

Claude Faurie
Christiane Ferra
Paul Médori
Jean Dévaux
Jean-Louis Hemptinne

6^e édition

Écologie

Approche
scientifique
et pratique



Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

Écologie

approche scientifique et pratique

6^e édition

Claude Faurie

professeur honoraire de biologie-écologie
agrégé de l'université

Christiane Ferra

inspecteur principal honoraire de l'enseignement agricole
(sciences biologiques et aquaculture)

Paul Médori

professeur certifié de biologie-écologie
diplômé en environnement et aménagement des régions méditerranéennes
LEGTA d'Hyères

Jean Dévaux

professeur honoraire d'écologie
université Blaise Pascal (Clermont II)

Jean-Louis Hemptinne

professeur d'écologie et de didactique de l'écologie
École nationale de formation agronomique (université de Toulouse)
chercheur à l'UMR CNRS 5174 Évolution et diversité biologique



11, rue Lavoisier
75008 Paris

Chez le même éditeur

Introduction au droit de l'environnement

P. Malingrey, 5^e éd., 2011

Introduction à l'écochimie – Les substances chimiques de l'écosphère à l'homme

F. Ramade, 2011

La restauration écologique des estuaires

J.-P. Ducrottoy, 2010

Gestion des habitats naturels et biodiversité

J.B. Bouzillé, 2007

Introduction à l'écotoxicologie – Fondements et applications

F. Ramade, 2007

Écologie du plancton

G. Jacques, 2006

Indicateurs et tableaux de bord – Guide pratique pour l'évaluation environnementale

P. Girardin, L. Guichard, C. Bockstaller, 2006

Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides

J. Devillers, R. Farret, P. Girardin, J.-L. Rivière, G. Soulas, 2005

Chimie et pollutions des eaux souterraines

O. Atteia, 2005

Bois mort et à cavités – Une clé pour des forêts vivantes

D. Vallauri, J. André, B. Dodelin, R. Eynard-Machet, D. Rombaudo, coord. / WWF France, 2005

Les poissons et leur environnement – Écophysiologie et comportements adaptatifs

J. Bruslé, J.-P. Quignard, 2004

Introduction à l'écologie – Des écosystèmes naturels à l'écosystème humain

E. Angelier, 2002

Écologie des forêts naturelles d'Europe – biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires

A. Schnitzler, 2002

Écologie des eaux courantes

E. Angelier, 2000

Photo de couverture cliché C. Faurie

Bécasseau variable, en laisse de mer, à marée haute, sur l'île de Ré, près du village de Loix.



© LAVOISIER, 2012

ISBN : 978-2-7430-1310-3 (6^e édition, 2012)

ISBN 13 : 978-2-7430-0565-8 (5^e édition – 2^e tirage, 2006)

ISBN 10 : 2-7430-0565-3 (5^e édition, 2006)

ISBN : 2-85206-976-8 (4^e édition, 1998)

ISBN : 2-7008-0175-X (3^e édition, 1980)

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code pénal art. 425).

Préface

Écologie, un terme souvent vidé de son sens parce qu'utilisé à tort et à travers, recherché et valorisant pour les uns, méprisé ou déconsidéré par ceux qu'il dérange, politisé et caricaturé par d'autres. Arrêtons cette énumération dont le seul but est de montrer l'intérêt d'une remise en ordre du concept.

Il est utile de rappeler que l'écologie est en réalité, une science dont les cinq auteurs se sont attachés à présenter tous les aspects et à dénouer les fils de la complexité. En effet, il s'agit d'une discipline qui fait appel à l'apport de nombreuses autres sciences pour expliquer les mécanismes de base du fonctionnement du monde vivant. Sa spécificité : une vision globale de l'ensemble des processus exigeant la synthèse de connaissances diversifiées.

De la biologie on retiendra tout ce qui concerne l'étude de la nature parce qu'elle correspond à la couverture vivante du globe terrestre, avec ses peuplements végétaux, animaux, bactériens..., qui sont organisés suivant des lois précises. La vie est un ensemble d'une extraordinaire diversité, produit d'une lente évolution, dont tous les éléments sont en compétition pour l'utilisation des ressources et pour l'occupation de l'espace. La mise en évidence des interactions entre des peuplements aussi divers constitue la base des études écologiques.

De la physique on tirera la théorie des systèmes qui permet l'assemblage de tous les éléments en ensembles fonctionnels dont les échanges de matière et d'énergie en circulation expliquent la pérennité des milieux, leur pouvoir d'expansion ou leur tendance à la régression.

De la chimie on utilisera les réactions qui gèrent les cycles des éléments constitutifs de la biosphère; de la climatologie les données, car les mécanismes sont profondément liés au climat, macroclimats du globe, microclimats des écosystèmes; de la pédologie les méthodes d'étude de la formation des sols; de l'interprétation numérique les modes de traitement des données car, lorsque celles-ci deviennent surabondantes, des classements s'imposent, des comparaisons doivent s'établir suivant des modèles.

On comprendra que cet aspect synthétique confère à l'écologie d'être la science de base de l'environnement

quand l'Homme se propose de gérer les ressources naturelles, d'aménager les milieux, à partir du cadre logique d'une utilisation prudente, non minière.

La pédagogie en la matière n'est pas aisée à mettre en place; elle doit être à la fois attrayante et précise. Je me souviens de la réflexion d'un élève de maîtrise qui, à l'issue d'une présentation concrète et systémique d'un pré planté de Pommiers à cidre, me disait qu'en trois heures il avait subitement compris l'intérêt d'avoir accumulé autant de connaissances apparemment disparates; la synthèse écologique venait de lui en faire découvrir l'utilité.

L'Homme exerce des actions particulièrement profondes sur la biosphère et il était bon que tous les principes de la gestion soient mis en valeur pour, notamment, les dégager de l'utilisation souvent passionnelle et partielle qui en est faite. Côtés positifs de la réglementation et des mesures conservatoires du patrimoine de nature, mesures mondiales et conséquences sur les grands cycles, mais aussi côtés négatifs des impacts des établissements humains, une telle prise en compte ouvre l'esprit à la compréhension de mécanismes souvent restés flous pour le public.

Les mécanismes de la complexité ne sont jamais faciles à démonter, la richesse de la vie des systèmes non plus, d'autant que l'esprit de la formation en France amène plutôt à la réduction et à la simplification. L'ADN, certes, est à la base de la vie mais l'évolution et la diversification des espèces lui ont donné son sens.

C'est ce qu'expliquent les coauteurs, naturalistes connaissant parfaitement le « terrain », pédagogues dont le but a été d'expliquer clairement et concrètement tout ce que recouvre le terme « écologie », avec des illustrations bien composées à l'appui. Ils ont voulu éveiller la curiosité sans la décevoir et nous pensons que leur enthousiasme communicatif ralliera les suffrages des utilisateurs de leur ouvrage.

