



Christian Lévêque

# Écologie

De l'écosystème  
à la biosphère

MASSON  
SCIENCES



DUNOD

# Table des matières

## AVANT-PROPOS

VII

## CHAPITRE 1 • LES NATURES DE L'ÉCOLOGIE

1

1.1 L'acte de naissance

2

1.2 L'écologie est-elle une science ?

3

1.3 Écologie des écosystèmes et/ou écologie des populations ?

5

1.4 L'écologie des écosystèmes : une discipline ou un champ scientifique ?

7

1.5 Écologie scientifique, écologie politique et sciences de l'environnement

9

1.6 La médiatisation de l'écologie et l'écologie catastrophe

10

1.7 Le concept d'écosystème et la recherche écologique en France

12

## PARTIE 1

### LA CONSTRUCTION DE LA PENSÉE SCIENTIFIQUE EN ÉCOLOGIE DES ÉCOSYSTÈMES

## CHAPITRE 2 • ORIGINE ET ÉVOLUTION DU CONCEPT D'ÉCOSYSTÈME

16

2.1 Les grands courants de l'écologie

17

2.2 Les précurseurs du concept d'écosystème

23

2.3 Le concept d'écosystème de Tansley

27

2.4 Mise en œuvre opérationnelle du concept d'écosystème : l'approche tropho-dynamique et son développement

29

2.5 L'écosystème objet

35

2.6 L'écosystème est-il un produit de la science occidentale ?

36

## CHAPITRE 3 • DÉMARCHES ET PARADIGMES DE L'ÉCOLOGIE DES ÉCOSYSTÈMES

39

3.1 Science et non-science : la ligne de démarcation

40

3.2 Une finalité : rechercher l'ordre des choses

41

3.3 Métaphores et raisonnement analogique

48

3.4 Entre réductionnisme et holisme

50

3.5 Inductivisme et méthode hypothético-déductive

55

3.6 Approche déterministe ou stochastique ?

65

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CHAPITRE 4 • MÉTHODES D'ÉTUDE DES ÉCOSYSTÈMES</b>                                                                       | 69  |
| 4.1 Une science d'observation                                                                                              | 70  |
| 4.2 L'approche comparative                                                                                                 | 76  |
| 4.3 L'approche expérimentale                                                                                               | 78  |
| 4.4 Modélisation et simulation                                                                                             | 84  |
| <b>PARTIE 2</b>                                                                                                            |     |
| <b>STRUCTURE ET ORGANISATION DES ÉCOSYSTÈMES</b>                                                                           |     |
| <b>CHAPITRE 5 • NOTION DE SYSTÈME ET TENTATIVES D'APPLICATION DES PRINCIPES DE LA PHYSIQUE EN ÉCOLOGIE DES ÉCOSYSTÈMES</b> | 90  |
| 5.1 Une notion fondamentale : l'approche systémique                                                                        | 92  |
| 5.2 La complexité                                                                                                          | 94  |
| 5.3 Théorie de l'information et cybernétique                                                                               | 97  |
| 5.4 Les apports de la thermodynamique                                                                                      | 104 |
| <b>CHAPITRE 6 • RÔLE STRUCTURANT DES FACTEURS ABIOTIQUES</b>                                                               | 113 |
| 6.1 Les facteurs abiotiques : un système de contraintes                                                                    | 114 |
| 6.2 Processus de nature géologique                                                                                         | 114 |
| 6.3 Le macroclimat                                                                                                         | 120 |
| 6.4 Le vent                                                                                                                | 124 |
| 6.5 Le feu                                                                                                                 | 130 |
| 6.6 L'eau                                                                                                                  | 133 |
| 6.7 Les facteurs abiotiques comme élément structurant des écosystèmes                                                      | 135 |
| <b>CHAPITRE 7 • HIÉRARCHIES, NIVEAUX D'ORGANISATION ET TYPOLOGIE DES SYSTÈMES ÉCOLOGIQUES</b>                              | 139 |
| 7.1 Recherche d'un ordre dans la structure des écosystèmes                                                                 | 140 |
| 7.2 Niveaux d'organisation des systèmes biologiques                                                                        | 142 |
| 7.3 Exemples de structures hiérarchiques dans le fonctionnement des écosystèmes                                            | 148 |
| 7.4 Typologie et classification écologique                                                                                 | 152 |
| <b>CHAPITRE 8 • NOTIONS D'ÉCHELLES SPATIALES ET TEMPORELLES ET LEURS CONSÉQUENCES</b>                                      | 155 |
| 8.1 Le temps                                                                                                               | 156 |
| 8.2 Les unités écologiques spatialisées : une question d'échelles                                                          | 161 |
| 8.3 Intégration des échelles spatiales et temporelles                                                                      | 168 |
| 8.4 Échelles d'observation et transferts d'échelles ?                                                                      | 179 |
| 8.5 La dynamique des structures spatiales : les fractales                                                                  | 184 |
| <b>CHAPITRE 9 • HÉTÉROGÉNÉITÉ SPATIALE ET VARIABILITÉ TEMPORELLE</b>                                                       | 187 |
| 9.1 Du paradigme des milieux homogènes à la reconnaissance de l'hétérogénéité                                              | 188 |
| 9.2 La découverte des « frontières » : les écotones                                                                        | 192 |



