

# FORÊT

---

BIODIVERSITÉ,

---

DYNAMIQUE

---

ET GESTION

---

## **Claude Lagarde**

Forestier de l'ONF. Il a eu en charge la prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière pour l'ensemble des forêts gérées par l'Agence interdépartementale à Fontainebleau.

## **Sylvie Meyer**

Maître de conférences à l'Université Paris Cité. Elle enseigne en botanique et en écologie et effectue ses recherches au sein l'Institut d'Écologie et des Sciences de l'Environnement de Paris.

## **Vincent Chassany**

Professeur agrégé de Sciences de la Vie et de la Terre. Il coordonne le réseau de sciences participatives Vigie-Nature École au Muséum national d'Histoire naturelle.

## **Brigitte Renard**

Illustratrice spécialisée sur la faune et la flore. Elle travaille pour de nombreuses associations de protection de la nature.

**DUNOD**

Graphisme de couverture : Florie Bauduin

Mise en pages : Nord Compo

Photographies des auteurs :

Vincent Chassany (Encart 1.2 jonquilles ; Fig. 5.9 ; Fig. 8.6 ; Fig. 8.14B-I, K ; Fig. 8.16 ; Fig. 8.17 ; Fig. 8.19 ; Fig. de l'encart 8.2 ; Fig. 8.20 ; Fig. 2 « forêt sclérophylle » du carnet biodiversité ; Fig. 11.7E, F).

Claude Lagarde (Fig. 1.1 ; Fig. 1.5 forêt non exploitée ; Fig. 2.2 ; Fig. 2 « lande sèche » du carnet biodiversité ; Fig. 8.14A ; Fig. 8.22 ; Fig. 8.24A ; Fig. 11.2 lande Fig. 13.5A).

Sylvie Meyer (Fig. de l'encart 1.2 jacinthe ; Fig. 1.5 futaie régulière, taillis ; Fig. 3.3 ; Fig. de l'encart 6.2 ; Fig. 5.1 ; Fig. 5.11 ; encart 6.2 ; Fig. 2 « ripisylve » du carnet biodiversité ; Fig. 7.3 ; Fig. 7.7 ; fig 8.1 ; Fig. 8.2 ; Fig. 8.7 ; Fig. 8.14J ; Fig. 8.24B, D ; Fig. 9.1 ; Fig. 9.11 ; Fig. 10.2B ; Fig. 10.4 ; Fig. 10.7 ; Fig. 11.2 hêtraie ; Fig. 11.5 ; Fig. 11.7A-D ; Fig. 12.2 ; Figs. 12.3 à 12.6 ; Figs. 13.1 à 13.3 ; Fig. 13.5C).

Dessins en couleur : Brigitte Renard

Dessins en noir et blanc : Sylvie Meyer

© Dunod, 2023

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff  
[www.dunod.com](http://www.dunod.com)

ISBN 978-2-10-085856-9

#### NOUS NOUS ENGAGEONS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT :



Nos livres sont imprimés sur des papiers certifiés pour réduire notre impact sur l'environnement.



Le format de nos ouvrages est pensé afin d'optimiser l'utilisation du papier.



Depuis plus de 30 ans, nous imprimons 70 % de nos livres en France et 25 % en Europe et nous mettons tout en œuvre pour augmenter cet engagement auprès des imprimeurs français.



Nous limitons l'utilisation du plastique sur nos ouvrages (film sur les couvertures et les livres).

# Avant-propos

Les forêts du <sup>xxi</sup>e siècle sont l'héritage d'une longue histoire d'avancée et de recul, de changements plus ou moins brutaux liés à des phénomènes climatiques majeurs et à des actions anthropiques.

Les usagers manifestent des attentes variées de ces espaces. De nos jours, les forêts sont des lieux de production de matière première, de récréation, des espaces où doit s'exprimer la biodiversité la plus large et où la lecture des paysages, quoique souvent intuitive, doit présenter un caractère d'immutabilité.

La gestion des territoires forestiers doit répondre à des objectifs divers et parfois, selon la localisation des forêts, un peu antinomiques (ex. : biodiversité/accueil du public dans une forêt fortement fréquentée).

Loin d'être des espaces figés, les forêts sont en perpétuelle évolution, le plus souvent à la limite de la perceptibilité tant les changements naturels sont lents et progressifs. C'est pourquoi leur approche tout comme leur gestion relèvent de pas de temps très longs, plusieurs siècles le plus souvent, ce qui augmente encore la difficulté de nos relations avec la sylve, et parfois avec les propriétaires ou gestionnaires.

Fruit de la coopération de deux biologistes, d'une illustratrice et d'un gestionnaire, cet ouvrage porte sur la dynamique de la forêt à différentes échelles spatiotemporelles, sur la biodiversité et sur leur prise en compte dans la gestion forestière. Il est destiné à un public large (étudiants, professionnels, gestionnaires...). Il se veut aussi comme un outil qui fait un état des lieux des connaissances nécessaires pour aborder les milieux forestiers sous un double aspect : écologie et gestion. Cet outil vise à faciliter l'accès à des ouvrages plus spécialisés et à inciter le lecteur à poursuivre dans cette voie.

Cet ouvrage s'organise en quatre parties traitant successivement des caractères généraux de la forêt (définition, fonctionnement, perception par la société), de sa dynamique à différentes échelles, de sa biodiversité liée à sa dynamique, et de la gestion de la biodiversité. Un carnet central présente la notion de biodiversité et souligne, grâce aux illustrations de Brigitte Renard, l'importance des interactions entre espèces dans la structuration et le fonctionnement de l'écosystème forestier. En fin d'ouvrage, un glossaire aidera le lecteur à s'approprier certains termes forestiers et biologiques. Une bibliographie détaillée est disponible sur le site [dunod.com](http://dunod.com) à la page de l'ouvrage pour les lecteurs souhaitant approfondir le sujet. Enfin, des schémas inédits sont proposés au fil des chapitres et du carnet central pour faciliter la compréhension de processus souvent complexes et les rendre accessibles à tous.

# Remerciements

## **Remerciements pour relecture, transmission de documents et de connaissances et/ou soutien :**

Isabelle Arnulf, Jean-Luc Assinare, Pierre Barré, Daniel Berveiller, Vanessa Beunèche, René-Pierre Bolan, Alexandre Butin, Sylvain Coq, Isabelle Dajoz, Thibaud Decaens, Philippe Deuffic, Sylvain Ducroux, Cécile Hignard, Marion Gosselin, Thierry Genevet, Françoise Iwaniec, Marc Iwaniec, Marie-Claire Lagarde, Laetitia Jammet, Hélène Le Jeune, Isabelle Marchand, Jean-François Mauffrey, Marine Lauer, Odile Loison, Pierre Gonin, Bénédicte et François Meyer, Antonin Mitifiot, Eric Motard, Adrien Perrard, Louis Pianet, Juliette Rochet, Christine Rollard, Jacques Salvador, Philippe Silar, Thomas Silberfeld, Julien Simon, Elisa Thiébault.

**Remerciements à toute l'équipe de la Station d'Écologie Forestière de Fontainebleau (Université Paris Cité) :** Olivier Babiari, Laurence Bisiaux, Foezzi El Mekki, Cécile Hignard, Katherine Laguna-Cano, Odile Loison, Angéline Radanovic.

**Remerciements à l'ONF** pour l'autorisation de publier les extraits de DOCOB Natura 2000 « Massif de Fontainebleau » (Fig. 11.9), les cartes (Figs 12.9 et 12.10) et les photographies de la Fig. 13.5B et de l'annexe II.

**Remerciements au CNPF** pour l'autorisation de publier la fiche IBP (Figs. 11.4 et 11.5, Source : Gonin, Larrieu – CNPF, 2022 ; [www.cnpf.fr/ibp](http://www.cnpf.fr/ibp)).

**Remerciements à V. Badeau et J. L. Dupouey, INRAE-Nancy, UMR Silva** pour l'autorisation de publier les cartes de la Fig. 6.9.

## **Remerciements pour les photographies :**

Charles Allegrini (Fig. 1.5 futaie irrégulière), Jean-Michel Dreuillaux (luvisol de l'encart 7.1), Thierry Genevet (Fig. 10.2A), Patricia Genet (brunisol de l'encart 7.1), Jean Guittet (podzsol de l'encart 7.1), François Meyer (grimpereau des jardins en couverture du carnet biodiversité ; Fig. 8.24), Thomas Silberfeld (cèpe dans l'encart 9.1).

