Vincent Albouy

Les insectes ont-ils un cerveau ?

200 clés pour comprendre les insectes

éditions Quæ

Les insectes ont-ils un cerveau ?

200 clés pour comprendre les insectes

Vincent Albouy

Les insectes ont-ils un cerveau ?

200 clés pour comprendre les insectes

Éditions Quæ

Dans la même collection

Toutes les bières moussent-elles ?
80 clés pour comprendre les bières
Jean-Paul Hébert et Dany Griffon
2010, 224 p.

Du même auteur

Les insectes, amis de nos jardins
Édisud, 1995 et 2007

Le jardin des insectes
Delachaux et Niestlé, 2002

Guide des curieux de nature
Delachaux et Niestlé, 2005

Jardinez avec les insectes
Éditions de Terran, 2009

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2010
ISBN : 978-2-7592-0643-8

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6e.

Table des matières

Introduction 7

La science des insectes et leur classification 9

Comment les insectes sont-ils faits ? 27

La reproduction et la croissance des insectes 51

La vie des insectes 73

Les insectes en société 99

Les insectes contre l'homme 119

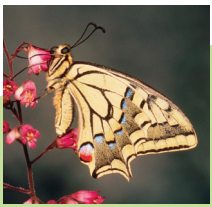
L'homme contre les insectes 135

Les insectes avec l'homme 153

Les insectes à records 167

200 clés pour comprendre les insectes 193

Crédits photographiques 200



Introduction

L'homme pense dominer notre planète. Pourtant, à y regarder de plus près, les vrais maîtres du monde sont les insectes. Si nous disparaissions, la vie sur Terre n'en serait pas changée. Sans les insectes, elle deviendrait quasiment impossible car ils représentent la grande majorité des animaux.

L'histoire des insectes commence il y a au moins 450 millions d'années. Les terres émergées sont des déserts minéraux que les plantes commencent à conquérir. Quelques animaux marins les suivent, évoluant pour s'adapter à la vie aérienne. L'ancêtre des insectes réussit parfaitement cette mutation et l'organisation de son corps fut une grande réussite de l'évolution si l'on en juge par ses innombrables descendants actuels.

Sur 1 200 000 espèces animales connues à ce jour par la science, 830 000 sont des insectes, soit plus des deux tiers. En comparaison, les vertébrés ne représentent même pas une espèce sur 20 et les mammifères dont nous faisons partie une espèce sur 200. Petits, voire minuscules, les insectes ont su s'adapter à une infinité de milieux particuliers. Certains sont capables de se développer dans une seule graine, dans un seul œuf de papillon.

Les insectes étaient donc là bien avant l'homme, qui a trop souvent tendance à croire que la planète est pour lui et pour lui seul. Aussi supporte-t-il mal la concurrence de certains d'entre eux. Si quelques centaines d'espèces posent des problèmes à l'agriculture ou à la médecine, l'immense majorité nous est en fait directement ou indirectement bénéfique. Le principal ennemi de l'insecte reste l'insecte et la lutte biologique a fait ses preuves. Et puis les insectes sont indispensables au recyclage de la matière organique morte, donc à la fertilité des sols, comme à la pollinisation des fleurs, donc à la productivité des plantes cultivées ou sauvages.

Depuis toujours, l'homme a été fasciné par les insectes et la mystérieuse alchimie de leur métamorphose. Les mythes sont nombreux sur les cinq continents, à associer les papillons à l'idée de résurrection ou de transmigration des âmes des morts. Aux Philippines, par exemple, une légende dit que le premier papillon est né d'une fleur portée dans ses cheveux par un jeune homme. Celui-ci se noya et son âme anima la fleur qui se transforma en papillon. Cette fascination pour l'insecte sous toutes ses formes a continué de courir au fil des siècles dans la littérature, jusqu'à aujourd'hui dans le cinéma, mélange d'attirance et de répulsion au dosage sans cesse changeant.

Ce livre se veut une introduction au monde extraordinaire des insectes et aux relations complexes qui se sont établies avec l'homme, balayant le champ de la science comme de la culture à travers des questions basiques, mais aussi étranges, surprenantes ou inhabituelles. Les réponses ne le sont pas moins, pour ouvrir des portes sur une réalité souvent méconnue et pourtant omniprésente autour de nous.

La science des insectes et leur classification

1 Qui le premier a étudié scientifiquement les insectes ?

Né 384 ans avant Jésus-Christ, le philosophe et savant grec Aristote, disciple du grand Platon et précepteur d'Alexandre le Grand, fut le premier homme connu à décrire scientifiquement les insectes dans plusieurs traités qu'il a consacrés aux animaux.

Nous lui devons, par exemple, les noms « Diptère » ou « Coléoptère », qui servent encore aujourd'hui à nommer les deux ordres les plus nombreux des insectes. Ces mots qui nous apparaissent compliqués et réservés aux initiés étaient pour lui et ses contemporains imagés et très faciles à comprendre. Traduits littéralement du grec ancien, ils signifient respectivement « deux ailes » et « ailes en étui ». Les mouches, classées dans les Diptères, n'ont en effet que deux ailes alors que les autres insectes ailés en ont quatre. De même la coccinelle, qui est un Coléoptère, possède des ailes supérieures durcies et colorées, les élytres, protégeant comme un étui les ailes inférieures servant au vol.

Aristote était un savant de son temps, et il a rapporté dans ses écrits bien des légendes et des faits mal interprétés. Mais la lecture de ses œuvres montre qu'il avait commencé à comprendre la vie des insectes, si différente de la nôtre, en particulier le fonctionnement de la ruche.

2 D'où vient le mot « insecte » ?

« Insecte » vient du latin *insecta* qui avait le même sens. Le Romain Pline l'Ancien l'emploie dans ses *Histoires naturelles* pour qualifier les animaux dont le corps est formé d'articles distincts (parties d'un membre, d'un appendice qui s'articulent entre elles chez les Arthropodes). C'est un dérivé du verbe *insecare* qui veut dire couper.

Étymologiquement, « insecte » et « secte » sont des mots très proches. Le premier veut dire en quelque sorte « animal prédécoupé en morceaux ». Le second désigne à l'origine un groupe de croyants chrétiens qui s'était coupé de l'Église catholique et universelle, avant de prendre son sens actuel de groupe clos replié sur lui-même.

