

Sommaire

MODE D'EMPLOI DU MANUEL	22
PRÉAMBULE : PETITE HISTOIRE DE LA SANTÉ DES FORÊTS	24
Les âges farouches	24
• Le hannetonnage	24
• Des chenilles et des hommes	25
Les problèmes phytosanitaires forestiers des dernières décennies en France	26
La création du Département de la santé des forêts	27
Chapitre 1. Équilibre des écosystèmes et santé des forêts	28
QU'EST CE QUE LA SANTÉ DES FORÊTS ?	30
L'arbre sain et la forêt saine	30
Le forestier, l'arbre sain et l'arbre mort	32
LES PERTURBATIONS, MOTEUR DU FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES	33
Les cycles sylvigénétiques	33
Les types de perturbations	34
- Perturbations abiotiques	34
- Perturbations biotiques	34
L'ARBRE DANS L'ÉCOSYSTÈME	37
L'arbre et le milieu physique	37
- Le milieu conditionne la présence des espèces	37
- L'arbre influe aussi sur le milieu	38
L'arbre et ses voisins	39
L'arbre et les autres êtres vivants	40
• Un écosystème bien organisé	40
- À chacun son rôle	40
- À chacun sa place	41
• Qui mange qui ? Une terminologie abondante et des interactions complexes	42
- Les phytophages : consommateurs de végétaux vivants	42
- Les prédateurs : consommateurs d'animaux vivants	45
- Les parasites (ou bioagresseurs) : organismes fixés consommateurs de végétaux ou d'animaux vivants	46
- Les saprophages et les saprophytes : consommateurs de végétaux morts	47
• Entraide et protection	48
- Des associations utiles	48
- Les mécanismes de défense de l'arbre	48
L'arbre et l'homme	50
• Un espace forestier fortement transformé	50
• Des peuplements marqués par la gestion	51

LES AGENTS DE DOMMAGES FORESTIERS	52
Les agents de dommages : pathogènes et ravageurs...	52
• Classification des agents de dommages	52
• Principaux agents de dommages forestiers en France	53
Les conséquences des dommages pour le forestier	54
• Les grands types de dommages	54
• Des dommages à relativiser	55
- Un problème d'échelle et de seuil de tolérance	55
- Un problème de rentabilité sur le long terme	55
• Une stratégie surtout préventive	56
LE SUIVI DE LA SANTÉ DES FORÊTS	57
Historique	57
Le Département de la santé des forêts	58
• Organisation	58
• Missions	60
• Recueil de l'information	61
• Stratégies mises en œuvre	63
Chapitre 2. Les causes abiotiques de dommages	64
UN ÉQUILIBRE INSTABLE ENTRE L'ARBRE ET SON MILIEU PHYSIQUE	66
L'ALIMENTATION EN EAU	70
Lorsque l'eau vient à manquer : la sécheresse	71
• Symptômes et réaction de l'arbre à la sécheresse	71
• Impact de la sécheresse	73
- Effets immédiats	73
- Effets différés ou induits	75
• Contrôle des effets de la sécheresse	78
Lorsque l'eau est en excès	78
• Origine des excès d'eau	79
• Contrôle des excès d'eau	79
LES EXTRÊMES DE TEMPÉRATURE	81
Chaleurs et canicules	81
• Canicules estivales	81
• Chaleurs d'automne, d'hiver et de printemps	83
• Contrôle des effets de la chaleur	84
Froids et gelées	85
• Grands froids	85
• Gelées	87
- Gelées d'automne, ou gelées précoces	87
- Gelées de printemps, ou gelées tardives	87
• Contrôle des effets du froid	88

LES ACCIDENTS CLIMATIQUES VIOLENTS	89
Vent et tempêtes	89
• Différents types de tempêtes	89
• Impact des tempêtes	91
- Effets immédiats	91
- Effets différés ou induits	93
• Contrôle des dommages de tempêtes	94
- Choix de l'essence	95
- Sylviculture	95
- Gestion post-tempête	95
Précipitations solides	96
• Grêle	96
• Neige	97
• Givre et verglas	98
• Contrôle des dommages liés aux précipitations solides	99
Foudre	100
LES DÉSÉQUILIBRES NUTRITIONNELS	102
Le cycle des éléments minéraux	102
Carences	104
Toxicités	105
Acidification des sols	107
Contrôle des déséquilibres nutritionnels	109
• Symptômes et diagnostic	109
• Contrôle des carences	110
• Prévention des toxicités	111
Chapitre 3. Les agents pathogènes	112
LES PATHOGÈNES ET LEUR CYCLE	114
Les champignons	115
• Qu'est-ce qu'un champignon ?	115
• Une organisation simple et efficace	115
• Une reproduction multiforme	116
- Reproduction asexuée	117
- Reproduction sexuée	117
- Biologie des spores	119
• Champignons et parasitisme	119
- Parasites facultatifs	121
- Parasites obligatoires	121
Les oomycètes	123
Les autres pathogènes	124
- Bactéries	124
- Phytoplasmes	124
- Virus	125
- Nématodes	126
- Plantes parasites	127