|     |                                                                              |     |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.3 | Les gradients                                                                | 194 |
| 9.4 | La variabilité temporelle : une caractéristique fondamentale des écosystèmes | 196 |
| 9.5 | Intégrer l'hétérogénéité spatiale et temporelle : l'écologie des paysages    | 201 |
| 9.6 | Les communautés fragmentées                                                  | 209 |

## PARTIE 3

## FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES

|                                                                                                                               |                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CHAPITRE 10 • DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS ET DES ÉCOSYSTÈMES :<br/>DE L'ÉQUILIBRE DE LA NATURE AUX SYSTÈMES AUTORÉGULÉS</b> |                                                                                                       | 216 |
| 10.1                                                                                                                          | Brève histoire de la notion d'équilibre                                                               | 217 |
| 10.2                                                                                                                          | L'équilibre de la nature                                                                              | 219 |
| 10.3                                                                                                                          | Les théories de l'équilibre basées sur les relations intra et interspécifiques                        | 223 |
| 10.4                                                                                                                          | Les théories des successions                                                                          | 232 |
| 10.5                                                                                                                          | Stabilité et résilience des écosystèmes                                                               | 238 |
| 10.6                                                                                                                          | Équilibre dynamique des écosystèmes et rôle des perturbations                                         | 245 |
| 10.7                                                                                                                          | Les systèmes dynamiques non linéaires et le chaos déterministe                                        | 251 |
| 10.8                                                                                                                          | Les écosystèmes sont-ils des systèmes auto-organisés ?                                                | 255 |
| 10.9                                                                                                                          | Conclusion                                                                                            | 262 |
| <b>CHAPITRE 11 • FLUX DE MATIÈRE ET D'ÉNERGIE DANS LES ÉCOSYSTÈMES</b>                                                        |                                                                                                       | 263 |
| 11.1                                                                                                                          | Flux de matière et d'énergie dans les écosystèmes                                                     | 264 |
| 11.2                                                                                                                          | Production et productivité des écosystèmes                                                            | 267 |
| 11.3                                                                                                                          | Production primaire                                                                                   | 269 |
| 11.4                                                                                                                          | Production secondaire                                                                                 | 277 |
| 11.5                                                                                                                          | Organisation des réseaux trophiques                                                                   | 280 |
| 11.6                                                                                                                          | Théories du contrôle du fonctionnement des écosystèmes par les réseaux trophiques                     | 291 |
| <b>CHAPITRE 12 • DIVERSITÉ BIOLOGIQUE ET FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES</b>                                                   |                                                                                                       | 303 |
| 12.1                                                                                                                          | La diversité biologique                                                                               | 305 |
| 12.2                                                                                                                          | Diversité génétique et adaptation des systèmes biologiques aux changements de l'environnement         | 307 |
| 12.3                                                                                                                          | Rôle des espèces dans les écosystèmes                                                                 | 314 |
| 12.4                                                                                                                          | Hypothèses concernant le rôle de la diversité biologique dans le fonctionnement des écosystèmes       | 324 |
| 12.5                                                                                                                          | Rôle de la diversité biologique dans les cycles des nutriments                                        | 326 |
| 12.6                                                                                                                          | Diversité des espèces et production biologique                                                        | 333 |
| 12.7                                                                                                                          | Rôle des communautés biologiques dans le fonctionnement des écosystèmes                               | 339 |
| 12.8                                                                                                                          | Modifications de la composition des peuplements et conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes | 345 |
| <b>CHAPITRE 13 • LES GRANDS CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES</b>                                                                        |                                                                                                       | 351 |
| 13.1                                                                                                                          | Le cycle du carbone                                                                                   | 354 |
| 13.2                                                                                                                          | Le cycle de l'azote                                                                                   | 361 |