Germaine Ricou

Ingénieur agronome

Docteur ingénieur

Directeur de recherche honoraire à l'Inra

Remerciements

Les auteurs remercient pour leur collaboration à l'ouvrage :

Claude Amoros. Professeur à l'Université de Lyon.
Jacques Bachelard. Documentation.
Gérard Balvay. INRA de Thonon.
Roland Billard. Muséum d'histoire naturelle.
Bourdela Marlène. Écologie islandaise.
Bourdela Jean-Claude. Conseiller piscicole, écologie laponne.
Jean Claude Bouysse. Phytotechnicien.
Jacques Casimir. Professeur LEGTA de Limoges.
Isabelle Charissou. Groupe mammalogique et herpétologique du Limousin.
G Clave. Cimel électronique.
Régis Cléva. Ingénieur d'études du laboratoire de zoologie (Arthropodes), Muséum d'histoire naturelle.
Yves Coineau. Directeur du laboratoire de zoologie (Arthropodes), Muséum d'histoire naturelle.
Bérangère Coustant. Professeur de biologie à Antibes.
Agnès Dalaison. Informaticienne.
Claude Devaux. Inspecteur pédagogique.
Domaine départemental. LEGTA de Limoges les Vaseix.
Jacqueline Faurie. Professeur LEGTA de Limoges, pour la rédaction et la correction.
Stéphane Faurie. Dessins, rédaction et traitement informatique.
Jianqiu Faurie. Conseils techniques et traitement informatique.
Bernard, Lionel, Sébastien Ferra. Dessins.
J Gambier. Mission communication INRA Antibes.
C Gérardin. Documentation. Parc national de Port-Cros.
Jacques Gibiat. Ingénieur. Phytotechnicien.
Michel Guéry. ONEMA.
Noël Huguet. Informaticien.
Nathalie Indélicato. Naturaliste du Limousin.
Guy Jolivet. Dessins.
André Lacroix. Conseils cynégétiques, correction des épreuves.
Marie-Madeleine Joseph. Ingénieur agronome, Zootechnicienne.
Jean-Pierre Lagors. Inspecteur pédagogique.

Élisabeth Lebrun. Enseignante.
Sébastien Leclerc. Traitement informatique.
Jean-Paul Lehmann. Physicien chimiste.
Mairie de Verneuil-sur-Vienne (Haute-Vienne)
Jacqueline Marcel. Ingénieur ITAVI.
Laurent Médori. Ingénieur INAO.
Sylvie Mimosa. Professeur d'aquaculture à Sète.
Anne-Marie Mollet. Laboratoire de botanique. Université de Clermont II.
Pierre Molls. Formateur au CEMPAMA. Beg Meil Fouesnant.
Louis Montméas. Inspecteur pédagogique.
Stéphane Morelon. Société pour l'étude et la protection des oiseaux en Limousin (SÉPOL).
François Mugnier. Inspecteur pédagogique.
Carine Névado. Service urbanisme, Verneuil-sur-Vienne.
Thérèse Nore. SÉPOL.
Louis Charles Oudin. Agence Loire-Bretagne.
Michel Petit. Dessins.
Michel Robert. Station de Sciences du sol. INRA Versailles.
Jean-Pierre Ruby. Professeur Lycée Gay Lussac Limoges.
Gilles Sartre. Professeur LEGTA d'Hyères.
François Sentenac. Mathématicien.
Josette Séverin Reyssac. Muséum d'histoire naturelle.
C Slagmulder. Mission communication INRA Antibes
Bernard Thomas. Informaticien.
François Toutain. CNRS. Centre de Pédologie biologique de Vandœuvre.
Martial Vaillaud. Inspecteur principal honoraire en biologie.
Martial Vermeil de Conchard. Enseignant.
Jacques Verzier. Agriculteur, pisciculteur, viticulteur.
Philippe Vincent. Inspecteur pédagogique.

Introduction

*Nous n'héritons pas de la terre de nos parents,
nous l'empruntons à nos enfants.*

Saint Exupéry

C'est en 1866 que **Hæckel** proposa le terme d'**écologie** pour désigner la science de l'habitat (du grec οἶκος = maison). Pour cet auteur, cette nouvelle discipline avait pour objectif d'étudier les êtres vivants dans leurs milieux naturels et non plus dans les conditions de laboratoire.

Durant quelques décennies, les pionniers de l'écologie ont tenté d'expliquer la répartition géographique d'espèces considérées séparément (ce qui a été dénommé l'**autécologie**) à partir de leurs réponses aux conditions physiques et chimiques de l'environnement en fonction de leurs caractéristiques physiologiques.

Mais assez rapidement, il est apparu que ce type d'analyse était très réductionniste, dans la mesure où le développement et la répartition géographique d'une espèce ne sont pas uniquement régulés par son adaptation au climat local, à la composition chimique du sol, de l'air ou de l'eau, mais également par ses interactions (prédation, compétition, facilitation...) avec les espèces avoisinantes. Il s'avérait donc indispensable de ne pas isoler une espèce de son environnement biologique, et d'aborder l'étude d'ensembles plurispécifiques, objet de la **synécologie**.

C'est dans les années 1960 qu'a émergé le concept actuel d'**écologie**. Les êtres vivants étant en interrelation tant entre eux (relations intra et interspécifiques) qu'avec le milieu naturel (dont ils subissent les contraintes, mais qu'ils contribuent à modifier), c'est l'ensemble de ces **interrelations** qu'il convient d'aborder pour comprendre l'**organisation** et le **fonctionnement** des systèmes naturels ou **écosystèmes**. Ceux-ci peuvent être considérés comme des « super-organismes » présentant des propriétés globales non prévisibles par la seule étude des propriétés des éléments qui les composent. Pourrait-on envisager de comprendre le fonctionnement du corps humain en se limitant à l'étude, en laboratoire, des caractéristiques des cellules nerveuses, hépatiques, musculaires... ?

Cette approche globale, prenant en compte de manière concomitante, les paramètres physiques, chimiques et biologiques ainsi que les liaisons fonctionnelles existant entre

les composantes des systèmes naturels, s'inscrit dans le cadre général de l'analyse des systèmes complexes. Cette analyse, la **systemique**, est par ailleurs un courant de pensée beaucoup plus ancien que l'écologie, et va de la physiologie à la linguistique en passant par la physique, l'économie et la sociologie.

