

INVASION ET EXPANSION D'INSECTES BIOAGRESSEURS FORESTIERS

Quels risques pour la forêt française
dans le contexte des changements globaux ?

C. Robinet, F.-X. Saintonge, X. Tassus, S. Brault, coord.



Invasion et expansion d'insectes bioagresseurs forestiers

Quels risques pour la forêt française
dans le contexte des changements globaux ?

Christelle Robinet, François-Xavier Saintonge,
Xavier Tassus, Stéphane Brault, coordinateurs

Éditions Quæ

Collection Synthèses

Agriculture et changement climatique Impacts, adaptation et atténuation

Debaeke P., Graveline N., Lacor B.,
Pellerin S., Renaudeau D.,
Sauquet É., coord.
2025, 398 p.

Les mycotoxines

Connaissances actuelles et futurs enjeux

Oswald I., Forget F., Puel O., coord.
2024, 272 p.

Towards pesticide-free agriculture Research and innovations

in a future crop protection paradigm

Jacquet F., Jeuffroy M.-H., Jouan J.,
Latruffe L., Le Cadre E., Malausa T.,
Reboud X., Huyghe C., coord.
2024, 224 p.

Épigénétique

Mécanismes moléculaires, biologie du développement et réponses à l'environnement

Jammes H., Boudry P., Maury S., coord.
2024, 194 p.

Pour citer cet ouvrage :

Robinet C., Saintonge F.-X., Tassus X., Brault S., coord., 2025. *Invasion et expansion d'insectes bioagresseurs forestiers. Quels risques pour la forêt française dans le contexte des changements globaux ?*, Versailles, éditions Quæ, 312 p., <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4012-8>

L'édition de cet ouvrage a bénéficié du soutien financier du Département de la santé des forêts (DSF) du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, de la Direction pour la science ouverte (DipSO), des départements ECODIV et SPE, et du métaprogramme XRisques d'INRAE, ainsi que du laboratoire de Physiologie, écologie et environnement de l'université d'Orléans et du RTR EntomoCentre.

Les versions numériques de cet ouvrage sont diffusées sous licence CC-by-NC-ND 4.0.

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex
www.quae.com – www.quae-open.com

© Éditions Quæ, 2025

ISBN papier : 978-2-7592-4047-0
ISBN epub : 978-2-7592-4049-4

ISBN PDF : 978-2-7592-4048-7
ISSN : 1777-4624

Sommaire

Préface	7
<i>Catherine Bastien</i>	
Préface	9
<i>Maud Faipoux</i>	
Introduction	11
<i>Christelle Robinet, François-Xavier Saintonge, Xavier Tassus, Stéphane Brault</i>	
De quelles espèces parlons-nous ?	12
De quoi parlons-nous plus précisément ?	12
À quel territoire nous intéressons-nous ?	13

PARTIE I

INVASIONS ET EXPANSIONS : CONTEXTE, FACTEURS IMPLIQUÉS ET IMPACTS

Chapitre 1. Invasions et expansions : contexte	16
<i>Stéphane Brault, François-Xavier Saintonge, Philippe Ponel</i>	
La forêt en France	16
Des changements observés lors du dernier cycle climatique	20
Chapitre 2. Invasions et expansions : facteurs impliqués et impacts	27
<i>Xavier Tassus, Thomas Boivin, Nathalie Derrière, Marie Grosdidier, Jean-Marc Henin, Claude Husson, Jean Jouzel, Jérôme Jullien, Serge Planton David Renault, Anna Turbelin</i>	
Climat de la France : évolution récente et projection dans le futur	27
Évolution des flux de marchandises en bois	34
Changement dans les compositions et les structures forestières	40
Rôle de la connectivité dans la circulation des insectes ravageurs	46
Les insectes, contributeurs de l'invasion d'agents pathogènes forestiers	51
Impacts des bioagresseurs forestiers exotiques	55

PARTIE II

CAS D'ÉTUDE D'EXPANSIONS LIÉES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Chapitre 3. Déplacement de la processionnaire du pin, <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	62
<i>Christelle Robinet, Andrea Battisti, Mohamed Habib Ben Jamâa, Asma Bourougaaoui, Bernard Boutte, Emmanuel Gachet, Émeline Hily, Mathieu Laparie, Jérôme Rousselet, Sandra Sinno-Tellier</i>	
La processionnaire du pin	62
Déplacement de l'aire de distribution et changement climatique	65
Analyse du risque sanitaire	69