Pline était un compilateur et non un savant. Tout ce qu'il écrit sur les insectes, à part quelques légendes sans intérêt, est repris des traités d'Aristote. Le mot *insecta* lui-même est la transcription du terme grec de même sens *entomon* créé par Aristote dans son *Histoire des Animaux*. C'est sur cette racine qu'a été créé, au milieu du XVIIIe siècle par le Suisse Charles Bonnet, le mot « entomologie » pour qualifier la branche de la science qui étudie les insectes.

3 Quel a été le premier entomologiste français ?

Le premier savant français à avoir écrit une œuvre scientifique conséquente sur les insectes, et à avoir découvert des faits incontestables concernant leur anatomie et leur biologie, est le physicien René Antoine Ferchault de Réaumur.

Né en 1683 à La Rochelle, de petite noblesse de robe récente, il entre à 24 ans à l'Académie royale des sciences de Paris comme élève géomètre. Jusqu'à sa mort en 1757, il restera dans cette institution dont il sera 11 fois directeur annuel. Rationnel et universel, à l'image du Siècle des lumières dans lequel il vivait, il travaille dans des domaines aussi divers que les mathématiques, la physique (il est l'inventeur du premier thermomètre à mesure comparable), la métallurgie (il met au point un procédé pour la fabrication d'acier de qualité), les sciences naturelles (il s'intéresse aux coquillages producteurs de nacre), les oiseaux (il met au point une couveuse artificielle).

René Antoine Ferchault de Réaumur

Durant ses loisirs, il étudie les insectes et publie de 1734

à 1742 six volumes de *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes*, où il décrit ses observations et ses expériences pour mieux comprendre l'anatomie, l'organisation et les mœurs des insectes. Il met au point des ruches vitrées pour étudier les abeilles et il apporte de nombreux faits nouveaux pour la science.
Esprit pratique, ses travaux sur les métiers seront largement utilisés par la fameuse *Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert. Ses études sur les insectes sont dans la même veine. Il justifie son intérêt pour eux en rappelant les services qu'ils rendent alors à l'homme (cire, miel, laque, colorants…) et les dégâts qu'ils commettent dans les cultures, les aliments stockés, les bois ouvrés, à une époque où le grand Buffon disait qu'une mouche ne devait pas prendre plus de place dans l'esprit d'un naturaliste qu'elle n'en occupe sur notre planète, sous-entendant que seuls les mammifères et les oiseaux étaient dignes d'intérêt.

4 Quel est le plus grand entomologiste français ?

À en juger par l'importance des découvertes qu'il a faites et par sa popularité dans de nombreux pays et notamment au Japon, Jean-Henri Fabre est sans conteste le plus grand des entomologistes français.
Né en 1823 à Saint-Léons dans l'Aveyron, issu d'un milieu pauvre, cet autodidacte devient instituteur puis professeur à force de travail. Il mène sa carrière académique en Provence, à Carpentras et à Avignon, avant d'abandonner l'enseignement pour se consacrer à l'écriture de livres scolaires qui lui procureront suffisamment de droits d'auteur pour assurer son indépendance.
Comme Réaumur qu'il revendique comme maître, il s'intéresse aux insectes durant ses loisirs et préfère étudier leurs mœurs plutôt que les mettre en collection et les classer. Comme lui, il publie ses travaux en plusieurs tomes.
Ses *Souvenirs entomologiques* paraissent en 10 volumes de 1879 à 1907. Il y étudie de nombreuses espèces d'insectes, en particulier

Jean-Henri Fabre étudiant les bousiers

les guêpes et les abeilles solitaires pour essayer de comprendre les mécanismes de l'instinct, mais aussi les bousiers, les nécrophores, le grand paon de nuit, etc.

Bien qu'il fut correspondant de Charles Darwin, Fabre a mauvaise réputation parmi les scientifiques modernes parce qu'il n'était pas convaincu de la validité de la théorie de l'évolution. Une partie de ses travaux visait à prouver que cette théorie était fausse. Ce qui ne l'a pas empêché de faire des découvertes remarquables. Par exemple, il met le premier en évidence la communication chimique à distance chez les insectes, ce que les entomologistes modernes appellent les phéromones, qui ont aujourd'hui une grande importance dans la lutte contre certains ravageurs des cultures.

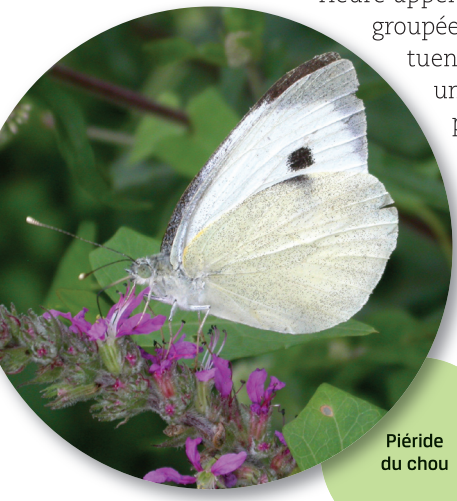
Si Fabre est toujours populaire et si ses *Souvenirs entomologiques* sont toujours lus et constamment réédités dans de nombreuses langues, c'est qu'il fut un écrivain sachant captiver ses lecteurs autant qu'un savant.

Voir aussi la question 172

5 Comment sont classés les insectes ?

La classification du monde vivant, et les insectes ne font pas exception, est constituée de cases qui s'emboîtent les unes dans les autres. L'unité de base de cette classification est appelée « espèce ». Deux individus de sexes différents appartiennent à la même espèce quand ils peuvent se reproduire entre eux et que leurs descendants sont féconds.

Les espèces proches sont rassemblées dans une première case appelée « genre ». Les genres proches sont rassemblés dans une case supérieure appelée « famille ». Les familles proches sont groupées en « ordres ». Les ordres proches constituent une « classe ». Les insectes forment une classe. Les classes proches sont regroupées en « embranchements ». Les insectes appartiennent à l'embranchement des Arthropodes. Enfin les embranchements proches sont rassemblés en « règne ». Les insectes appartiennent, comme nous autres humains, au règne animal.



