



Claude Lagarde
Sylvie Meyer
Vincent Chassany
Brigitte Renard

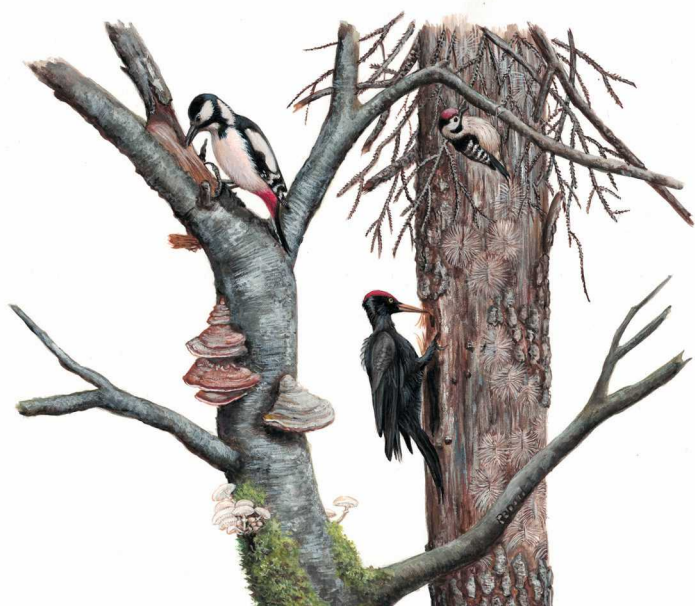


FORÊT

BIODIVERSITÉ,

DYNAMIQUE

ET GESTION



DUNOD

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

ISBN 978-2-10-086756-1

Avant-propos

Les forêts du ^{xxi}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 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).

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 (podzosol 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 physionomique	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

Chapitre 3 Usages et perceptions de la forêt 53

1. Des usages multiples	53
1.1 Des forêts pour produire	53
1.2 Des forêts pour protéger	58
1.3 Des forêts pour accueillir	59
2. Des perceptions multiples	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

Chapitre 4 Une histoire depuis les glaciations du Quaternaire 75

1. Au Pléistocène : une histoire liée au climat	75
2. À l'Holocène : une histoire liée au climat et aux humains	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
3. Une dynamique forestière à large échelle spatiotemporelle	96

Chapitre 5 Une histoire qui continue de s'écrire 99

1. Dynamique forestière actuelle	99
1.1 Progression par les lisières externes	99
1.2 Cycle forestier	100
1.3 Dynamique guidée par les humains	104
2. Les enseignements des forêts en libre évolution	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

3. Diversité des mosaïques forestières en France métropolitaine	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
 Chapitre 6 Une projection d'avenir à moyen/long terme	121
 1. Une combinaison de contraintes liées aux changements globaux rapides	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
2. Des pronostics sur le devenir des forêts	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
3. Un avenir anticipé par les humains ?	155
3.1 La non-intervention ou gestion passive	155
3.2 L'intervention ou gestion active	156
 Carnet biodiversité	159
 1. Concept de biodiversité	160
1.1 Diversité écosystémique	161
1.2 Diversité spécifique	162
1.3 Diversité génétique	170
2. Illustrations d'interactions parmi les espèces forestières	172

Partie 3

Biodiversité au sein d'une mosaïque forestière

Chapitre 7	Mosaïque abiotique	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
Chapitre 8	Mosaïque biotique	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

Chapitre 9	Processus biotiques impliqués dans la résilience de l'écosystème	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

Chapitre 10	Construction d'un plan de gestion forestière	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
Chapitre 11	Des indicateurs de biodiversité pour la gestion	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
Chapitre 12	Préconisations, outils de gestion et de protection en faveur de la biodiversité	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
Chapitre 13 Exemples de gestion de la biodiversité en forêt de Fontainebleau	383
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
Annexe I Recommandations paneuropéennes pour la gestion durable des forêts au niveau opérationnel	399
Annexe II Notice de description de peuplements de l'ONF pour la forêt de Fontainebleau	405
Glossaire	417
Bibliographie	427
Sitographie	428
Index	429

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).

