



Différents types de mandibules. De gauche à droite et de haut en bas : Guêpe commune *Vespa vulgaris* (Hym.) - Cliché Tim Evison CC BY-SA 4.0. - Larve de fourmilion (Nevr.) - Cliché Amada44 CC BY-SA 4.0. - Fourmi du genre *Myrmecia* (Hym., Australie) - Cliché fir0002, GFDL 1.2. - *Cicindela sexguttata* (Col.) - Cliché Insects Unlocked from USA CC0. - Chenille de *Antheraea yamamai* (Lép.) - Cliché Harald Süpfle, CC BY-SA 3.0. - Lucane cerf-volant mâle *Lucanus cervus* (Col.) - Cliché PerPhi, CC BY-SA 4.0.

La spécialisation écologique : comprendre la biodiversité entomologique

par Michel Renou

Quels phénomènes peuvent expliquer la si grande diversité des insectes, surtout en regard d'autres groupes ? Leur succès évolutif semble lié à une capacité adaptative hors du commun à occuper de nouvelles niches écologiques. Confrontés à une modification de leur environnement, ils peuvent compter sur plusieurs traits biologiques et génétiques intrinsèques pour s'y adapter.

Le nombre d'espèces d'insectes intrigue profanes et entomologistes depuis longtemps. D'une publication à l'autre on trouve les estimations les plus variées : 2, 10, voire 80 millions ! Faute de méthodologie fiable pour recenser les petites espèces de la litière jusque à la cime des arbres ces chiffres ne sont

que des extrapolations. Il faut s'y résoudre : on devra se contenter encore longtemps d'approximations. On estime que cette diversité d'espèces est un indicateur du succès évolutif de la lignée des insectes, au même titre que son ancienneté, plus de 400 millions d'années¹, ou que son expansion géographique. Mais pourquoi il y a-t-il autant d'espèces d'insectes comparativement

à d'autres groupes d'Arthropodes comme les Crustacés, par exemple, aussi anciens et présents dans les mers, les eaux douces ou les milieux terrestres ? La grande diversité de taille, de morphologie et de mœurs des insectes fascine tout autant les entomologistes que le nombre d'espèces. À la diversité spécifique correspond une diversité fonctionnelle. Beaucoup de phytophages,

¹ www.mnhn.fr/fr/comment-les-insectes-ont-conquis-la-terre



Microhabitats. De gauche à droite et de haut en bas : femelle de Cératine bleutée *Ceratina cyanea* (Hym.) creusant son nid dans une tige - Cliché Hectonichus, CC BY-SA 4.0. - Abeille hélicicole installant son nid dans une coquille d'escargot. - Cliché DR. - Réservoir d'eau naturel à la base d'une Broméliacée - Cliché Hanson59, CC BY-SA 3.0. - Bédégas, galle du rosier provoquée par le Cynips du rosier *Diplolepis rosae* (Hym.) - Cliché Pierre Falatico. - Galeries sous-corticales des larves du Bostryche typographe *Ips typographus* (Col.) - Cliché Tõnu Pani, CC BY-SA 3.0. - Larve mineuse de *Stigmella tityrella* - Cliché Michael Kurz, CC BY-SA 3.0.

par exemple, ne vivent aux dépens que de quelques espèces végétales, ou ne se nourrissent que d'organes bien spécifiques (feuillage, fleurs, graines, fruits), voire de certains tissus (épiderme des feuilles, tissus ligneux morts). Cette spécialisation écologique expliquerait-elle la biodiversité entomologique ?