Science de synthèse, c'est-à-dire utilisant les connaissances et les méthodes de nombreuses autres disciplines, l'écologie a permis depuis quelques décennies, grâce à son approche globale des processus, de mieux comprendre la « **logique du vivant** ». Cette logique se caractérise, au niveau des écosystèmes, par une augmentation, avec le temps, de la complexité des structures, en raison d'une consommation d'énergie. Le parallèle avec l'évolution des sociétés humaines apparut très vite comme évident... L'écologie se devait-elle alors d'être une science au service de l'homme ? « Oui, dans le sens où elle lui apprend à comprendre son environnement, à connaître la structure et le fonctionnement des écosystèmes dans lesquels il vit, et à réaliser que *lui-même fait partie du système d'interactions*. Elle fournit donc une clé pour savoir gérer ce système au mieux, c'est-à-dire non seulement en assurant sa survie, mais en autorisant un certain niveau d'exploitation, limité mais durable » (Frontier et Pichod-Vialle, 1991). L'écologie doit-elle être politique ? Oui, l'adjectif « politique étant pris non au sens de la doctrine d'un parti, mais à celui d'une gestion, issu de l'analyse des systèmes, au même titre que l'économie politique.

Elle suggère qu'une solution au problème de l'injustice sociale ne fera pas l'économie d'une analyse scientifique rigoureuse des systèmes... et que cette solution recherchée ne sera sans doute pas une égalisation et une homogénéisation des économies, mais bien plutôt une reconnaissance des complémentarités et une symbiose qui devrait simplement cesser d'avoir les caractères d'un asservissement. Peut-être cette vision des choses sera-t-elle, au-delà de la gestion scientifique du cadre de vie, l'ultime leçon que pourra nous donner l'analyse des écosystèmes. » (*ibid*).

Avertissement aux lecteurs

Certains lecteurs pourront être surpris de voir les noms de plantes, d'animaux, de micro-organismes, et de leur systématique, commencer par une majuscule sans être au début d'une phrase.

Il ne s'agit pas d'erreurs car les auteurs ont voulu respecter dans cet ouvrage la taxonomie linnéenne où les noms des êtres vivants, de leurs Embranchements, Classes, Familles et Genres commencent par une majuscule et les noms d'espèces par une minuscule.

Citons pour l'explicitier trois exemples pris au hasard : un animal, le Ver de terre (*Lumbricus terrestris*), un parasite végétal, l'Oïdium du Chêne (*Oidium quercis*) et une plante, le Lamier blanc (*Lamium album*).

Le premier fait partie des Invertébrés, des Vers, des Annélides, des Oligochètes, des Lombricidés...

Le deuxième se range parmi les Eucaryotes, les Thallophytes, les Cryptophytes, les Champignons, les Ascomycètes...

Le troisième appartient aux Eucaryotes, aux Cormophytes, aux Phanérogames, aux Spermaphytes, aux Dicotylédones, aux Gamopétales, aux Lamiacées.

Pour plus de précisions, nous vous invitons à consulter la classification du monde végétal et du monde animal présentée dans le guide de détermination simplifié, publié en fin d'ouvrage avant le lexique.

Table des matières

Préface	V
Introduction	IX
Avertissement aux lecteurs	X

Première partie

Les écosystèmes : organisation, fonctionnement, approche pratique

Chapitre 1

Comment fonctionne un écosystème ?

1. Notion d'écosystème	3
1.1. Définitions préliminaires	3
1.2. L'écosystème – un réseau d'interactions	3
1.3. Notion d'écocomplexes	4
2. Principales caractéristiques des systèmes naturels	5
2.1. Notion de système	5
2.1.1. Interdépendance des éléments	6
2.1.2. Propriétés globales des écosystèmes	6
2.1.3. Réaction de l'ensemble sur les éléments constitutifs	6
2.2. Organisation des systèmes naturels	6
2.3. Aspect thermodynamique	6
3. Flux d'énergie et fonctionnement des écosystèmes	7
3.1. Énergie solaire	7
3.1.1. Spectre des longueurs d'onde du rayonnement solaire	7
3.1.2. Énergie incidente	7
3.2. Rôles biologiques de l'énergie lumineuse	7
3.2.1. La photosynthèse	7
3.2.1.1. Spectre d'absorption de la chlorophylle	8
3.2.1.2. Spectre d'action de la chlorophylle	8
3.2.2. Adaptation des végétaux à l'énergie lumineuse incidente	8
3.2.3. Rythmes d'éclairement et activité biologique	8
3.3. L'énergie auxiliaire	10
3.3.1. Transport de matière	10

3.3.1.1. Photosynthèse des plantes terrestres	10
3.3.1.2. Fonctionnement des écosystèmes aquatiques	11
3.3.1.3. Énergie auxiliaire animale	13
3.3.2. Conclusion	13
4. Transfert d'énergie et de matière	13
4.1. La production primaire – Autotrophie	13
4.1.1. Mécanismes biochimiques de la production de matière organique	14
4.1.1.1. La photosynthèse	14
4.1.1.2. La chimiosynthèse	14
4.1.2. La photosynthèse génératrice de matière organique	14
4.1.3. Rendement de la photosynthèse et productivité	14
4.1.3.1. Efficacité énergétique de la photosynthèse	14
4.1.3.2. Productivité	15
4.1.4. Production brute et production nette	15
4.1.4.1. Production brute	15
4.1.4.2. Production nette	16
4.1.4.3. Mesure de la production	16
4.1.5. Ordre de grandeur de la production	19
4.1.6. Le catabolisme énergétique, moteur de la production	20
4.1.6.1. La glycolyse anaérobie	20
4.1.6.2. Le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire	20
4.1.6.3. Bilan du catabolisme énergétique	21
4.1.6.4. Rendement du catabolisme énergétique	22
4.2. La production secondaire - Hétérotrophie	22
4.2.1. Définition	22
4.2.2. Les consommateurs	23
4.2.2.1. Les herbivores – consommateurs primaires	23
4.2.2.2. Les carnivores – consommateurs à plusieurs degrés	23
4.2.2.3. Les parasites	23
4.2.3. Les détritivores et les décomposeurs – consommateurs particuliers	23
4.2.3.1. Les détritivores	24
4.2.3.2. Les décomposeurs – Fermentations	24
4.2.3.3. Rôle des détritivores et des décomposeurs dans le fonctionnement des écosystèmes	24
4.3. Les rendements énergétiques	25
4.3.1. Productivité (production/biomasse)	25
4.3.2. Efficacités ou rendements énergétiques	25
4.3.2.1. Efficacité de consommation	25
4.3.2.2. Efficacité d'assimilation	25
4.3.2.3. Efficacité écologique	26
4.3.2.4. Les rendements et les animaux d'élevage	28
4.4. Flux d'énergie à travers un réseau trophique	29
4.4.1. Flux au niveau des producteurs primaires (<i>PI</i>)	29
4.4.2. Flux au niveau des consommateurs herbivores (<i>CI</i>)	29
4.4.3. Flux au niveau des consommateurs carnivores (<i>C2</i>)	29
4.5. Organisation hiérarchique des biocénoses	31
4.5.1. Les pyramides écologiques classiques	31
4.5.1.1. Pyramide des nombres	31
4.5.1.2. Pyramide des biomasses	32
4.5.1.3. Pyramide des énergies	33
4.5.2. Les décomposeurs et leur place dans les pyramides	33
4.5.2.1. Leur rôle dans le recyclage de la matière	33
4.5.2.2. Étude d'un exemple	33
5. Évolution fonctionnelle des écosystèmes	33
5.1. Stratégies adaptatives de développement	34
5.1.1. Loi logistique	34