# Table des matières

Avant-propos III

Remerciements IV

## Partie 1

### Qu'est-ce qu'une forêt ?

Chapitre 1 La forêt, un écosystème arboré structuré en mosaïque 3

1. Des définitions multiples 4

1.1 Une définition physiologique 4

1.2 Une définition phytosociologique 9

1.3 Une définition pour la politique internationale 9

2. Un écosystème rythmé par les saisons : exemple d'une forêt tempérée décidue 10

3. Un écosystème structuré en strates et en mosaïque 14

3.1 Structure verticale 14

3.2 Structure horizontale 15

3.3 Structure contrôlée par la sylviculture 16

Chapitre 2 Flux de matière et d'énergie dans l'écosystème forestier 21

1. Des flux de matière et d'énergie fondés sur des réseaux d'interactions 21

1.1 Les différents acteurs de la chaîne alimentaire forestière 21

1.2 Les contrôles au sein de la chaîne alimentaire 28

1.3 Les réseaux d'interactions trophiques 29

2. Des cycles d'éléments qui entretiennent l'écosystème 33

2.1 Cycle du carbone 34

2.2 Cycle de l'eau 41

2.3 Cycle des ions minéraux 46

<b>Chapitre 3 Usages et perceptions de la forêt</b>	53
<b>1. Des usages multiples</b>	53
1.1 Des forêts pour produire	53
1.2 Des forêts pour protéger	58
1.3 Des forêts pour accueillir	59
<b>2. Des perceptions multiples</b>	59
2.1 Perception par les forestiers	61
2.2 Perception par le grand public	63
2.3 Perception par les écologues	67
2.4 Perception par les politiques et les économistes	67

## Partie 2

### Dynamique d'une mosaïque forestière

<b>Chapitre 4 Une histoire depuis les glaciations du Quaternaire</b>	75
<b>1. Au Pléistocène : une histoire liée au climat</b>	75
<b>2. À l'Holocène : une histoire liée au climat et aux humains</b>	79
2.1 Reconquête forestière après la dernière glaciation	79
2.2 Les forêts sous influence anthropique de la seconde moitié de l'Holocène à nos jours	85
<b>3. Une dynamique forestière à large échelle spatiotemporelle</b>	96
<b>Chapitre 5 Une histoire qui continue de s'écrire</b>	99
<b>1. Dynamique forestière actuelle</b>	99
1.1 Progression par les lisières externes	99
1.2 Cycle forestier	100
1.3 Dynamique guidée par les humains	104
<b>2. Les enseignements des forêts en libre évolution</b>	104
2.1 Un constat : l'absence de régénération naturelle des chênes	104
2.2 Vers la prise en compte du rôle des grands herbivores	109

<b>3. Diversité des mosaïques forestières en France métropolitaine</b>	112
3.1 Un exemple en domaine atlantique humide	113
3.2 Un exemple en domaine continental	114
3.3 Un exemple en domaine méditerranéen	116
3.4 Un exemple en domaine alpin	116
3.5 Un exemple de forêt alluviale	119
<b>Chapitre 6 Une projection d'avenir à moyen/long terme</b>	121
<b>1. Une combinaison de contraintes liées aux changements globaux rapides</b>	121
1.1 Des contraintes abiotiques	123
1.2 Des contraintes biotiques	131
1.3 Des pronostics complexes	143
1.4 Une capacité naturelle d'adaptation des forêts au changement climatique mal connue	143
<b>2. Des pronostics sur le devenir des forêts</b>	147
2.1 Vers un changement de géographie forestière ?	147
2.2 Vers des forêts structurées par de nouveaux venus ?	150
2.3 Vers un déclin des forêts ?	154
<b>3. Un avenir anticipé par les humains ?</b>	155
3.1 La non-intervention ou gestion passive	155
3.2 L'intervention ou gestion active	156
<b>Carnet biodiversité</b>	159
<b>1. Concept de biodiversité</b>	160
1.1 Diversité écosystémique	161
1.2 Diversité spécifique	162
1.3 Diversité génétique	170
<b>2. Illustrations d'interactions parmi les espèces forestières</b>	172

## Partie 3

# Biodiversité au sein d'une mosaïque forestière

<b>Chapitre 7</b>	<b>Mosaïque abiotique</b>	211
1.	Diversité et variation du microclimat	211
1.1	Microclimat lumineux	211
1.2	Température et humidité relative	212
1.3	Vent	214
1.4	Précipitations	215
1.5	Composition locale de l'atmosphère	216
2.	Diversité et variation des sols	219
<b>Chapitre 8</b>	<b>Mosaïque biotique</b>	225
1.	En phase de maturité	225
1.1	Dans la canopée (Planche I)	226
1.2	Sur les troncs (Planche II)	234
1.3	En sous-bois (Planche III)	240
1.4	Dans le sol (Planche IV)	248
2.	En phase de vieillissement (Planche V)	257
2.1	Une diversité de dendromicrohabitats associés à des cortèges d'espèces	258
2.2	Variation spatiotemporelle des dendromicrohabitats	267
3.	En phase d'effondrement	268
3.1	Enrichissement en bois mort	268
3.2	Le complexe saproxylique en action (Planche VI)	271
4.	En phases de régénération et de croissance	291
5.	Des milieux particuliers associés à la forêt	292
5.1	Diversité et fonctions des milieux ouverts	292
5.2	Conditions de présence de milieux ouverts	296
6.	Relations entre hétérogénéité et biodiversité	297
6.1	Variation de la distribution des espèces	297
6.2	Hétérogénéité et richesse spécifique	297
6.3	Connectivité	298
6.4	Forme sinueuse des éco-unités	299

<b>Chapitre 9</b>	<b>Processus biotiques impliqués dans la résilience de l'écosystème</b>	301
1.	Un ensemencement à tous les niveaux	301
1.1	Différents modes biotiques de propagation	301
1.2	Cas des arbres	302
1.3	Cas des herbacées	303
1.4	Cas des champignons	304
2.	Des signaux orientant les interactions biotiques	307
2.1	Signaux visuels émanant des arbres et arbustes	307
2.2	Signaux chimiques	307
2.3	Signaux accoustiques	308
3.	Des contrôles post-dispersion	309
3.1	Contrôle par les facteurs abiotiques	309
3.2	Contrôle par les facteurs biotiques	309
4.	Conséquences sur la dynamique de la mosaïque forestière	314
4.1	Succession ou coexistence stable des espèces	314
4.2	Constitution de réservoirs d'espèces	315
4.3	Maintien des réseaux de métapopulations	316
5.	Stimulation-réparation dans la dynamique de perturbations locales	316
5.1	Composantes biotiques des perturbations	317
5.2	Richesse spécifique et résilience écologique	319
5.3	Situations extrêmes	321
6.	Biodiversité, cycle adaptatif et résilience : vers une conceptualisation	323
6.1	Modèle de Holling	323
6.2	Résilience et stabilité fonctionnelle de l'écosystème	325

## Partie 4

# Vers une gestion préservant la mosaïque forestière

<b>Chapitre 10</b>	<b>Construction d'un plan de gestion forestière</b>	331
1.	Six critères de gestion forestière durable	331
2.	Différents objectifs de gestion	332
3.	Étapes de construction d'un plan de gestion forestière	333
3.1	Schéma général	333
3.2	Récolte de données sur le terrain	335
3.3	Hierarchisation des propositions de gestion	346
<b>Chapitre 11</b>	<b>Des indicateurs de biodiversité pour la gestion</b>	347
1.	Indicateurs indirects	347
1.1	Diversité et répartition des habitats à l'échelle du massif forestier	347
1.2	Capacité d'accueil pour la biodiversité taxonomique à l'échelle du peuplement	351
2.	Indicateurs directs	355
2.1	Détection et suivis de taxons indicateurs	355
2.2	Indicateurs de la diversité génétique des taxons	359
3.	Complémentarité entre les indicateurs	362
<b>Chapitre 12</b>	<b>Préconisations, outils de gestion et de protection en faveur de la biodiversité</b>	367
1.	Préconisations de gestion	367
2.	Outils de gestion	368
2.1	Diversifier les essences indigènes et les habitats sur le long terme	368
2.2	Coexistence de tous les processus sylvogénétiques	371
2.3	Outils pour gérer les lisières	373