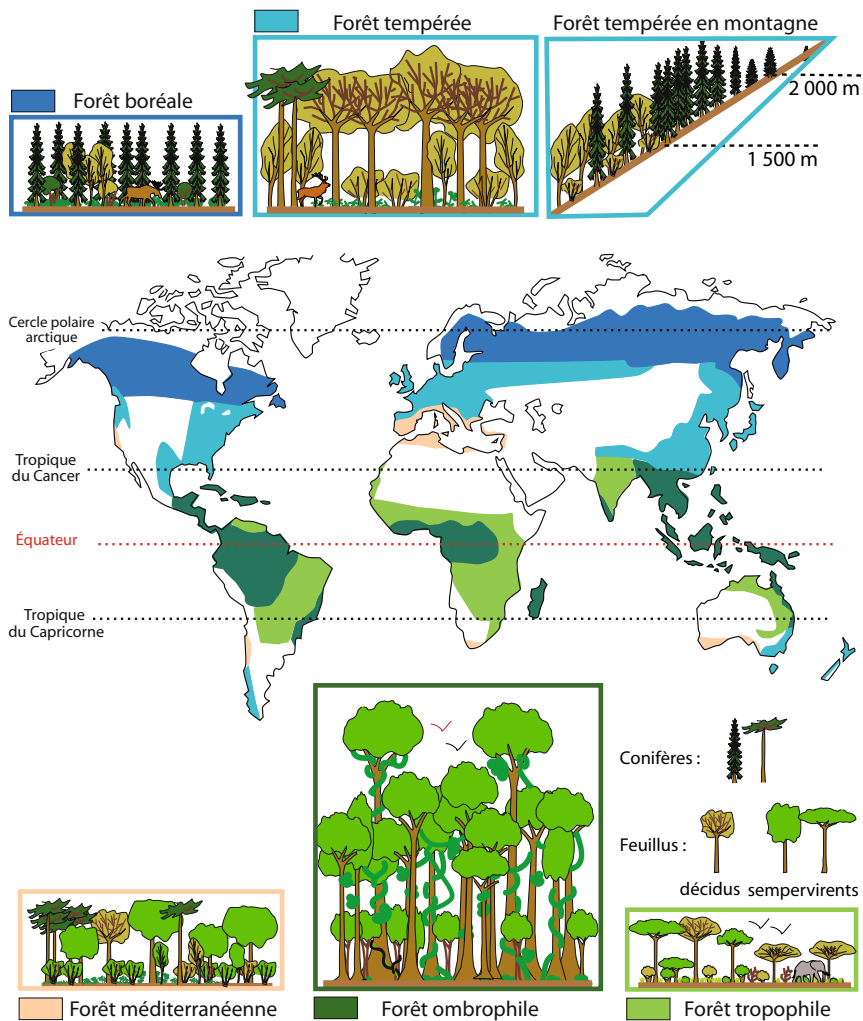


Figure 1.2 – Carte des biomes forestiers.

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 **podzosol**, 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
Histoire 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
Climat (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 ⁻² ·an ⁻¹)	< 3	3-5	5-6	6-7

	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 ⁻¹)	3-6	9	8	12
Sol	Podzosol. Litière épaisse.	Brunisol. Litière mince à moyenne.	Sol peu profond, sec l'été, aux propriétés très variées.	Sol pauvre. Litière mince.
Structure				
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 minimales, arbre par arbre, avec régénération rapide dans les trouées. Forêt très stable.
Fonctionnement				
Biomasse végétale t·ha ⁻¹	200	400	100	500
Production primaire nette annuelle t·ha ⁻¹ ·an ⁻¹	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 éparses dominant 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 tropophiles 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 endurantes** qui se régénèrent à partir des organes souterrains (peuplier tremble, bruyère), les **espèces sérotimeuses** 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