

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1. Le Quartenaire et l'Holocène	5
Introduction	5
1-1. Les forçages tectoniques, orbitaux, atmosphériques et non orbitaux du climat	6
Les reliefs	6
Le volcanisme	7
L'effet de serre	8
Le forçage orbital et le forçage astronomique non orbital	8
Météorites et rayonnement cosmique	11
Le rayonnement particulaire ou cosmique	11
Bilan des forçages	12
1-2. Eustatisme, glaciation, aridité et circulation océanique	12
1-3. Le Cénozoïque	14
Le prélude Néogène	16
Le Pléistocène ou Quaternaire	17
Le Dernier Glaciaire	22
Le pergélisol weichsélien	24
Le <i>Last Glacial Maximum</i> (LGM) atlantique	25
Fin du Dernier Glaciaire et transition Holocène	28
Le début de l'Holocène (Holocène inférieur)	32
L'Optimum holocène (Holocène moyen)	34
Le Néoglaaciaire	34
Chapitre 2. Propriétés mécaniques et thermiques : le froid, une dessiccation orientée	39
2-1. Propriétés de l'eau et de la glace de type I	39
2-2. Nucléation de la glace et conséquences thermiques directes	41
2-3. Glace et vapeur d'eau, ou comment créer de gros cristaux	42
2-4. La glace et ses diverses formes	44
2-5. Un cas particulier : les hydrates de gaz	44
2-6. Les glaces : un enregistreur du paléoclimat, via une ségrégation isotopique de l'oxygène	47
2-7. Le froid, une dessiccation orientée. Implications hydrologiques et géologiques	50
2-8. Implications : érosion et aridification	52
Chapitre 3. Le monde vivant	57
3-1. Implications biologiques d'un environnement froid : l'évolution physiologique et les limites métaboliques	57
Un cas à part : la contraction thermique au gel	58
3-2. Le monde végétal	58
3-3. La reproduction des végétaux	62

La croissance	63
L'enracinement	63
La microflore	64
3-4. Évolution des flores au Cénozoïque	66
3-5. Le monde animal	67
La faune	68
L'anthropisation	71
Un cas particulier : le sol	72
3-6. La biodiversité et les refuges	73
Chapitre 4. La végétation et les sols	75
4-1. La végétation et les paléo-environnements (biomes)	75
4-2. La pédogenèse	79
Les facteurs géologiques	80
Les facteurs biologiques limitants	82
4-3. Les grands types de sols (fig. 4-7 et fig. 4-8)	83
Sols humifères	83
Sols podzoliques	83
Sols hydromorphes	85
Les tourbières	86
4-4. Dynamique de la matière organique, altération et changements climatiques	86
Action mécanique du gel sur les débris végétaux	87
Rôle des algues, du mycélium et des lichens	88
Rôle de la pédofaune	89
L'altération biogéochimique et ses conséquences	91
Matières organiques et changements climatiques	92
Chapitre 5. Les avatars de la banquise et la dynamique glacielle	95
Introduction	95
5-1. Dynamique de la glace de mer, de lac et de rivière	96
Cristallisation	96
Exclusion et cristallisation des sels	98
5-2. Banquise et climat : les effets directs	99
5-3. La banquise et la circulation thermohaline : le <i>pacemaker</i> indirect de notre climat	100
5-4. Implications biologiques	103
Implications biologiques directes	103
Rôle de la dynamique glacielle sur la dispersion des espèces	105
5-5. Typologie des glaces flottantes	105
Glace de mer	105
Glace de lac et de rivière	106
Le rôle du pied de glace	108
5-6. Érosion et transport glaciaire : un façonnement rapide de plates-formes littorales	111
5-7. Les faciès sédimentaires glaciaires et les transferts sédimentaires	115
5-8. Implications paléoclimatiques et confusions	121

Implications paléoclimatiques	121
Confusions	122
5-9. Implications géotechniques et environnementales actuelles	122
Chapitre 6. Le monde glaciaire	125
Introduction	125
6-1. Les types de glaces	126
La neige	126
La glace de glacier	127
Les glaces polaires : un paléoenregistreur de la composition de l'atmosphère	129
6-2. Les glaciers : typologie	134
Régime thermique	135
Fonctionnement des calottes glaciaires	137
6-3. Dynamique de la glace de glacier et des glaciers	139
Modalités de l'écoulement : fluage et glissement basal	139
Crevasses et séracs	140
Profil d'équilibre et bilan glaciaire	141
Le fluage	143
Crevasses et séracs	144
Glissement basal	145
6-4. Hydrologie glaciaire et sous-glaciaire	146
L'écoulement superficiel	146
L'aquifère et l'écoulement interne	147
Le <i>surge</i> , ou crue glaciaire	151
Les débâcles glaciaires : jökulhlaups et événements de Heinrich	154
6-5. Implications mécaniques : abrasion, hydrofracturation, déchaussement et arrachage	156
6-6. Érosion glaciaire : mécanismes et contrôles géologiques	157
6-7. La morphologie glaciaire	158
Généralités	158
Les microtopographies d'érosion	161
6-8. La morphologie sédimentaire glaciaire	163
Les formes et formations d'accumulation simples	163
Les morphologies sédimentaires dynamiques sous-glaciaires	164
6-9. Les formations sédimentaires glaciaires continentales et marines	168
Le till basal ou de fond	168
Le till d'ablation	170
Le système fluvio-glaciaire	171
Le système glacio-lacustre	174
Le système glacio-marin	175
6-10. La glacitectonique (active et passive) : arguments et confusions	177
La glacitectonique passive	178
La glacitectonique active	181
6-11. Implications géodynamiques	184
Glacio-isostasie	184