Chapitre 4. Pullulations de coléoptères xylophages	74
<i>Jean-Claude Grégoire, Stéphane Brault, Aurélien Sallé</i>	
Les coléoptères xylophages	74
Pullulations de scolytes	75
Agriles et xylomycétophages du chêne	78
Exemple de gestion d'une crise sanitaire en forêt publique	82
Chapitre 5. Déplacements dans l'arc alpin de la tordeuse grise du mélèze	87
<i>Alain Roques</i>	
Un modèle quasi parfait de dégâts cycliques durant les siècles précédents	87
La coïncidence entre éclosion des œufs et débourrement végétatif du mélèze, un facteur clé	91
L'effondrement des pullulations dans l'étage subalpin depuis le début des années 1980	92
Une meilleure coïncidence phénologique éclosion-débourrement à plus haute altitude ...	93

PARTIE III CAS D'ÉTUDE D'INVASIONS

EN LIEN AVEC L'INTENSIFICATION DES ÉCHANGES COMMERCIAUX

Chapitre 6. La pyrale du buis : un ravageur envahissant passant du jardin à la forêt	96
<i>Audrey Bras, Marie-Anne Auger-Rozenberg, Marc Kenis, Élisabeth Tabone</i>	
Une invasion fulgurante	96
Une menace pour le buis	100
Biocontrôle de la pyrale du buis	102
Chapitre 7. L'association entre le nématode du pin invasif et un insecte local menace les forêts françaises	108
<i>Xavier Tassus, Marie Grosdidier, Hoël Hotte, Hervé Jactel, Emmanuel Kersaudy, Nicolas Mariette, Christelle Robinet, Géraldine Roux</i>	
<i>Monochamus galloprovincialis</i> : insecte vecteur du nématode du pin en Europe	108
Estimation de l'invasion potentielle du nématode du pin en France	113
Surveillance et gestion du nématode du pin en France	118
Chapitre 8. L'agrile asiatique du frêne aux portes de l'Europe	125
<i>Jean-Claude Streito, Raphaëlle Mouttet, Pascal Rousse, Jean-Pierre Rossi</i>	
Origine, distribution et biologie	125
Le frêne en France	127
Risque d'entrée en France	128
Risque d'établissement en France	129
Risque de dissémination	131
Dégâts et autres impacts en cas d'établissement	132
Conclusion	133

PARTIE IV RÔLE DU CHANGEMENT D'ESSENCES DANS LE DÉPLACEMENT D'INSECTES BIOAGRESSEURS FORESTIERS

Chapitre 9. Évolution de la gamme d'essences exotiques forestières et ses répercussions ...	136
<i>François-Xavier Saintonge, Philippe Riou-Nivert, Alain Roques</i>	
Les introductions d'essences exotiques en forêt française	136
Les arbres exotiques favorisent-ils l'arrivée d'insectes invasifs ?	140
Conclusions et perspectives	144

Chapitre 10. Puceron lanigère du peuplier	145
<i>Aurélien Sallé, Éric Paillassa</i>	
Le puceron lanigère : un ravageur atypique.....	145
Des dégâts émergents liés aux changements climatiques et à la gestion sylvicole	147
La gestion de la crise : au début, plutôt du curatif.....	148
... Puis passage au préventif.....	149
Impact économique de la crise du puceron lanigère	150
Chapitre 11. Retour d'expérience du Douglas	152
<i>François-Xavier Saintonge, Marie-Anne Auger-Rozenberg, Bernard Boutte, Béatrice Courtial, Jérôme Gaudry, Morgane Goudet, Philippe Riou-Nivert</i>	
Historique de l'introduction du Douglas en France	152
Les problèmes entomologiques du Douglas en France	156
La cécidomyie du Douglas en France.....	158
Les autres insectes bioagresseurs dans l'aire du Douglas	164
Chapitre 12. Ravageurs sur eucalyptus	167
<i>François-Xavier Saintonge, Alain Bailly, Mohamed Habib Ben Jamâa, Manuela Branco, Samir Dhahri, Alain Roques</i>	
Les eucalyptus en France métropolitaine	167
Ravageurs invasifs de l'eucalyptus au Portugal.....	169
Ravageurs invasifs de l'eucalyptus en Tunisie.....	172
Ravageurs invasifs de l'eucalyptus déjà présents en France	175
 PARTIE V APPROCHES GÉNÉRIQUES POUR LA SURVEILLANCE, L'ÉVALUATION DES RISQUES ET LA GESTION 	
Chapitre 13. Comment quantifier et expliquer les aires de distribution et leurs expansions ?	182
<i>Christelle Robinet, Thierry Belouard, Anne-Sophie Brinquin, Morgane Goudet, Frédéric Huard, Hervé Jactel, Raphael Leblois, Jérôme Rousselet</i>	
Méthodes de cartographie	182
Évaluer les capacités de vol des insectes forestiers.....	195
Caractériser la dispersion à partir de données génétiques.....	198
Mesurer la température.....	200
Chapitre 14. Surveillance des espèces exotiques envahissantes et contrôle aux frontières	203
<i>Morgane Goudet, Alain Roques</i>	
Espèces exotiques envahissantes et surveillance officielle en forêt.....	203
Les étapes d'un dispositif de détection des xylophages exotiques dans les ports d'entrée en France	212
Chapitre 15. Approches en développement : prospectives sur la détection précoce	220
<i>Alain Roques, Christophe Bouget, Maxime Galan, Raphaëlle Mouttet, Guilhem Parmain, Jean-Claude Streito</i>	
Les plantations sentinelles, un outil pour identifier les envahisseurs potentiels préalablement à leur arrivée	220
Metabarcoding	226
L'intelligence artificielle pour l'identification sur photo	230