Piéride du chou

Les êtres vivants dépassant largement le million et demi d'espèces connues, un nombre de cases aussi limité s'est vite révélé insuffisant pour des classifications qui

se veulent parfois précises à l'extrême. Alors les scientifiques ont inventé d'autres cases. Les espèces peuvent être divisées en sous-espèces, formes, variétés, les genres en sous-genres, les familles en sous-familles, les ordres en sous-ordres voire en infra-ordres, les classes en sous-classes. Inversement, les genres peuvent être rassemblées en tribus, les familles en superfamilles, les ordres en superordres.
Prenons, par exemple, la banale piéride du chou que tout le monde connaît. Elle appartient au genre *Pieris*, à la tribu des *Pierini*, à la sous-famille des Piérinés, à la famille des Piéridés, à la superfamille des *Papilionoidea*, au sous-ordre des *Glossata*, à l'ordre des Lépidoptères, etc. Cela peut apparaître très compliqué pour le néophyte, mais c'est très pratique pour le spécialiste. Connaître la place exacte de deux espèces dans la classification permet de connaître leur degré de parenté, tout comme nous savons que le chimpanzé est le singe le plus proche de nous car nous appartenons à la même sous-famille des Homininés, alors que le gorille appartient à la famille des Hominidés mais à la sous-famille des Gorillinés.

6 Qui a inventé la classification moderne des insectes ?

Aristote le premier a voulu classer d'une manière rationnelle les êtres vivants, et bien d'autres savants après lui ont continué son travail de description du monde vivant. Mais leurs travaux pêchaient par un point essentiel : les différentes catégories qu'ils créaient, chez les poissons, les insectes ou les plantes, n'étaient pas comparables entre elles. Et chacun faisait ce qu'il voulait dans son coin, car il n'y avait pas de règle commune.
C'est au botaniste suédois Carl von Linné, ou *Linnaeus* en latin, que revient le mérite d'avoir créé une classification rationnelle et universelle, avec des règles de fonctionnement à la fois suffisamment rigides pour que chacun aille dans le même sens, et suffisamment souples pour qu'elles s'adaptent aux futures découvertes.
Nous utilisons toujours aujourd'hui le système de Linné. Certes, il a été profondément complexifié, pour tenir compte à la fois du grand nombre d'espèces vivantes décrites depuis son époque et de l'approfondissement de nos connaissances quant aux relations qui existent entre les êtres vivants. Il a néanmoins résisté à l'épreuve du temps et il reste opérationnel à l'époque de l'informatique triomphante.
La base du système de Linné est le binôme, c'est-à-dire le double nom. Chaque être vivant, quand il est décrit pour la première fois par un savant utilisant le système de Linné, est baptisé de deux noms. Le premier,

qui prend toujours une majuscule, est le nom du genre. Par exemple, la piéride du chou appartient au genre *Pieris*. Le second, qui ne prend jamais de majuscule même quand il est dérivé d'un nom propre, est le nom de l'espèce, *brassicae* dans le cas de la piéride du chou.
Le nom de genre doit être unique chez les animaux ou chez les végétaux. Il n'y a donc qu'un seul genre qui s'appelle *Pieris* pour tout le monde animal. Le nom d'espèce peut déjà avoir été donné à d'autres animaux, à la seule condition qu'ils n'appartiennent pas au même genre. Par exemple, la noctuelle du chou s'appelle *Mamestra brassicae*.
Le double nom est donc unique. C'est l'étiquette qui permet de distinguer une espèce vivante de toutes les autres déjà décrites. Cette innovation très pratique, couplée à la rationalisation des échelons supérieurs de la classification (c'est Linné qui a organisé le système en espèce-genre-famille-ordre-classe-embranchement), a assuré le succès immédiat et durable de la classification dite linnéenne.

7 Pourquoi les insectes portent-ils tous un nom latin ?

Au XVIIIe siècle, quand le grand Linné invente sa classification, la langue commune des savants européens de l'époque (le reste du monde est alors à l'écart de ce grand mouvement d'essor des sciences) est le latin. En effet, après la chute de l'Empire romain, l'éducation a été assurée durant de longs siècles par l'Église, dont la langue officielle était le latin de la Vulgate, c'est-à-dire de la Bible traduite au Ve siècle par Saint-Jérôme. Linné était d'ailleurs lui-même un ecclésiastique qui enseignait à l'université d'Upsala en Suède.
Il rédigea tous ses livres scientifiques en latin, et quand il donna un nom selon son système à toutes les plantes et à tous les animaux dont il eut connaissance, ce nom fut aussi en latin. Ses continuateurs suivirent son exemple, la science européenne se diffusa dans le monde entier, et aujourd'hui le binôme latin-linnéen est une sorte de langage international qui permet aux biologistes de se comprendre facilement. En effet, les êtres vivants, au moins les plus communs, ont un nom dans chacune des langues utilisées dans les zones où ils vivent, ou même dans chacune des langues du monde (ou presque) pour les espèces emblématiques comme le tigre. Cette grande variété de noms rend très difficile la compréhension mutuelle, car il est impossible de mémoriser de nombreux synonymes pour chaque espèce, mais l'emploi du binôme latin permet une compréhension immédiate d'un pays à l'autre, d'un continent à l'autre. Je ne sais pas comment on appelle la piéride du chou en chinois et un entomologiste chinois doit probablement ignorer quel est

son nom français, mais nous savons tous les deux ce qu'est *Pieris brassicae* : un papillon blanc marqué de noir dont la chenille se nourrit de choux et de quelques autres plantes de la même famille. Le nom latin, si rébarbatif pour le grand public, est au contraire très pratique pour les spécialistes qui n'ont besoin ainsi de ne mémoriser qu'un seul nom par espèce.

8 Comment faire quand un même insecte a reçu deux noms latins différents ?

Le système de Linné repose sur ce dogme : une espèce doit recevoir un nom latin en deux parties et un seul, et ce binôme latin doit être attribué à une espèce et une seule. Mais souvent la machine se grippe. Quand un entomologiste attrape un papillon par exemple, il va consulter sa documentation pour mettre un nom précis dessus. En lisant les descriptions des différentes espèces qui semblent proches, il va pouvoir vérifier par un ensemble de petits détails anatomiques à quelle espèce précisément son individu se rattache.

