



**Cours
Exercices**

Claire Tirard • Luc Abbadie • Nicolas Loeuille

Introduction à l'écologie

DUNOD

Claire Tirard
Luc Abbadie
Nicolas Loeuille

Introduction à l'écologie

DUNOD

Une première édition de cet ouvrage
est parue dans la collection Mini manuel.

Graphisme de couverture : Elizabeth Riba
Illustration de couverture : shutterstok © Grisha Bruev

Uniformisation des illustrations : Bernadette Coléno

© Dunod, 2021
11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-081711-5

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Remerciements	IX
1 Qu'est-ce que l'écologie ?	1
1. L'écologie dans le champ des sciences de la nature	1
2. La notion de système écologique	3
3. Les différents types de questions dans les sciences de la vie	6
4. L'écologie, une science impliquée ?	8
L'essentiel	10
Entraînez-vous	11
Solutions	12
2 Notions de population et métapopulation	13
1. Les limites spatio-temporelles d'une population	13
2. L'effectif et la densité d'une population	14
3. La structure d'une population	16
3.1 La structure spatiale	16
3.2 La structure interne	17
4. La notion de métapopulation	21
4.1 Des populations interconnectées par le processus de dispersion	21
4.2 Modèles de métapopulation	23
4.3 Métapopulations et conservation	24
L'essentiel	25
Entraînez-vous	26
Solutions	27
3 Enveloppe écologique et facteurs de répartition	29
1. Les facteurs environnementaux	30
1.1 Facteurs biotiques ou abiotiques	30
1.2 Le système population-environnement	30
1.3 Importance des facteurs historiques	30
2. Modification de l'environnement du vivant par le vivant	32

3. Contraintes, ressources et performances	34
3.1 Loi de tolérance de Shelford	34
3.2 Réponses adaptatives et/ou plastiques	35
3.3 Interactions entre les facteurs et emboîtement des échelles	36
3.4 Variations aléatoires ou cycliques, à toutes les échelles	37
4. La notion de niche écologique	37
4.1 Élaboration du concept	37
4.2 Niches fondamentales et niches réalisées	39
4.3 Les modèles de niches écologiques	40
L'essentiel	43
Entraînez-vous	44
Solutions	45
4 Populations et interactions biotiques	46
1. Une classification basée sur les coûts et les bénéfices	46
2. Les interactions antagonistes	48
2.1 Interactions de compétition	48
2.2 Interactions mangeur-mangé	50
2.3 Le parasitisme, un mode de vie particulier	51
3. Les interactions à bénéfices mutuels	53
3.1 Des échanges de biens et/ou de services	53
3.2 Importance écologique des symbioses	55
4. Un continuum d'interaction	58
L'essentiel	60
Entraînez-vous	61
Solutions	62
5 Des populations aux communautés, notions de dynamique	63
1. Le modèle de croissance de Malthus	64
2. Les facteurs de régulation	67
3. Le modèle de croissance logistique de Verhulst	69
4. Dynamiques de populations en interaction	71
4.1 Dynamiques de populations en interaction de compétition	71
4.2 Dynamiques de populations proies/prédateurs	73
5. L'approche communauté	77

L'essentiel	80
Entraînez-vous	81
Solutions	82
6 Évolution par sélection naturelle	84
1. Génotype et phénotype	85
1.1 Distinction génotype-phénotype	85
1.2 La plasticité phénotypique	85
1.3 La notion de phénotype étendu	87
2. Le mécanisme et les modalités de la sélection naturelle	88
2.1 Le mécanisme	88
2.2 La notion de valeur sélective	89
2.3 Les différentes modalités de la sélection naturelle	91
3. La notion d'adaptation	92
3.1 L'adaptation, processus ou résultat de la sélection naturelle	92
3.2 La plasticité est-elle elle-même adaptative ?	93
4. La sélection sexuelle	94
4.1 Le paradoxe de l'extravagance	94
4.2 Le mécanisme et les modalités	94
L'essentiel	99
Entraînez-vous	100
Solutions	101
7 Concept de stratégie en écologie évolutive	102
1. Contraintes et compromis	103
2. Les stratégies d'histoire de vie	105
2.1 Profil d'histoire de vie	105
2.2 Compromis et stratégies biodémographiques	106
3. Les stratégies comportementales	107
3.1 Gènes et comportements	107
3.2 Exemple des comportements alimentaires	108
3.3 Exemple des comportements d'agression	110
4. La théorie des jeux en biologie évolutive	111
4.1 Stratégies optimales - stratégies évolutivement stables	111
4.2 Le jeu « faucon – colombe – bourgeois »	113
L'essentiel	117
Entraînez-vous	118
Solutions	119