Chapitre 16. Modélisation des capacités d'invasion et d'expansion de bioagresseurs forestiers	234
<i>Christelle Robinet, Clément Bourgade, Samuel Soubeyrand, Christelle Suppo</i>	
Modèle décrivant la probabilité d'arrivée d'un bioagresseur forestier	234
Modèles de distribution d'espèces et modèles de dispersion.....	237
Modèle d'expansion d'un bioagresseur forestier en lien avec le changement climatique.....	239
Approche prospective : la phénologie pour moduler l'expansion dans les modèles	241
Chapitre 17. Méthodes génériques de lutte	245
<i>Aurélien Sallé, Anne-Sophie Brinquin, Jean-Claude Grégoire, Hervé Jactel, Marc Kenis</i>	
Résistance des arbres	245
Biodiversité et résistance des forêts aux insectes ravageurs	248
Coupes sanitaires : réglementation, risques et pertinence?.....	250
Lutte biologique en forêt.....	253
D'autres méthodes de biocontrôle en forêt	256

PARTIE VI CONCLUSIONS

Chapitre 18. Vers des études multirisques incluant les bioagresseurs	262
<i>Marielle Brunette, Hervé Jactel, Éric Rigolot</i>	
Cadre conceptuel des invasions et des extensions des insectes bioagresseurs	262
Multirisque et bioagresseurs forestiers	263
Multirisque dans le contexte des invasions	266
Lutte contre les insectes forestiers exotiques ou émergents dans le contexte du multirisque	267
Conclusion.....	268
Chapitre 19. Synthèse de l'ouvrage	269
<i>Christelle Robinet, François-Xavier Saintonge, Xavier Tassus, Stéphane Brault</i>	
Les insectes forestiers dans le contexte de l'évolution de la forêt en France métropolitaine	269
Les insectes forestiers ravageurs et les facteurs impliqués dans leur déplacement.....	270
Un éventail de méthodes de surveillance, de gestion et de lutte sans cesse en développement.....	270
Une approche intégrée pour mieux contrôler les insectes forestiers ravageurs	271
Conclusion.....	273
Références bibliographiques	275
Liste des auteurs	307

Préface

Les forêts en France métropolitaine, à l'instar de nombreuses forêts tempérées mondiales, sont exposées à différents aléas abiotiques tels que les incendies, les sécheresses et les tempêtes, mais aussi à des bioagresseurs tels que les pathogènes et les insectes ravageurs. Sur les trente dernières années, ces perturbations augmentent en fréquence et en intensité. Malgré la perception d'une certaine stabilité, ces forêts sont en évolution, notamment dans le contexte de leur réponse et de leur adaptation au changement climatique, et de manière plus générale aux changements globaux. Préserver la santé des forêts est donc crucial pour garantir le maintien des différents services offerts, qu'ils concernent la production de bois, le stockage de carbone ou le maintien de la biodiversité.

Répondre aux enjeux environnementaux et accompagner les transitions sont au cœur des missions d'INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement). Le département scientifique ECODIV (Écologie et Biodiversité) s'intéresse aux milieux semi-naturels sous gestion, parmi lesquels les forêts, dans le but de produire des connaissances sur la structure, le fonctionnement et l'évolution de ces écosystèmes. Les travaux de recherche conduits sur les forêts permettent de proposer et de construire, avec les acteurs publics et privés, des stratégies de gestion visant à augmenter la résilience des forêts et à favoriser leur adaptation aux changements globaux. La gestion des risques est ainsi devenue une composante majeure de la gestion adaptative des forêts françaises.

La dynamique des populations d'insectes forestiers ravageurs est étudiée à INRAE, et auparavant à l'Inra, de très longue date. Nous produisons des connaissances spécifiques aux ravageurs à fort impact économique, mais aussi des connaissances génériques qui peuvent *in fine* soutenir l'aide à la décision auprès des gestionnaires. À cette fin, il nous est important de conduire des recherches bien en amont de l'apparition des premiers symptômes ou impacts, de caractériser les processus biologiques et écologiques à l'origine de l'expansion des populations de ravageurs et d'identifier les leviers de gestion forestière permettant de freiner et de limiter spatialement ces expansions.