Parfois, aucune espèce déjà décrite ne correspond à ce qu'il a sous les yeux. Il peut donc considérer qu'il s'agit d'une espèce nouvelle et la décrire dans une revue scientifique en lui attribuant un binôme latin. Mais sa documentation peut être incomplète, et l'espèce avoir déjà été décrite dans un autre pays, dans une revue ou un ouvrage dont il n'a pas connaissance ou dont il ne connaît pas la langue. Il existe un ensemble de règles, rassemblées dans le Code de nomenclature international, pour solutionner d'une manière rationnelle et constante ces petits problèmes. Par exemple, la règle de priorité indique que le nom valable est le premier à avoir été attribué, en fonction de la date de publication de la description originale accompagnée du binôme latin.

Cette règle peut avoir des exceptions. Par exemple, si ce premier nom, qui a priorité, a déjà été attribué à une espèce différente du même genre, il y a synonymie, et c'est alors le second nom par ordre chronologique qui devient valide. S'il n'en existe pas, ce qui est fréquent, la personne qui s'est rendu compte de la synonymie peut alors lui attribuer un

Poliste gaulois

nouveau nom. L'application de cette règle a un effet secondaire pervers : la modification régulière de noms utilisés communément qui s'avèrent être des synonymes non prioritaires.
Parfois, le contraire arrive. Deux espèces différentes ont été confondues sous le même nom. Il faut alors vérifier à laquelle des deux espèces appartenait l'échantillon qui a servi à la première description, et lui attribuer ce premier nom, puis décrire la seconde avec un nouveau nom, ou bien exhumer un nom mis précédemment en synonymie. Par exemple, une guêpe de nos régions a été baptisée *Polistes gallicus*, poliste gaulois, par Linné. Mais on s'est aperçu à la fin du XX^e^ siècle que deux espèces cohabitaient sous ce même nom. Après avoir vérifié dans la collection d'insectes de Linné conservée au British Museum, le nom original est resté attaché à une espèce qui ne se trouve pas en France, mais seulement dans le nord de l'Europe. Le poliste qu'on trouve chez nous s'appelle désormais *Polistes dominulus*.

9 Les noms latins des insectes ont-ils tous un sens ?

Les premiers entomologistes appartenaient aux classes cultivées de la société et connaissaient le latin. Ils formaient des noms reprenant une caractéristique de l'espèce, inconnus en latin classique mais qui auraient été compréhensibles par Cicéron ou Jules César. Par exemple, Ludwig Redtenbacher a décrit en 1849 un bupreste du genre *Agrilus*, qu'il a baptisé *convexicollis*. Ces deux mots accolés sont compréhensibles avec un peu de réflexion par toute personne parlant français car ils sont encore proches de mots en usage : à cou convexe. Autre grande source de noms scientifiques latinisés, les noms propres géographiques ou bien de collègues ou personnages influents à qui sont dédiés de nouvelles espèces. Par exemple, *Carabus solieri*, le carabe de Solier, assure à ce M. Solier, oublié de tous ou presque par ailleurs, une certaine célébrité car il fait partie de la liste des espèces protégées en France et à ce titre est cité dans de nombreuses publications. Des insectes conservent parfois la trace d'un passé que certains voudraient bien oublier. Ainsi l'entomologiste allemand Scheibel a décrit en 1933 une nouvelle espèce de carabe trouvée dans une grotte de Slovénie, qu'il a dédiée à Adolf Hitler : *Anophtalmus hitleri*. Ses sympathies nazies de l'époque sont ainsi rappelées à la communauté des entomologistes à chaque parution d'un nouvel ouvrage sur ce groupe !
Mais le grand nombre de noms déjà décrits limitant les possibilités, de nouvelles sources d'inspiration sont apparues. Par exemple, le criquet africain *Eyprepocprifas insularis*, décrit en 1982, signale aux initiés que son

descripteur souhaitait remercier le Programme de recherche, d'information et de formation sur les Acridiens (Prifas).
Les anagrammes ont également permis de créer de nouveaux noms de genres, indiquant qu'ils sont proches de la source d'inspiration. Le genre *Anaspis*, appartenant à la famille des Coléoptères Scraptiidés, a été décrit en 1762. En 1876, apparaissent les genres proches *Spanisa* et *Nassipa* et en 1950, le genre *Pinassa*.
Le nom scientifique d'un insecte nouvellement décrit se déconnectant de plus en plus d'une signification préalable, il n'y avait qu'un pas à franchir pour aboutir à des agencements arbitraires de lettres et de syllabes. Il est franchi dès 1836 par le Français Charles Aubé, qui déclare dans son ouvrage *Histoire naturelle et iconographie des Coléoptères d'Europe*. Tome V : Hydrocanthares et Gyriniens : « Lorsque je serai contraint de créer un genre nouveau, le nom que je lui assignerai n'aura aucune valeur significative ; je le ferai toujours à ma fantaisie, avec des syllabes placées au hasard ». Cette pratique, vite adoptée par d'autres entomologistes, est à l'origine de noms comme *Arima* ou *Mysia*. Elle est aujourd'hui très répandue, notamment chez les entomologistes américains. Cela a entraîné une réaction parodique d'un entomologiste français, qui a baptisé en 1970 un représentant américain de l'ordre des Trichoptères *Rhyacophila tralala* pour se moquer de cette propension à abuser des noms sans signification !