3. Outils de protection des forêts	374
3.1 Mesures de protection d'espaces	375
3.2 Connexion des espaces protégés	378
<b>Chapitre 13 Exemples de gestion de la biodiversité en forêt de Fontainebleau</b>	<b>383</b>
1. Le massif forestier de Fontainebleau et son réseau de réserves	383
2. Gestion des réserves biologiques	386
2.1 Non-intervention et recherches scientifiques dans les RBI : le cas de la Tillaie	386
2.2 Restauration d'une mosaïque d'habitats : le cas de la RBD de Champ Minette	387
2.3 Préservation d'un réseau de milieux aquatiques : le cas de la RBD des Coulevreux	388
3. Réflexions de Claude Lagarde sur la gestion de la biodiversité	391
<b>Annexe I</b> Recommandations paneuropéennes pour la gestion durable des forêts au niveau opérationnel	<b>399</b>
<b>Annexe II</b> Notice de description de peuplements de l'ONF pour la forêt de Fontainebleau	<b>405</b>
<b>Glossaire</b>	<b>417</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>427</b>
<b>Sitographie</b>	<b>428</b>
<b>Index</b>	<b>429</b>



# Partie 1

## Qu'est-ce qu'une forêt ?

### Introduction

S'il semble évident qu'une forêt est une végétation dominée par les arbres, un examen attentif de sa structure, de son évolution spatiotemporelle, de ses influences sur l'environnement et de son utilisation par la société mène à la définir de façon multiple. Aborder ces différents aspects est un prérequis pour appréhender la biodiversité forestière et sa prise en compte dans la gestion.

### Objectifs

- Connaître** la notion de mosaïque forestière.
- Identifier** les limites de certains concepts définissant une forêt et sa perception.
- Définir** les différents niveaux de la structure verticale et horizontale d'une forêt tempérée.
- Expliquer** les influences de la forêt sur son environnement.

### Plan

- Chapitre 1** La forêt, un écosystème arboré structuré en mosaïque
- Chapitre 2** Flux de matière et d'énergie dans l'écosystème forestier
- Chapitre 3** Usages et perceptions de la forêt



# La forêt, un écosystème arboré structuré en mosaïque

Si l'on s'attache à l'une des étymologies couramment acceptées, la forêt proviendrait des termes latins *foris* et *forestis* signifiant « dehors, hors de l'enclos », ce qui correspondait à un territoire à l'écart de celui des usagers et réservé à la chasse seigneuriale. Par extension, il s'agit d'une vaste étendue vierge de culture et d'habitation et couverte d'arbres (Fig. 1.1). Au sens écologique du terme, une forêt est un écosystème, c'est-à-dire un milieu, ou **biotope**, aux conditions abiotiques particulières, où une multitude d'organismes, regroupés sous le terme de **biocénose**, vivent de façon permanente ou temporaire, interagissent entre eux et avec leur environnement, échangeant de la matière et de l'énergie et permettent un fonctionnement quasi autonome de l'ensemble. Définir une forêt revient à considérer de nombreux aspects parmi lesquels sa physionomie, sa géographie dépendante de son histoire, sa structure, son fonctionnement, etc., et finalement à prendre conscience qu'en Europe, il s'agit le plus souvent d'un espace qui a subi une forte pression anthropique. Considérons différentes facettes de cette définition pour nous intéresser ensuite à ce qu'en perçoit la société.



Figure 1.1 – Paysage forestier (Île-de-France).

# 1 Des définitions multiples

## 1.1 Une définition physionomique

Une forêt se reconnaît instantanément à sa physionomie dominée par les arbres formant une canopée (ou toit de la forêt) plus ou moins haute et dense, relativement stable dans le temps à notre échelle de perception. On ne l’observe que dans les régions au climat et au sol compatibles avec le développement des arbres. Ces derniers nécessitent une période de végétation de plus de trois mois avec des températures supérieures à 5 °C et un sol suffisamment approvisionné en eau. À l’échelle globale, la forêt couvre environ un quart des terres émergées et se cantonne entre 67 degrés de latitude nord et sud et sous une altitude moyenne de 2 000 m. Selon la latitude, la forêt revêt différentes formes, donnant une identité paysagère à de grands écosystèmes terrestres ou **biomes** (Fig. 1.2).

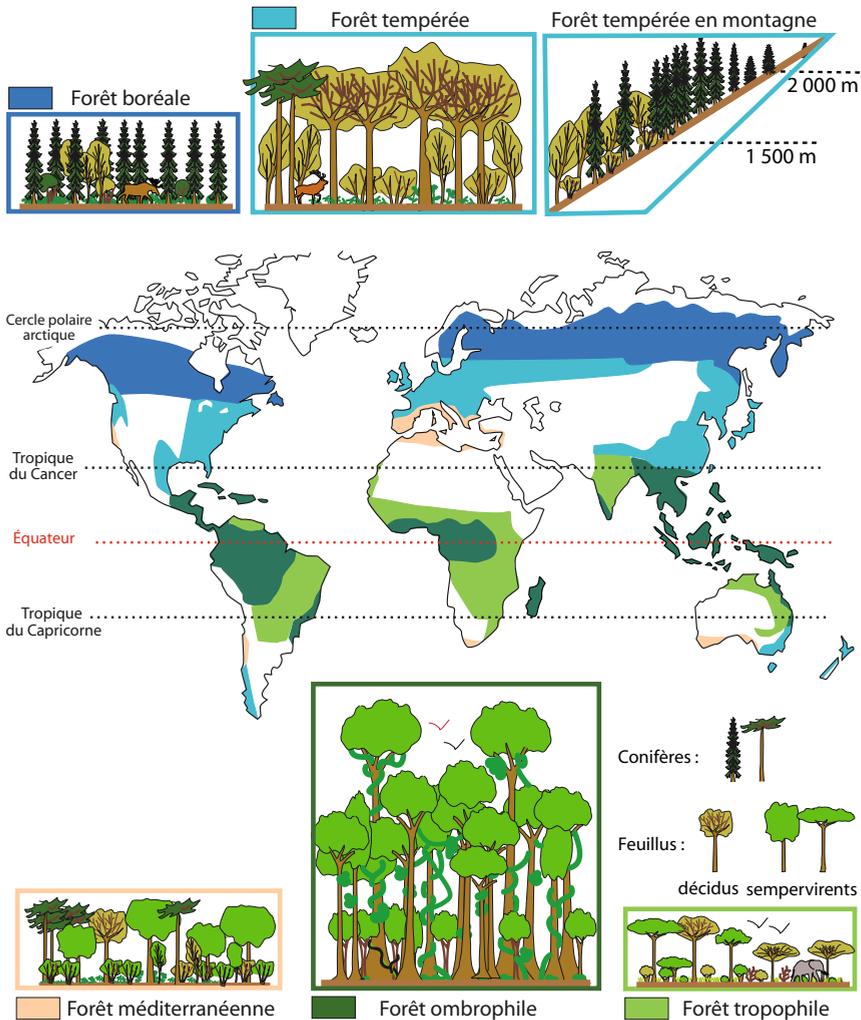


Figure 1.2 – Carte des biomes forestiers.

La **forêt boréale**, ou **taïga**, est une vaste forêt de conifères de l'hémisphère nord représentant un tiers de la surface forestière du globe. Elle s'étend entre 57 et 67 degrés de latitude nord, sous un climat continental (**Tableau 1.1**) caractérisé par une période de végétation de l'ordre de 4 mois. Le sol typique est un **podzsol**, acide, pauvre en matières organiques et minérales, le froid et l'acidité ralentissant la décomposition de la matière organique. Ce sol est enneigé entre 6 et 7 mois par an et gelé en permanence vers 1 m de profondeur, ce qui constitue un **pergélisol** (*permafrost* en anglais). La litière, ensemble des feuilles mortes et débris organiques peu transformés en surface du sol, est épaisse et se décompose très lentement, en plusieurs siècles, ce qui offre peu de ressources minérales à la végétation. La matière organique accumulée vers la surface du sol retient très fortement l'eau, ce qui rend le sol physiologiquement sec pour la végétation. Trente à quarante espèces d'arbres, majoritairement des conifères, peuplent la taïga, mais leur diversité est minime en Europe comparée au Canada et à la Sibérie où les espèces ont rencontré moins d'obstacles (montagne, mer) au cours de leur migration vers le sud lors des dernières glaciations. Seulement deux espèces de conifères (pin sylvestre et épicéa commun) et quelques feuillus (bouleaux, peuplier tremble, saules) constituent la taïga européenne contre plus d'une dizaine d'espèces d'arbres en taïga canadienne et sibérienne (mélèzes, pins, épicéas, sapins, bouleaux, aulnes...). La canopée peu élevée, l'étendue de peuplements monospécifiques et le sous-bois peu dense confèrent à la taïga un aspect monotone. Sa stratification est instable, dépendante de la régénération après perturbation par le feu. Elle est peuplée d'espèces adaptées au froid, avec, pour la faune, des espèces hibernantes ou migratrices. La faune du sol est pauvre, sans macrofaune. Régulièrement, des incendies perturbent cet écosystème mais facilitent le recyclage de la matière minérale ; cette forêt se régénère donc assez rapidement, selon un cycle de 50 à 100 ans.