5.1.1.1.	Les stratégies « r » populations opportunistes	34
5.1.1.2.	Les stratégies « K » populations de spécialistes	35
5.1.2.	Pourquoi les stratégies « r » moins compétitifs ne disparaissent-ils pas ?	36
5.2.	Notion de niche écologique	37
5.2.1.	Le concept de Grinnell	37
5.2.2.	Le concept d'Odum	37
5.2.3.	Le concept d'Hutchinson	37
5.2.3.1.	Préférence des Oiseaux granivores vis-à-vis de la masse des graines consommées	37
5.2.3.2.	Modèle multidimensionnel de la niche écologique d'après Hutchinson	38
5.2.3.3.	Niche fondamentale et niche réalisée	38
5.2.4.	Stratégies « r » et « K » et niche écologique	38
5.2.4.1.	La niche écologique des stratégies « r »	38
5.2.4.2.	La niche écologique des stratégies « K »	39
5.2.4.3.	Les stratégies et la niche réalisée	39
5.2.5.	Niche écologique et principe de Gause	39
5.3.	Richesse et diversité spécifiques	40
5.3.1.	Définitions	40
5.3.2.	Formulation mathématique	40
5.3.2.1.	La catégorie d'indices du type indice de Gleason	40
5.3.2.2.	La catégorie d'indices du type indice de Shannon et Weaver	40
5.3.3.	Régularité de la distribution des fréquences spécifiques	41
5.3.4.	Diagrammes rangs-fréquences	42
5.3.4.1.	Principe	42
5.3.4.2.	Interprétation des diagrammes	42
5.4.	Évolution temporelle des biocénoses	43
5.4.1.	Évolution dans le temps des différents paramètres	43
5.4.2.	Agriculture et fonctionnement des écosystèmes	44
5.4.3.	Maturation et rajeunissement des écosystèmes	45
5.5.	Les écotones	45
5.5.1.	Définition	45
5.5.2.	Caractéristiques des écotones – l'effet lisière	45
5.5.2.1.	L'effet lisière entre les eaux froides et les eaux chaudes océaniques	45
5.5.2.2.	L'effet lisière entre les eaux douces et les eaux salées	45
6.	Les individus au sein des écosystèmes	47
6.1.	Trois organismes exemplaires	47
6.1.1.	Le Hêtre	47
6.1.2.	L'Albatros	48
6.1.3.	La Coccinelle	48
6.2.	Les histoires de vie	49
6.2.1.	Les histoires de vie annuelles	50
6.2.2.	Les histoires de vie pluriannuelles	51
6.3.	Recenser les organismes	52
6.3.1.	Les organismes unitaires et les organismes modulaires	52
6.3.2.	Le principe général du recensement en écologie	53
6.3.3.	Une première technique d'analyse démographique : la table de survie sous forme de diagramme	54
6.3.4.	Une première technique d'analyse démographique : la table de survie classique	54
6.3.4.1.	Premier exemple : la table de survie du Pâturin annuel (<i>Poa annua</i>)	55
6.3.4.2.	Deuxième exemple : la table de survie du Criquet, <i>Chorthippus brunneus</i> Thunberg	56
6.3.5.	Trois remarques finales	57
6.3.5.1.	Le cas des espèces pluriannuelles	57
6.3.5.2.	Quelques considérations sur les organismes modulaires	58
6.3.5.3.	Quel lien existe-t-il, finalement, entre les histoires de vie et la démographie ?	58
6.4.	Des histoires de vie aux habitats	58
6.4.1.	Les principales caractéristiques démographiques	59
6.4.2.	Une mesure de la valeur sélective : la valeur reproductive	60

6.4.3.	Économie des caractéristiques démographiques	61
6.4.3.1.	Le coût de la reproduction	63
6.4.3.2.	Le compromis entre la valeur sélective et le nombre des descendants	63
6.4.3.3.	Méthodologie générale de la recherche de compromis	64
6.4.4.	Des stratégies démographiques aux habitats	66
6.4.4.1.	Quelques fondements théoriques	66
6.4.4.2.	Une classification des habitats intégrant la valeur reproductive	68
6.4.4.3.	Les habitats à coût de reproduction élevé	69
6.4.4.4.	Les habitats à coût de reproduction faible	69
6.5.	Note finale	69

Chapitre 2

Approche pratique d'un écosystème

1.	Méthodes d'étude d'un écosystème	73
1.1.	Le choix du milieu et la préparation de l'étude	73
1.1.1.	Le choix du milieu à étudier	73
1.1.2.	La préparation de l'étude de terrain	73
1.2.	Le travail sur le terrain	75
1.2.1.	La méthode des quadrats	75
1.2.1.1.	Le balisage du terrain	75
1.2.1.2.	Nomenclature du balisage	75
1.2.1.3.	Topographie du milieu	75
1.2.2.	La méthode des transects	75
1.2.3.	La méthode des indices de présence (IPA et IKA)	76
1.3.	L'exploitation des résultats	77
2.	Les facteurs abiotiques	77
2.1.	Les facteurs climatiques	77
2.1.1.	Mesure des facteurs climatiques	78
2.1.1.1.	L'abri météo	78
2.1.1.2.	Les stations météorologiques automatiques	80
2.1.2.	Utilisation des données	81
2.1.2.1.	Expressions numériques	81
2.1.2.2.	Représentations graphiques	81
2.1.3.	Systématique climatique	82
2.1.3.1.	Les zones climatiques	82
2.1.3.2.	Climats régionaux ou macroclimats	85
2.1.3.3.	Climats locaux ou mésoclimats	85
2.1.3.4.	Microclimats	85
2.2.	Les facteurs édaphiques	85
2.2.1.	Étude sur le terrain	85
2.2.1.1.	Examen du profil pédologique	85
2.2.1.2.	Prélèvements d'échantillons	87
2.2.2.	Étude au laboratoire	89
2.2.2.1.	Constituants physiques	89
2.2.2.2.	Constituants chimiques du sol	92
2.2.3.	Propriétés du sol	94
2.2.3.1.	Propriétés physiques	94
2.2.3.2.	Propriétés physicochimiques	96
2.2.4.	Formation	98
2.2.4.1.	Facteurs de la pédogénèse	98
2.2.4.2.	Les mécanismes de la pédogénèse	98
3.	Les facteurs biotiques	99
3.1.	Le peuplement végétal	99