Le cycle parasitaire	127
• Conservation	128
• Infection	129
• La relation parasitaire	129
- Pouvoir pathogène de l'agresseur	129
- Résistance, tolérance et sensibilité de l'hôte	130
• Incubation et premiers symptômes	132
• Dissémination de l'agent pathogène	132
- Dispersion par la pluie et le vent	132
- Dispersion par les animaux	133
- Dispersion par l'activité humaine	133
• De l'arbre contaminé à la forêt	134
LES MALADIES DES FEUILLES ET DES POUSES	136
Principales maladies foliaires en France	136
Symptômes	137
• Symptômes sur feuilles	137
- Champignons biotrophes	137
- Champignons nécrotrophes	137
• Symptômes sur pousses	139
- Champignons biotrophes	139
- Champignons nécrotrophes	141
Cycles des pathogènes foliaires	141
• Cycle de type I	141
• Cycle de type II	142
• Cycle de type III	145
• Cycle de type IV : les rouilles	146
Facteurs favorables aux maladies foliaires	147
• Conditions climatiques	147
• Essences concernées	147
Impact et contrôle des maladies foliaires	148
• Impact	148
- Pertes de croissance	148
- Affaiblissement	150
• Contrôle	150
LES MALADIES DU TRONC ET DES BRANCHES	151
Les maladies corticales	151
• Principales maladies corticales en France	151
• Symptômes	153
• Cycles des pathogènes corticaux	155
- Cycle des ascomycètes corticaux	155
- Cycle des rouilles corticales	156
- Cycle des bactéries corticales	157
• Facteurs favorables aux maladies corticales	157
• Impact et contrôle des maladies corticales	158
- Impact des parasites corticaux indifférents	158
- Impact des parasites corticaux de faiblesse	159
- Contrôle	159

Les maladies vasculaires	160
• Graphioses de l'orme	161
- Deux épidémies successives	161
- Cycle des graphioses	161
- Contrôle	162
• Autres maladies vasculaires	163
Les altérations fongiques du bois	166
• Principaux agents d'altérations des arbres sur pied en France	166
- Colorations du bois	166
- Échauffures et pourritures des arbres sur pied	168
• Cycle des agents d'altération	169
- Infection des arbres sur pied	170
- Réactions de l'arbre	170
- Fructification	172
• Impact et contrôle des principaux agents d'altération en forêt	172
- Impact	172
- Contrôle	174
LES MALADIES RACINAIRES	175
Les pourridiés, maladies des grosses racines	175
• Principaux pourridiés en France	175
- Pourridiés indifférents	176
- Pourridiés de faiblesse	176
- Pourridiés technologiques	176
• Cycle des pourridiés	178
- Infection	178
- Colonisation	179
- Fructification	179
• Impact et contrôle des pourridiés	180
- Impact	180
- Contrôle	180
Les phytophthoras, agents de nécrose des racines fines	181
• Symptômes	181
• Cycle des phytophthoras	182
• Impact	183
• Contrôle	185
LES MALADIES DES GRAINES ET DES SEMIS	186
Maladies des graines	186
Fonte des semis	186
Maladies des plants	187

Chapitre 4. Les insectes ravageurs 188

UN MONDE FOISSANT 190

Qu'est-ce qu'un insecte ? 190

- D'abord compter les pattes... 190
- ...puis regarder les ailes 191
- Un problème de dénombrement 194
- Une omniprésence dans l'écosystème forestier 194

De l'individu à la population 195

- Une vie bien compliquée 195
- Une densité de population très fluctuante 197
 - Variation des populations au cours d'un cycle 197
 - Variation des populations entre générations 198