**Tableau 1.1** – Comparaison des biomes forestiers d'Europe avec le biome des forêts ombrophiles. Les nombres indiqués sont des ordres de grandeurs moyens. D'après Otto 1998, Larcher 2003, Fischesser 2018.

	Forêt boréale	Forêt tempérée	Forêt méditerranéenne	Forêt ombrophile
<b>Histoire</b> Destruction par les glaciations du Quaternaire	Oui.	Oui en Europe. Moins d'impact ailleurs.	Peu ou pas selon les régions. En Europe, zone refuge pour les espèces refoulées vers le sud par le froid.	Non. Forêt en place depuis l'ère tertiaire.
Défrichement	Faible	Fort	Fort	En cours
<b>Climat</b> (AT : amplitude thermique annuelle en °C)	Été chaud. Hiver froid. AT : - 70 à + 30.	Été chaud Hiver frais et humide. AT : 5 à 13.	Été chaud et sec. Hiver doux et humide ; gel rare. Vent fort fréquent. AT : 15 à 20.	Constamment chaud et humide.
Rayonnement total (GJ·m <sup>-2</sup> ·an <sup>-1</sup> )	< 3	3-5	5-6	6-7

## Chapitre 1 • La forêt, un écosystème arboré structuré en mosaïque

	Forêt boréale	Forêt tempérée	Forêt méditerranéenne	Forêt ombrophile
Température moyenne annuelle (°C)	0-5	5-13	15-20	25-30
Précipitation annuelle (mm)	290 à > 500	500 à > 1 500	300-800	2 000 à > 3 000
Période de végétation (mois·an <sup>-1</sup> )	3-6	9	8	12
<b>Sol</b>	Podzosol. Litière épaisse.	Brunisol. Litière mince à moyenne.	Sol peu profond, sec l'été, aux propriétés très variées.	Sol pauvre. Litière mince.
<b>Structure</b>				
Hauteur des peuplements (m)	15-25	25-40	4-15	50-60
Nombre de strates d'arbres	1	1 à 2	1 à 2	3 à 4
Nombre d'espèces d'arbres	30-40	50-80	290	> 3 000
Perturbations naturelles et dynamique	Incendies périodiques tous les 50-100 ans. Dynamique pionnière rapide.	Perturbations très variées (tempêtes, feu, gel, parasites...). Dynamique secondaire fréquente.	Incendies périodiques tous les 30-50 ans. Dynamique secondaire fréquente.	Perturbations minimes, arbre par arbre, avec régénération rapide dans les trouées. Forêt très stable.
<b>Fonctionnement</b>				
Biomasse végétale t·ha <sup>-1</sup>	200	400	100	500
Production primaire nette annuelle t·ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup>	7	12	9	> 16
Recyclage de matière	Très lent ; accéléré par les incendies.	Rapide l'été, ralenti l'hiver.	Rapide en saison humide ; accéléré par les incendies suivis de pluies.	Très rapide.
Stock de matière organique et minérale du sol	Stock peu mobilisable.	Stock mobilisable.	Stock mobilisable.	Absence de stock.

La **forêt tempérée** (voir aussi § 2 de ce chapitre) revêt un aspect très varié selon les régions, dont l'ensemble se situe à une latitude inférieure à la taïga et principalement dans l'hémisphère nord où la surface de terre est la plus vaste. Le climat doux et humide permet une période de végétation de l'ordre de 9 mois par an. Le sol est typiquement un **brunisol** forestier avec une litière peu épaisse, se décomposant en quelques années (1-4 ans). Dans une région donnée, le sol des forêts actuelles est généralement plus pauvre et acide que celui des terres agricoles, car ces dernières ont été installées après la déforestation sur des sols les plus riches et les forêts restantes ont fait l'objet de récoltes de litière ou de sous-bois pour fertiliser les cultures. Toutefois, en cas de déprises agricoles, les forêts peuvent s'installer sur des sols enrichis en phosphore, azote et autres minéraux par les anciens traitements agricoles. De l'ordre de 50 à 80 essences d'arbres constituent la forêt tempérée et toutes les strates sont bien représentées. En plaine, les feuillus dominent en Europe et sur la côte Est de l'Amérique du Nord, les conifères géants sur la côte Ouest de l'Amérique du Nord, les feuillus en mélange avec des conifères en Extrême-Orient et des conifères particuliers en Océanie. En montagne domine une forêt tempérée mixte de feuillus et de conifères dont chaque espèce occupe une gamme d'altitude particulière selon le gradient climatique lié à l'altitude. Les conifères atteignent la limite altitudinale supérieure de l'arbre. De nombreuses espèces occupent toutes les strates de la forêt, et la faune du sol est riche. Des perturbations très diverses peuvent survenir : tempête, incendie, gel tardif ou précoce, défrichement et modifications d'origine anthropiques avec des plantations d'essences de ces forêts d'un continent sur un autre dans une optique ornementale et productive (ex. : sapin de Douglas originaire de l'Ouest des États-Unis et implanté en France).

La **forêt méditerranéenne** est une forêt claire où se mêlent des feuillus sempervirents, c'est-à-dire à feuillage persistant, tels, en Europe, les chênes verts et chênes lièges, et des conifères (pins, genévriers, etc.). Elle se développe sur le pourtour méditerranéen, la côte Ouest des États-Unis, le Chili, le Sud-Ouest de l'Australie et l'Afrique du Sud sous un climat subtropical dont les étés secs limitent le développement de la végétation. Le sol est assez pauvre, devenant dur en période de sécheresse et se teintant de rouge si la roche-mère comporte du fer. La canopée peu dense dépasse rarement 15-20 m en Europe et permet le développement de toutes les strates sous-jacentes. Très dégradée par les activités anthropiques, cette forêt se développe souvent en mélange avec des stades arbustifs, comme le maquis et la garrigue dans le Sud de la France. La biodiversité végétale très élevée se caractérise par la richesse en espèces ligneuses et en groupes d'espèces endémiques, en relation avec une topographie très variée et l'histoire géologique.

La **forêt dense ombrophile**, dominée par une multitude de feuillus sempervirents, se développe en région intertropicale où le climat constamment chaud et humide permet le développement de la végétation toute l'année. Son sol est pauvre en éléments minéraux et en matière organique car la litière est très vite décomposée (1 à 2 mois) et recyclée. Trois à quatre strates arborescentes et une strate herbacée peu développée caractérisent ces forêts. Les peuplements atteignent 50 à 60 m de hauteur et sont extraordinairement diversifiés, avec de nombreuses lianes, des épiphytes, une faune très riche dans la canopée et, pour nombre d'espèces, à activité nocturne.

On estime que la moitié des espèces terrestres du globe se trouve dans ces forêts ; environ 3 000 espèces d'arbres y vivent. Cet écosystème connaît peu de perturbations naturelles de grande ampleur, si ce n'est les éruptions volcaniques ou les cyclones, mais le défrichement le menace.

La **forêt tropophile** (forêt tropicale sèche caducifoliée et forêt des moussons) est une forêt claire, ou encore une savane arborée, qui s'installe sous un climat tropical à subtropical marqué par une saison sèche de 5 à 7 mois et une saison des pluies. Des arbres caducifoliés ou sempervirents selon les espèces, souvent aux branches sinueuses et à canopée peu élevée (12 m en moyenne), forment une strate épaisse dominée par une strate de buissons et un tapis d'herbacées riche en Poacées. Les essences caduques perdent leurs feuilles à la saison sèche, généralement l'hiver. Le sol est pauvre, en relation avec la forte sécheresse saisonnière. Dans les sites les plus humides, une forêt des moussons s'installe avec des arbres sempervirents à feuilles semblables à celles de lauriers et domine une strate herbacée réduite. Il y a peu d'espèces d'arbres à ces latitudes. La faune est diversifiée tant dans le sol qu'à sa surface et adaptée à la forte saisonnalité des pluies. Une très grande diversité d'oiseaux caractérise ces savanes tropicales. Ces écosystèmes sont adaptés à des perturbations naturelles par le feu et le pâturage mais ont été défrichés et très dégradés.

