

Sous la direction de  
Catherine Jeandel  
Rémy Mosseri

# Le climat à découvert

CNRS ÉDITIONS

# Table des matières

Préface	
<i>Alain Fuchs</i> .....	14
Avant-propos	
<i>Catherine Jeandel et Rémy Mosseri</i> .....	15

## - Première partie -

### LE SYSTÈME CLIMATIQUE

1. Le climat : un thème de recherche pluridisciplinaire	
<i>Sylvie Joussaume</i> .....	19
2. La Terre dans le système solaire	
<i>Peter von Ballmoos</i> .....	22
3. La Terre : planète dynamique	
<i>Catherine Jeandel</i> .....	25
4. L'atmosphère	
<i>Frank Roux</i> .....	27
5. Les océans	
<i>Gilles Reverdin</i> .....	29
6. Les continents	
<i>Katia Laval et Jan Polcher</i> .....	31
7. Couplages entre les différents milieux	
<i>David Salas y Mélia et Jean-Louis Dufresne</i> .....	33
8. Le climat de la Terre à l'échelle des temps géologiques	
<i>Yves Goddérès, Yannick Donnadieu, Gilles Ramstein et Emmanuelle Pucéat et Guillaume Le Hir</i> .....	35
9. La vie sur Terre	
<i>Jean-Pierre Féral</i> .....	37

## - Deuxième partie -

### LES MÉCANISMES PHYSICO-CHIMIQUES EN JEU

1. Les grands équilibres naturels dans la modélisation du climat	
<i>Hervé Le Treut</i> .....	43
2. Bilan énergétique et propriétés radiatives	
<i>Serge Planton</i> .....	47

3. La variabilité solaire	
<i>Thierry Dudok de Wit et Jean Lilensten</i> .....	48
4. Principes physiques de l'effet de serre et de l'effet parasol	
<i>Philippe Dubuisson</i> .....	50
5. La stratosphère et le climat	
<i>François Lott</i> .....	53
6. Les gaz à effet de serre	
<i>Valérie Thouret</i> .....	55
7. Les aérosols et leur impact radiatif	
<i>Didier Tanré</i> .....	57
8. Le cycle de l'eau	
<i>Ghislain de Marsily</i> .....	59
9. Cycle de l'eau : les nuages	
<i>Sandrine Bony</i> .....	61
10. Cycle de l'eau : hydrologie continentale	
<i>Hervé Douville et Bertrand Decharme</i> .....	63
11. Le cycle du carbone	
<i>Laurent Bopp</i> .....	65
12. Les océans, pièges à CO <sub>2</sub>	
<i>Laurent Mémerly</i> .....	66
13. La partie continentale du cycle du carbone	
<i>Jérôme Gaillardet et Nicolas Viovy</i> .....	69
14. Le cycle du carbone à l'échelle des temps géologiques	
<i>Yves Goddérès, Yannick Donnadiou, Gilles Ramstein, Emmanuelle Pucéat et Guillaume Le Hir</i> .....	72
15. Fonctionnement du climat à différentes échelles de temps	
<i>Sylvie Joussaume</i> .....	74
16. Caractéristiques de la variabilité climatique	
<i>Pascale Delecluse</i> .....	78
17. La turbulence océanique de méso-échelle	
<i>Guillaume Rouillet et Patrice Klein</i> .....	81

- Troisième partie -

OBSERVATIONS ET INDICATEURS CLIMATIQUES

1. Introduction	
<i>Catherine Jeandel et Pascale Braconnot</i> .....	87
2. Observations météorologiques et de surface continentale	
<i>Philippe Dandin et Serge Planton</i> .....	88

3. Observations marines	
<i>Thierry Delcroix</i> .....	92
4. Mesure des variations du niveau de la mer	
<i>Anny Cazenave et Michaël Ablain</i> .....	96
5. Bilan de masse des glaciers et des calottes polaires	
<i>Étienne Berthier, Christian Vincent, Gaël Durand et Gerhard Krinner</i> .....	99
6. Contributions à la hausse actuelle du niveau de la mer	
<i>Anny Cazenave, William Llovel, Étienne Berthier et Gerhard Krinner</i> .....	102
7. Observation de la composition de l'atmosphère	
<i>Michel Ramonet, Paolo Laj et Valérie Thouret</i> .....	104
8. Les observatoires du vivant	
<i>Yvon Le Maho, Benjamin Friess et Céline Le Bohec</i> .....	106
9. Érosion de la biodiversité	
<i>Jean-Pierre Féral et Thierry Taton</i> .....	108
10. Climat de la France : apport de l'histoire	
<i>Emmanuel Garnier</i> .....	111
11. L'étonnante diversité des capteurs cachés	
<i>Elsa Cortijo et Valérie Masson-Delmotte</i> .....	113
12. Paléothermométrie géochimique	
<i>Christian France-Lanord et Dominique Blamart</i> .....	116
13. Paléothermométrie marine	
<i>Dominique Blamart et Marie-Alexandrine Sicre</i> .....	117
14. Paléothermométrie continentale	
<i>Dominique Genty, Valérie Daux et Odile Peyron</i> .....	119
15. Paléothermométrie des calottes glaciaires	
<i>Jean Jouzel, Amaelle Landais et Valérie Masson-Delmotte</i> .....	121
16. Inclusions minérales et gazeuses dans les glaces	
<i>Jérôme Chappellaz, Jean-Robert Petit, Francis Grousset et Édouard Bard</i> .....	123
17. Les récifs coralliens	
<i>Thierry Corrège</i> .....	125
18. Les fluctuations des glaciers de montagne, archives des paléoclimats continentaux	
<i>Pierre-Henri Blard, Patrick Wagnon et Antoine Rabatel</i> .....	128