Le changement climatique, les changements d'essences et l'intensification du commerce international sont les principales causes du déplacement d'insectes ravageurs déjà présents sur notre territoire, mais aussi de l'arrivée suivie de l'établissement et de la propagation d'espèces exotiques dont le potentiel de dégâts est encore mal connu. Ces expansions et ces invasions d'insectes forestiers ravageurs fragilisent la santé des arbres et peuvent mettre en péril le devenir de certains peuplements et écosystèmes forestiers.

Fondé sur des cas d'études bien documentés, cet ouvrage de synthèse met en lumière différentes facettes de ces mécanismes d'invasion et d'expansion d'insectes forestiers

ravageurs : expansion géographique de ravageurs, déplacement des aires de pullulations et invasions biologiques d'insectes exotiques. Il montre qu'un travail collaboratif mobilisant l'expertise de différents partenaires permet d'identifier des solutions à combiner pour protéger au mieux la santé des forêts. Il offre aussi des perspectives originales en matière de surveillance et de gestion. Il souligne notamment l'intérêt de nouvelles approches telles que les plantations sentinelles, la mobilisation de la télédétection dans la surveillance des dégâts en forêt ou l'usage de l'intelligence artificielle dans l'identification des insectes. C'est en couplant plusieurs méthodes de surveillance et de gestion, tout en anticipant au maximum ces déplacements d'insectes, que l'on pourra protéger plus efficacement les arbres des attaques d'insectes ravageurs actuels ou à venir. Dans ce monde changeant, cet ouvrage permet de communiquer les avancées scientifiques et méthodologiques à un large public francophone, et donne ainsi un élan d'espoir aux prochaines générations. Il n'aurait pas vu le jour sans l'expertise et l'engagement de l'ensemble de ses contributeurs, à qui j'adresse mes plus sincères remerciements.

Catherine Bastien
Cheffe du département ECODIV d'INRAE

Préface

De manière désormais flagrante, la compréhension et la gestion des changements globaux constituent le défi majeur auquel les forestiers français vont devoir faire face au cours du XXI^e siècle.

Si, avec les sécheresses et les canicules de ces dernières années, le volet climatique de ces bouleversements est devenu central pour la gestion forestière, avec un large relais dans les médias, il ne faut pas pour autant négliger l'autre grande menace, portée par la globalisation : l'introduction accidentelle, l'acclimatation et la prolifération de nouveaux bioagresseurs. Parmi ceux-ci, les insectes ont déjà montré leur dangerosité : la cochenille du pin maritime au sud-est de la France, dans les années 1960, ou la pyrale du buis, dans les années 2010, ont, en l'espace de quelques années, fait quasiment disparaître de certains paysages leurs essences hôtes.

Nous sommes dorénavant dans un contexte d'introductions croissantes d'organismes exotiques dont la dynamique est étroitement liée à l'amplification des échanges commerciaux internationaux, et en particulier ceux des végétaux de production ou d'ornement.

Les évolutions du climat, outre leurs conséquences directes sur les forêts, sont également susceptibles de stimuler le développement d'insectes déjà présents dans certaines de nos régions vers de nouveaux territoires où ils restaient inconnus : la progression de la processionnaire du pin dans les plaines du nord de la France ou de la tordeuse grise du mélèze vers les sommets alpins témoigne de ces nouvelles dynamiques.

Face à la multiplication de ces risques, l'Union européenne s'est dotée d'un cadre réglementaire rénové en 2016, le règlement «santé des végétaux», qui structure la surveillance et les mesures de prévention et de lutte dans tous les États membres et aux frontières. L'adoption de cette réglementation a constitué une étape importante dans le renforcement des mesures phytosanitaires, notamment sur les végétaux ou les produits bois à haut risque, et la responsabilisation des opérateurs professionnels, avec la généralisation du passeport phytosanitaire pour tous les végétaux destinés à la plantation et pour certaines semences. Pour aller plus loin encore, des méthodes innovantes de détection et d'identification des organismes émergents et des analyses de risque permettent de se préparer à agir avant même qu'ils ne soient listés et réglementés.

Mais, à mesure que les menaces se multiplient, nos outils et méthodes se renforcent également. Au sein de la Direction générale de l'alimentation du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, le Département de la santé des forêts assure le lien entre gestionnaires forestiers et scientifiques dans un continuum forêt-arboriculture-espaces arborés en ville. Fort de ses experts et de son réseau de correspondants-observateurs répartis sur tout le territoire, le Département de la santé des forêts veille, évalue, mesure, compare, en interrogeant la science.

Car c'est grâce à l'acquisition de connaissances sur les organismes nuisibles que nous nous prémunirons au mieux des dangers qu'ils représentent : cet ouvrage y contribue par une approche synthétique pluridisciplinaire et par l'étude de cas concrets.

Je tiens à remercier tout particulièrement les auteurs des chapitres, les relecteurs et, bien sûr, les coordinateurs, qui ont su mener cette tâche avec un grand professionnalisme et une approche multipartenariale efficace, dont la grande qualité de cet ouvrage témoigne.