|      |                                           |     |
|------|-------------------------------------------|-----|
| 13.3 | Le phosphore                              | 366 |
| 13.4 | Le soufre                                 | 369 |
| 13.5 | Les autres éléments                       | 372 |
| 13.6 | Interactions entre cycles biogéochimiques | 374 |

#### PARTIE 4 L'ÉCOLOGIE GLOBALE

|                                                                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CHAPITRE 14 • ÉCOLOGIE GLOBALE : LA DYNAMIQUE DE LA BIOSPHERE</b>                                                              | <b>380</b> |
| 14.1 Origines du concept de biosphère                                                                                             | 381        |
| 14.2 Le système Terre et l'écologie globale                                                                                       | 382        |
| 14.3 L'hypothèse Gaïa et la géophysologie                                                                                         | 384        |
| 14.4 Changements globaux                                                                                                          | 386        |
| 14.5 La biosphère comme objet d'étude                                                                                             | 390        |
| <b>CHAPITRE 15 • LE SYSTÈME CLIMATIQUE ET SA VARIABILITÉ</b>                                                                      | <b>393</b> |
| 15.1 Bilan radiatif de la Terre et l'effet de serre                                                                               | 395        |
| 15.2 La machine thermique                                                                                                         | 398        |
| 15.3 Variabilité spatiale et temporelle des climats                                                                               | 405        |
| 15.4 Modélisation du système climatique                                                                                           | 413        |
| 15.5 Le climat à venir                                                                                                            | 417        |
| <b>CHAPITRE 16 • INTERACTIONS BIOSPHERE/ATMOSPHERE ET<br/>CONSÉQUENCES SUR LES ÉQUILIBRES GLOBAUX</b>                             | <b>421</b> |
| 16.1 Structure et composition de l'atmosphère                                                                                     | 422        |
| 16.2 Origine et évolution de l'atmosphère                                                                                         | 423        |
| 16.3 Éléments traces résultant de l'activité biogénique et anthropique                                                            | 426        |
| 16.4 Aérosols et effet albédo                                                                                                     | 439        |
| 16.5 Cycle de l'eau et échanges d'énergie surface/atmosphère                                                                      | 441        |
| <b>CHAPITRE 17 • RÉPONSES DES ÉCOSYSTÈMES AUX ÉVOLUTIONS CLIMATIQUES :<br/>DES CONNAISSANCES DU PASSÉ AUX CHANGEMENTS À VENIR</b> | <b>447</b> |
| 17.1 Que nous apprend l'étude du passé : paleoclimatologie, paléoécologie<br>et paléoenvironnements                               | 448        |
| 17.2 Paléoenvironnements anciens                                                                                                  | 453        |
| 17.3 Réactions des écosystèmes lors des derniers cycles glaciaires                                                                | 457        |
| 17.4 Conséquences écologiques du réchauffement climatique en cours                                                                | 472        |
| 17.5 Conséquences potentielles du changement climatique en France                                                                 | 484        |
| <b>BIBLIOGRAPHIE RESTREINTE</b>                                                                                                   | <b>485</b> |
| <b>INDEX</b>                                                                                                                      | <b>497</b> |