Un régime alimentaire diversifié 200

- Phytophages 200
- Entomophages 202
- Saprophages 202

La stratégie des ravageurs 204

- Un palmarès conséquent 204
 - Impact des ravageurs 204
 - Importance économique des ravageurs 207
- La colonisation d'un arbre : réussites et échecs 208
 - Préférences alimentaires de l'insecte 208
 - Vitalité de l'arbre attaqué 208
 - En résumé... 212

LES INSECTES DES FEUILLES ET DES AIGUILLES 213

Les phyllophages 213

- Principaux défoliateurs et essences attaquées 213
 - Espèces incriminées 213
 - Essences attaquées 218
- Symptômes 220
 - À l'échelle de la feuille 220
 - À l'échelle de l'arbre 220
- Cycles et évolution des populations 222
- Impact 223
 - Conséquences physiologiques 224
 - Pertes de croissance 225
 - Impact sur la fructification et la régénération 225
 - Mortalités et dépérissements 226
 - Impact sur la santé humaine 228

Les pucerons, principaux piqueurs-suceurs des feuilles 230

- Espèces incriminées et essences attaquées 230
- Symptômes 230
- Cycle 230
- Impact 231

Les galligènes 232

LES INSECTES DU TRONC ET DES BRANCHES	234
Les piqueurs-suceurs du tronc et des branches	234
• Pucerons	234
• Cochenilles et cicadelles	239
• Contrôle	241
Les insectes corticiphages	241
• Hylobe	241
• Frelon	241
• Contrôle	242
Les insectes cambioiphages	242
• Scolytes	243
- Symptômes	243
- Cycle	244
- Impact et contrôle	248
• Autres cambioiphages	252
Les insectes xylémophages	255
• Principaux xylémophages	255
• Symptômes	257
• Impact et contrôle	259
LES INSECTES DES FRUITS ET DES GRAINES	261
• Principales espèces consommatrices de fruits et graines	261
• Symptômes	262
• Impact et contrôle	263
LES INSECTES DES RACINES	264
• Principales espèces consommatrices de racines	264
- Les insectes venant de la partie aérienne	264
- Les insectes du sol	264
• Impact et contrôle	265
Chapitre 5. L'homme, les mammifères et les oiseaux	268
L'HOMME	270
La pollution	270
• Pollutions de proximité	270
• Pollution atmosphérique à longue distance	271
• Contrôle	274
Dommmages imputables à la mécanisation	275
• Plaies d'élagage, d'abattage ou de débardage	275
• Tassements de sol	276
• Contrôle	279
Le feu et les incendies de forêts	280
• Déclenchement et impact	280
• Contrôle	284

LES GRANDS ONGULÉS	285
Une cause majeure de dommages	285
Impact et types de dégâts	286
• Effets immédiats	286
• Effets différés ou induits	288
Contrôle	289
• Équilibre sylvo-cynégétique	289
• Protections	291
LES RONGEURS	293
Les microrongeurs	293
• Microrongeurs de prairie	293
• Microrongeurs forestiers	294
• Impact et contrôle	295
Les gros rongeurs	297
• Écureuils	297
• Lièvres et lapins	298
• Rongeurs des cours d'eau	300
• Contrôle	301
LES OISEAUX	302
Pics	302
Corvidés et espèces grégaires	305

Chapitre 6. Les dépérissements	306
QU'EST-CE QU'UN DÉPÉRISSEMENT ?	308
Caractéristiques d'un dépérissement	308
Une évolution en trois phases	310
• Phase 1	310
• Phase 2	310
• Phase 3	310
CAUSES DE DÉPÉRISSEMENT	312
Inventaire des facteurs	312
Hierarchisation des facteurs	314
• Facteurs prédisposants	314
• Facteurs déclenchants	314
• Facteurs aggravants	315
SUIVI DES DÉPÉRISSEMENTS	316
Symptômes spécifiques	316
Décompte des mortalités	318
Suivi des critères de vitalité	319
GESTION DES DÉPÉRISSEMENTS	332
• Analyse du problème	332
• Décisions de gestion immédiates	332
• Bilan et conséquences sur la gestion ultérieure	333

PRINCIPAUX CAS DE DÉPÉRISSEMENTS	335
Chênes	336
Hêtre	338
Châtaignier	339
Peuplier/autres feuillus	340
Sapins	341
Épicéas	342
Pin sylvestre	343
Pin maritime	344
Douglas	345

Chapitre 7. Comment gérer la santé des forêts dans un contexte incertain ?