3.1.1.	Les caractères quantitatifs de l'analyse de végétation	99
3.1.1.1.	Détermination de l'aire minimale d'un relevé	99
3.1.1.2.	Coefficient d'abondance-dominance	100
3.1.1.3.	Coefficient de sociabilité	101
3.1.1.4.	Fréquence d'une espèce	102
3.1.1.5.	Nomenclature des associations	104
3.1.2.	Les caractères qualitatifs de l'analyse de végétation	105
3.1.2.1.	Détermination de la flore	105
3.1.2.2.	Répartition des végétaux dans l'espace	105
3.1.2.3.	Vitalité	108
3.1.2.4.	Périodicité	108
3.2.	Le peuplement animal	109
3.2.1.	Comment observer, inventorier ou capturer la faune ?	109
3.2.1.1.	La faune terrestre et aérienne	109
3.2.1.2.	La faune du sol	115
3.2.1.3.	La microfaune du sol	117
3.2.1.4.	La faune aquatique	118
3.2.2.	L'exploitation des observations et captures	122
3.2.2.1.	Détermination des échantillons	122
3.2.2.2.	Répartition de la faune dans l'espace et dans le temps	123
3.3.	Travaux complémentaires à réaliser au laboratoire	128
3.3.1.	Réalisation de collections et de vivariums	128
3.3.1.1.	La confection d'un herbier	128
3.3.1.2.	Confection de vivariums et cages d'élevage	128
3.3.1.3.	Confection d'un aquarium	130
3.3.2.	Étude de l'activité des êtres vivants au laboratoire – les préférés	131
3.3.2.1.	Le matériel utilisé	131
3.3.2.2.	Quelques expériences	133
3.4.	Les stratégies de reproduction, leurs conséquences sur la structure des populations	134
3.4.1.	La multiplication par voie sexuée	135
3.4.1.1.	La parthénogénèse	135
3.4.1.2.	La parthénocarpie	138
3.4.1.3.	L'apogamie	138
3.4.2.	La multiplication par voie asexuée	138
3.4.2.1.	Dans le règne animal	138
3.4.2.2.	Dans le règne végétal	139

Deuxième partie

Dynamique des écosystèmes : interactions, évolution des biocénoses, l'homme et les écosystèmes

Chapitre 3

Interactions biotope – biocénose

1.	Climat et êtres vivants	145
1.1.	Le climat et les végétaux	146
1.1.1.	Influence du climat sur les végétaux	146
1.1.1.1.	Action de la lumière sur les plantes	146
1.1.1.2.	Action de l'eau sur les plantes	153
1.1.1.3.	Action du vent sur les plantes	153
1.1.1.4.	Adaptation des végétaux aux conditions extrêmes	157
1.1.2.	Influence des végétaux sur le climat	164
1.1.2.1.	Influence de la forêt sur le climat régional	164

1.1.2.2.	Influence de la forêt sur le microclimat	165
1.1.2.3.	Influence des haies : les brise-vent.	165
1.2.	Le climat et les animaux.	171
1.2.1.	Influence du climat chez les animaux	171
1.2.1.1.	Comment assurer la survie dans des conditions climatiques hostiles?	171
1.2.1.2.	Le calendrier de la reproduction chez les animaux – les saisons sexuelles	181
1.2.1.3.	Influence de la lumière sur la sortie des papillons diurnes	184
1.2.2.	Influence des animaux sur le climat	184
1.2.2.1.	Influence sur la désertification	184
1.2.2.2.	Influence sur le bilan thermique	185
2.	Le sol et les êtres vivants	185
2.1.	Le sol et la flore	185
2.1.1.	Action du sol sur la flore	185
2.1.1.1.	Influence du pH	185
2.1.1.2.	Influence de l'eau	185
2.1.1.3.	Influence des sels minéraux du sol.	186
2.1.2.	Action de la flore sur le sol	186
2.1.2.1.	Influence du couvert végétal sur la protection des sols	186
2.1.2.2.	Influence de la flore sur la formation et la modification des sols	188
2.2.	Le sol et la faune	190
2.2.1.	Action du sol sur les animaux	191
2.2.1.1.	Action des facteurs du sol sur le Lombric	191
2.2.1.2.	Adaptation de la Taupe à la vie souterraine	194
2.2.2.	Action des animaux sur le sol.	197
2.2.2.1.	Action des Vers de terre sur le sol	197
2.2.2.2.	Action des autres fousseurs.	200
2.2.2.3.	Les autres constructions animales	201
2.2.2.4.	L'Homme agent de dégradation des sols	202
2.3.	Le sol et les micro-organismes.	203
2.3.1.	Influence des facteurs du sol sur la présence et le développement des micro-organismes	203
2.3.2.	La minéralisation et la fabrication de l'humus	206
3.	Les systèmes aquatiques	207
3.1.	L'eau, un milieu particulier	208
3.1.1.	Propriétés physiques.	208
3.1.1.1.	Propriétés optiques.	208
3.1.1.2.	Propriétés thermiques.	210
3.1.2.	Propriétés chimiques	211
3.1.2.1.	Les éléments dissous dans l'eau.	211
3.1.2.2.	pH de l'eau	214
3.1.2.3.	Le pouvoir tampon de l'eau.	215
3.1.2.4.	Le rH ou potentiel d'oxydoréduction.	216
3.2.	Les différents types de systèmes aquatiques	216
3.2.1.	Les mers	216
3.2.1.1.	Le Gulf Stream.	216
3.2.1.2.	El Niño	216
3.2.2.	Les eaux douces	217
3.2.2.1.	Les eaux profondes	217
3.2.2.2.	Les eaux courantes	217
3.2.2.3.	Les eaux stagnantes	218
3.3.	Les adaptations des végétaux et des animaux au milieu aquatique	218
3.3.1.	Les végétaux et leurs adaptations	218
3.3.1.1.	Inventaire	218
3.3.1.2.	Adaptations morphologiques et anatomiques	219
3.3.2.	Les animaux et leurs adaptations	221
3.3.2.1.	Inventaire	221