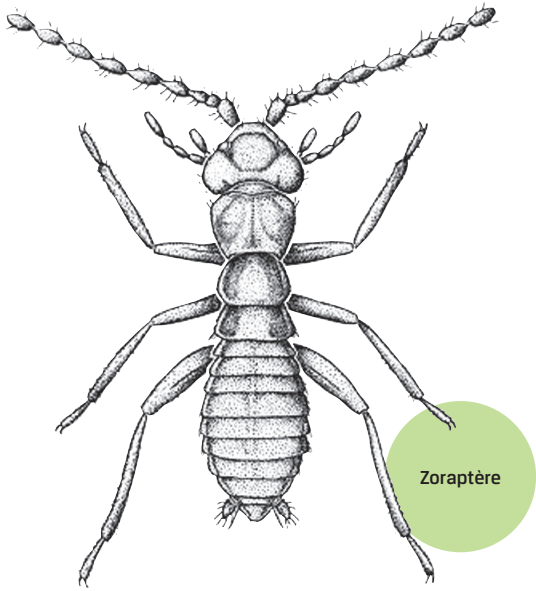
Carabe de Solier, endémique des Alpes du Sud

10 Combien y a-t-il d'ordres d'insectes ?

Au moment où j'écris ces lignes, je compte 34 ordres d'insectes : Protoures, Collemboles, Diploures, Thysanoures, Éphéméroptères, Odonates, Blattides, Mantides, Isoptères, Zoraptères, Plécoptères, *Mantophasmatodea*, Phasmides, Notoptères, Embioptères, Orthoptères, Dermaptères, Psocoptères, Anoploures, Mallophages, Hétéroptères, Homoptères, Thysanoptères, Coléoptères, Siphonaptères, Mégaloptères, Raphidioptères, Névroptères, Hyménoptères, Strepsiptères, Mécoptères, Trichoptères, Lépidoptères, Diptères.

Mais ce nombre change régulièrement : deux ordres peuvent être rassemblés en un seul, un ordre séparé en deux, ou une découverte extraordinaire conduire à la description d'un nouvel ordre, comme les *Mantophasmatodea*. En 1999, Oliver Zompro, chercheur à l'Institut de limnologie de Ploen en Allemagne et spécialiste des Phasmides, étudie des spécimens de cet ordre piégés il y a 40 millions d'années dans de la résine devenue de l'ambre. Un spécimen attire son attention : alors que les phasmes sont végétariens, celui-ci a été piégé en train de dévorer un congénère.

Intrigué, Olivier Zompro visite les collections des principaux musées européens pour savoir si des espèces proches de ce fossile existeraient encore. À Londres et à Berlin, il trouve des spécimens très proches, capturés en Afrique. En les disséquant, il trouve des restes animaux dans leur intestin, prouvant qu'ils étaient également carnivores et le confortant dans l'idée qu'il a découvert un nouvel ordre. Au début des années 2000, le Muséum national de Namibie lui ayant signalé qu'il possédait des spécimens de cette espèce dans ses collections, il participe à une expédition dans ce pays, dans le massif montagneux du Brandberg. Une seule nuit de recherches minutieuses suffit à l'équipe pour capturer le premier spécimen vivant de *Tyrannophasma gladiator*, du nouvel ordre des *Mantophasmatodea* officiellement décrit en 2002, qui compte aujourd'hui cinq espèces vivantes et deux espèces fossiles. La dernière création d'un ordre d'insectes remontait à 1913 avec la description de l'ordre des Zoraptères par l'entomologiste italien Silvestri.



11 Tous les ordres d'insectes sont-ils représentés dans nos régions ?

Non, certains petits ordres ont une répartition limitée sur notre planète. Les Notoptères, par exemple, connus seulement pour une dizaine d'espèces, ne se trouvent qu'en Amérique du Nord et au Japon. Le nouvel ordre des *Mantophasmatodea* est confiné à l'Afrique et les Zoraptères, une trentaine d'espèces tout au plus, peuplent les régions tropicales du monde. Seulement quatre espèces se trouvent au nord du tropique du Cancer : deux au Tibet et deux en Amérique du Nord, aucune en Europe.

12 Combien y a-t-il d'espèces d'insectes dans le monde ?

La question est très débattue, car il est difficile de donner des chiffres précis. Le comptage des espèces déjà décrites est singulièrement compliqué par le problème des mises en synonymie expliquées à la question 8. En effet, certaines espèces ont été décrites sous de nombreux noms différents. Par exemple, le perce-oreille des rivages, que l'on trouve sur les plages de sable du littoral et des cours d'eau en Europe et presque dans le monde entier, a été décrit sous plus de 100 noms latins.

Certains auteurs se sont risqués à des estimations à partir de comptages partiels et d'extrapolations, qui varient entre 800 000 espèces pour les plus prudents à environ 1 200 000, mais ce chiffre ne tient compte que des espèces connues, décrites et enregistrées sous un nom latin. Comme les entomologistes découvrent de nouvelles espèces chaque jour dans le monde, principalement dans les forêts humides des régions tropicales et équatoriales, cela prouve que de nombreuses espèces nous restent encore inconnues.

Dans les années 1960, des chercheurs américains ont enveloppé de plastique un arbre de la forêt du Costa Rica, pulvérisé un cocktail d'insecticides, puis ramassé tous les cadavres d'insectes, tamisé le sol, gratté l'écorce pour être sûrs de ne rien oublier. 95 % des espèces étaient nouvelles pour la science. Considérant que beaucoup de végétariens sont strictement confinés à une espèce d'arbre, ils ont fait une règle de trois avec le nombre d'arbres différents existant dans toutes les forêts chaudes et humides du globe et sont arrivés au chiffre faramineux de 30 millions d'espèces d'insectes au total.

Dans les années 1990, d'autres chercheurs ont mené une étude semblable dans une forêt de Nouvelle-Guinée. Mais comme ils ont estimé que beaucoup d'espèces végétariennes pouvaient se nourrir sur plusieurs espèces végétales différentes, ils n'ont estimé le nombre total d'espèces d'insectes

qu'à 3 millions environ. Ce qui signifie que nous n'en connaissons pour l'instant au mieux qu'un tiers.

Voir aussi la question 8

13 Combien y a-t-il d'espèces d'insectes en France ?

Il n'est pas plus possible de donner un chiffre précis pour la France que pour le monde entier. Deux entomologistes, Michel Martinez et Bertrand Gauvrit, ont cependant essayé en 1997 de donner une estimation pour la France métropolitaine (y compris la Corse). La précision est importante, car les départements et territoires d'outre-mer situés pour la plupart en zone intertropicale abritent une faune entomologique très différente de celle de la métropole, et certainement bien plus variée en espèces.

Pour la France métropolitaine, ce calcul basé sur des estimations statistiques évalue à 34 600 espèces la faune entomologique actuellement connue, et à 40 000 espèces la faune entomologique totale. Cela signifie que 5 000 espèces sont encore à découvrir. Il s'agit, d'une part, d'espèces nouvelles pour la science, c'est-à-dire non encore répertoriées, décrites et baptisées et d'autre part, d'espèces déjà connues dans les pays voisins mais non encore signalées en France.