Les trois premiers biomes existent en **Europe**. En France métropolitaine, la forêt tempérée décidue avec de nombreuses variantes régionales occupe l'ouest et le centre du territoire, la forêt méditerranéenne est représentée au sud alors que l'est et les régions montagneuses s'enrichissent en conifères. C'est en montagne, vers 1 500-2 000 m d'altitude, que l'on trouve une vaste forêt résineuse ayant l'aspect de la taïga.

### Encart 1.1 Des forêts plus ou moins adaptées au feu

- Parmi les biomes forestiers, les forêts boréales, méditerranéennes et tropicales sont la proie d'incendies périodiques. Un feu de forêt se déclare si trois conditions sont réunies : la présence d'un combustible (végétation), d'un comburant (dioxygène de l'air) et d'une source d'énergie (foudre, flamme, étincelle).
- Dans ces forêts adaptées à un certain régime d'incendies, la végétation développe diverses adaptations. On distingue les **espèces résistantes** comme les arbres à écorce épaisse non inflammable (pin de Sibérie, mélèze de l'Ouest en forêt boréale, chêne liège en forêt méditerranéenne), les **espèces endurentes** qui se régénèrent à partir des organes souterrains (peuplier tremble, bruyère), les **espèces sérotineuses** chez qui le feu provoque l'ouverture des fruits ou des cônes et la libération des graines (pin tordu et voir Chapitre 9 § 5.1) et les **espèces pionnières** (bouleau, herbacées et mousses héliophiles dispersées par le vent) recolonisant vite un terrain incendié.
- En France métropolitaine, 10 % des feux sont d'origine naturelle (foudre) et 90 % d'origine anthropique (accident ou malveillance). Les forêts peuvent présenter des faciès propices au développement d'incendies, comme en région méditerranéenne où la végétation se compose de plantes hautement inflammables, appelées **pyrophytes** (du grec *pyr*, le feu et *phyte*, la plante ; voir Chapitre 9 § 5.1). Mais avec

- le dérèglement climatique, le risque d'incendie augmente pour toutes sortes de massifs forestiers. En témoignent les premiers incendies dès le mois d'avril 2023 dans les Pyrénées orientales et la hausse de 40 % des surfaces incendiées en Europe en 2023 comparé à la période 2006/2022.
- Les feux de forêts altèrent durablement les paysages et les sols, libèrent du CO<sub>2</sub> (gaz à effet de serre), facilitent l'érosion des sols, détruisent des espèces (tortues d'Hermann) et leurs habitats, et impactent les activités économiques et touristiques.
- Par contre, s'ils ne sont pas répétés ni trop intenses, les feux peuvent accroître la diversité des paysages et des microhabitats et favoriser des espèces (coléoptères pyrophiles) en réduisant leurs parasites et leurs compétiteurs.

## 1.2 Une définition phytosociologique

La **phytosociologie** étudie les communautés végétales et les relations entre végétaux au sein de ces communautés. Elle s'intéresse à la **dynamique de la végétation**, c'est-à-dire à la succession des communautés au cours du temps en un site donné. Dans les biomes forestiers, la forêt constitue l'aboutissement de la succession végétale. Au cours de celle-ci, la végétation colonise spontanément un sol dénudé en passant successivement d'un stade pionnier à un stade herbacé puis arbustif et enfin arborescent. La structure et la composition de la végétation changent donc, et avec elle, la biomasse augmente et le sol se différencie. L'ensemble constitue une série progressive de végétation dont le stade arborescent est encore appelé **climax** et correspond à un état stable de la végétation en équilibre avec les conditions écologiques d'un site. Toutefois, cette notion d'équilibre stable reste théorique car elle dépend de l'échelle temporelle à laquelle on se place et du niveau de perception de la forêt. À l'échelle d'une génération humaine, la forêt peut sembler très stable comparée à une prairie abandonnée qui se reboise en quelques décennies. Mais à une échelle de perception plus fine, on observe que la forêt se renouvelle après la chute d'un arbre. La forêt connaîtra aussi des renouveaux cycliques sur des centaines voire des milliers d'années selon les perturbations. La dynamique de la végétation est plus à considérer en termes de cycles que de successions linéaires jusqu'à un état stable ; le climax n'est qu'un stade de la dynamique mais pas son aboutissement, car l'écosystème naturel se renouvelle continuellement.

Lorsqu'une forêt atteint une maturité de structure et de composition dans son environnement, sans perturbation d'origine anthropique marquée, elle est dite **forêt primaire**. Devenue très rare en Europe, la forêt primaire couvre moins de 1 % du territoire. Après destruction de la forêt primaire par des actions anthropiques (défrichage, brûlis, etc.), la nouvelle forêt formée par une succession secondaire est dite **forêt secondaire**. Elle constitue la majorité des forêts d'Europe. De nombreux cas intermédiaires existent entre ces deux extrêmes.

## 1.3 Une définition pour la politique internationale

Afin de faciliter les négociations internationales sur les ressources ligneuses, la FAO (*Food and Agriculture Organization*) a posé en 1998, puis ajusté au fil des années,

la définition suivante de la forêt : « Terre avec un couvert arboré (ou une densité de peuplement supérieur à 10 %) et d'une superficie supérieure à 0,5 hectare. Les arbres doivent être capables d'atteindre une hauteur minimum de cinq mètres à maturité *in situ*. Sont exclues : les terres utilisées de manière prédominante pour les pratiques agricoles ou urbaines. »

Cette définition sert de référence pour les différents états, y compris pour les pays européens. Néanmoins, elle soulève des controverses quant à son application et aux suivis de la surface forestière globale, estimée tous les dix ans selon cette définition. Elle réduit la forêt aux seuls arbres, à leur dimension et à leur densité, sans considérer les propriétés de l'écosystème, son fonctionnement, sa biodiversité, son histoire et ses relations avec les différentes sociétés humaines. Elle n'intègre pas le socio-écosystème c'est-à-dire les interactions entre l'écosystème et le contexte socio-économique local. Cette définition contribue à une perception statique et normée de l'écosystème forestier et ne permet pas de distinguer les plantations industrielles, des forêts plus naturelles et diversifiées, souvent déboisées en faveur des premières. Par analogie, cela revient à confondre une rivière avec un canal. Elle ne garantit donc pas la cessation de la déforestation ni la protection des peuples qui en dépendent. Définir la forêt à l'échelle mondiale reste d'une rare complexité compte tenu de la diversité de cet écosystème, de ses usages et de sa perception à travers le monde.

## 2 Un écosystème rythmé par les saisons : exemple d'une forêt tempérée décidue

Les changements de teintes du feuillage des arbres décidus en automne sont l'une des plus belles évocations de la saisonnalité qui caractérise les forêts tempérées. Les variations de la photopériode (durée du jour), du climat et de la disponibilité en ressources constituent des signaux auxquels les organismes répondent en se préparant au changement de saisons. L'alternance des saisons leur impose cycliquement des phases d'activité et de repos. Considérons l'exemple d'une forêt décidue (**Fig. 1.3**).

Au **printemps**, la photopériode, l'intensité de la lumière et la température augmentent et déclenchent l'activité de nombreux organismes. La végétation, dont les arbres, reprend sa **croissance**, les bourgeons débourrent, les feuillages se déploient, les fleurs s'épanouissent plus ou moins précocement selon les espèces. Les géophytes vernaies fleurissent avant la frondaison des arbres. Dans le sol, les vers de terre redeviennent très actifs et bon nombre d'arthropodes phytophages terminent leur développement larvaire ou nymphal puis émergent et migrent vers la canopée se nourrir des feuilles nouvelles. Leurs prédateurs, en particulier les araignées tisseuses de toiles suivent leur migration. Les oiseaux migrateurs, comme le loriot d'Europe, reviennent pour se reproduire. La fin du printemps est marquée par la ponte de nombreux oiseaux (pic épeiche, loriot d'Europe, etc.) et la mise bas de mammifères (chevreuil d'Europe, murin de Bechstein, muscardin, etc.).

