

Sommaire

MODE D'EMPLOI DU MANUEL	20
PRÉAMBULE : PETITE HISTOIRE DE LA SANTÉ DES FORÊTS	22
Les âges farouches	22
• Le hannetonnage	22
• Des chenilles et des hommes	23
Les grands ancêtres	24
Les problèmes phytosanitaires forestiers des dernières décennies en France	25
Des méthodes qui évoluent	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	31

LES PERTURBATIONS, MOTEUR DU FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES

32

Les cycles sylvigénétiques	32
Les types de perturbations	33
- Perturbations « externes »	33
- Perturbations « internes »	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	42
• Qui mange qui ? Une terminologie abondante et des interactions complexes	44
- Les phytophages : consommateurs de végétaux vivants	45
- Les prédateurs : consommateurs d'animaux vivants	45
- Les parasites au sens strict : organismes « fixés » consommateurs de végétaux ou d'animaux vivants	47
- Les saprophages et les saprophytes : consommateurs de végétaux morts	49
• Entraide et protection	50
- Des associations utiles	50
- Les mécanismes de défense de l'arbre	50

L'arbre et l'homme	52
- Un espace forestier fortement transformé	52
- Des peuplements marqués par la gestion	53
LE GESTIONNAIRE ET LES AGENTS DE DOMMAGES FORESTIERS	54
Les agents de dommages : pathogènes et ravageurs...	54
- Classification des agents de dommages	54
- Principaux agents de dommages forestiers en France	54
Les conséquences des dommages pour le forestier	56
• Les grands types de dommages	56
• Des dommages à relativiser	56
- Un problème d'échelle et de seuil de tolérance	56
- Un problème de rentabilité sur le long terme	58
• Une stratégie surtout préventive	58
Le suivi de la santé des forêts	60
• Où et quand observer ?	60
- Déclaration et enregistrement de dommages localisés	60
- Réseaux d'observation	60
• Qu'observer et comment ?	61
- Les symptômes	61
- Déficit foliaire et coloration anormale	61
- Autres indicateurs synthétiques de vitalité	62
- Paramètres physiologiques	63
- Mesures d'accroissements et dendrochronologie	64
Chapitre 2. Les causes abiotiques de dommages	66
UN ÉQUILIBRE INSTABLE ENTRE L'ARBRE ET SON MILIEU PHYSIQUE	68
L'ALIMENTATION EN EAU	72
Lorsque l'eau vient à manquer : la sécheresse	72
• Symptômes et réaction de l'arbre à la sécheresse	72
• Impact de la sécheresse	74
- Effets immédiats	74
- Effets différés ou induits	77
• Contrôle des effets de la sécheresse	80
Lorsque l'eau est en excès	80
• Origine des excès d'eau	80
• Contrôle des excès d'eau	81
LES EXTRÊMES DE TEMPÉRATURE	82
Chaleurs et canicules	82
• Canicules estivales	82
• Chaleurs d'automne, d'hiver et de printemps	84

• Contrôle des effets de la chaleur	85
Froids et gelées	85
• Grands froids	85
• Gelées	87
- Gelées d'automne, ou gelées précoces	87
- Gelées de printemps, ou gelées tardives	88
• 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	94
- 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 autres pathogènes	123
- Organismes fongiformes	123
- Bactéries	123
- Phytoplasmes	124
- Virus	125
- Nématodes	125
- Plantes parasites	126
Le cycle parasitaire de base	127
• Conservation	127
• Infection	128
• La relation parasitaire	128
- Pouvoir pathogène de l'agresseur	128
- Résistance de l'hôte	129
• Incubation et premiers symptômes	130
• Dissémination des spores	131
- Dispersion par la pluie et le vent	131
- Dispersion par les animaux	131
- L'homme et la dispersion des spores	132
• De l'arbre contaminé à la forêt	132
LES MALADIES DES FEUILLES ET DES POUSES	134
Principales maladies foliaires en France	134
Symptômes	135
• Symptômes sur feuilles	135
- Champignons biotrophes	135
- Champignons nécrotrophes	135
• Symptômes sur pousses	136
- Champignons biotrophes	136
- Champignons nécrotrophes	138
Cycles des pathogènes foliaires	138
- Cycle de type I	138
- Cycle de type II	140
- Cycle de type III	141
- Cycle de type IV : les rouilles	142
Facteurs favorables aux maladies foliaires	143
- Conditions climatiques	143
- Essences concernées	144
Impact et contrôle des maladies foliaires	144
• Impact	144
- Pertes de croissance	144
- Affaiblissement	146
• Contrôle	146