8	La coévolution	120
1.	La théorie de la reine rouge	120
2.	La coévolution antagoniste	122
2.1	Coévolution des compétiteurs	122
2.2	Coévolution antagoniste et course aux armements	126
3.	La coévolution mutualiste	131
4.	Les symbioses comme moteurs d'évolution	135
	L'essentiel	138
	Entraînez-vous	139
	Solutions	140
9	La socialité, une transition évolutive majeure	141
1.	Des prérequis pour une évolution sociale ?	142
2.	Les bénéfices de la vie sociale	143
2.1	La coopération permet d'échapper aux prédateurs	143
2.2	La coopération permet d'améliorer sa ration alimentaire	145
2.3	La coopération permet de construire des abris ou des nids	145
2.4	La coopération et la division du travail permettent une meilleure efficacité	146
3.	Conflits sociaux et risques épidémiques	147
4.	La coopération, un paradoxe évolutif ?	150
4.1	L'hypothèse de la sélection de groupe	150
4.2	L'hypothèse de la sélection de parentèle	151
4.3	Reconnaissance de parentèle	153
4.4	L'hypothèse de l'altruisme réciproque	154
4.5	Différentes hypothèses non exclusives	156
	L'essentiel	157
	Entraînez-vous	158
	Solutions	159
10	Diversité, structure et stabilité des communautés	160
1.	Richesse et diversité spécifique	161
1.1	Richesse spécifique	161
1.2	Différents indices pour mesurer la diversité	164
2.	Interactions biotiques et diversité des communautés	165
2.1	Prédation et diversité	165
2.2	Compétition et diversité	168

3. Perturbations et stabilité des communautés	170
3.1 Diversité spécifique et stabilité	171
3.2 Structure du réseau et stabilité	173
4. Théories neutres	175
L'essentiel	179
Entraînez-vous	180
Solutions	181
11 Structure et dynamique des écosystèmes	183
1. Le concept d'écosystème et les interactions vivant-non vivant	183
2. Sources et flux de matière et d'énergie dans les écosystèmes	186
2.1 Sources de matière et d'énergie	188
2.2 Flux de matière et d'énergie	190
3. Production primaire, décomposition et minéralisation	192
3.1 Production primaire	192
3.2 Décomposition et minéralisation	195
4. Successions écologiques	198
4.1 La notion de succession	198
4.2 Les mécanismes	199
L'essentiel	202
Entraînez-vous	203
Solutions	204
12 Les grands cycles biogéochimiques	205
1. Le cycle du carbone	205
1.1 Facteurs limitants de la fixation du CO ₂ dans les écosystèmes	206
1.2 Le cycle planétaire du carbone	209
2. Le cycle de l'azote	212
2.1 Les étapes du cycle de l'azote	212
2.2 Le cycle planétaire de l'azote	218
3. Le cycle du phosphore	220
4. Le cycle de l'eau	221
4.1 L'eau dans les écosystèmes	221
4.2 Le cycle planétaire de l'eau	223