Un univers de microniches occupées par des spécialistes

Le concept de spécialisation écologique a une longue histoire en écologie. Il est généralement assimilé à la capacité de l'espèce d'utiliser très efficacement certaines ressources, plutôt que de montrer des performances moyennes sur toutes les ressources disponibles. Cette capacité est déterminée par un ensemble de traits de vie et d'adaptations encodées dans le

génome de l'espèce. La saisonnalité de l'insecte ou les rythmes circadiens d'activité lui permettent de synchroniser son cycle de vie avec la phénologie de ses hôtes. Des adaptations physiologiques ou biochimiques garantissent la digestibilité des parties ligneuses de la plante, ou l'immunité contre ses défenses chimiques. L'association avec des microorganismes symbiontes permet à l'insecte de se nourrir d'un aliment qu'il ne peut digérer seul. La spécialisation alimentaire s'accompagne d'adaptations morphologiques comme la forme des pièces buccales. La spécialisation écologique reflète donc les interactions de certains paramètres du milieu avec des traits spécifiques de l'insecte. Une même espèce peut être spécialiste vis-à-vis d'un trait de vie (par exemple le choix du site de ponte), tout

en se montrant généraliste pour d'autres traits de vie (par exemple un optimum thermique).

L'isolement reproducteur produit de nouvelles espèces

Selon les spécialistes de l'évolution biologique de nouvelles espèces se forment lorsque se réduisent les flux de gènes entre populations. Des groupes reproducteurs d'une espèce mère ainsi partiellement voire totalement isolés les uns des autres évoluent différemment, soit aléatoirement par la simple action de la dérive génétique², soit par sélection dirigée en réponse aux différences entre les conditions locales. Dérive ou adaptation conduisent alors progressivement à leur séparation en des espèces filles différentes. L'isolement

² https://fr.wikipedia.org/wiki/Dérive_génétique

géographique est le mécanisme le plus simple pour créer un isolement reproducteur mais l'exploitation sur un même territoire de microniches différentes contribue elle aussi à la fragmentation. La petite taille des insectes au regard du paysage facilite d'ailleurs la partition de leurs populations entre microniches séparées au sein d'un même territoire. En outre, la probabilité pour les habitants d'une microniche de rencontrer un partenaire montrant les mêmes préférences est grande. Ces appariements entre semblables favorisent le maintien dans la population des gènes adaptés aux conditions de vie dans la microniche et donc d'individus de plus en plus spécialisés. En retour, la stabilité des conditions de vie dans cette microniche avantage les individus en voie de spécialisation. Parmi les différentes possibilités de spécialisation, la spécialisation d'hôte est considérée comme un facteur majeur de spéciation écologique³ chez les insectes phytophages. Ainsi, en Amérique du Nord la Mouche de la pomme (*Rhagoletis pomonella*) vivait initialement sur l'aubépine américaine (*Crataegus mollis*). À la suite de l'introduction du pommier domestique européen (*Malus domestica*) il y a quatre siècles, *R. pomonella* a petit à petit infecté ce nouvel hôte. Or le cycle de vie de la mouche doit être calé sur la période de floraison des arbres, la femelle fécondée pondant ses œufs dans les fruits en devenir. Le pommier fleurissant quatre semaines avant l'aubépine, la population initiale de Mouche de la pomme s'est scindée en une population fréquentant l'aubépine et une autre le pommier. Ces deux populations étaient interfertiles au départ, mais le décalage de leurs périodes d'accouplement créa de fait une barrière de reproduction. D'autres adaptations, comme la longueur de l'ovipositeur, se sont



La Mouche de la pomme *Rhagoletis pomonella* (Dip. Téphritidé) - Cliché Joseph Berger, Bugwood.org CC BY 3.0

ensuite mises en place et une différenciation génétique basée sur les combinaisons de gènes les plus adaptées à chaque hôte est née. La spéciation peut être vue comme un mécanisme « utilisé » par l'évolution pour sauvegarder les précieux « savoirs » acquis par l'espèce.

La spécialisation écologique favorise-t-elle toujours la spéciation ?