Maud Faipoux
Directrice générale de l'alimentation
Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

Introduction

*Christelle Robinet, François-Xavier Saintonge,
Xavier Tassus, Stéphane Brault*

Cet ouvrage constitue une synthèse des connaissances actuelles sur le déplacement (arrivée et/ou propagation spatiale) d'insectes ravageurs forestiers en France métropolitaine. Il a vocation à être un ouvrage scientifique et technique de référence à destination de l'enseignement supérieur, des scientifiques, des ingénieurs et des gestionnaires forestiers. Cet ouvrage vise à apporter différents éclairages sur la problématique des insectes forestiers ravageurs et sur les options de gestion qui peuvent être employées. Après une partie introductive replaçant les déplacements d'insectes dans un contexte plus général et expliquant certains des processus mis en jeu, l'ouvrage présente des cas d'étude en lien avec le changement climatique (partie II), l'intensification des échanges commerciaux (partie III) et le changement des essences (partie IV) (figure I.1). Puis des approches génériques pour la surveillance, l'évaluation des risques et la gestion sont présentées dans la partie V, en couvrant des méthodes anciennes ou innovantes (figure I.2). Cet ouvrage se termine par un élargissement de la problématique aux risques multiples en santé des forêts et par une brève synthèse de l'ouvrage (partie VI).

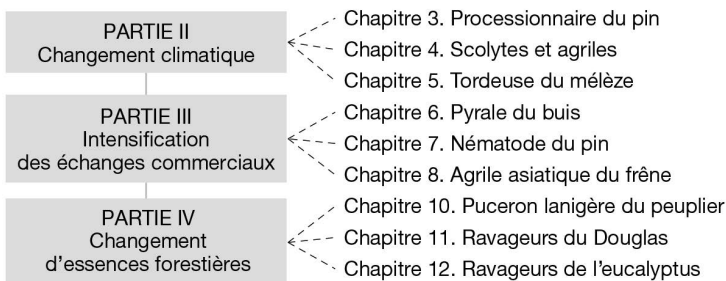


Figure I.1. Ravageurs forestiers présentés dans cet ouvrage pour lesquels l'aire de distribution se déplace en lien avec l'un des trois grands changements.

Il y aurait beaucoup à dire sur les insectes forestiers et la santé des forêts d'un point de vue général. Nous avons fait le choix ici de limiter cet ouvrage à certains cas d'étude. Il permettra à un public francophone d'accéder à des informations la plupart du temps déjà publiées, et principalement diffusées jusqu'à présent en langue anglaise.

Soixante experts francophones dans le domaine ont ainsi été sollicités pour contribuer à la rédaction de cet ouvrage. Ces experts proviennent de différents horizons (scientifiques, gestionnaires, etc.), ce qui permet d'aborder les problématiques sous des angles complémentaires.

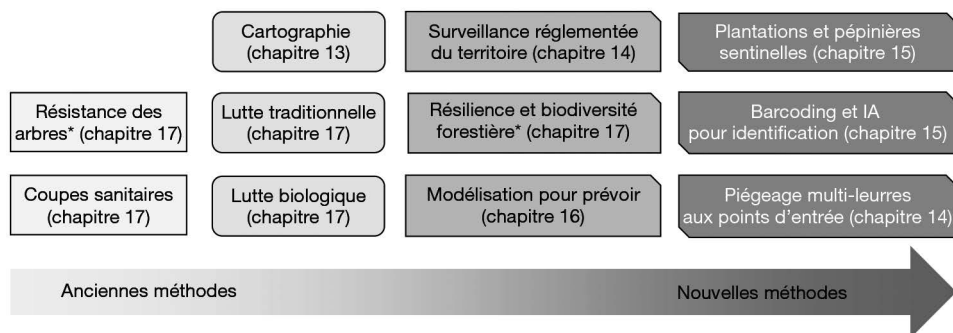


Figure 1.2. Éventail des méthodes présentées dans la partie V, selon leur ancienneté, concernant la surveillance, la gestion et la lutte contre les insectes forestiers ravageurs.

* C'est plus précisément l'utilisation de la résistance des arbres, ainsi que la mise à profit des capacités de résilience et l'utilisation de la biodiversité forestière qui sont des méthodes de lutte.

►► De quelles espèces parlons-nous ?

Nous avons choisi de traiter des insectes forestiers bioagresseurs indigènes de la France métropolitaine en expansion ou exotiques envahissants, même si les agents pathogènes forestiers ainsi que les incendies, les tempêtes et les sécheresses représentent aussi des menaces importantes sur la santé des forêts, et peuvent agir en synergie pour peser encore plus lourdement sur la santé des arbres. Par ailleurs, nous avons voulu inclure le nématode du pin exotique (chapitre 7), car il est transmis par un insecte et représente une menace très importante pour les pins en France.