LES MALADIES DU TRONC ET DES BRANCHES

148

Les maladies corticales	148
• Principales maladies corticales en France	148
• Symptômes	150
• Cycles des pathogènes corticaux	152
- Cycle des ascomycètes corticaux	152
- Cycle des rouilles corticales	153
- Cycle des bactéries corticales	154
• Facteurs favorables aux maladies corticales	154
• Impact et contrôle des maladies corticales	154
- Impact des parasites corticaux indifférents	154
- Impact des parasites corticaux de faiblesse	156
- Contrôle	156
Les maladies vasculaires	157
• Graphioses de l'orme	157
- Deux épidémies successives	157
- Cycle des graphioses	158
- Contrôle	159
• Autres maladies vasculaires	160
• La chararose du frêne : une maladie vasculaire présumée	161
Les altérations fongiques du bois	163
• Principaux agents d'altérations des arbres sur pied en France	163
- Colorations du bois	163
- Échauffures et pourritures des arbres sur pied	165
• Cycle des agents d'altération	167
- Infection des arbres sur pied	167
- Réactions de l'arbre	169
- Fructification	170
• Impact et contrôle des principaux agents d'altération en forêt	170
- Impact	170
- Contrôle	172

LES MALADIES RACINAIRES

174

Les pourridiés, maladies des grosses racines	174
• Principaux pourridiés en France	174
- Pourridiés indifférents	175
- Pourridiés de faiblesse	175
- Pourridiés technologiques	175
• Cycle des pourridiés	177
- Infection	177
- Colonisation	178
- Fructification	178
• Impact et contrôle des pourridiés	179
- Impact	179
- Contrôle	179
Les phytophthoras, agents de nécrose des racines fines	180
• Une diversité mal connue et en pleine évolution	180
• Symptômes	182

• Cycle des phytophthoras	182
• Impact et contrôle des phytophthoras	183
- Impact	183
- Contrôle	183

LES MALADIES DES GRAINES ET DES SEMIS **184**

Maladies des graines	184
Fonte des semis	184
Maladies des plants	185

Chapitre 4. Les insectes ravageurs **186**

UN MONDE FOISONNANT **188**

Qu'est ce qu'un insecte ?	188
- D'abord compter les pattes...	188
- ...puis regarder les ailes	189
- Un problème de dénombrement	192
- Une omniprésence dans l'écosystème forestier	192

De l'individu à la population

• Une vie bien compliquée	193
• Une densité de population très fluctuante	195
- Variation des populations au cours d'un cycle	195
- Variation des populations entre générations	196

Un régime alimentaire diversifié

- Phytophages	198
- Entomophages	199
- Saprophages	199

La stratégie des ravageurs

• Un palmarès conséquent	202
- Impact des ravageurs	202
- Importance économique des ravageurs	204
• La colonisation d'un arbre : réussites et échecs	205
- Préférences alimentaires de l'insecte	205
- Vitalité de l'arbre attaqué	205
- En résumé...	208

LES INSECTES DES FEUILLES ET DES AIGUILLES **210**

Les phyllophages

• Principaux défoliateurs et essences attaquées	210
- Espèces incriminées	210
- Essences attaquées	214
• Symptômes	216
- À l'échelle de la feuille	216
- À l'échelle de l'arbre	216
• Cycles et évolution des populations	218
• Impact	219

