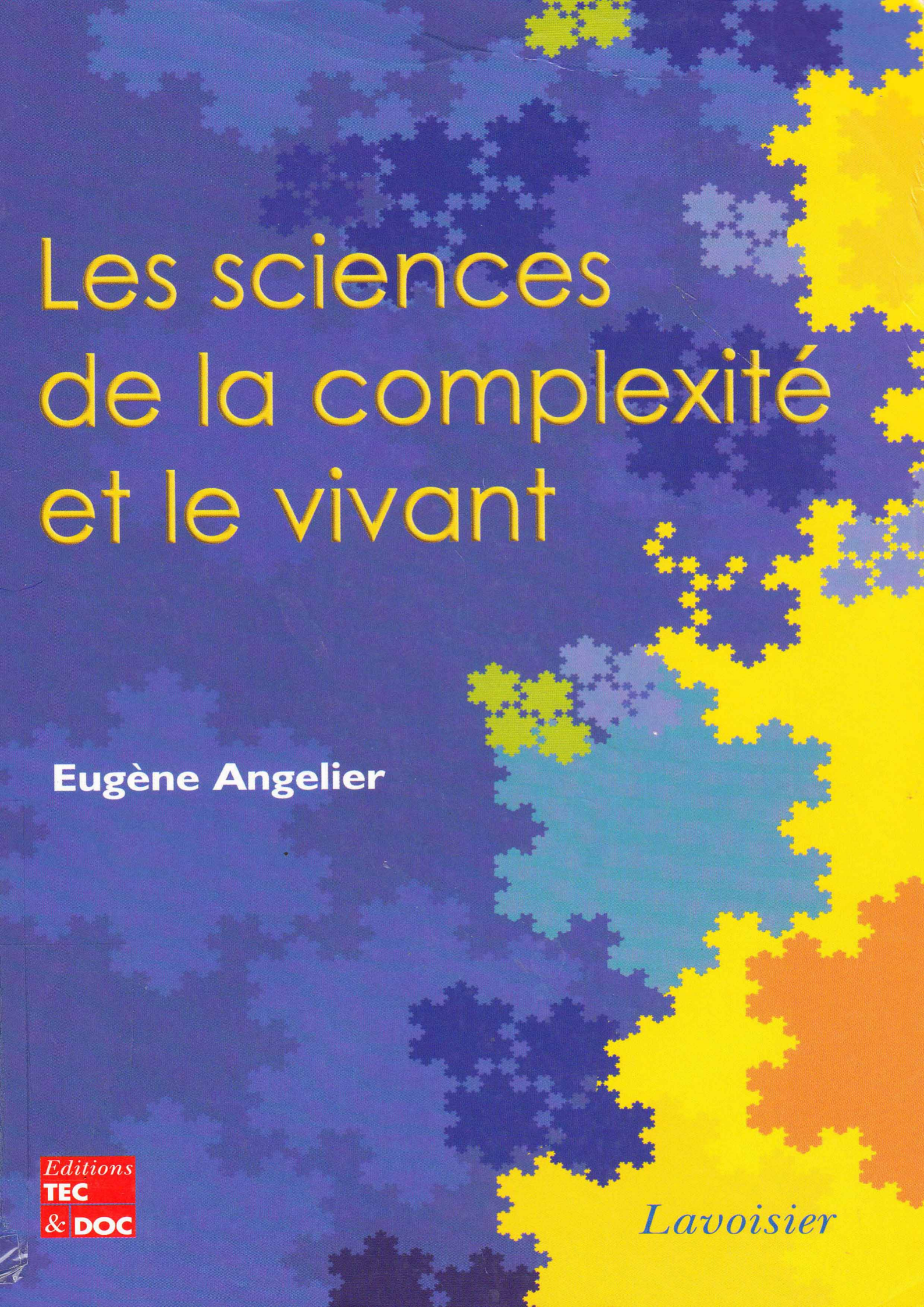




Les sciences de la complexité et le vivant

Eugène Angelier

Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

Table des matières

Avant-propos	V
---------------------------	---

Chapitre I

L'émergence de la complexité : du big-bang aux molécules organiques	1
1. Le big-bang et les débuts de l'univers	1
2. Formation des premiers noyaux atomiques	2
3. Premiers atomes	2
4. Formation des étoiles et des galaxies	2
5. Synthèse des noyaux dans les étoiles	3
6. Capture des électrons par les noyaux	4
7. Formation des molécules	4
8. Les types de liaisons chimiques	5
9. La formation des molécules prébiotiques	6
10. L'évolution vers la complexité	7
10.1. La flèche du temps	7
10.2. L'organisation de la matière	7
10.3. Les lois de la complexité	9

Première partie

Les propriétés du vivant

Chapitre II

La thermodynamique du vivant	13
1. Les structures dissipatives	14
2. Les structures dissipatives en chimie	15
2.1. La réaction de Belousov-Zhabotinsky : les réactions oscillantes	16
2.2. Conclusions	18
3. Les structures dissipatives et le vivant	18

Chapitre III

La photosynthèse et le métabolisme.	21
1. La photosynthèse	21
2. Le métabolisme.	22
2.1. Catabolisme.	23
2.2. Utilisation de l'énergie par les êtres vivants.	25
3. Conclusions : photosynthèse, métabolisme et structures dissipatives.	26
4. L'écosystème, utilisation en cascade du flux matière-énergie.	27

Chapitre IV

La mémoire et sa réplication	29
1. L'information et sa mémoire.	30
2. Nombre et organisation des gènes	31
3. La réplication	32

Chapitre V

La reproduction, l'adaptation et l'évolution biologique	35
1. Les potentialités du génome.	35
2. Les « à peu près » de la réplication	37
3. Les gènes et l'environnement.	38
3.1. Mutagenèse accélérée	38
3.2. Température et développement embryonnaire de la drosophile	39
