

Introduction

Quels rôles les organismes pathogènes jouent-ils sur l'écologie et l'évolution du monde libre? Vaste question! Ils font partie du grand livre du vivant, tout comme nous! L'époque où les parasites n'intéressaient que les parasitologues est belle et bien révolue. L'influence du parasitisme sur l'évolution du vivant est pour certains écologues un thème de recherches majeur, et pour d'autres une option sans doute tôt ou tard incontournable sachant que tous les organismes vivants sont concernés par le parasitisme. Si dans le passé les travaux ont surtout considéré les effets directs des pathogènes sur la fécondité et la survie de leurs hôtes, les recherches actuelles illustrent un nombre insoupçonné de conséquences de leur influence sur des traits aussi divers que le comportement, la morphologie et la physiologie, pour ne citer qu'eux. Comme souvent en écologie, ces effets peuvent être dramatiquement amplifiés par des processus en cascade. Les parasites et les pathogènes peuvent ainsi totalement perturber et façonner les chaînes trophiques, la démographie et la variabilité génétique des populations, ainsi que les relations de compétition entre espèces ou encore le potentiel invasif de certaines d'entre elles. Le bouleversement de ces «équilibres» peut être favorable ou au contraire défavorable au maintien de la biodiversité. L'acquisition relativement récente de toutes ces connaissances est avant tout le résultat d'une recherche scientifique dynamique, constamment alimentée par de nouveaux développements. Actuellement, ces recherches se déclinent le long d'un continuum allant de questions purement fondamentales concernant le rôle des pathogènes sur le monde libre à des préoccupations plus appliquées, visant par exemple à préciser l'influence des modes de gestion sur la propagation des épidémies. Sachant que tous les écosystèmes de la planète subissent à des degrés divers les conséquences des activités humaines, il apparaît crucial d'améliorer notre compréhension des interactions entre activités humaines et parasitisme.

Nos objectifs dans cet ouvrage sont multiples. Le principal consiste à mettre à disposition de nos collègues étudiants, enseignants et chercheurs francophones un manuel synthétique qui aborde les connaissances actuelles de l'influence des parasites sur l'écologie et l'évolution des organismes libres. Cet ouvrage propose pour cela une série de chapitres sur des thèmes à l'interface entre les organismes libres et parasites, comme par exemple la régulation des populations hôtes, les processus de sélection sexuelle, les traits d'histoire de vie, l'immuno-écologie, le comportement, les zones d'hybridation entre espèces, la biologie de la conservation, la lutte biologique et l'écologie de la santé. Voyons brièvement le contenu des différents chapitres.

Le rôle des pathogènes sur la régulation des populations (Chapitre 1) est un thème qui a suscité une attention considérable, aussi bien auprès de la commu-

nauté des théoriciens que de celle des écologues de terrain. Serge Morand¹ et Julie Deter² nous présente ce thème en abordant ces deux aspects de la question. On découvre par exemple comment, grâce aux modèles mathématiques, les biologistes peuvent sur le terrain déterminer si un parasite régule ou non une population d'hôtes en examinant la distribution des charges parasitaires dans cette population.

Depuis Charles Darwin, l'étude des processus de sélection sexuelle est un sujet de recherches privilégié en biologie évolutive. Au début des années 1980, en particulier suite à la publication d'Hamilton et Zuk (1982) dans la revue *Science*, toute une vague de recherches a démarré sur le thème du *parasitisme et de la sélection sexuelle*. Dans le chapitre 2, Patrice David et Philipp Heeb³, nous retracent cette formidable aventure qui a généré, en une vingtaine d'années seulement, pléthores d'hypothèses, de données empiriques, de modèles mathématiques et de polémiques. La conclusion est claire : les parasites ont, et par de très nombreux moyens, le potentiel d'influencer la façon dont leurs hôtes s'apparient pour la reproduction. On découvre dans ce chapitre une extraordinaire diversité de processus biologiques, que les auteurs s'efforcent à chaque fois de rattacher à un cadre évolutif théorique.