CHANGEMENT GLOBAL ET SANTÉ DES FORÊTS

Changement climatique

- Les faits observés, les simulations 349
 - Évolution du climat depuis 1850 349
 - Évolution du climat envisagé à l'horizon 2100 350
- Conséquences à attendre sur l'arbre et la forêt 353
 - Phénologie et croissance 353
 - Évolution des aires bioclimatiques 356
 - Causes abiotiques de dommages 357
- Conséquences sur les bioagresseurs 365
 - Évolution des insectes ravageurs 365
 - Évolution des pathogènes 367
 - Déplacement d'aires des parasites 369
 - Beaucoup d'incertitudes, quelques pistes de réflexion 372

Émergence et invasion biologique

- Les émergents 373
- Les invasifs 374
- Changement global et organismes invasifs ou émergents 376
 - En Europe, la surveillance des organismes réglementés et émergents 380
 - Quelques organismes de quarantaine forestiers retenus 380
 - Filière d'introduction 383
 - Mesures et contrôles des organismes invasifs et émergents 385

Autres composantes du changement global

- Pollutions diverses à longue distance 387
- Modifications du paysage 388
- Modifications de la gestion 389

GESTION ET SANTÉ DES FORÊTS DANS UN CONTEXTE INCERTAIN

Gestion préventive : intérêts et limites

- L'adaptation des essences à la région et à la station 392
 - À l'échelle de la région 392

- À l'échelle du paysage	393
- À l'échelle du peuplement	393
• La composition et la structure des peuplements	395
- Essences et mélanges	395
- Structure des peuplements	399
• La diversité génétique	400
- Le cadre réglementaire	400
- Avantages et risques de la sélection génétique	400
- Sélection naturelle et sylviculture	401
• Opérations sylvicoles	402
- Mode de renouvellement	402
- Contrôle de la végétation	411
- Éclaircies, dépressages et élagages	414
• Itinéraires techniques et âge d'exploitabilité	416
- Changement brutal d'itinéraire technique	416
- Âge des arbres	417
• Exploitation et récolte des bois	419
- Exploitation et modification du milieu	419
- Dommages directs liés à l'exploitation	420
• La surveillance sanitaire au niveau du gestionnaire	421
• Conclusions	421
Lutte directe ou curative	424
• La lutte mécanique	426
- Les travaux sylvicoles et d'exploitation	426
- Les barrières physiques contre l'hylobe	429
- Les filets de protection des bois exploités	429
• La lutte biologique	431
• La lutte chimique	434
- Utilisation des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle en forêt	435
- Utilisation des produits phytopharmaceutiques conventionnels en forêt	437

Chapitre 8. Symptômes et diagnostic **438**

DU SYMPTÔME AU DIAGNOSTIC **440**

Des symptômes variés 440

Un diagnostic délicat 441

CLÉS DE DIAGNOSTIC DES PRINCIPAUX AGENTS OU CAUSES DE DOMMAGES SYLVOSANITAIRES **442**

Tous résineux	444
Douglas	446
Épicéas	446
Pins	448
Sapins	450
Résineux divers	450
Tous feuillus	452
Châtaignier	454

Frêne	454
Chênes	456
Hêtre	458
Merisier	458
Peupliers	460
Feuillus divers	462

DIAGNOSTIC DES INSECTES XYLOPHAGES **464**

Détermination des principaux groupes de xylèmophages 464

Détermination des principaux scolytes cambiophages des résineux par leur réseau de galeries 465