Les différents cas d'étude ont pour objectif de proposer un éventail représentatif des problématiques rencontrées en forêt, tout en s'appuyant sur les cas les plus documentés. Si beaucoup d'espèces voient leur aire de distribution évoluer dans le contexte d'un monde changeant, il n'existe que peu d'études permettant de véritablement démontrer un lien de cause à effet entre changements globaux et déplacement des espèces. Nous présentons ici les cas avérés, fondés tout autant sur des études récentes que sur des études plus anciennes. Par exemple, le rôle du changement climatique sur l'expansion de la chenille processionnaire du pin (chapitre 3) est connu depuis près de vingt ans, et cet exemple reste un cas d'étude de référence dans le domaine.

►► De quoi parlons-nous plus précisément ?

Le développement des insectes forestiers est fortement lié à trois facteurs : leurs arbres hôtes, leurs ennemis naturels et l'environnement. Les interactions au sein de ce système sont relativement complexes (figure I.3) et peuvent être déséquilibrées en cas de changement. Nous nous intéressons ici au processus de déplacement (arrivée et/ou expansion géographique) des espèces mentionnées dans le point précédent. On traitera

en particulier des capacités de dispersion, de survie et de développement des populations d'insectes, en insistant sur les éléments les plus importants pour comprendre le processus d'expansion ou d'invasion. Les chapitres consacrés à la lutte (chapitre 17) et à la modélisation (chapitre 16) ont pour objectif de présenter les approches possibles pour un public relativement large. La génétique des populations peut nous aider à comprendre la dispersion (par exemple pour savoir quels sont les couloirs de dispersion des populations) et explorer des méthodes de gestion (par exemple pour savoir d'où viennent les espèces exotiques et quels sont leurs ennemis naturels dans les pays d'origine capables de les contrôler). Des approches génétiques sont décrites au sein de certains chapitres, par exemple pour la pyrale du buis (chapitre 6), l'insecte vecteur du nématode du pin (chapitre 7) ou la cécidomyie du Douglas (chapitre 11). Elles sont également présentées d'un point de vue plus générique dans le chapitre 13.

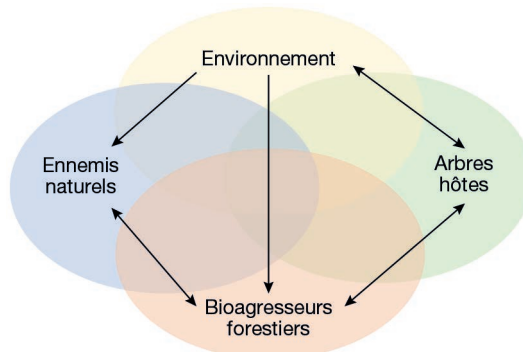


Figure I.3. Les interactions en jeu pour comprendre la santé des forêts.

» À quel territoire nous intéressons-nous ?

Le contexte géographique des cas d'étude retenus est la France métropolitaine. Pour les espèces exotiques envahissantes, nous traitons à la fois d'espèces déjà présentes, comme la pyrale du buis (chapitre 6), et d'espèces pas encore présentes mais dont le risque d'invasion est préoccupant, voire imminent, comme le nématode du pin (chapitre 7) et l'agrile asiatique du frêne (chapitre 8). La plantation d'essences exotiques, comme les eucalyptus, nous amène aussi ponctuellement à rapporter la situation dans des pays méditerranéens pour anticiper l'arrivée de ravageurs potentiels (chapitre 12). D'autres exemples d'insectes forestiers bioagresseurs dont l'aire de distribution s'étend sont bien sûr aussi documentés en outre-mer et au-delà de nos frontières, en particulier en Amérique du Nord, en Asie et en Australasie, mais nous ne les aborderons pas ici.

Partie I

Invasions et expansions : contexte, facteurs impliqués et impacts

Cette première partie présente des éléments de contexte généraux et pose les bases des liens de cause à effet entre différents changements observés et les invasions/expansions d'insectes forestiers bioagresseurs.

Après avoir fait un état des lieux de la forêt française et montré que d'importants changements avaient déjà eu lieu chez les insectes au cours du dernier cycle climatique, les principaux facteurs impliqués actuellement dans le déplacement des aires de distribution d'insectes forestiers indigènes ou exotiques seront présentés. Les facteurs impliqués dans les processus d'installation et d'expansion sont désormais assez bien identifiés, et leur rôle de mieux en mieux quantifié. Ils sont nombreux : le changement climatique, l'augmentation exponentielle du flux intercontinental de marchandises, la composition de la forêt française, de même que la connectivité entre les milieux anthropisés et naturels. Au-delà de cette évolution du cortège entomologique, ces changements ont également une répercussion sur les agents pathogènes potentiellement disséminés par ces insectes lors de leur déplacement.