L'essentiel	226
Entraînez-vous	227
Solutions	228
13 Écologie et Société	230
1. La crise de la biodiversité	231
1.1 L'équilibre spéciation-extinction au cours des temps géologiques	231
1.2 Impact de l'espèce humaine sur l'extinction des espèces au cours du Pléistocène supérieur et de l'Éocène	232
1.3 Causes actuelles de la disparition des espèces	233
1.4 Crise climatique et crise de la biodiversité	235
1.5 Écologie de la conservation	236
2. Changements globaux et santé	237
2.1 Crise climatique et santé	237
2.2 Biodiversité et maladies infectieuses	239
3. Agir pour, par et avec la nature	243
3.1 Une vision des rapports humain-nature en évolution rapide	243
3.2 Les services écosystémiques	244
3.3 Agroécologie	247
3.4 Écologie urbaine	248
L'essentiel	251
Entraînez-vous	252
Solutions	253
Bibliographie	254
Glossaire	262
Index	272

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement pour la relecture de parties de l'ouvrage ainsi que pour leurs conseils lors de la rédaction :

- Clotilde Biard, Maître de conférences à Sorbonne Université, Sciences, Paris ;
- Adrien Frantz, Maître de conférences à Sorbonne Université, Sciences, Paris ;
- Mathieu Molet, Maître de conférences à Sorbonne Université, Sciences, Paris.

Qu'est-ce que l'écologie ?

Introduction

L'écologie est une science qui peut être définie comme l'étude des relations des organismes vivants avec leur environnement, vivant ou non. Elle couvre donc un large champ, de la physiologie à la biogéographie et s'intéresse à des processus agissant à toutes les échelles, de la plus petite (la molécule) à la plus vaste (la biosphère).

Comme toute science, l'écologie doit être caractérisée par les « objets » ou phénomènes auxquels elle s'intéresse et par les questions qu'elle se pose et auxquelles elle cherche à répondre.

Objectifs

Positionner l'écologie dans le champ des sciences.

Repérer ses objets en termes de recherche.

Comprendre ses approches et ses questionnements.

Prendre conscience de la diversité et de l'étendue thématique de ses sous-disciplines.

Plan

- 1 L'écologie dans le champ des sciences de la nature
- 2 La notion de système écologique
- 3 Les différents types de questions dans les sciences de la vie
- 4 L'écologie, une science impliquée ?

1 L'écologie dans le champ des sciences de la nature

Les objets d'étude en écologie sont des **ensembles complexes**, c'est-à-dire composés *d'éléments, vivants et non vivants, nombreux et en interaction à de multiples échelles de temps et d'espace*. Ainsi, s'il y avait une première notion à retenir en écologie, ce serait celle d'interaction : interactions entre organismes vivants et interactions entre organismes vivants et composantes non vivantes. En effet, l'écologie plonge ses racines dans des approches énergie-matière d'une part et évolutives d'autre part. Les premières permettent d'identifier le cadre physico-chimique dans lequel les organismes peuvent survivre, croître et se reproduire. Les secondes visent à identifier l'importance relative

des différents mécanismes de l'évolution, responsables des caractéristiques portées par les êtres vivants, et des interactions entre eux et leur environnement. En particulier, elles permettent d'explicitier les stratégies innombrables par lesquels les êtres vivants résistent aux contraintes et tirent le meilleur parti des ressources qui sont disponibles.

Dans cette perspective, l'écologie se focalise sur trois grands types d'organisation du vivant négligés avant son émergence : (1) les **populations** ; (2) les **communautés** ; (3) les **écosystèmes**.

DÉFINITIONS

Population : ensemble d'individus de même espèce qui occupent un espace déterminé à un moment donné.

Communauté (ou peuplement) : assemblage de populations d'espèces différentes qui coexistent dans un même écosystème.

Écosystème : subdivision élémentaire de la biosphère formée de composantes physiques, chimiques et biologiques en interaction.

Biosphère : système qui inclut l'ensemble des êtres vivants et leurs conditions et milieux d'existence. On peut dire que la biosphère est l'écosystème planétaire.

On peut donc représenter l'écologie comme une science structurée autour de deux champs majeurs (*Fig. 1.1*).