2 Un écosystème rythmé par les saisons : exemple d'une forêt tempérée décidue

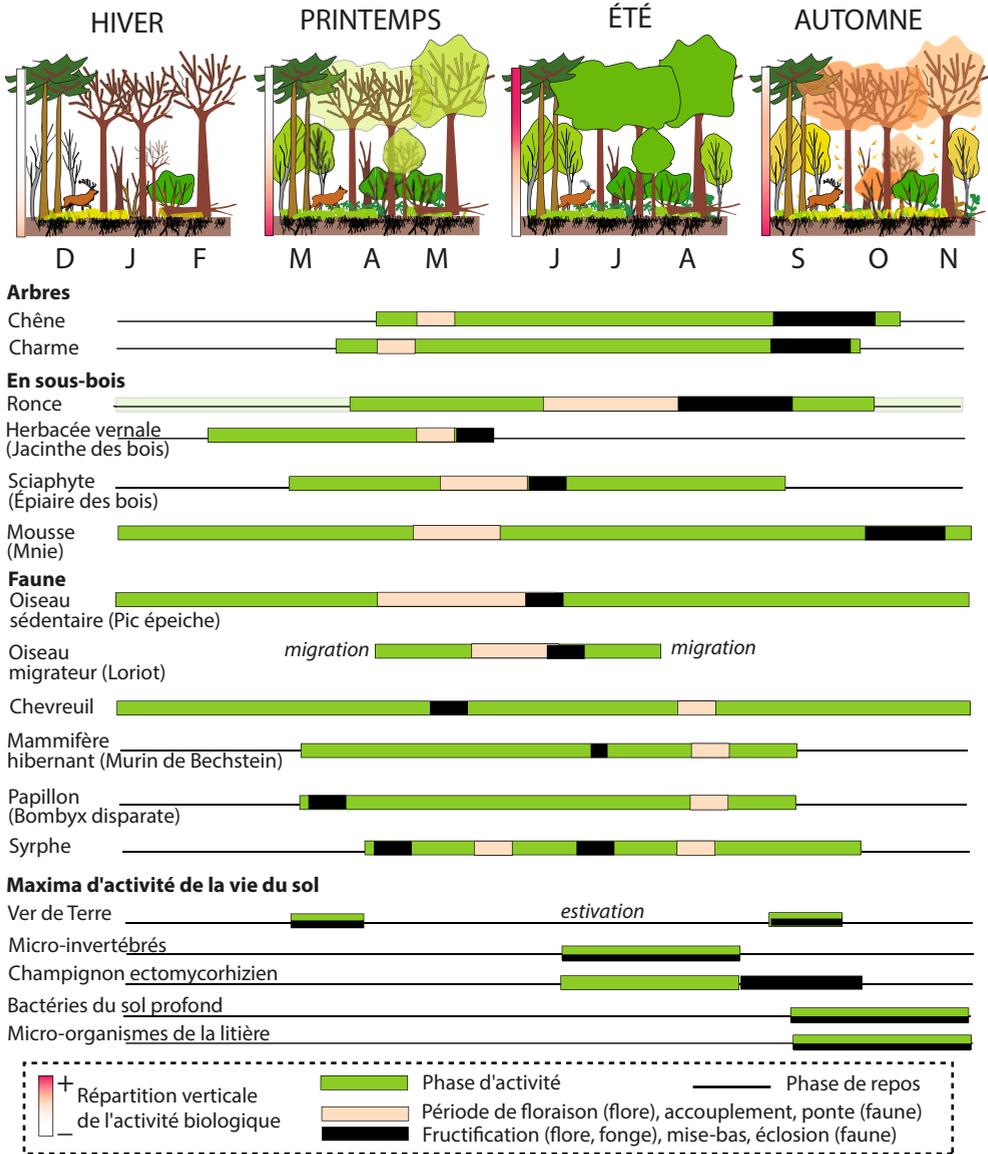


Figure 1.3 – Rythme saisonnier d'une forêt décidue  
Les mois de l'année sont indiqués par leur initiale.

## Encart 1.2 Phénologie et types biologiques

L'étude des variations saisonnières des êtres vivants s'appelle la **phénologie**. Chez les végétaux, cela se traduit par un changement d'apparence, comme la présence ou non de feuilles, de fleurs et de fruits, ou bien la disparition des parties aériennes avec seulement la persistance d'un organe souterrain. On appelle **synusie** la phénologie simultanée de végétaux d'une même strate de végétation en un site donné. Par exemple, la strate herbacée de la chênaie-charmaie fleurit très précocement en fin d'hiver. Il s'agit d'une synusie vernale ou printanière.



Synusie vernale (Jonquille à gauche, Jacinthe des bois à droite) dans une chênaie-charmaie.

Du point de vue botanique, la phénologie des végétaux en hiver est décrite en termes de types biologiques selon la classification de Raunkier. On distingue :

- les **phanérophytes** : arbres, arbustes, arbrisseaux, lianes, dont les bourgeons se situent largement au-dessus du niveau du sol et dont l'appareil végétatif est bien visible en toute saison (chêne, noisetier commun, lierre grimpant) ;
- les **chaméphytes** : sous-arbrisseaux aux bourgeons à moins de 50 cm du sol et susceptibles d'être recouverts d'une couche de neige (callune vulgaire) ;
- les **hémicryptophytes** : herbacées vivaces ou bisannuelles dont le bourgeon persiste l'hiver au ras du sol (primevère officinale) ;
- les **géophytes** : herbacées vivaces à bulbes (jacinthe des bois), rhizomes (anémone des bois) ou tubercules (tamier commun) souterrains. Ces végétaux sont invisibles l'hiver, mais bien présents et vivant dans le sol grâce à leur organe souterrain qui permettra leur redémarrage au printemps. Ils ont souvent une floraison vernale ;
- les **thérophytes** : herbacées annuelles passant la mauvaise saison sous forme de graines.

Dans les forêts tempérées, phanérophytes et hémicryptophytes sont les types dominants. L'abondance de ces derniers révèle l'influence marquée des saisons sur ce biome.

En **été**, grâce à la **photosynthèse intense**, les échanges de carbone et de nutriments s'intensifient entre les arbres et leurs ectomycorhizes, qui présentent alors un maximum d'activité et d'abondance. Les arbres émettent des produits carbonés en profondeur dans le sol (rhizodéposition) permettant le développement de communautés

## 2 Un écosystème rythmé par les saisons : exemple d'une forêt tempérée décidue

bactériennes particulières. En sous-bois, les ronces fleurissent, de nombreux insectes adultes émergent et s'accouplent, les micro-invertébrés du sol présentent un maximum d'activités. La sécheresse estivale du sol ralentit toutefois l'activité des vers de terre qui entrent en phase de repos, encore appelée **estivation**. Le rut du chevreuil a lieu en milieu d'été. Pendant cette saison et jusqu'au début de l'automne, la vie foisonne dans la canopée où se trouvent beaucoup de ressources (feuilles, fruits, proies) permettant la constitution de réserves pour l'hiver. Certaines espèces d'arthropodes restent dans la canopée tandis que d'autres redescendent vers le sol pour y déposer leurs œufs.

À l'**automne**, la photopériode raccourcit, les températures nocturnes baissent, ce qui déclenche l'entrée en **dormance** des arbres décidus et la chute de leurs feuilles. La grande quantité de matière organique fraîche se déposant nouvellement au sol stimule l'activité des vers de terre, de nouvelles communautés bactériennes et de nombreux champignons saprophytes, se nourrissant de débris organiques. En septembre-octobre, le brame du cerf résonne en forêt, alors que de petits mammifères et des arthropodes commencent à entrer en **hibernation** après avoir constitué des réserves. Les oiseaux migrateurs regagnent leur aire d'hivernage. Léthargie et **migration** constituent des moyens d'éviter la pénurie alimentaire de l'hiver.

**Remarque** Notons qu'il existe des exceptions à ce schéma général. Certains insectes se reproduisent en hiver, comme la cheimatobie (*Operophtera brumata* ; lépidoptère Géométridé nocturne). Les femelles montent dans la canopée en fin d'automne pour se reproduire et pondent en hiver à la base des bourgeons. Cela permettra aux chenilles d'éclore au printemps de façon synchronisée avec la disponibilité de leurs ressources nutritives : bourgeons puis feuilles et fleurs en développement. En mai, les chenilles au bout de leur fil de soie descendent au sol et s'y enfouissent à quelques centimètres de profondeur. Elles s'y nymphoseront, et de nouveaux adultes émergeront à l'automne.