L'exemple des Drosophiles, comme de nombreuses autres études de paires d'espèces-sœurs de phytophages, suggèrent un rôle clé de la spécialisation écologique dans la création de nouvelles espèces. Cependant, qu'en est-il lorsque l'on s'intéresse à l'évolution de grandes lignées ? Grâce au séquençage de l'ADN il est possible de reconstruire les arbres phylogénétiques de grands groupes d'espèces apparentées et de les confronter avec la distribution des plantes sur lesquelles ils se nourrissent. Lorsque les espèces proches les unes des autres sur l'arbre phylogénétique consomment une gamme restreinte

d'espèces végétales, on dénombre peu de changements d'hôtes relativement au nombre d'espèces apparues. Nous pouvons en déduire que la majorité des événements de spéciation ne résultent pas d'un changement de plante-hôte, mais plus vraisemblablement d'un isolement géographique. Au contraire, si les espèces proches sur l'arbre phylogénétique ont des hôtes très différents, nous pouvons conclure qu'à de nombreuses reprises une espèce s'est scindée en espèces filles adaptées à des plantes-hôtes différentes. Ce scénario évolutif, qui fait apparaître une grande diversité de plantes-hôtes comparativement au nombre d'espèces, est appelé radiation adaptative. Or, la phylogénie des Nématinés supérieurs, un groupe de Tenthredinidés à large distribution et riche de plus de 700 membres, indique une fréquence des spéciations de type écologique inférieure à 20 %⁴ malgré la très large gamme d'hôtes et la variété des modes d'alimentation (folivores, gallicoles, mineurs de baies, consommateurs de fleurs ou de chatons). Plus généralement, il n'a pas été trouvé chez les insectes phytophages de corrélation simple entre degré de spécialisation alimentaire (oligophagie) et richesse spécifique. Cette

³ Forister M. L. et al., 2012. Revisiting the evolution of ecological specialization, with emphasis on insect-plant interactions. *Ecology*, 93(5), 2012, pp. 981-991. ⁴ Nyman T. et al., 2010. How common is ecological speciation in plant feeding insects? A 'Higher' Nematinae perspective. *Evolutionary Biology* 2010, 10:266. [En ligne](#)



Cétone dorée *Cetonia aurata* avec différentes sous-espèces et formes individuelles de France (dont Corse) - Cliché Hervé Guyot

sous-représentation de la spécialisation d'hôte dans l'histoire évolutive des phytophages est vraisemblablement due à son coût pour l'espèce. En effet, en adoptant un nouvel hôte, l'insecte doit aussi souvent s'adapter aux conditions biotiques (nouveaux prédateurs par exemple) et abiotiques (ensoleillement, degré hygrométrique, etc.) qui prévalent dans le milieu où prospère cet hôte. Cette double adaptation à l'hôte et son environnement s'accompagne d'une perte de diversité génétique et d'adaptabilité qui rend le spécialiste vulnérable vis-à-vis des variations de l'environnement et des baisses d'effectifs de son hôte. De fait, l'histoire macro-évolutive des insectes paraît constituée d'une alternance de phases de polyphagie (faible spécialisation), au cours desquelles un groupe d'espèces partage une large gamme d'hôtes, et phases de spécialisation d'hôte (oligophagie, voire monophagie) pouvant conduire à une spéciation intense.

Des facteurs intrinsèques ont-ils facilité l'explosion évolutive des insectes ?

La richesse spécifique des insectes nous interroge sur l'origine de leur propension à former de nouvelles espèces. Plusieurs traits biologiques et génétiques peuvent

expliquer cette remarquable évolutivité⁵. Avant tout, la capacité de produire une descendance abondante et le temps de développement rapide de beaucoup d'espèces ont accéléré l'apparition et la sélection des mutations favorables au fil des générations. Un autre de ces traits remarquables est leur organisation génétique et organique en modules fonctionnels⁶. Ces modules sont autant d'unités de génome extrêmement corrélées qui commandent chacune le développement d'un organe, d'un métabolisme, ou encore d'une fonction physiologique, mais ont peu d'interactions entre elles. Ainsi tout gène impliqué dans le fonctionnement d'un module peut-il muter sans affecter d'autres traits de vie car les effets de sa mutation sont circonscrits au même module. Ceci se traduit par une grande facilité de remodelage des schémas de développement. Les métamorphoses complètes des holométaboles sont un cas remarquable d'organisation modulaire, larves et imagos exploitant chacun de leur côté des environnements différents. Ainsi toute mutation avantageuse pour l'un des stades ne compromettra pas les chances de survie de l'autre stade. De fait,