Implications glacio-eustatiques	187
Implications sédimentaires en stratigraphie séquentielle	187
6-12. Bilans sédimentaires globaux et implications paléoclimatiques	190
Implications paléoclimatiques et morphologiques	192
6-13. Séismicité et volcanisme	193
6-14. Implications géotechniques et environnementales actuelles	195

Chapitre 7. Le pergélisol, dynamique et extension

Introduction	199
7-1. Répartition actuelle du pergélisol	200
7-2. Les grands types de glaces : externe, interstitielle et de ségrégation	203
Les glaces de sol d'origine externe	203
Les vraies glaces de sol : ciment de glace et glace de ségrégation	204
Classification des formes de glace dans les sols	205
7-3. Comportement thermique du sol	206
Généralités	206
Rôle des flux et des gradients géothermiques	207
Rôle de la neige	208
Rôle de la glace et des eaux de fonte	208
Rôle de la végétation	210
7-4. Le pergélisol dans la topographie et son comportement à court et long terme	211
Répartition dans la topographie	211
Apparition et évolution	213
Évolution d'un pergélisol en cas de modification climatique	214
7-5. Implications hydrologiques du pergélisol : les taliks et les <i>naledy</i>	217
7.6. Pingos et glace d'injection	219
Le <i>naled</i> (plur. : <i>naledy</i>)	219
Les hydrolacolithes saisonniers	219
Les pingos	222
Fossilisation et signification paléoclimatique	226
Les confusions	227
7-7. Les phénomènes thermokarstiques	228
La signature sédimentaire du thermokarst	231
7-8. Champs de blocs, soulèvement gélival	232
Les champs de blocs (<i>blockfield</i> , <i>Felsenmeer</i>)	232
Le soulèvement gélival et les glaciers	234
7-9. La reptation du pergélisol, les glaciers rocheux et les formes annexes	234
La cambrure de versant	234
Les glaciers rocheux	235
Le pergélisol des glaciers rocheux et des éboulis fluants	238
Signification paléoclimatique des glaciers rocheux	239
7-10. Implications géotechniques et pétrolières	239
Géotechnique	239
Pergélisol, pétrole et exploitation pétrolière	240

Chapitre 8. La dynamique périglaciaire vraie	245
Introduction	245
8-1. La glace de ségrégation et la cryosuccion	245
8-2. Drainage des formations superficielles, dessiccation et lessivage	248
8-3. Le gonflement cryogénique et la gélivité	251
La gélivité	252
8-4. Implications mécaniques	253
La structuration cryogénique	253
Influence de l'illuviation de particules au dégel	256
La cryoexpulsion	256
8-5. La cryoturbation, le gonflement cryogénique différentiel et les sols structurés périglaciaires	258
Les autres théories	264
Confusions avec des figures biogéniques, tectoniques ou sédimentaires azonales	265
8-6. La solifluxion	268
8-7. La gélifraction : mythe ou réalité ?	274
Mécanismes	274
Les sols structurés en milieu gélif	278
Les grèzes litées	280
8-8. Les buttes cryogéniques, ou palses	281
Signification climatique et paléoclimatique des palses	283
Les traces fossiles	284
8-9. La contraction thermique et les coins de glace	285
Les coins de glace	286
La morphologie des réseaux	289
Les formes de dégradation	290
Les formes fossiles	294
Implications paléoclimatiques	297
Confusions	297
8-10. Implications paléoclimatiques, pédologiques et géotechniques de la cryogenèse et du pergélisol	298
Le pergélisol discontinu	298
La cryoturbation et les sols structurés périglaciaires	299
La solifluxion	299
Les glaciers rocheux	300
Le thermokarst	300
Chapitre 9. L'environnement périglaciaire azonal et l'évolution paraglaciale ...	303
9-1. L'évolution paraglaciale	303
9-2. Ruissellement et ravinement	303
9-3. Les dépôts de pente	306
Éboulis simples et stratifiés	306
Versants réglés et glacis	306
Couloirs, cônes et <i>debris flows</i>	307

9-4. Le fluviatile	308
Les rivières et les fleuves à fonte nivale simple	309
Les fleuves à régime fluvio-glaciaire	310
Les fleuves à débâcles puissantes	313
Les terrasses alluviales	314
9-5. La dynamique éolienne et ses implications	315
Sources des matériaux	315
Modalités de dépôt des lèss	318
La sédimentation nivéo-éolienne	320
Les caractéristiques granulométriques et l'émoussé	321
Les formes d'érosion et de construction	321
Les implications climatiques	322
9-6. La nivation et la cryoplanation : mythe ou réalité ?	326
Chapitre 10. Bilans sédimentaires quaternaires et stratigraphie séquentielle	329
10-1. L'érosion et l'évolution de la nature de la sédimentation depuis le Cénozoïque. 329	
10-2. Biorhexistase : perturbation et déstabilisation des écosystèmes et réponse sédimentaire	330
Validité du signal sédimentaire	331
La transition glaciaire-interglaciaire	331
L'optimum interglaciaire.	332
La transition interglaciaire-glaciaire, ou la déstabilisation	333
Le glaciaire	334
Les interstades et les stades : les Dansgaard-Oeschger	335
Conclusion	337
Corrigés des exercices	339
Glossaire	347
Bibliographie	385