35 000 espèces connues sur 887 000 espèces connues dans le monde (estimation de Martinez et Gauvrit) représentent à peine 4 % de la faune mondiale, une preuve parmi bien d'autres que la faune des régions tempérées du monde est bien moins riche que celle des régions équatoriales et tropicales humides.

14 Quelle a été l'influence de la théorie de l'évolution de Darwin sur la classification des insectes ?

La théorie que Darwin exposa pour la première fois publiquement en 1859 puis développa et précisa dans les années suivantes postule que les êtres vivants changent au cours du temps, qu'ils évoluent, et que cette évolution se fait au moyen de la sélection naturelle. Seuls les plus aptes se reproduisent en nombre. En opposition frontale avec les croyances d'un monde créé par Dieu et inchangé au cours du temps, elle suscita de très vifs débats qui durent encore aujourd'hui.

La très grande majorité de la communauté scientifique admet aujourd'hui comme valide la théorie de Darwin, corrigée et précisée sur de nombreux points. La vie serait apparue une fois il y a très longtemps sur notre planète, il y a plus de 2 milliards d'années, et aurait peu à peu

évolué en se diversifiant toujours plus, avec parfois des reculs temporaires lors de crises entraînant des extinctions massives.
Le système de Linné a été conçu avant Darwin, et se voulait un moyen rationnel de classer les êtres vivants pour mettre de l'ordre dans le « fouillis » de la nature et faciliter les études. Le monde vivant est traité comme une vaste bibliothèque où les livres seraient rangés selon la couleur de leur couverture, leur format, leur nombre de pages, c'est-à-dire des critères de ressemblance extérieure.
La théorie de l'évolution postulant des liens de parenté plus ou moins étroits entre tous les êtres actuellement vivants sur Terre, les scientifiques ont rapidement intégré cette dimension dans leurs travaux de classification. La classification a été peu à peu modifiée pour que les ordres, les familles, les genres, etc. rassemblent des espèces parentes, c'est-à-dire ayant des ancêtres communs. Le monde vivant est alors traité comme une bibliothèque où les livres seraient rangés par époque et par auteur, c'est-à-dire selon leur parenté dans le temps.

15 Qu'est-ce que la cladistique ?

Ce mot barbare vient du mot « clade », issu du grec *klados* qui veut dire « rameau ». Il désigne une école qui pousse à l'extrême la fusion du système linnéen avec la théorie de l'évolution de Darwin en établissant une classification qui est exactement calquée sur les relations de parenté. La base de ce système est le clade, qui regroupe tous les descendants, et uniquement les descendants d'un ancêtre commun.
Le plus petit clade possible rassemble deux espèces immédiatement issues d'un ancêtre commun. Le plus large clade possible rassemble l'ensemble des êtres vivants, si la théorie selon laquelle la vie est apparue une seule fois est exacte. Cette cellule vivante primitive est l'ancêtre commun de toute vie actuelle. L'application de la cladistique à la classification traditionnelle de Linné oblige à remettre en question des groupes cohérents par leur ressemblance extérieure mais qui ne rassemblent pas tous les descendants et uniquement les descendants d'un ancêtre unique. Par exemple, tous les mammifères descendent d'un ancêtre reptile commun, comme tous les oiseaux descendent d'un autre ancêtre reptile commun.

Collembole

Ce sont donc des clades. Mais les reptiles, s'ils sont bien tous issus d'un ancêtre amphibien commun, ne rassemblent pas tous les descendants de cet ancêtre, puisque les oiseaux et les mammifères en descendent aussi. Le groupe traditionnel des reptiles, comme celui des amphibiens et pour la même raison, ne sont donc pas des clades.

La classification des insectes est régulièrement révisée selon les critères de la cladistique. L'inventeur de cette méthode est d'ailleurs un entomologiste allemand, Willy Hennig, qui en a posé les principes en 1950 dans un travail sur la classification des Diptères. Pour les cladistes, la classe linnéenne des insectes est bien un clade. Mais ils ont apporté une petite modification sémantique, préférant parler des Hexapodes, animaux à six pattes en grec. Ils réservent le nom d'insecte à un groupe légèrement plus restreint dont ils excluent sur la base de la forme des pièces de la bouche trois petits groupes : les Collemboles, les Protoures et les Diploures qui sont donc des Hexapodes sans être des insectes.

Fossile de larve de libellule datant du Miocène

16 De quelle époque date le plus vieux fossile d'insecte ?

Les insectes sont terrestres ou vivent dans les eaux douces, à de très rares exceptions près. Le groupe est donc apparu au plus tôt il y a environ 430 millions d'années, quand la végétation sortie des eaux partait à la conquête des terres émergées et offrait de nouveaux milieux de vie aux animaux. L'empreinte d'un petit Collembole conservée sur une roche trouvée en Écosse constitue à ce jour le plus ancien fossile connu d'insecte. Les géologues datent la couche de roche de 396 millions d'années, c'est-à-dire du Dévonien inférieur durant l'ère primaire. Son nom de baptême, en référence à « son grand âge », est *Rhyniella praecursor*.

Ce statut de précurseur des insectes a été remis en question par des travaux récents de systématique (la science de la classification du vivant) qui classent les Collemboles dans les Hexapodes et non dans les Insectes, c'est-à-dire qui refusent le statut d'ancêtres des insectes vrais aux Collemboles. Pour cette école, le premier fossile d'insecte vrai a été découvert dans les roches de Gilboa, près de New York aux États-Unis d'Amérique, qui gardent les traces de la plus ancienne forêt connue.

Ce fossile est plus jeune d'une dizaine de millions d'années que le précédent, puisque la couche est datée de 385 millions d'années. Il s'agit d'une espèce qui semble proche des Thysanoures actuels, mais le mauvais état des restes fossilisés ne permet pas de la classer avec certitude.