- Conséquences physiologiques	220
- Pertes de croissance	221
- Impact sur la fructification et la régénération	221
- Mortalités et dépérissements	222
- Impact sur la santé humaine	224
• Contrôle	225
- Motivations	225
- Évaluation des populations	225
- Règles d'intervention	228
Les pucerons, principaux piqueurs-suceurs des feuilles	229
- Espèces incriminées et essences attaquées	229
- Symptômes	230
- Cycle	231
- Impact et contrôle	232
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	242
- Contrôle	242
Les insectes cambiphages	243
• Scolytes	243
- Symptômes	243
- Cycle	244
- Impact et contrôle	248
• Autres cambiphages	253
Les insectes xylémophages	255
- Principaux xylémophages	255
- Symptômes	258
- 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
- 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 275

Dommages imputables à la mécanisation

275

- Plaies d'élagage, d'abattage ou de débardage 276
- Tassements de sol 277
- Contrôle 278

Le feu et les incendies de forêts

278

- Déclenchement et impact 278
- Contrôle 282

LES GRANDS ONGULÉS

283

Une cause majeure de dommages

283

Impact et types de dégâts

284

- Effets immédiats 284
- Effets différés ou induits 286

Contrôle

287

- Équilibre sylvo-cynégétique 287
- Protections 287

LES RONGEURS

290

Les microrongeurs

290

- Microrongeurs de prairie 290
- Microrongeurs forestiers 291
- Impact et contrôle 292

Les gros rongeurs

294

- Écureuils 294
- Lièvres et lapins 296
- Rongeurs des cours d'eau 298
- Contrôle 299

LES OISEAUX

300

Pics

300

Corvidés et espèces grégaires

303

Chapitre 6. Les dépérissements

304

QU'EST-CE QU'UN DÉPÉRISSEMENT ?

306

Caractéristiques d'un dépérissement

306

Une évolution en trois phases

309

- Phase 1

309

- Phase 2

309

- Phase 3

309

SUIVI DES DÉPÉRISSEMENTS

311

Symptômes spécifiques

311

Décompte des mortalités

313

Suivi des critères de vitalité

314

CAUSES DE DÉPÉRISSEMENT

318

Inventaire des facteurs

318

Hiérarchisation des facteurs

320

- Facteurs prédisposants

320

- Facteurs déclenchants

320

- Facteurs aggravants

321

GESTION DES DÉPÉRISSEMENTS

322

- Analyse du problème

322

- Décisions de gestion immédiates

322

- Bilan et conséquences sur la gestion ultérieure

323

EXEMPLES DE DÉPÉRISSEMENTS

325

Dépérissements du chêne pédonculé

325

- Historique et première approche

325

- Autres cas

326

Dépérissements du sapin dans les Vosges

328

au début des années 1980

328

- Historique et première approche

328

- Deux variantes

328

Dépérissements du hêtre

330

- Historique et première approche

330

- Autres cas

330

Quelques autres exemples de dépérissements

332

Des dépérissements qui n'en sont pas

334

- Maladie de l'orme

334

- Maladie ardennaise du hêtre

335

- Maladie de l'aulne

336

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

338

GESTION ET SANTÉ DES FORÊTS AUJOURD'HUI

340

Gestion préventive : intérêts et limites

340

- Caractéristiques du site 340
 - À l'échelle de la région 341
 - À l'échelle du paysage 341
 - À l'échelle du peuplement 342
- Préparation du site 343
 - Souches et rémanents 343
 - Fertilisation, amendement et travail du sol 345
- Diversités inter et intra spécifiques 346
 - Essences et mélanges 346
 - Matériel génétique 349
- Régénération et structure des peuplements 351
 - Mode de renouvellement 352
 - Structure des peuplements 357
- Contrôle de la végétation 358
 - Intérêt de l'élimination de la végétation concurrente 358
 - Intérêt du maintien d'une végétation accompagnatrice 359
- Éclaircies et élagages 360
 - Intérêt des éclaircies et élagages 360
 - Risques liés aux éclaircies et élagages 362
- Itinéraires techniques et âge d'exploitabilité 362
 - Changement brutal d'itinéraire technique 362
 - Âge des arbres 364
- Exploitation et récolte des bois 367
 - Exploitation et modification du milieu 367
 - Dommages directs liés à l'exploitation 367
- Conclusions 368