L'**hiver** est la saison de repos de la majorité des organismes. Les arbres décidus comme bon nombre de végétaux de sous-bois sont en dormance. En relation avec le repos de la végétation, les champignons ectomycorhiziens sont peu actifs. La vie se concentre dans le **sol**, plus chaud que l'air, et dans le bois mort au sol. Beaucoup d'arthropodes s'y réfugient sous forme d'œufs, de larves ou d'imagos (larves de hanneton commun). D'autres animaux hibernent dans des cavités (murin de Bechstein), sur des troncs (bombyx disparate) ou des brindilles (larves de grand mars), tandis que les mousses et autres végétaux de la strate muscinale bénéficient de la lumière arrivant en sous-bois pour poursuivre leur développement.

Le rythme saisonnier entraîne donc des flux incessants d'espèces entre la canopée et le sol (arthropodes, etc.) et entre les horizons du sol (bactéries). Il existe, dans les forêts tempérées, une dynamique de migration et de raréfaction locales d'espèces dans la canopée à certaines périodes de l'année.

### 3 Un écosystème structuré en strates et en mosaïque

Les arbres structurent verticalement et horizontalement l'écosystème forestier au fur et à mesure de leur croissance et selon les relations avec leur voisinage.

#### 3.1 Structure verticale

La structure verticale de la forêt s'organise selon les strates suivantes décrites en **termes botaniques** (Planche III du Chapitre 8) :

- une **strate arborescente supérieure**, composée des plus grands arbres (chêne, hêtre, sapin, etc.) formant la canopée, généralement à 25-30 m de haut, parfois jusqu'à 40 m ;
- une **strate arborescente inférieure**, généralement à 10-15 m de haut, constituée des arbres en croissance, futurs éléments de la strate supérieure, et d'arbres de dimensions plus réduites (bouleau, sorbier) ;
- une **strate arbustive ne dépassant pas 7-8 m** de haut, composée de jeunes arbres, d'arbustes, ligneux à tige unique à la base (buis commun, bourdaine), et d'arbrisseaux, ligneux à tige ramifiée dès la base (noisetier commun, églantier) ;
- une **strate dite herbacée** (1 m), mais comportant des herbes, des sous-arbrisseaux ou chaméphytes (callune vulgaire) et des jeunes arbres ;
- une **strate muscinale**, au ras du sol, comportant des mousses, lichens, champignons et germinations de plantes ;
- des **lianes**, végétaux enracinés au sol et grimpant aux arbres, occupent potentiellement toutes les strates de végétation (lierre grimpant, clématite des haies) ;
- une **strate de litière** en surface du sol, composée de feuilles et branches mortes, fruits tombés etc. ;
- des **strates souterraines**, avec les racines, les mycorhizes, les bulbes, rhizomes, etc.

À toutes ces strates s'ajoute la strate généralement invisible à l'œil nu des **biofilms**, micro-organismes couvrant la surface de tous les organismes et de toutes les structures minérales, en milieu aérien et souterrain, terrestre et aquatique.

En **termes sylvicoles**, l'organisation verticale d'une forêt se décrit selon le statut social des arbres, c'est-à-dire leur relation, souvent de concurrence, avec les arbres voisins. On distingue :

- un **étage constitué d'arbres dominants et codominants**. Le houppier (ensemble des ramifications situées au-dessus du fût) des arbres dominants forme la partie supérieure de la canopée bien exposée à la lumière, alors que les arbres codominants en forment la partie inférieure ;
- un **sous-étage** constitué par les arbres dont le houppier se situe nettement en dessous de celui des arbres dominants et codominants. Ces arbres dominés peuvent être étouffés par manque de lumière (ex. : jeune hêtre sous une canopée close de

hêtres) et inaptes à croître jusqu'à l'étage dominant. Le sous-étage comporte aussi généralement les arbres morts debout ou vieillissants, dont l'architecture abîmée n'atteint pas ou plus la canopée ;

- un **sous-bois** regroupant les strates de végétation arbustive, herbacée et muscinale située sous le couvert des arbres, ainsi que les arbres morts couchés. Il englobe donc les **morts-bois**, terme sylvicole désignant des arbustes et arbrisseaux vivants de faible valeur économique.

### 3.2 Structure horizontale

Selon les travaux du botaniste R. A. A. Oldeman sur les variations de la structure des arbres forestiers au cours de leur développement (1990), la structure horizontale de la forêt se décompose en trois niveaux imbriqués (Fig. 1.4) : l'écotope, l'éco-unité et l'écomosaïque.

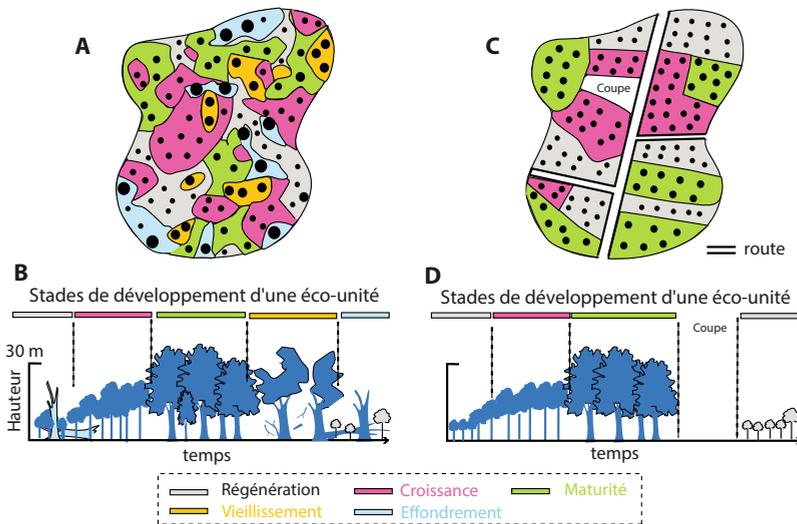


Figure 1.4 – Structure horizontale d'une forêt non exploitée (A, B) et exploitée (C, D).

A, C. Écomosaïques à un instant donné. Chaque couleur correspond à une éco-unité et chaque cercle noir à un arbre d'autant plus gros que son diamètre est grand. L'espace occupé par chaque arbre est un écotope. B, D. Évolution temporelle d'une éco-unité, figurée en bleu foncé, à un site donné de l'écomosaïque. Notez qu'en B, la phase de la régénération se superpose avec celle de l'effondrement et qu'en C et D, les phases de vieillissement et d'effondrement sont absentes. D'après Gilg 2004.

L'**écotope** désigne l'espace occupé par un arbre tout au long de sa vie.

L'**éco-unité**, ou unité de régénération, est un espace au sein d'une forêt où la végétation commence à se développer. Une trouée, ouverture du couvert forestier engendrée par l'effondrement d'un ou de plusieurs arbres, constitue un exemple d'éco-unité. Grâce à la lumière accédant au sol, la végétation se développe et reconstitue le couvert. L'éco-unité passera donc d'un stade jeune, durant lequel les arbres émergent

puis croissent en hauteur, à un stade mature, lors duquel les arbres ayant atteint la canopée grossissent en largeur, puis à un stade âgé, pendant lequel les arbres vieillissent, et enfin à un stade d'effondrement des vieux arbres morts. Une nouvelle régénération s'initie alors. L'évolution d'une éco-unité est donc cyclique suivant les étapes du cycle sylvigénétique, qui peut parfois prendre plusieurs siècles (Chapitre 5). La surface d'une éco-unité dépend de l'ampleur des perturbations qui provoquent l'ouverture du couvert forestier.

### Encart 1.3 Développement d'une éco-unité

- Le stade de développement d'une éco-unité se reconnaît au **statut social** majoritaire de ses arbres. Le statut social d'un arbre est identifié par sa hauteur, exprimée en mètres, et son diamètre, mesuré à 1 m 30 du sol (encore appelé diamètre à hauteur de poitrine) et exprimé en centimètres. On distingue :
  - les éco-unités jeunes, caractérisées par des arbres dits « **arbres potentiels** », en pleine croissance, dont la hauteur est supérieure à cent fois leur diamètre ;
  - les éco-unités matures, caractérisées par des arbres dits « **arbres du présent** », ayant atteint la canopée, dont la hauteur est égale à cent fois leur diamètre ;
  - les éco-unités âgées, caractérisées par des arbres dits « **arbres du passé** », dont la hauteur est inférieure à cent fois leur diamètre.
- Dans une éco-unité, chaque arbre changera de statut social au fur et à mesure de son développement, sous l'influence de son environnement. La structure verticale varie donc selon l'âge de l'éco-unité. Elle peut se simplifier, par exemple lorsqu'une canopée fermée crée trop d'ombre au sol pour que les strates sous-jacentes s'épa nouissent (cas des hêtraies denses).