Voir aussi la question 24

17 Pourquoi les ailes des insectes sont-elles apparues ?

Les insectes se sont très vite diversifiés après leur apparition sur Terre et ont représenté une ressource alimentaire intéressante pour d'autres animaux, notamment les premiers vertébrés terrestres, amphibiens et reptiles primitifs. L'apparition de l'aile, il y a 325 millions d'années au Carbonifère, est une adaptation pour échapper plus facilement à ces prédateurs. Les fossiles nous montrent que les ailes n'ont d'abord été que des expansions latérales du squelette externe du thorax, permettant de planer et non de voler. Les plus anciens insectes ailés présentent six ailes, une paire par segment du thorax. Mais la coordination nécessaire des six ailes pour un vol efficace étant difficile à maîtriser, les ailes se sont bien vite réduites à quatre seulement, et même à deux chez les mouches et moustiques, ou Diptères en langage scientifique (deux ailes en grec). L'apparition des ailes s'est accompagnée d'une diversification importante des insectes, favorisés par cette faculté d'échapper plus facilement aux prédateurs. Mais l'évolution se charge bien vite de rétablir l'équilibre. Les premiers reptiles volants puis les oiseaux apparaissent à l'ère secondaire, les chauve-souris à l'ère tertiaire et certains prédateurs terrestres adaptent leur technique de chasse, comme les araignées qui se mettent à fabriquer des toiles collantes, véritables pièges d'interception en vol.

18 Quand les premiers insectes à métamorphose complète sont-ils apparus ?

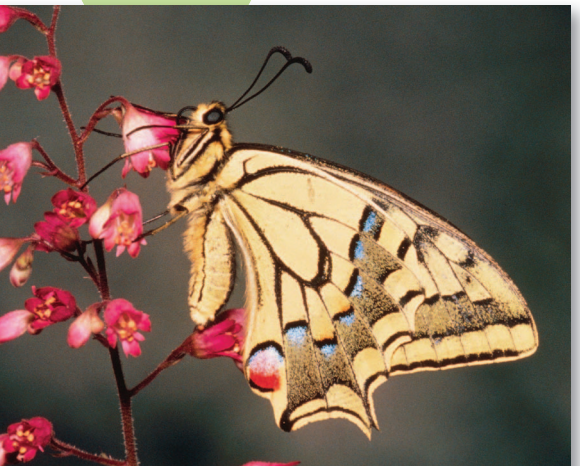
Dans l'évolution des insectes, le passage d'un développement à métamorphose incomplète (la larve assez proche de l'adulte lui donne directement naissance) au développement à métamorphose complète (la larve, très différente de l'adulte, se transforme en nymphe, stade immobile, qui donne ensuite naissance à l'adulte) est un moment très important de la réussite évolutive du groupe. En effet, 80 % des espèces actuelles d'insectes sont à métamorphose complète et elles appartiennent presque toutes aux quatre grands ordres qui dominent par le nombre d'espèces :

Coléoptères, Diptères, Hyménoptères et Lépidoptères. Ce passage est assez ancien dans le temps. Il suit de peu l'apparition des ailes, puisque les premiers fossiles de Coléoptères apparaissent à la fin de l'ère primaire, au Permien, il y a 290 millions d'années. Ce grand âge des Coléoptères explique en partie leur grand nombre actuel, leur évolution s'étalant sur près de 300 millions d'années. Ils se caractérisent par leurs ailes supérieures durcies en élytres, protecteurs des ailes postérieures servant au vol. L'invention de ce blindage compte aussi dans la réussite numérique exceptionnelle de cet ordre, le plus important de tous les êtres vivants.

Voir aussi les questions 12, 66 et 67

19 Quand le premier papillon a-t-il volé ?

Les papillons se distinguent de tous les autres insectes par leurs ailes recouvertes de minuscules écailles colorées, d'où leur nom scientifique de Lépidoptères venant du grec *lepidos* « écaille » et *pteron* « aile ». Certaines espèces arborent de merveilleuses couleurs métalliques ou des dessins spectaculaires, excitant la passion de certains collectionneurs. Les papillons se caractérisent aussi par les pièces de la bouche transformées en une longue trompe déroulante leur permettant de puiser les liquides dans des endroits plus ou moins profonds. Cette dernière adaptation ne les autorise à consommer que des aliments liquides, parfois les sucs suintant des cadavres ou des crottes, le plus souvent le nectar sucré des fleurs. Les papillons sont apparus peu après les premières plantes à fleurs, il y a 200 millions d'années environ, au Jurassique en pleine époque des dinosaures. Les plus primitifs, dont il reste quelques descendants encore vivants aujourd'hui, ont des pièces de la bouche primitives, munies de mandibules capables de broyer le pollen dont ils se nourrissent. Ils vivent donc des fleurs, mais en les détruisant. Ensuite le groupe a coévolué avec les plantes. Celles-ci ont fourni le nectar, une sécrétion très riche en sucre et très nourrissante. Les papillons, en acquérant une trompe, ont cessé de détruire les fleurs. Par contre, en venant pomper le nectar, ils retiennent du pollen sur leur trompe ou sur leur corps poilu et contribuent efficacement à



Machaon porte-queue

la pollinisation des fleurs. Chacune des deux parties tire bénéfice de cette relation, d'où le terme de coévolution employé pour qualifier les relations étroites qui se sont établies au fil du temps entre les plantes à fleurs et les papillons et autres insectes pollinisateurs.

20 À quelle époque la première abeille a-t-elle vécu ?

Vivant en société très complexe, capable de mémoriser l'emplacement de sa ruche ou de communiquer avec ses congénères par des danses, l'abeille domestique (*Apis mellifera*) apparaît comme l'insecte le plus évolué. Les entomologistes pensent donc qu'elle est apparue récemment, il y a quelques millions d'années tout au plus. Il n'existe que quatre espèces du genre *Apis*, pour la plupart confinées dans le Sud-Est asiatique, région probable d'origine du groupe, mais aucun fossile n'a été trouvé permettant de mettre une date approximative sur cette apparition. Les bourdons, autre groupe d'abeilles sociales plus primitif, sont connus grâce à des formes fossiles conservées dans l'ambre de la Baltique au début de l'ère tertiaire il y a 50 millions d'années environ. L'ordre des Hyménoptères auquel appartiennent les abeilles est beaucoup plus ancien : il apparaît au Trias, au début de l'ère secondaire, à la même époque que les premiers dinosaures, il y a 250 millions d'années environ.