L'étude des interactions hôte-parasite est intimement associée à la compréhension des mécanismes de défense mis en place par les hôtes et des facteurs de virulence utilisés par les parasites. L'étude du système immunitaire a été traditionnellement le champ d'application de l'immunologie. Récemment, une nouvelle discipline a émergé. Cette discipline inscrit le fonctionnement du système immunitaire dans un contexte d'écologie évolutive et vise à comprendre comment la sélection naturelle a façonné et façonne l'investissement des organismes dans la fonction immunitaire. Alors que l'immunologie se situe au niveau des facteurs proximaux, l'immuno-écologie étudie les conséquences ultimes, en termes de valeur sélective et d'investissement dans le système immunitaire. Bien que jeune discipline, l'immuno-écologie est devenue un des principaux sujets d'étude au sein des interactions hôte-parasite. Dans le Chapitre 3, Bruno Faivre⁴, Thierry Boulinier et Gabriele Sorci⁵, et enfin Michel Gauthier-Clerc⁶, nous donnent un aperçu des principaux concepts et résultats de l'immuno-écologie.

L'ajustement des traits d'histoire de vie (par exemple, la croissance, l'âge de première reproduction, l'investissement dans la reproduction, etc.) est un moyen

¹ Chercheur au CNRS au centre de Biologie et de Gestion des Populations à Montferrier sur Lez (34)

² Chercheur au CNRS à l'Université Montpellier II.

³ Chercheurs au CNRS respectivement à Montpellier et à Toulouse

⁴ Enseignant chercheur à l'Université de Dijon

⁵ Chercheurs au CNRS à Montpellier et à Dijon

⁶ Chercheur à la station Biologique de la Tour du Valat

pour les hôtes de minimiser l'impact des parasites sur leur valeur sélective. C'est ce dernier mécanisme de résistance que Yannis Michalakis⁷ nous fait découvrir dans le Chapitre 4. Par exemple, accélérer ou réduire la durée de son développement pour avancer l'âge de la maturité sexuelle est un moyen pour l'hôte de limiter les effets d'une infestation précoce par un parasite tueur ou castrateur. Ces réponses peuvent être statiques et individuelles ou bien évolutives et populationnelles. Ces changements influencent le fonctionnement et la dynamique des populations hôtes.

L'étude du comportement, animal et humain, est un thème qui fascine bon nombre de personnes, scientifiques ou non. Les parasites peuvent influencer nos comportements, qu'ils soient alimentaires, sexuels, d'orientation, etc. Frank Cézilly et Marie-Jeanne Perrot Minnot⁸ nous dressent dans le Chapitre 5 un panorama très complet de ces phénomènes.

L'étude de l'hybridation naturelle entre espèces est un thème central de la biologie évolutive puisqu'elle s'inscrit dans la compréhension des mécanismes de la spéciation. On sait maintenant que l'«étanchéité» des génomes n'était qu'une vision fixiste du monde vivant. Dans ce contexte, les parasites sont indéniablement des facteurs sélectifs qui favorisent l'isolement des taxons ou l'émergence de nouvelles espèces. Les botanistes ont depuis longtemps reconnu et validé ce rôle à travers les très nombreuses études du parasitisme en zone d'hybridation végétale. À l'inverse, les études du parasitisme en zone d'hybridation animale sont peu nombreuses, mais riches d'informations. Dans le Chapitre 6, Catherine Moulia⁹, et Pierre Joly¹⁰ se focalisent sur ces modèles animaux pour souligner l'intérêt d'explorer davantage cette voie de recherches.

Les conclusions des plus grands sommets internationaux de ces dernières années sur l'écologie de la planète soulignent qu'il est indispensable d'analyser et de comprendre les mécanismes qui président à l'organisation et au fonctionnement des écosystèmes, donc de la biodiversité. Comparés aux organismes libres, les parasites et les pathogènes ont été (probablement en raison de leur petite taille qui les rend souvent invisibles) rarement considérés comme des acteurs du fonctionnement des écosystèmes. Comment intégrer alors leurs rôles et leurs conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes? Les parasites sont-ils bénéfiques ou préjudiciables au maintien de la biodiversité? Comment agissent-ils et comment pourrait-on les intégrer dans les programmes de gestion de l'environnement?

⁷ Chercheur au CNRS à Montpellier

⁸ Enseignants-chercheurs à l'Université de Bourgogne

⁹ Enseignant-chercheur à l'Université de Montpellier 2

¹⁰ Enseignant-chercheur à l'université de Lyon

Camille Lebarbenchon¹¹, Robert Poulin¹² et Frédéric Thomas¹³ nous exposent, dans le Chapitre 7, la diversité des mécanismes par lesquels les parasites interfèrent avec les processus qui influencent la biodiversité. À côté des parasites médiateurs de compétition (les arbitres en quelque sorte), on découvre le cas moins connu des parasites « ingénieurs » de l'écosystème (des constructeurs, architectes ou entrepreneurs ingénieurs).