- Quatrième partie -

DONNÉES, TRAITEMENT ET RÉANALYSES

1. Méthodes statistiques, fonctions de transfert	
<i>Joël Guiot et Pascal Yiou</i> .....	133

2. L'analyse des données climatiques	
<i>Pascal Yiou</i> .....	136
3. Incertitudes, valeurs extrêmes et climatologie	
<i>Philippe Naveau</i> .....	138
4. Assimilation de données et climat	
<i>Olivier Talagrand, Éric Blayo et Jacques Verron</i> .....	141

- Cinquième partie -

LA MODÉLISATION DU CLIMAT

1. Le climat numérique	
<i>Pascale Braconnot</i> .....	147
2. Bref historique de la modélisation du climat en France	
<i>Hélène Guillemot</i> .....	148
3. Description d'un organigramme générique	
<i>Serge Planton et Jean-Louis Dufresne</i> .....	150
4. Courte introduction aux méthodes numériques	
<i>Bernard Legras</i> .....	154
5. Mathématiques appliquées et climat	
<i>Georges-Henri Cottet, Patrick Mascart et Olivier Pironneau</i> .....	157
6. Performance et parallélisation	
<i>Éric Maisonnave et Yann Meurdesoif</i> .....	160
7. Les paramétrisations physiques	
<i>Frédéric Hourdin</i> .....	162
8. Simulation numérique de phénomènes couplés : l'exemple de l'interaction fluide-solide	
<i>Jean-Frédéric Gerbeau</i> .....	166
9. Le couplage océan-atmosphère	
<i>Sophie Valcke</i> .....	168
10. Modélisation du cycle du carbone et des interactions climat-carbone	
<i>Laurent Bopp et Patricia Cadule</i> .....	170
11. Modélisation de la chimie atmosphérique	
<i>Slimane Bekki</i> .....	173
12. Stratégies d'évaluation des modèles	
<i>Frédéric Hourdin</i> .....	175
13. Reproduction du climat actuel	
<i>Francis Codron et Patrick Marchesio</i> .....	178
14. Modélisation des paléoclimats	
<i>Masa Kageyama, Frédéric Fluteau, Myriam Khodri, Gilles Ramstein, Didier Roche et Didier Swingedouw</i> .....	182

- Sixième partie -

LES DIFFÉRENTES PERTURBATIONS ET LEURS ESTIMATIONS

1. Introduction sur les forçages naturels	
<i>Édouard Bard</i> .....	189
2. Forçages solaires et perturbations interplanétaires	
<i>Jean Lilensten et Thierry Dudok de Wit</i> .....	191
3. L'éclairement spectral absolu du Soleil	
<i>Gérard Thuillier</i> .....	195
4. Impact des aérosols sur les nuages	
<i>Jean-Louis Brenguier</i> .....	199
5. Effet des éruptions volcaniques sur le climat	
<i>Marie-Alexandrine Sicre, Myriam Khodri, Juliette Mignot, Patrick Allard, Yves Balkanski et Édouard Bard</i> .....	201
6. La perturbation anthropique du cycle du carbone	
<i>Nicolas Metz et Philippe Ciais</i> .....	204
7. L'usage des terres	
<i>Nathalie de Noblet-Ducoudré, Édouard Davin, Katia Laval, Matthieu Guimberteau, Pierre Friedlingstein et Christine Delire</i> .....	208
8. Détection et attribution des changements climatiques	
<i>Aurélien Ribes et Serge Planton</i> .....	211
9. Projeter les émissions de GES	
<i>Patrick Criqui et Jean-Charles Hourcade</i> .....	214
10. Scénarios GIEC et déterminants des émissions à long terme	
<i>Patrick Criqui et Jean-Charles Hourcade</i> .....	217

- Septième partie -

PRÉVISION ET PROJECTION CLIMATIQUE

1. Introduction générale	
<i>Christophe Cassou</i> .....	223
2. L'effet papillon	
<i>Nick Hall</i> .....	224
3. Des prévisions météorologiques aux projections climatiques	
<i>Christophe Cassou et Éric Guilyardi</i> .....	227
4. Les simulations historiques : xx <sup>e</sup> siècle et dernier millénaire	
<i>Myriam Khodri, David Salas y Méliá et Jean-Louis Dufresne</i> .....	230
5. Les scénarios climatiques futurs	
<i>David Salas y Méliá et Jean-Louis Dufresne</i> .....	233

6. Les prévisions climatiques	
<i>Jean-Pierre Céron, Michel Déqué et Juliette Mignot</i> .....	236
7. Estimation de la confiance dans les résultats de simulation	
<i>Sandrine Bony</i> .....	239

- Huitième partie -

QUESTIONS ET ENJEUX

1. Modèles de climat : quelques enjeux à venir	
<i>Hervé Le Treut</i> .....	245
2. Enjeux de l'observation pour les études climatiques	
<i>Sandrine Anquetin, Valérie Thouret et Laurent Chauvaud</i> .....	247
3. Besoins en modélisation numérique	
<i>Jean-Louis Dufresne et David Salas y Mélia</i> .....	249
4. Quelques questions épistémologiques soulevées par la recherche sur le climat	
<i>Michel Blay</i> .....	251
5. Besoins en formation	
<i>Katia Laval et Laurence Picon</i> .....	254
6. L'évaluation de la recherche	
<i>Étienne Bustarret</i> .....	256

- Neuvième partie -

COMPLÉMENTS

Glossaire
Acronymes
Contributeurs
Laboratoires et instituts