les hétérométaboles ont connu une plus grande diversification que les amétaboles (insectes sans métamorphose). En outre, tout changement évolutif sera d'autant plus simple que chaque « module fonctionnel » peut être piloté par un faible nombre de gènes. Ainsi chez plusieurs espèces de drosophiles la simple perte du gène commandant l'expression d'un récepteur olfactif ou gustatif a suffi pour amorcer un changement de plante-hôte en empêchant la mouche de détecter les composés répulsifs produits par la plante pour repousser les herbivores.

Autre avantage de nature morphologique cette fois, l'exosquelette des insectes leur a permis de se forger de véritables « outils » à partir de leurs appendices. Ainsi peut-on admirer la grande diversité des ovipositeurs qui prennent la forme de socs pour s'enfoncer dans le sol et déposer les œufs au plus près des racines, d'une lame pour les insérer entre les feuilles engainantes d'une graminée, ou d'une aiguille pour atteindre une larve au sein de sa galerie.

Parallèlement à cette adaptabilité anatomique les insectes font preuve d'une tout aussi remarquable plasticité comportementale. La possession d'un cerveau analysant les informations et mémorisant de nouvelles connaissances sur le milieu grâce à l'apprentissage permet à chaque individu d'explorer de nouvelles niches. La richesse et la souplesse de leurs répertoires comportementaux leur permettent également de « s'accommoder » d'environnements marginaux, bien souvent en créant leurs propres microniches grâce à leurs appendices-outils. Cocons, terriers, galeries ou mines sont autant de microniches offrant protection vis-à-vis de l'environnement ou de compétiteurs à l'insecte spécialiste.

Enfin il faut aussi mentionner le rôle de microorganismes sym-

⁵ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Évolutivité> ⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Modularité_biologique

biontes, les *Wolbachia*. Ces bactéries endocellulaires, très répandues chez les insectes, interfèrent avec la reproduction de leurs hôtes notamment en conférant une incompatibilité cytoplasmique et renforcent ainsi l'isolement reproducteur entre populations. Chez les drosophiles, par exemple, les *Wolbachia* affectent l'expression de nombreux gènes impliqués dans la communication ou la reproduction et pourraient donc entraîner l'apparition de barrières pré- et post fécondation. Pour cette raison elles sont fortement suspectées d'être impliquées dans la spéciation.

Le futur de la biodiversité entomologique

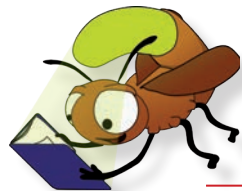
Si toutes les études confirment une baisse considérable des populations d'insectes, il est difficile d'évaluer les pertes en nombre d'espèces.

7 Tassart, A.-S., 2018. Pour les insectes, la diversité génétique peut être un fardeau. *Science & Avenir*. [En ligne](#).

On estime les espèces spécialistes plus en danger car particulièrement vulnérables à la perte d'habitats, la baisse de la biodiversité végétale, ou l'uniformisation des milieux au niveau planétaire. Mais des espèces moins spécialisées, considérées comme communes, sont elles-mêmes menacées par la fragmentation de leurs habitats. Ces espèces, autrefois abondantes, ne peuvent en effet plus maintenir dans des territoires de plus en plus restreints et isolés des effectifs de reproducteurs suffisamment élevés pour conserver la diversité génétique qui a fait leur succès mais peut aussi être un fardeau pour l'espèce⁷.