3.3.2.2. Les adaptations des animaux	222
3.4. L'osmorégulation	227
3.4.1. En milieu marin	227
3.4.1.1. Cas des Poissons	227
3.4.1.2. Autres adaptations	228
3.4.2. En eau douce	228
4. La vie sans lumière	230
4.1. L'océan profond	230
4.1.1. Historique de la découverte de la vie sans lumière	230
4.1.2. Les chaînes alimentaires en zones abyssales	230
4.2. Les sources hydrothermales	231
4.2.1. Historique de la découverte	231
4.2.2. Autres sources hydrothermales	232
4.2.3. Durée de vie	232
4.2.4. Les chaînes alimentaires en milieu hydrothermal	233
4.3. Particularités des abysses	233
5. Les cycles biogéochimiques	234
5.1. Le cycle du carbone	235
5.1.1. Les trois réservoirs naturels du carbone	235
5.1.1.1. Le dioxyde de carbone stocké dans l'atmosphère	235
5.1.1.2. Le carbone stocké dans les océans	235
5.1.1.3. Le carbone stocké dans la biosphère continentale	235
5.1.2. Les échanges biochimiques et physicochimiques entre les trois réservoirs	236
5.1.2.1. Entre l'atmosphère et la biosphère continentale	236
5.1.2.2. Entre l'atmosphère et les océans	236
5.1.2.3. Les activités humaines et les émissions de carbone	237
5.1.3. Fossilisation du carbone organique	237
5.2. Le cycle de l'oxygène	237
5.2.1. L'origine de l'oxygène gazeux	237
5.2.2. La dégradation de l'oxygène moléculaire	239
5.3. Le cycle de l'azote	239
5.3.1. La fixation de l'azote atmosphérique	240
5.3.1.1. Par les Bactéries symbiotiques et par les Cyanobactéries	240
5.3.1.2. Transformation de N ₂ par des phénomènes météorologiques	240
5.3.2. La minéralisation de l'azote	240
5.3.2.1. La nitrification	240
5.3.2.2. La dénitrification	241
5.3.3. La synthèse des engrais et le cycle de l'azote	241
5.4. Le cycle du phosphore	241
5.4.1. Le phosphore dans les écosystèmes terrestres	241
5.4.2. Le phosphore dans les écosystèmes aquatiques	241
5.5. Le cycle du soufre	242
5.5.1. Le soufre dans l'atmosphère	242
5.5.2. Le soufre dans les sédiments	242

Chapitre 4

Interactions entre organismes

1. Les différents types d'interactions	245
1.1. Les relations intraspécifiques	245
1.1.1. Chez les animaux	245
1.1.1.1. La vie en société	245
1.1.1.2. Les différentes formes de la vie en société	246
1.1.2. Chez les végétaux	247

1.1.2.1.	Réalisation de semis en terrines	247
1.1.2.2.	Les excréments racinaires et les relations intraspécifiques	247
1.2.	Les relations interspécifiques	248
1.2.1.	Le commensalisme	249
1.2.2.	Le mutualisme ou coopération	249
1.2.2.1.	Quelques exemples de mutualisme	249
1.2.2.2.	La pollinisation croisée	249
1.2.2.3.	Dissémination des semences	252
1.2.3.	La symbiose	252
1.2.3.1.	Les Bactéries et Infusoires de la panse des ruminants	252
1.2.3.2.	Les Protozoaires du tube digestif des Termites	254
1.2.3.3.	Les mycorhizes	254
1.2.3.4.	Les Lichens	255
1.2.3.5.	Les nodosités	256
1.2.3.6.	Les plantes actinorhiziennes	259
1.2.4.	Le parasitisme	260
1.2.4.1.	Végétal sur végétal	260
1.2.4.2.	Végétal sur animal	263
1.2.4.3.	Animal sur animal	263
1.2.4.4.	Animal sur végétal	268
1.2.4.5.	Caractéristiques communes aux parasites	273
1.2.5.	La prédation	275
1.2.5.1.	Définition et caractéristiques	275
1.2.5.2.	Étude de quelques cas	276
1.2.5.3.	Caractéristiques communes aux prédateurs	280
2.	Conséquences sur la dynamique des populations	280
2.1.	Les facteurs de régulation	280
2.1.1.	Les facteurs génétiques et la dynamique des populations	280
2.1.1.1.	La sélection et le polymorphisme génétique	280
2.1.1.2.	Loi de Hardy Weinberg	281
2.1.2.	Les autres paramètres	281
2.1.2.1.	Les processus de recrutement	281
2.1.2.2.	Les processus de limitation	282
2.1.2.3.	Les fluctuations de populations	282
2.2.	Biodiversité et fonctionnement des réseaux trophiques	286
2.2.1.	Biodiversité	286
2.2.1.1.	Historique de la biodiversité	287
2.2.1.2.	Concepts actuels	287
2.2.1.3.	Les micro-organismes	288
2.2.1.4.	Les Champignons	288
2.2.1.5.	Autres protections : plantes cultivées et animaux domestiques	289
2.2.1.6.	La biodiversité aquatique	289
2.2.1.7.	La biodiversité et la systématique	289
2.2.2.	Le suivi de la biodiversité	290
2.2.2.1.	Évolution et répartition de deux Musaraignes du genre <i>Neomys</i> , en Limousin	290
2.2.2.2.	Suivi de la diversité chez les Oiseaux	292
2.2.3.	Les réseaux trophiques	295
2.2.3.1.	Méthodes d'étude	295
2.2.3.2.	Variations dans le temps	296
2.2.3.3.	Quelques exemples de chaînes alimentaires et de réseaux trophiques	297
2.2.3.4.	Évolution des réseaux	301
2.2.3.5.	Classification des réseaux	301
2.2.3.6.	Stratégie de capture des proies	301
2.2.3.7.	Cas des agrosystèmes	304
2.3.	Évolution des biocénoses	307
2.3.1.	Le temps, facteur d'évolution	307