Enfin, les impacts des insectes bioagresseurs forestiers envahissants seront présentés et confirmeront l'importance et la préoccupation croissante du sujet.

Chapitre 1

Invasions et expansions : contexte

Stéphane Brault, François-Xavier Saintonge, Philippe Ponel

► La forêt en France

François-Xavier Saintonge, Stéphane Brault

Les climats, les sols, l'histoire et les hommes ont façonné et dessiné au cours du temps la forêt française, ce qui explique qu'elle est si diversifiée aujourd'hui.

Les essences et la hauteur des arbres sont par exemple très différentes dans des forêts sous climat méditerranéen ou montagnard. À l'ouest sous climat atlantique, le bien nommé pin maritime domine, alors qu'à l'est c'est plutôt le pin sylvestre pur ou en mélange dans les hêtraies qui domine. L'eau, principal facteur du fonctionnement des arbres, conditionne toute l'organisation des paysages forestiers. Dans certaines zones du territoire, elle est si rare qu'elle limite drastiquement la liste des essences qui peuvent s'y développer.

La diversité des sols impacte également beaucoup les arbres qui y trouvent support, nourriture et capacité de réserve en eau. Acide, calcaire, filtrant, hydromorphe, superficiel, profond, autant de situations qui vont engendrer des formations forestières diverses.

Enfin, l'homme – et l'histoire forestière qu'il a écrite – marque fortement les forêts qui couvrent le territoire. Peu de forêts françaises métropolitaines sont naturelles, l'homme y est intervenu pratiquement partout au cours du temps. La marque de l'homme est plus modeste en montagne, ou dans les maquis ou garrigues méditerranéens mais, *a contrario* sur certains territoires, c'est l'homme qui a créé de toutes pièces d'immenses massifs, comme le massif landais. Les grands bâtisseurs de forêt marquent toujours la physionomie du paysage forestier : pour ne citer que les principaux, Colbert, grâce à son ordonnance de 1669, est à l'origine des grandes futaies de chêne et d'une grande partie du fonctionnement des forêts publiques actuelles; Napoléon III, assisté de Brémontier, a boisé le massif landais et de Sologne; Leloup et son Fonds forestier national a, dès la fin de la Seconde Guerre mondiale, permis le boisement ou le reboisement de 2,3 millions d'hectares (Mha) en cinquante ans; Sérot et Monichon, en 1959, ont promulgué une loi améliorant les droits et les conditions de mutations, sous réserve d'une gestion plus durable de la forêt.

Comme le montre le chapitre 2, cette diversité de la forêt a beaucoup évolué au cours du temps, en lien avec les besoins sociétaux et les politiques forestières qui en ont découlé.

Désormais, forte de 17 Mha en 2023, la forêt métropolitaine française couvre 31 % de la surface de l'Hexagone et est composée d'environ 70 espèces d'arbres¹. Les principales essences feuillues sont les chênes pédonculé (11 % de la surface forestière), sessile (11 %) et pubescent (4 %), mais aussi le hêtre (11 %), le châtaignier (5 %) et le charme (4 %). Chez les résineux, les pins (maritime 5 %, sylvestre 6 %), l'épicéa commun (8 %), le sapin pectiné (8 %) et le Douglas (4 %) dominent. Formations particulières à plus d'un titre, les peupleraies (sylviculture de clones, sans éclaircie, rotation très courte) occupent les fonds de vallée et couvrent 1 % du territoire.

La forêt des départements et des régions d'outre-mer (qui n'est pas traitée dans cet ouvrage) couvre 8 Mha, 98 % étant domaniaux en Guyane française. Très riche en biodiversité avec de gros enjeux de conservation des espèces et des territoires, elle est quasiment vierge de gestion sur une grande part de sa surface.

La forêt appartient à plusieurs types de propriétaires : trois quarts de la surface appartiennent à des propriétaires privés. Ils sont plus de 3,5 millions ; mais seuls 50 000 d'entre eux possèdent des forêts de plus de 20 ha. C'est au-delà de ce seuil que le propriétaire est tenu d'organiser une gestion durable, validée par un plan simple de gestion (PSG), gage d'un certain équilibre entre récolte, renouvellement et biodiversité. Elles représentent un tiers de la surface de forêt privée. Pour les surfaces inférieures, le niveau de gestion est très variable et souvent faible.

Le quart de la surface restante – environ 4 Mha – appartient à l'État et aux collectivités publiques. La loi, et notamment son Code forestier, impose une gestion de ces forêts par l'Office national des forêts (ONF). En métropole, l'État possède environ 1,5 Mha de forêt. On y trouve les anciennes grandes forêts royales, abbatiales ou seigneuriales : Orléans, Fontainebleau, Compiègne, Rambouillet, Tronçais, pour ne citer que les principales. Les 2,5 Mha restants se partagent entre 11 000 communes (soit environ un tiers des 33 000 communes françaises) et les départements et les régions. Ces forêts sont concentrées dans l'est de la France (figure 1.1).