3.3. Conclusions : la cellule, unité fonctionnelle du vivant.	39
4.- La sélection naturelle	41
4. L'évolution biologique.	41
5.1. Micro- et macro-évolution : les théories de l'évolution	41
5.2. De l'inerte au vivant	43
5.3. L'événementiel et le contingent.	43
5.4. Les catastrophes écologiques	44
5.5. La recolonisation des espaces vides et la sélection naturelle.	45
6. Conclusions : les propriétés fondamentales du vivant	46

*Deuxième partie***Les systèmes complexes et l'autorégulation***Chapitre VI*

La théorie générale des systèmes et les systèmes complexes	51
1. Histoire de la systémique	52
2. Description d'un système	53
2.1. Aspect structurel.	53
2.2. Aspect fonctionnel	54
3. Systèmes à états	54

4. Systèmes complexes	55
5. Propriétés des systèmes complexes	56
6. Variété et variété requise d'un système	58
7. Méthodes d'étude des systèmes complexes	58
7.1. Algorithmes	60
7.2. Modélisations de Lotka-Volterra	61
7.3. Modélisations systémiques	61
7.4. Automates	62

Chapitre VII

Les systèmes à but et l'autorégulation.	65
1. Principe du thermostat	65
2. L'homéostasie	67
3. Rétroactions positives, amplificatrices	67
4. Oscillations temporelles dans les systèmes cybernétiques	68
5. Multiplication et diversification des régulations	70

Chapitre VIII

La fiabilité de l'information	71
1. Approche quantifiée de l'information	72
1.1. La théorie de l'information	73
1.2. Entropie d'information et entropie physique	74
1.3. Mesure de la complexité en biologie	74
2. Redondance et fiabilité de l'information dans les systèmes complexes	76
2.1. Théorème de la voie avec bruit	76
2.2. Fiabilité des automates	77
3. Fiabilité des systèmes vivants	78
3.1. Propriétés sélectives de certains composants	78
3.2. Les « ravaudeurs »	78
3.3. Redondance des composants et de l'information	78
3.4. Théorie de l'information et systèmes thermodynamiques ouverts	81
4. Conclusions	82