PLANCHES DE DESSINS DE QUELQUES BIOGRESSEURS IMPORTANTS **467**

Insectes 468

SCOLYTES CAMBIOPHAGES DES FEUILLUS 468

SCOLYTES CAMBIOPHAGES DES RÉSINEUX 469

SCOLYTES XYLÈMOPHAGES (et espèces apparentées) 470

CICADELLES, PUCERONS ET COCHENILLES DES FEUILLUS 471

PUCERONS ET COCHENILLES DES RÉSINEUX 472

Champignons 473

POURRIDIEÉS RACINAIRES 473

Chapitre 9. Fiches descriptives des causes de dommages forestiers **475**

CHAMPIGNONS ET AUTRES PATHOGÈNES **478**

FICHE 1. CHAMPIGNONS PATHOGÈNES DES AIGUILLES 478

FICHE 2. MALADIE DES BANDES ROUGES 480

FICHE 3. ROUILLE SUISSE DU DOUGLAS 482

FICHE 4. CHAMPIGNONS PATHOGÈNES DES FEUILLES 484

FICHE 5. OÏDIUM DU CHÊNE 486

FICHE 6. ROUILLES FOLIAIRES DES PEUPLIERS 488

FICHE 7. SPHAEROPSIS DES PINS 490

FICHE 8. BACTÉRIOSES FORESTIÈRES 492

FICHE 9. CHALAROSE DU FRÊNE 494

FICHE 10. CHAMPIGNONS LIGNIVORES DES FEUILLUS 496

FICHE 11. CHAMPIGNONS LIGNIVORES DES RÉSINEUX 498

FICHE 12. CHAMPIGNONS PATHOGÈNES DE L'ÉCORCE DES FEUILLUS 500

FICHE 13. CHANCRE DU CHÂTAIGNIER 502

FICHE 14. CHANCRES DES RÉSINEUX 504

FICHE 15. DORGE 506

FICHE 16. GRAPHIOSE DE L'ORME et autres agents de flétrissement 508

FICHE 17. GUI 510

FICHE 18. NECTRIAS DU HÊTRE 512

FICHE 19. MORT SUBITE DU MÉLÈZE 514

FICHE 20. ROUILLE COURBEUSE 516

FICHE 21. ROUILLES VÉSICULEUSES DE L'ÉCORCE DES PINS 518

FICHE 22. ARMILLAIRES	520
FICHE 23. COLLYBIE À PIED EN FUSEAU	522
FICHE 24. FOMÈS	524
FICHE 25. PHYTOPHTHORAS	526

INSECTES RAVAGEURS

528

FICHE 26. BOMBYX DISPARATE	528
FICHE 27. CHARANÇONS PHYLLOPHAGES	530
FICHE 28. CHARANÇONS SAUTEURS OU ORCHESTES DU HÊTRE ET DES CHÊNES	532
FICHE 29. GÉOMÉTRIDES : CHEIMATOBIE, HIBERNIE...	534
FICHE 30. CHENILLES DÉFOLIATRICES DIVERSES DES FEUILLUS	536
FICHE 31. CHENILLES DÉFOLIATRICES DIVERSES DES RÉSINEUX	538
FICHE 32. CHRYSOMÈLES	540
FICHE 33. HANNETONS	542
FICHE 34. PROCESSIONNAIRE DU CHÊNE	544
FICHE 35. PROCESSIONNAIRE DU PIN	546
FICHE 36. TENTHRÈDES DES RÉSINEUX	548
FICHE 37. TORDEUSE VERTE DU CHÊNE	550
FICHE 38. PUCERONS DES FEUILLUS	552
FICHE 39. PUCERONS DES RÉSINEUX	554
FICHE 40. BUPRESTE DES BRANCHES DU CHÊNE	556
FICHE 41. AGRILES ET BUPRESTES SOUS-CORTICAUX	558
FICHE 42. CAPRICORNES XYLÈMOPHAGES	560
FICHE 43. LÉPIDOPTÈRES XYLÈMOPHAGES DES FEUILLUS	562
FICHE 44. CICADELLES	564
FICHE 45. COCHENILLES DES FEUILLUS	566
FICHE 46. COCHENILLES DES RÉSINEUX	568
FICHE 47. HYLOBE	570
FICHE 48. PISSODES DES RÉSINEUX	572
FICHE 49. PYRALES	574
FICHE 50. SCOLYTES CAMBIOPHAGES DES FEUILLUS	576
FICHE 51. SCOLYTES CAMBIOPHAGES DES RÉSINEUX	578
FICHE 52. SCOLYTES ET PLATYPES XYLÈMOPHAGES	580
FICHE 53. TORDEUSE DES POUSSÉS DU PIN	582
FICHE 54. TYPOGRAPHE	584
FICHE 55. FRELON	586
FICHE 56. SIREX	588

AUTRES CAUSES DE DOMMAGES

590

FICHE 57. GRANDS ONGULÉS, LAPINS, LIÈVRES	590
FICHE 58. RONGEURS FORESTIERS	592
FICHE 59. CAUSES ABIOTIQUES	594
FICHE 60. DÉPÉRISSEMENTS	596
FICHE 61. COLORATIONS DU BOIS	598
FICHE 62. DÉFAUTS DU BOIS	600
FICHE 63. ORGANISMES DE QUARANTAINE OU ÉMERGENTS	602

Glossaire	604
Acronymes et sigles	615
Index des noms d'espèces français-latin	616
Index des noms d'espèces latin-français	625
Pour en savoir plus...	634
Sitographie	638