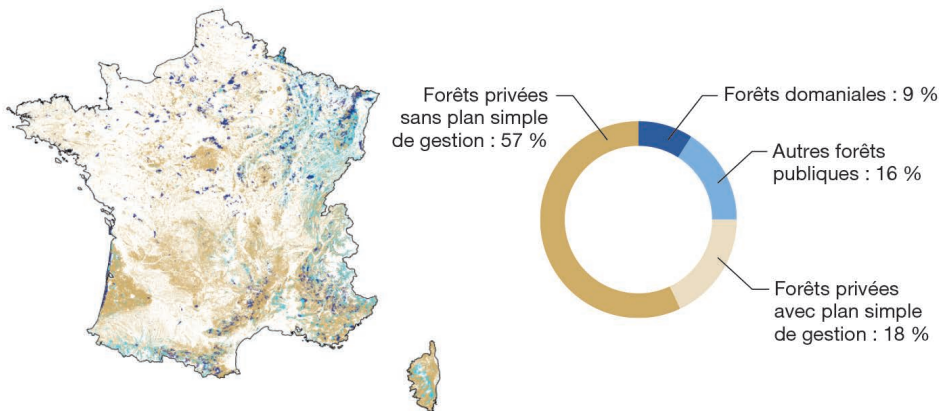


Figure 1.1. Répartition de la forêt en France métropolitaine (source : <https://inventaire-forestier.ign.fr/>).

1. Observatoire des forêts françaises : <https://observatoire.foret.gouv.fr>

En Europe, la forêt occupe 1 000 Mha, soit un quart de la surface mondiale de forêt. À l'instar de la France, cette surface a augmenté depuis le milieu du xx^e siècle. La France occupe le 4^e rang en matière de surface forestière, derrière la Suède (28 Mha), la Finlande (22 Mha) et l'Espagne (18,5 Mha). L'Union européenne n'a pas actuellement de politique forestière spécifique, mais son influence sur la forêt française, notamment au travers de sa politique environnementale, s'accroît régulièrement.

Le Code forestier actuel, dont l'origine remonte à 1827, impose un statut législatif et réglementaire qui s'applique à toutes les forêts, et notamment aux forêts publiques et forêts privées de plus de 25 ha (20 ha récemment) (respectivement 4 et 3 Mha). Ainsi, les forêts doivent être couvertes par un document de gestion durable (aménagement en forêt domaniale ou des collectivités ; PSG en forêt privée). Rédigé par un « homme de l'art » (technicien, ingénieur de l'ONF ou de coopérative forestière, expert forestier, etc.) pour une durée de dix à vingt ans, ce document de description et de planification s'appuie sur un cadrage réglementaire et technique adapté à chaque grande région forestière. Cela permet à la quasi-moitié de la forêt française de profiter d'une gestion durable et multifonctionnelle en lien avec son contexte géographique, social et environnemental. Le taux de couverture de la forêt privée par un PSG, en lien avec la surface moyenne des propriétés, est fort dans le nord et le centre, faible dans le sud de la France.

Le Code forestier protège fortement l'intégrité de la surface de la forêt : la forêt domaniale est inaliénable, les forêts privées ne peuvent être défrichées qu'avec une autorisation du préfet de département. Les ventes de forêts sont assez rares, environ 1 % de la forêt privée change de propriétaire tous les ans. Le prix des forêts augmente fortement actuellement : il a plus que doublé au cours des vingt dernières années pour atteindre plus de 5 000 €/ha en moyenne (en 2022). Toutefois, derrière cette moyenne se cachent d'importantes variations en lien avec la région, la valeur bois qui s'y trouve et la surface concernée.

Dans son article L. 121-1, le Code forestier traduit clairement la grande orientation de la politique forestière de l'État : « La politique forestière a pour objet d'assurer la gestion durable et la vocation multifonctionnelle, à la fois écologique, sociale et économique, des bois et forêts. »

Comme vu précédemment, la diversité des forêts en France est importante et, même si la multifonctionnalité est recherchée sur l'ensemble de la superficie forestière, les différentes fonctions de la forêt auront un poids différent suivant les régions. Les forêts urbaines et périurbaines joueront un rôle majeur dans l'accueil du public, les forêts de montagne ou méditerranéennes, un rôle primordial de protection des écosystèmes (érosion, incendie, faune, flore, etc.), alors que le rôle de production est dominant dans les forêts de plaine et de moyenne altitude.

Fonctions économiques, environnementales et sociales constituent donc les trois piliers de la multifonctionnalité des forêts et sont décrits dans les paragraphes suivants (MASA, 2020).

Fonctions économiques

Près de 3 milliards de m³ de bois sont présents dans les forêts françaises. Grâce à des conditions de croissance naturelles favorables, la production biologique de la forêt