Le premier est constitué autour des **populations** et des **communautés**, ensembles respectivement constitués d'une seule espèce (monospécifiques) ou de plusieurs espèces (plurispécifiques). Les spécialistes de ce domaine étudient les interactions qui se tissent entre individus et espèces au sein des communautés, les processus évolutifs menant à des changements de composition génétique et phénotypique des populations ou encore les processus démographiques qui interviennent dans la dynamique des populations ou des communautés.

Le second champ de l'écologie est organisé autour du concept d'**écosystème** – ensembles constitués des communautés et du milieu physico-chimique où elles vivent. Il se focalise sur la notion d'interaction entre les organismes et l'environnement non vivant : comment les ressources et les contraintes énergétiques et de matière façonnent les populations et leurs assemblages, de la structure spatiale des communautés à l'organisation des **paysages** et de la **biosphère** ; comment les organismes modifient leur milieu de vie ; comment les écosystèmes se modifient au cours du temps et interagissent avec l'atmosphère et le climat notamment.

REMARQUE

La population, pièce élémentaire des systèmes écologiques, est une entité biologique particulièrement mouvante : effectif (nombre d'individus), densité (nombre d'individus par unité de surface ou de volume) et sex-ratio (proportion relative des individus des différents sexes) varient dans le temps et dans l'espace et les caractéristiques biologiques des individus qui se succèdent dans une population peuvent évoluer (*Chapitre 2*).

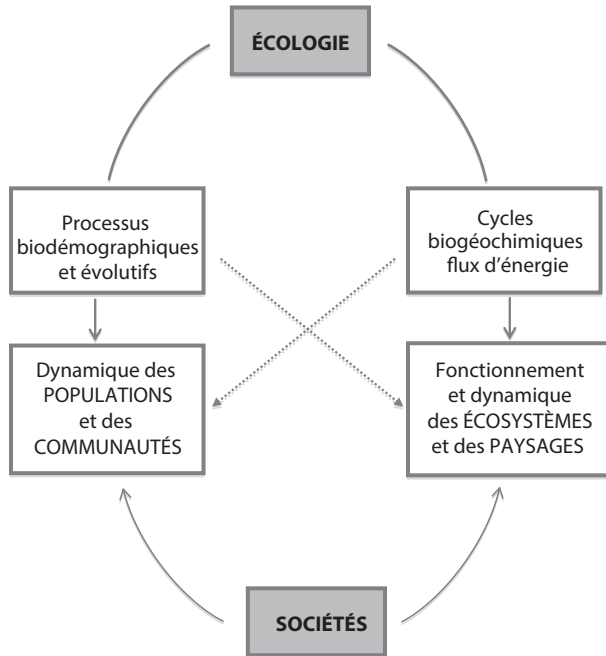


Figure 1.1 – Écologie et sociétés.

L'écologie en tant que science de la nature, a pour objet, d'une part, l'analyse des processus biodémographiques et évolutifs qui prennent place au sein des populations et des communautés et, d'autre part, les interactions vivant-non vivant qui animent écosystèmes et paysages. Parce que les sociétés humaines dépendent de, et affectent ces processus, l'écologie entre de plus en plus en synergie avec les sciences de l'homme et de la société, même si elle a longtemps négligé de le faire.

2 La notion de système écologique

L'objet immédiatement perceptible pour le naturaliste est généralement l'individu. Cet individu peut être rattaché à telle ou telle espèce, par exemple Grande Pervenche (*Vinca major*) ou Bergeronnette grise (*Motacilla alba*). Les individus n'ont de sens, pour l'écologue, qu'au travers du système de relations qui les lient, d'une part à d'autres individus de la même espèce et d'autre part à d'autres espèces et à leur environnement physico-chimique (Fig. 1.2). On parle de **système écologique**. La délimitation concrète des systèmes écologiques dépend de l'objectif de l'étude, de la question que l'on se pose.

Pour illustrer concrètement ce concept général de système écologique, partons d'un exemple précis, l'effondrement de la population de Loutres de mer (*Enhydra lutris*) observé sur les côtes de l'Alaska dans les années 1990. Les Loutres de mer sont reliées soit directement, soit indirectement à d'autres populations (Fig. 1.3).