Lutte directe

370

- Lutte mécanique 370
- Lutte biologique 372
- Lutte chimique 373
 - Phéromones 373
 - Bacille de Thuringe 374
 - Molécules chimiques 375

CHANGEMENTS GLOBAUX : DES QUESTIONS SUR L'AVENIR

377

Changement climatique

377

- Les faits observés, les simulations 377
 - Évolution du climat depuis un siècle 377
 - Évolution du climat envisagée pour le siècle prochain 378
- Conséquences à attendre sur l'arbre et la forêt 380
 - Phénologie et croissance 380
 - Évolution des aires bioclimatiques 381
 - Causes abiotiques de dommages 383

• Conséquences sur les parasites	385
- Évolution des insectes ravageurs	386
- Évolution des pathogènes	388
- Déplacement d'aires des parasites	390
- Beaucoup d'incertitudes, quelques pistes de réflexion	392
Introduction de nouveaux parasites	393
• Parasites déjà introduits et facteurs de dispersion	394
• Filières d'introduction	396
• Principaux organismes de quarantaine forestiers	398
• Mesures spécifiques et contrôle des organismes de quarantaine	401
- Mesures réglementaires	401
- Contrôles et limites à la circulation des produits	402
Autres changements globaux	404
• Pollutions diverses à longue distance	404
• Modification du paysage	405
• Modifications de la gestion	406
Résumé des évolutions attendues	408
LA SURVEILLANCE DE LA SANTÉ DES FORÊTS EN FRANCE	410
Historique	410
Le Département de la santé des forêts	411
• Organisation	411
• Missions	412
• Recueil de l'information	413
• Stratégies mises en œuvre	415
Quelques résultats de vingt ans d'observation	416
- Les craintes d'un dépérissement généralisé des forêts ne se sont pas concrétisées	416
- Les tempêtes, première cause de dommages toutes catégories	417
- Hiérarchisation des autres causes de dommages	417
- Les dix causes de dommages les plus importantes	418
- Les dommages évoluent dans l'espace et dans le temps	419
- De nouveaux parasites apparaissent, d'autres progressent	419
- Prémices d'une évolution au sud ?	421

Chapitre 8. Symptômes et diagnostic

422

DU SYMPTÔME AU DIAGNOSTIC

424

Des symptômes variés

424

Un diagnostic délicat

425

CLÉS DE DIAGNOSTIC DES PRINCIPAUX AGENTS OU CAUSES DE DOMMAGES SYLVOSANITAIRES

426

Tous résineux

428

Douglas

430

Épicéas

430

Pins

432

Sapins

434

Résineux divers

434

Tous feuillus

436

Châtaignier

438

Frêne

438

Chênes

440

Hêtre

442

Merisier

442

Peupliers

444

Feuillus divers

446

DIAGNOSTIC DES INSECTES XYLOPHAGES

448

Détermination des principaux groupes de xylémophages

448

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

449

PLANCHES DE DESSINS DE QUELQUES PARASITES PRINCIPAUX

451

Insectes

451

SCOLYTES CAMBIOPHAGES DES FEUILLUS

452

SCOLYTES CAMBIOPHAGES DES RÉSINEUX

453

SCOLYTES XYLÉMOPHAGES (et espèces apparentées)