2.3.1.1.	Les stades d'évolution des biocénoses	307
2.3.1.2.	Biomasse, productivité et taux de renouvellement	307
2.3.2.	Climax et séries évolutives	308
2.3.2.1.	Climax et paraclimax	308
2.3.2.2.	Caractéristiques des écosystèmes lorsque le climax est atteint	308
2.3.2.3.	Séries évolutives	308
2.3.3.	Quelques exemples d'évolution	309
2.3.3.1.	La tourbière	309
2.3.3.2.	Les lacs et étangs	311
2.3.3.3.	La garrigue	317
3.	L'Homme dans les biocénoses	319
3.1.	La protection des cultures	319
3.1.1.	Les ennemis des cultures	319
3.1.1.1.	Les ravageurs des cultures ou déprédateurs	319
3.1.1.2.	Les adventices	319
3.1.1.3.	Les parasites	319
3.1.2.	Les méthodes de lutte contre les ennemis des cultures	319
3.1.2.1.	La lutte chimique	319
3.1.2.2.	La lutte biologique	320
3.1.2.3.	La lutte intégrée	325
3.2.	Déséquilibres créés par des introductions nouvelles	328
3.2.1.	Introduction d'espèces animales	328
3.2.1.1.	Le Lapin	328
3.2.1.2.	La Mangouste	329
3.2.1.3.	Les Rats, Chiens, Porcs	329
3.2.1.4.	Les Crapauds	329
3.2.1.5.	Le Ragondin	330
3.2.1.6.	La Crépidule	330
3.2.1.7.	L'Ibis et le Frelon d'Asie	330
3.2.1.8.	Les Poissons d'eau douce	330
3.2.2.	Introduction d'espèces végétales	332
3.2.2.1.	Un exemple célèbre	332
3.2.2.2.	Un autre exemple d'actualité, <i>Caulerpa taxifolia</i> : l'Algue envahissante	332
3.2.2.3.	Une autre Algue : <i>Sargassum muticum</i>	334
3.2.3.	Réintroduction d'espèces	334
3.2.3.1.	Le Vautour fauve (<i>Gyps gulgus</i>)	335
3.2.3.2.	Le Lynx (<i>Felix lynx lynx</i>) dans les Vosges	335
3.2.3.3.	Le Bouquetin des Alpes (<i>Capra ibex ibex</i>)	336
3.2.3.4.	L'Ours	336
3.2.3.5.	La flore	336
3.2.4.	Les transferts, maintiens et faux repeuplements	336
3.2.4.1.	Les transferts	336
3.2.4.2.	Le maintien	336
3.2.4.3.	Les faux repeuplements	337

Chapitre 5

L'Homme et les écosystèmes

1.	L'Homme gestionnaire de l'espace, l'aménagement du territoire	339
1.1.	Les acteurs de l'aménagement	339
1.2.	Les projets	339
1.3.	Les instruments juridiques	339
1.3.1.	La loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire, la LOADDT ou loi Voynet du 25 juin 1999	339
1.3.2.	La loi solidarité et renouvellement urbain, loi SRU	339

1.3.3.	Les directives territoriales	339
1.3.4.	Le schéma de cohérence de l'organisation du territoire, SCOT	339
1.3.5.	Le plan local d'urbanisme – PLU	340
1.3.6.	Les plans de prévention des risques naturels, PPRN	341
1.3.6.1.	Les plans de prévention aux risques d'inondation, PPRI	341
1.3.6.2.	Les plans de prévention des risques incendies de forêts, PPRF	342
1.3.7.	Les PPRT, Plans de prévention des risques technologiques	342
1.4.	Les directives d'aménagement nationales mises en place concernant la montagne, le littoral, le voisinage des aérodromes, les paysages	343
1.4.1.	La loi montagne (09/01/1985)	343
1.4.2.	La loi du 11/07/1985 relative à l'urbanisme aux abords des aérodromes	343
1.4.3.	La loi littorale (03/01/1986)	343
2.	L'Homme gestionnaire de ses ressources	344
2.1.	La gestion de l'eau	344
2.1.1.	Le cycle de l'eau	344
2.1.1.1.	Les différents états de l'eau	344
2.1.1.2.	Le déroulement du cycle de l'eau à l'échelle de la planète	345
2.1.2.	Eutrophisation et pollutions	346
2.1.2.1.	Eutrophisation	346
2.1.2.2.	Pollution de l'eau	354
2.1.3.	Les utilisations de l'eau	377
2.1.3.1.	L'eau et l'agriculture	377
2.1.3.2.	L'eau et l'Homme	378
2.1.3.3.	L'eau et les fonctions d'épuration	384
2.1.4.	La gestion administrative de l'eau – les agences de l'eau	387
2.1.4.1.	Les agences de l'eau	387
2.1.4.2.	Les comités de bassin	387
2.2.	La gestion de la forêt	387
2.2.1.	La forêt, espace pionnier des sociétés agraires	387
2.2.2.	La forêt, un mode de mise en valeur de l'espace	388
2.2.3.	L'espace forestier, objet d'une politique forestière	388
2.2.4.	Les principaux jalons de l'aménagement des ressources forestières en France	388
2.2.5.	L'aménagement forestier	388
2.3.	La surexploitation des ressources	388
2.3.1.	Principales causes de disparitions d'espèces marines	389
2.3.2.	Les apports de l'aquaculture	390
2.3.3.	Les solutions d'avenir	390
2.3.4.	Les effets secondaires de la surpêche	390
2.3.5.	Des espoirs	390
2.3.6.	Les ressources et la chasse	390
3.	L'Homme gestionnaire de ses déchets	391
3.1.	Les déchets urbains	391
3.1.1.	La prolifération des déchets	391
3.1.1.1.	Les ordures ménagères	391
3.1.1.2.	Les autres déchets urbains	392
3.1.1.3.	Les déchets toxiques en quantités dispersées	392
3.1.2.	Le traitement actuel des ordures ménagères	392
3.1.2.1.	La mise en décharge	392
3.1.2.2.	L'incinération	393
3.1.3.	Vers une gestion plus rationnelle des déchets	394
3.1.3.1.	Un nécessaire changement de comportement	394
3.1.3.2.	Les techniques de valorisation optimale	394
3.2.	Les déchets industriels	397
3.2.1.	Les déchets inertes	397
3.2.2.	Les déchets industriels banals – DIB	397