Chapitre IX

Organisation hiérarchique et stabilité des systèmes complexes.	85
1. L'organisation en modules : théorème d'Ullam et principe de « moindre difficulté »	86
2. Mode d'organisation des interactions	87
3. La parabole des deux horlogers	89
4. Organisation hiérarchique et symbiose chez les êtres vivants	89
4.1. La cellule eucaryote : le résultat d'une symbiose	89
4.2. La symbiose chez les êtres vivants	90
5. Organisation hiérarchique et autonomie des sous-systèmes	91
6. L'organisation hiérarchique du système nerveux des vertébrés	92
6.1. Moelle épinière	92

6.2. Tronc cérébral	92
6.3. Cervelet	93
6.4. Diencephale	93
6.5. Télencéphale	93
7. Organisation hiérarchique des écosystèmes	95
8. Conclusions	97

Troisième partie

L'auto-organisation et la dynamique des systèmes complexes

Chapitre X

De l'émergence de l'ordre à l'intelligence collective : l'auto-organisation . . .	101
1. Phénomènes d'agrégation chez l'amibe <i>Dictyostelium discoideum</i> (acrasiale)	102
2. Déplacements collectifs des fourmis légionnaires	102
3. Sélection d'une source de nourriture chez la fourmi <i>Tetramorium caespitum</i>	103
4. Structures spatiales chez les insectes sociaux	104
5. Conclusions : l'auto-organisation	105

Chapitre XI

Les systèmes dynamiques et l'évolution du vivant	107
1. Le modèle trimoléculaire ou Brusselator	107
2. Histoire et bifurcation	109
3. Évolution du vivant	112

Chapitre XII

Les changements d'état	115
1. Transformations géométriques de d'Arcy Thompson	115
2. Paysages épigénétiques de Waddington	116
3. Théorie des catastrophes	117
3.1. Prémisses de la théorie des catastrophes	118
3.2. Catastrophes élémentaires	118
3.3. Extension de la théorie des catastrophes	118
4. Conclusions	120

Chapitre XIII

La théorie des jeux	123
1. Fondements de la théorie des jeux	123
1.1. Dilemme du prisonnier	123
1.2. Jeu des conducteurs fous	124
1.3. Jeu de la pierre, du papier et du ciseau	125
2. Applications biologiques de la théorie des jeux	125

2.1. Jeux population-environnement	126
2.2. Jeux entre génotypes d'une population : jeux évolutionnaires	127
2.3. Stratégies stables du point de vue de l'évolution	130
2.4. Jeux différentiels	131
3. Conclusions	132

Chapitre XIV

Des phénomènes critiques auto-organisés aux paysages adaptatifs	135
1. Frontière entre ordre et chaos : les phénomènes critiques auto-organisés	135
2. Modèle NK de S.A. Kauffman et paysages adaptatifs	138
3. Extension du paysage adaptatif aux populations	140
4. Conclusions	144

Chapitre XV

Les fractales	147
1. Homothétie et dimension fractale	147
2. Poumon des vertébrés tétrapodes	151
3. Structures fractales chez les végétaux	153
4. Structures fractales et phylogénie du vivant	154
5. Structures fractales et écosystèmes	156
6. Conclusions	157

Chapitre XVI

Le chaos déterministe	159
1. Équations de Lorenz	160
2. Attracteurs étranges	161
3. Chaos et dynamique des populations	162
4. Chaos déterministe en biologie et biologie médicale	165
5. Conclusions	166

Chapitre XVII

Le « jeu de la vie »	169
1. Algorithme de Conway	169
2. Algorithme de Heudin	171
3. Conclusions	172

Chapitre XVIII

Conclusions	175
1. L'émergence	176
2. L'auto-organisation	177
3. Stabilité, variabilité et crises	178

4. La sélection naturelle	180
5. L'apport des structures dissipatives à la biologie.....	181
6. Réductionnisme et holisme.....	183
Bibliographie	185
Index	201