L'**écomosaïque** désigne l'ensemble des éco-unités de différents âges d'un site donné, sous un climat donné. Elle évolue selon la dynamique cyclique des éco-unités sous l'influence de perturbations, soit de petites dimensions (*patch dynamic*) générant des trouées de 200 à 700 m<sup>2</sup>, soit de grandes dimensions, sur plusieurs hectares (*large scale dynamic*). Les forêts de plaines et des collines d'Europe de l'Ouest présentent une dynamique de trouées, alors que les forêts de montagne, comme la forêt boréale, soumises à des phénomènes climatiques plus violents (avalanche, feu, etc.) évoluent généralement au rythme de grandes perturbations. Dans ce dernier cas, un plus grand nombre d'espèces se succéderont au cours de la reconstitution de la forêt. La structure des forêts tempérées s'avère donc très variée et doit être décrite en référence à une situation donnée et selon son histoire.

## 3.3 Structure contrôlée par la sylviculture

La structure de la plupart des forêts d'Europe est plus ou moins artificialisée par la sylviculture (Fig. 1.4 C, D). Celle-ci s'applique à l'échelle des peuplements, un **peuplement forestier** étant « un ensemble de végétaux ligneux, morts-bois exclus, croissant sur une surface donnée ». La sylviculture vise à produire régulièrement du

bois en quantité et en qualité en fonction des besoins, ce qui revient à exploiter les peuplements tout en assurant leur renouvellement. Cela implique une division de la forêt en parcelles de 10 à 20 ha de surface à peuplements relativement homogènes, au développement des voies d'accès aux parcelles et de cloisonnements (sorte de chemins au sein des parcelles pour permettre l'accès des engins ou faciliter les opérations de sylviculture). Les sylviculteurs accompagnent le développement des arbres en contrôlant leur accès à la lumière, leur architecture, leur état sanitaire, leur relation de concurrence avec leur voisinage et la qualité du sol. L'organisation de la forêt devient donc plus géométrique, ordonnée, contrôlée. La sylviculture pratique deux grands modes de renouvellement des peuplements, encore appelés **régimes sylvicoles** : les régimes de futaie et de taillis, les deux pouvant être combinés en taillis sous futaie (Fig. 1.5). Toutes les actions sylvicoles, organisées dans le temps et dans l'espace, et permettant la mise en place d'un régime sylvicole, constituent le **traitement** appliqué au peuplement.

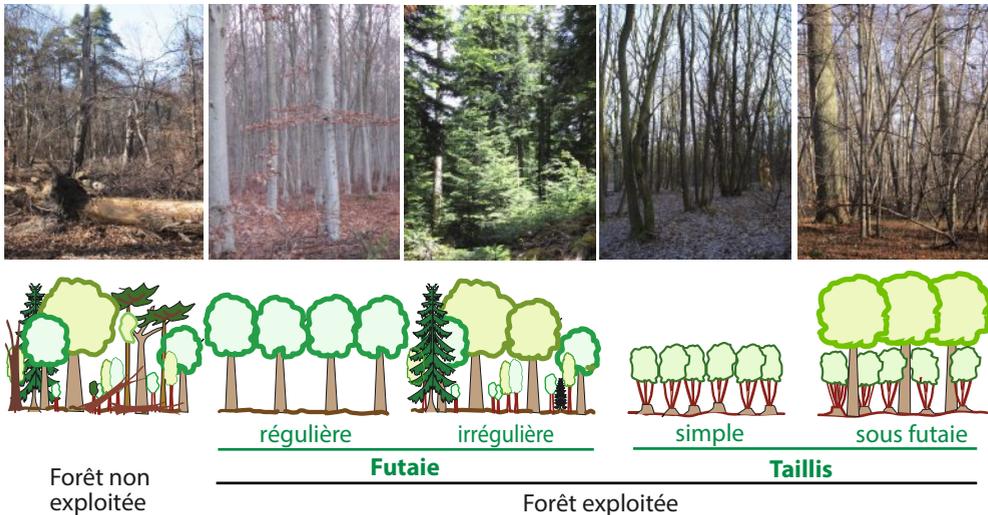


Figure 1.5 – Principaux régimes et traitements sylvicoles.

La **futaie** est un peuplement forestier issu de graines ou de rejets de souche. La gestion de ces peuplements consiste à procéder à des sélections inter- et intraspécifiques tout au long de la vie du peuplement. La sélection est un processus naturel ou artificiel favorisant certains individus d'une espèce par rapport aux autres individus de la même espèce (sélection intraspécifique) ou par rapport à des individus d'autres espèces (sélection interspécifique). On distingue plusieurs types de futaies selon leur structure : la futaie régulière, la futaie irrégulière et la futaie jardinée.

Dans une **futaie régulière**, le peuplement forestier se caractérise par des stades d'évolution (semis, fourrés, gaulis, perchis, futaie) représentés à parts égales, en termes surfaciques, à l'intérieur d'une même forêt (Fig. 1.6). À chaque stade d'évolution

des peuplements, au-delà du stade gaulis, des coupes, dites d'amélioration, viseront à favoriser les arbres adultes porteurs de graines dont seront issus les semis. Ces coupes exercent une sélection parmi les arbres de l'essence objectif et des essences d'accompagnement pour favoriser les arbres d'avenir, c'est-à-dire ceux qui seront les semenciers lorsque le temps de la régénération sera venu. Elles sont réalisées suivant un programme défini ou selon l'évolution du peuplement. En tout état de cause, les houppiers doivent être assez distants les uns des autres pour ne pas se concurrencer.

Après les coupes d'amélioration, une phase de régénération du peuplement, définie selon l'âge et le diamètre des peuplements au stade futaie adulte, nécessite des coupes d'ensemencement, secondaires et définitive.

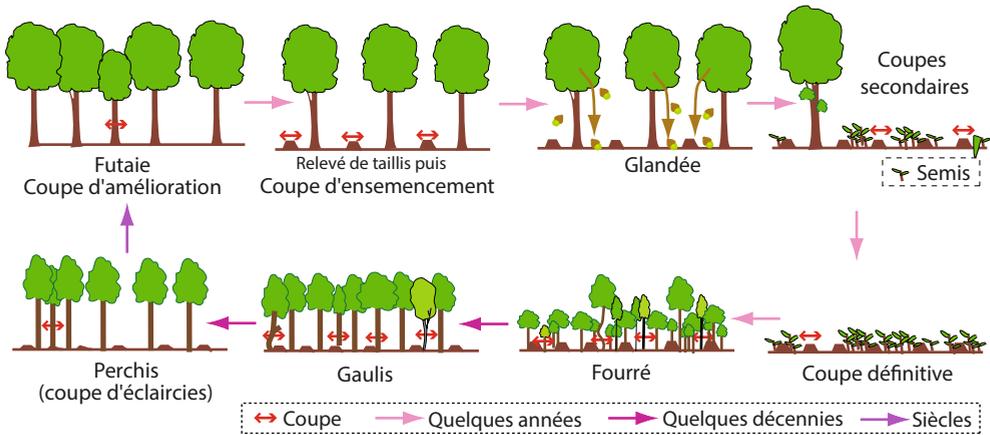


Figure 1.6 – Régénération naturelle d'une futaie régulière de chêne.

La coupe d'ensemencement consiste à ôter les tiges qui privent de lumière les arbres producteurs de fruits, l'objectif étant que les houppiers des géniteurs reçoivent le plus de lumière possible pour une floraison optimale. Elle est précédée par un relevé de couvert qui revient à éliminer le taillis afin que la lumière atteigne le sol, ce qui accélérera la décomposition de la litière. Quelques années plus tard sont pratiquées des coupes dites secondaires pour prélever les arbres sous lesquels on note la présence de semis. Plusieurs coupes de ce type peuvent être effectuées suivant l'évolution de l'ensemencement. Enfin, quelques années plus tard encore, une coupe, dite définitive, ôte les derniers arbres de la futaie tandis qu'au sol se développent des semis, aussi bien de l'essence objectif que des essences d'accompagnement. La régénération du peuplement est assurée. Il faut souligner ici que l'on ne recherche pas la présence de semis sur la totalité de la parcelle ou de la surface objet de la régénération. On peut considérer que d'autres semis, rejets de souches ou semis antérieurs et postérieurs viendront compléter la régénération.

La régénération de ces peuplements est fondée soit sur des semis naturels (issus du peuplement adulte en place), soit sur des semis artificiels (graines issues d'autres peuplements), soit sur la plantation de plants issus de graines. Dans ce dernier cas,