Les parasites peuvent être utilisés pour lutter contre des espèces nuisibles à l'homme ou à ses activités. C'est sur ce principe que repose la lutte biologique. Éric Wajnberg¹⁴ et Nicolas Ris¹⁵ nous font découvrir le monde fascinant de cette discipline (Chapitre 8) à l'interface entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. On découvre dans ce chapitre la richesse de la diversité écologique des insectes parasitoïdes et comment celle-ci peut être exploitée afin de réguler des populations d'organismes nuisibles : une belle illustration de l'écologie évolutive au service de la recherche agronomique appliquée.

Comprendre les liens complexes entre l'environnement et les maladies infectieuses est le thème central d'une discipline en plein essor : l'écologie de la santé. Les pathogènes sont des êtres vivants qui n'échappent pas aux lois de l'évolution. Ils ont donc leur propre cursus écologique qui régit leur biologie. Dans le dernier chapitre (Chapitre 9), Guillaume Constantin de Magny¹⁶, Patrick Durand¹⁷, Jean-François Guégan¹⁸ et François Renaud¹⁹ nous font découvrir cette nouvelle thématique, ses enjeux et ses implications sociétales. D'où viennent les agents pathogènes ? Comment et pourquoi se développent-ils ? Quelles sont les évolutions temporelles et spatiales des maladies ? Comment expliquer la virulence de certains pathogènes ? Quels sont les effets des modifications environnementales ou bioclimatiques sur le développement des maladies infectieuses ? Toutes ces questions sont autant de thèmes de recherches qu'il est nécessaire aujourd'hui d'aborder pour comprendre et prédire la dynamique de l'évolution des agents pathogènes dans un contexte planétaire en pleine mutation (réchauffement global, fragmentation des habitats, rapidité des échanges transcontinentaux d'hommes et de marchandises, vieillissement des populations occidentales, élevage et agriculture intensifs, urbanisation, etc.).

¹¹ Doctorant au moment de la rédaction de cet ouvrage

¹² Enseignant-chercheur en Nouvelle-Zélande

¹³ Chercheur au CNRS à Montpellier

¹⁴ Chercheur à l'INRA

¹⁵ Ingénieur de recherche à l'INRA

¹⁶ Docteur d'Université, actuellement en post-doctorat aux États-Unis

¹⁷ Ingénieur au CNRS à Montpellier

¹⁸ Chercheur à l'IRD à Montpellier

¹⁹ Chercheur au CNRS à Montpellier

Au-delà de l'apport de connaissances, un second objectif de cet ouvrage consiste à stimuler la curiosité et la réflexion scientifique en indiquant des références bibliographiques qui permettront d'approfondir les thèmes abordés, et en proposant des thèmes (questions d'ouverture) susceptibles d'initier réflexions et débats. C'est dans ce genre de débats à caractère ludique que l'on peut exercer ses capacités d'analyse et son sens critique en s'appuyant sur des connaissances, un exercice que l'on pratique finalement en routine par la suite.

Chaque fois qu'une technique est mentionnée dans l'ouvrage, le lecteur devrait trouver dans l'annexe méthodologique les grandes lignes du principe de la technique citée (rédigé par Thierry Lefèvre²⁰, Nicolas Ris²¹, Guillaume Mitta²²). Il est évident que nous n'avons pas ici la prétention d'être exhaustif, et pour ceux qui voudraient en savoir plus, nous leur recommandons de consulter une littérature plus spécialisée dans le domaine de la méthodologie impliquée.

Enfin, un dernier souhait dans cet ouvrage est de renseigner les étudiant(e)s francophones déjà animé(e)s par la flamme de la recherche sur les laboratoires et équipes françaises qui travaillent sur ce thème de recherche. C'est la raison pour laquelle cet ouvrage collectif présente une annexe finale indiquant concrètement *qui fait quoi en France*, et à partir de quels modèles biologiques principaux (eucaryotes, procaryotes, oiseaux, invertébrés aquatiques, parasitoïdes, homme, etc.). Nous exprimons ici la volonté que cette *mise en relation* entre étudiants et chercheurs puisse être à l'origine d'aventures scientifiques et humaines riches, qui contribueront à maintenir le dynamisme et le caractère passionnant des recherches scientifiques sur ce thème.

F. THOMAS, J.-F. GUÉGAN et F. RENAUD

²⁰ Doctorant au moment de la rédaction de cet ouvrage.

²¹ Déjà mentionné.

²² Enseignant-chercheur à Perpignan