454

CICADELLES, PUCERONS ET COCHENILLES DES FEUILLUS

455

PUCERONS ET COCHENILLES DES RÉSINEUX

456

Champignons

457

POURRIDIEÉS RACINAIRES

457

Chapitre 9. Fiches descriptives des causes de dommages forestiers

458

CHAMPIGNONS ET AUTRES PATHOGÈNES

462

FICHE 1. CHAMPIGNONS PATHOGÈNES DES AIGUILLES	462
FICHE 2. CHAMPIGNONS PATHOGÈNES DES FEUILLES	464
FICHE 3. ROUILLES FOLIAIRES DES PEUPLIERS	466
FICHE 4. SPHAEROPSIS DES PINS	468
FICHE 5. BACTÉRIOSES FORESTIÈRES	470
FICHE 6. CHAMPIGNONS LIGNIVORES DES FEUILLUS	472
FICHE 7. CHAMPIGNONS LIGNIVORES DES RÉSINEUX	474
FICHE 8. CHAMPIGNONS PATHOGÈNES DE L'ÉCORCE DES FEUILLUS	476
FICHE 9. CHANCRE DU CHÂTAIGNIER	478
FICHE 10. CHANCRES DES RÉSINEUX	480
FICHE 11. DORGE	482
FICHE 12. GRAPHIOSE DE L'ORME ET AUTRES AGENTS DE FLÉTRISSEMENT	484
FICHE 13. GUI	486
FICHE 14. NECTRIAS DU HÊTRE	488
FICHE 15. ROUILLE COURBEUSE	490
FICHE 16. ROUILLES VÉSICULEUSES DE L'ÉCORCE DES PINS	492
FICHE 17. ARMILLAIRES	494
FICHE 18. COLLYBIE À PIED EN FUSEAU	496
FICHE 19. FOMÈS	498
FICHE 20. PHYTOPHORAS	500

INSECTES RAVAGEURS

502

FICHE 21. BOMBYX DISPARATE	502
FICHE 22. CHARANÇONS PHYLLOPHAGES	504
FICHE 23. CHARANÇONS SAUTEURS OU ORCHESTES DU HÊTRE ET DES CHÊNES	506
FICHE 24. CHEIMATOBIE ET AUTRES GÉOMÉTRIDES	508
FICHE 25. CHENILLES DÉFOLIATRICES DIVERSES DES FEUILLUS	510
FICHE 26. CHENILLES DÉFOLIATRICES DIVERSES DES RÉSINEUX	512
FICHE 27. CHRYSOMÈLES	514
FICHE 28. HANNETONS	516
FICHE 29. PROCESSIONNAIRE DU CHÊNE	518
FICHE 30. PROCESSIONNAIRE DU PIN	520
FICHE 31. TENTHRÈDES DES RÉSINEUX	522
FICHE 32. TORDEUSE VERTE DU CHÊNE	524
FICHE 33. PUCERONS DES FEUILLUS	526
FICHE 34. PUCERONS DES RÉSINEUX	528
FICHE 35. AGRILES	530

FICHE 36. CAPRICORNES XYLÈMOPHAGES	532
FICHE 37. LÉPIDOPTÈRES XYLÈMOPHAGES DES FEUILLUS	534
FICHE 38. CICADELLES	536
FICHE 39. COCHENILLES DES FEUILLUS	538
FICHE 40. COCHENILLES DES RÉSINEUX	540
FICHE 41. HYLOBE	542
FICHE 42. PISSODES DES RÉSINEUX	544
FICHE 43. PYRALE DU TRONC	546
FICHE 44. SCOLYTES CAMBIOPHAGES DES FEUILLUS	548
FICHE 45. SCOLYTES CAMBIOPHAGES DES RÉSINEUX	550
FICHE 46. SCOLYTES XYLÈMOPHAGES	552
FICHE 47. TORDEUSE DES POUSSÉS DU PIN	554
FICHE 48. TYPOGRAPHE	556
FICHE 49. FRELON	558
FICHE 50. SIREX	560

AUTRES CAUSES DE DOMMAGES **562**

FICHE 51. GRANDS ONGULÉS, LAPINS, LIÈVRES	562
FICHE 52. RONGEURS FORESTIERS	564
FICHE 53. CAUSES ABIOTIQUES	566
FICHE 54. DÉPÉRISSEMENTS	568
FICHE 55. COLORATIONS DU BOIS	570
FICHE 56. DIVERS DÉFAUTS DU BOIS	572
FICHE 57. ORGANISMES ENVAHISSANTS	574

Glossaire **576**

Index des noms d'espèces français/latin **586**

Index des noms d'espèces latin/français **595**

Pour en savoir plus... **604**