ fortement négatif ?	
Conclusion	142

CHAPITRE 5. Variations climatiques à haute fréquence	143
1. Enregistrement sédimentaire des fluctuations des paramètres orbitaux	143
1.1 Les séries pélagiques alternantes marne-calcaire	143
1.2 Les séquences carbonatées du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur du Jura	149
1.3 Les sédiments océaniques plio-quaternaires	152
Comment interviennent les fluctuations des paramètres orbitaux sur les cycles glaciaires/interglaciaires ? 153 – Pour quelles raisons les fluctuations de l'insolation relativement faibles produisent-elles des changements climatiques majeurs ? 155	
2. Enregistrement dans les glaces	156
2.1 La carotte de glace de Vostok	156
2.2 Quelles sont les relations entre les paramètres orbitaux et les teneurs en gaz à effet de serre ?	157
<i>Quel réservoir de carbone a pu jouer un rôle dans le pompage du dioxyde de carbone durant les stades glaciaires ? 158 – Le processus de pompage du dioxyde de carbone a-t-il pu être plus actif durant les stades glaciaires ? 158</i>	
3. Les changements abrupts du climat	159
3.1 L'extrême instabilité du climat glaciaire	159
Les événements de Heinrich, 161 – L'oscillation du Bölling-Allerød/Dryas récent (BA/DR), 162	
3.2 Un événement froid il y a 8 200 ans	164
Quel peut être l'effet de l'événement sur le climat ? 167 – Un événement comme celui-ci, dont les conséquences sur nos sociétés actuelles seraient majeures, peut-il encore se produire ? 167	
4. Variations climatiques du dernier millénaire	168
4.1 Le petit âge glaciaire	168
Mise en évidence, 168 – <i>À quoi correspond l'optimum climatique du Moyen Âge ? 168</i>	
– Causes possibles du petit âge glaciaire, 169 – Existe-t-il une relation entre l'irradiance du Soleil et les fluctuations du climat au cours du dernier millénaire ? 171	
4.2 Le réchauffement climatique moderne	174
Conclusion	177
Contrôle externe	177
Contrôle interne	179
Glossaire	183
Références bibliographiques	189
Ouvrages et articles généraux	189
Ouvrages et articles spécialisés	190
Index	197