Contrairement aux scénarios extrêmes et simplificateurs trop souvent décrits dans la presse, entre deux articles fustigeant « nuisibles » et invasives, nous cohabitons toujours avec des insectes. Mais que sera cette cohabitation ? Des insectes hyper-généralistes, des spécialistes adaptés aux mono-

cultures de quelques variétés de plantes cultivées, des espèces capables de s'adapter aux différentes formes de pollution, trouveront dans les milieux anthropisés des conditions favorables en l'absence de concurrents et d'antagonistes. Les conséquences sont d'autant plus difficiles à évaluer que la perte de spécialistes est une perte de diversité fonctionnelle et a des effets en cascade. Pour s'en faire une idée on peut citer la pollinisation, le recyclage de matière organique par les insectes forestiers détritivores et xylophages, ou le contrôle des herbivores par les prédateurs et les parasites. Il est impossible de créer les conditions de préservation pour autant d'espèces dont la biologie est souvent mal connue et il serait plus judicieux pour préserver la fonctionnalité des écosystèmes de concentrer nos efforts sur un choix d'espèces, moins étroitement spécialisées, mais plus résilientes. ■



LES ALBUMS DE LULU

Une petite luciole pour éclairer et lire, chaque trimestre, une sélection d'ouvrages à la portée des plus jeunes. Des idées pour leur faire découvrir, avec fantaisie ou avec sérieux, le monde des insectes.



PIQUE ET PIQUE

Les insectes piqueurs méritent notre attention tout autant que les autres. Mais d'abord pourquoi nous piquent-ils ? Et quand ils ne piquent pas, où et qui sont-ils ? Les moustiques, poux, guêpes, puces et punaises de lit, et aussi les cafards, qui eux ne piquent pas mais font partie des insectes qui dérangent (sous-titre

de cet album) : tous ces insectes qui s'incrusteront et ont tendance à vivre à nos dépens méritent d'être mieux connus. On apprend par exemple ici que les moustiques participent à la pollinisation, que leurs larves vivent dans l'eau et nourrissent les poissons ; que les puces ont autrefois été des vedettes de cirque ; que tous les oiseaux et mammifères de la planète ont des poux ; que des cafards ont voyagé dans l'espace ! Tous les dessins de cet album très coloré sont composés de figures géométriques à l'effet visuel très attractif. Et les textes ont été rédigés par une entomologiste : on sait de quoi on parle. Une jolie réussite pour réhabiliter ces animaux mal aimés et aller plus loin que la peur et le dégoût qu'ils nous inspirent parfois. Glossaire et index en fin d'album. À partir de 6 ans.

Ça va piquer ! Ces insectes qui dérangent, par Nazy Pakpour, ill. Owen Davey, trad. de l'anglais Emmanuelle Pingault, 2024. – 61 p. ; 24 x 30 cm. – Éd. Milan, 1 rond-point du Général Eisenhower 31101 Toulouse Cedex 9. – www.editionsmilan.com



À L'EAU

Pour découvrir de nombreuses petites bêtes qui vivent dans l'eau ou à proximité. Ce guide est conçu pour un usage pratique : un petit format pour l'emmener en balade ou en « expédition » dans la nature, des explications claires, une clé simplifiée pour distinguer les principaux types d'animaux dont la grande majorité ici sont des insectes.

Les espèces décrites sont dessinées avec soin et accompagnées de quelques informations essentielles : l'ordre (sous forme d'icône), le nom français, la taille, un ou deux traits caractéristiques, le milieu qu'elles fréquentent. Toutes ces espèces ne sont pas strictement aquatiques, mais elles fréquentent les milieux humides, par exemple parce que leur plante hôte préférée y pousse. Des informations évoquant la biologie de certaines espèces sont ajoutées aux descriptions dans des encadrés. Un petit guide pour bien appréhender la diversité d'un milieu, pour découvrir et apprendre à identifier les espèces les plus faciles. À partir de 8 ans.

Petites bêtes des rivières et des étangs ; chercher – observer – reconnaître – identifier, par Léon Rogez, ill. Anne Eydoux, 2024. – 31 p. ; 12 x 19 cm. – Coll. *Carnets de nature*. – Éd. Milan, 1 rond-point du Général Eisenhower 31101 Toulouse Cedex 9. – www.editionsmilan.com

Et dans la même collection : *Petites bêtes des jardins* →