3.2.3.	Les déchets industriels spéciaux – DIS	397
3.2.3.1.	Les diverses catégories de DIS	397
3.2.3.2.	Les techniques de traitement des déchets spéciaux	398
3.2.3.3.	Les filières d'élimination	398
3.3.	Les déchets d'origine agricole	398
3.3.1.	Les principaux contaminants	398
3.3.1.1.	Les différentes formes d'azote et leurs nuisances	398
3.3.1.2.	Les phosphates	399
3.3.1.3.	Les métaux lourds	399
3.3.1.4.	Les produits phytosanitaires	399
3.3.1.5.	Le méthane	399
3.3.2.	Les plastiques	399
3.3.3.	La lutte contre les pollutions d'origine agricole	399
3.3.3.1.	La lutte contre l'excès d'azote	399
3.3.3.2.	La lutte intégrée contre les ennemis des cultures	400
3.3.3.3.	L'élimination des produits périmés et des déchets d'emballage	400
3.4.	Les autres déchets	400
3.4.1.	Pollution nucléaire	400
3.4.1.1.	Principe de l'énergie nucléaire	400
3.4.1.2.	Production	400
3.4.1.3.	Irréversibilité ou obligation du nucléaire	401
3.4.1.4.	Les risques	401
3.4.1.5.	Nature de la pollution nucléaire	403
3.4.1.6.	Surgénérateur et retraitement	404
3.4.1.7.	Problème mondial	405
3.4.1.8.	Les déchets et les armements	407
3.4.2.	Les déchets des industries agroalimentaires	409
4.	Impact des activités humaines à l'échelle planétaire	409
4.1.	L'accroissement de l'effet de serre	409
4.1.1.	Qu'est-ce que l'effet de serre ?	409
4.1.1.1.	Mécanisme de l'effet de serre	409
4.1.1.2.	Bilan radiatif terre atmosphère	409
4.1.2.	Les principaux responsables de l'effet de serre	411
4.1.2.1.	Le dioxyde de carbone	411
4.1.2.2.	Le méthane	411
4.1.2.3.	Les oxydes d'azote NOx	411
4.1.2.4.	Les composés chlorofluorocarbonés ou CFC	411
4.1.3.	Impact de l'accroissement de la teneur en CO ₂ , le forçage radiatif	411
4.2.	Le trou dans la couche d'ozone	413
4.3.	Pollution de l'air	414
4.3.1.	Les polluants	414
4.3.1.1.	Origine des principaux polluants	414
4.3.1.2.	Nature des polluants	415
4.3.1.3.	Taux de pollution et seuils d'alerte	417
4.3.1.4.	Destination des polluants	418
4.3.1.5.	Lutte contre les polluants	418
4.3.1.6.	Les risques liés à la pollution atmosphérique	420
4.3.2.	La pollution en Europe	421
4.3.3.	La pollution en France	422
4.4.	Les pluies acides	422
4.4.1.	Les principaux polluants	422
4.4.2.	Conséquences de la pollution	422
5.	L'Homme et l'érosion de la biodiversité	423
5.1.	Les causes de l'érosion de la biodiversité	423
5.1.1.	La modification des milieux	423

5.1.1.1.	Les déforestations	423
5.1.1.2.	Assèchement des zones humides et agressions sur les cours d'eau	424
5.1.1.3.	Les menaces pesant sur les coraux	427
5.1.1.4.	Menaces sur la mer d'Aral	427
5.1.2.	Les monocultures	428
5.1.2.1.	Le principe	428
5.1.2.2.	La technique	428
5.1.2.3.	Les conséquences	428
5.1.3.	L'urbanisation de la nature	429
5.1.3.1.	Le bétonnage des terrains agricoles	429
5.1.3.2.	La construction de voies de communication autoroutières ou ferroviaires	429
5.1.4.	Les incendies	429
5.1.5.	Le pillage de la nature	429
5.1.6.	Le réchauffement climatique	430
5.1.7.	Les causes génétiques de l'érosion de la biodiversité	431
5.2.	Conséquences de cette érosion de la biodiversité	431
5.2.1.	Menaces sur les autres espèces	431
5.2.2.	Augmentation de l'effet de serre	431
5.2.3.	Recrudescence des famines et des conflits	432
5.2.4.	Remarques à propos des biocarburants	433
6.	L'Homme partenaire des écosystèmes	434
6.1.	Les parcs, réserves et conservatoires botaniques de France	434
6.1.1.	Les parcs	434
6.1.1.1.	Les parcs nationaux	434
6.1.1.2.	Les parcs régionaux	435
6.1.2.	Les réserves	437
6.1.3.	Les conservatoires botaniques nationaux	437
6.1.3.1.	Le conservatoire botanique national de Porquerolles	437
6.1.3.2.	Le conservatoire botanique de Nancy	437
6.1.3.3.	Le conservatoire national de Brest	438
6.1.3.4.	Le conservatoire botanique national de Gap-Charance	438
6.1.3.5.	Le conservatoire botanique national de Maxarin	438
6.1.3.6.	Le conservatoire botanique national de Bailleul	438
6.1.4.	Le conservatoire du littoral	438
6.1.5.	Les ZNIEFF et l'aménagement du territoire	438
6.2.	Paysage et agriculture durable	438
6.2.1.	Introduction	438
6.2.1.1.	Vers une nouvelle organisation d'une agriculture moins énergivore et plus respectueuse de l'environnement	438
6.2.1.2.	Agriculture durable	439
6.2.2.	Des directives « Oiseaux » et « Habitats » au réseau Natura 2000	441
6.2.2.1.	La directive « Oiseaux » du 2 avril 1979	442
6.2.2.2.	La directive « Habitats »	443
6.2.2.3.	Qu'est-ce qu'un contrat Natura 2000 ?	444
6.2.2.4.	Rappel des principes de calcul de l'indemnité agro-environnementale MAE	445
6.2.3.	Le PDD (plan de développement durable) ou comment préparer l'agriculture de demain	445
6.2.3.1.	Définition des PDD	445
6.2.3.2.	Le concept	445
6.2.3.3.	Les constats en 2000	446
6.2.4.	L'Agriculture biologique	447
6.2.5.	L'Acnat	447
6.2.6.	Les opérations locales	448
	Guide de détermination simplifié	451
	Index	467

Cette 6^e édition du grand classique *Écologie – Approche scientifique et pratique* arrive à point pour répondre à la demande croissante des lecteurs. Entièrement remaniée, actualisée, toujours très richement illustrée, augmentée de cent pages et d'un cahier de 64 photos en couleurs, elle demeure encore inégalée en langue française. La place de la biodiversité, mais aussi celle de l'agriculture durable, de l'énergie, du problème de l'eau et même la législation des questions liées à l'environnement y ont été privilégiées.

Outil pédagogique exceptionnel, ce manuel explique clairement et concrètement ce que recouvre le terme « Écologie » en conciliant la théorie et les applications pratiques constituant une mine d'informations indispensables à tous ceux concernés par les problèmes environnementaux.

Il répond à une impérieuse demande pour **une éducation à l'environnement** mais aussi pour une **gestion durable et équilibrée**. C'est également un ouvrage de base accessible à tous ceux qui s'intéressent, de près ou de loin, à **l'écologie politique**, et qui ont besoin de sources abondantes pour étayer leur information.

Référence incontournable, cette nouvelle édition est conforme aux nouveaux programmes de l'enseignement agricole (Bac S, Bac pro STAV, BTS environnement...).

Claude Faurie, agrégé de l'université, est professeur honoraire de biologie-écologie.

Christiane Ferra est inspecteur principal honoraire de l'enseignement agricole (sciences biologiques et aquaculture).

Paul Médori, diplômé en environnement et aménagement des régions méditerranéennes, est professeur certifié de biologie-écologie au LEGTA d'Hyères.

Jean Dévaux est professeur honoraire d'écologie (université Blaise Pascal - Clermont II).

Jean-Louis Hemptinne est professeur d'écologie et de didactique de l'écologie à l'École nationale de formation agronomique (université de Toulouse) et chercheur à l'UMR CNRS Évolution et diversité biologique.



978-2-7430-1310-3