21 Les insectes qui vivaient à l'époque de Cro-Magnon sont-ils les mêmes qu'aujourd'hui ?

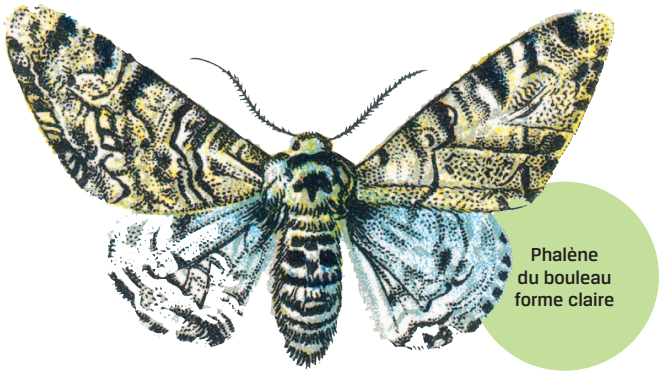
Oui et non. Oui, parce que l'homme de Cro-Magnon vivait il y a 35 000 ans environ, c'est-à-dire hier à l'échelle des temps géologiques, et que la très grande majorité des espèces vivant actuellement sur Terre étaient déjà apparues. Quelques-unes sont plus récentes, quelques autres se sont éteintes naturellement depuis, mais la grande masse de la faune entomologique est la même aujourd'hui qu'à l'époque où les fresques de la grotte de Lascaux étaient peintes par nos lointains ancêtres.
Non, parce que l'environnement, et donc la faune, n'étaient pas les mêmes. À l'époque de Cro-magnon, les glaciations faisaient régner sur la plus grande partie de l'Europe un climat arctique ou subarctique. Les insectes pouvant vivre dans ces conditions étaient peu nombreux et se trouvent aujourd'hui confinés en haute montagne ou dans le nord de la Scandinavie et de la Sibérie. Ceux que nous connaissons actuellement sont peu à peu remontés du sud au fur et à mesure du réchauffement climatique naturel qui a suivi la dernière glaciation.

22 Les insectes continuent-ils à évoluer ?

Les variations individuelles soumises à la sélection naturelle apparaissent à chaque génération par le mélange des gènes et représentent le mécanisme qui met en marche l'évolution. Ce mécanisme fonctionne en permanence. Les insectes, comme tous les êtres vivants y compris l'homme, continuent donc à évoluer. Mais le délai d'apparition d'une nouvelle espèce est bien plus long qu'une vie humaine. Nous avons donc très peu de chance de voir apparaître une nouvelle espèce.

En revanche, il est très facile de voir l'évolution en marche sur des points de détail à l'intérieur d'une même espèce. L'exemple le plus classique est celui de la phalène du bouleau, un papillon nocturne qui se tient, le jour, immobile sur l'écorce blanchâtre marquée de noir de cet arbre. Les ailes sont donc claires pour se fondre avec le support. Parfois un individu plus sombre apparaît. Mais comme il est plus visible sur le tronc clair, les oiseaux le repèrent plus facilement et il est mangé plus vite que ses congénères clairs. Lors de la révolution industrielle, l'Angleterre s'est mise à brûler beaucoup de charbon dont les fumées noires se déposaient sur les troncs de bouleau des villes. Les phalènes claires devenues plus visibles ont alors été désavantagées et la forme sombre a dominé. Puis avec la lutte anti-pollution, les troncs sont redevenus blanchâtres, et la forme sombre a de nouveau régressé.

Ce même mécanisme explique pourquoi les insectes deviennent régulièrement résistants aux insecticides utilisés contre eux. Quelques individus possèdent par hasard un mécanisme de défense. Ils survivent seuls, peuvent rapidement se multiplier puisque la place est vide, et seuls leurs descendants résistants survivent puisque les traitements insecticides détruisent les autres. Après quelques années, les traitements deviennent inefficaces et une autre molécule est alors nécessaire. Certaines souches d'insectes deviennent ainsi résistantes à de nombreux insecticides, comme, par exemple, la punaise des lits qui infeste certains hôtels.



Phalène du bouleau forme claire

Comment les insectes sont-ils faits ?

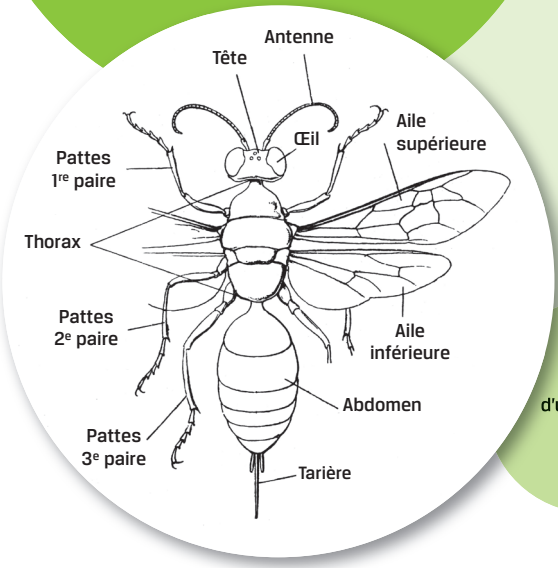


Schéma d'un insecte (guêpe)

23 Qu'est-ce qui distingue les insectes de tous les autres êtres vivants ?

Le chiffre six car les insectes au sens large, c'est-à-dire comprenant les Hexapodes, sont les seuls animaux à posséder six pattes. Ce nombre n'est pas dû au hasard, mais à l'organisation du corps des insectes. Le premier Arthropode était sans doute un animal composé de nombreux segments munis chacun d'une paire d'appendices.

Les mille-pattes sont restés assez proches de l'organisation de cet ancêtre, avec un nombre de pattes variant de 20 à quelques centaines. Chez les araignées, les segments ont fusionné en deux parties, l'abdomen à l'arrière et le céphalothorax à l'avant portant huit pattes. Les insectes ont un corps structuré en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen. Seul le thorax, composé de trois articles, porte des pattes, une paire par article, d'où le chiffre six.

Pour résumer la règle générale, tout animal possédant six pattes est un Insecte et plus exactement un Hexapode, huit pattes un Arachnide, 10 à 16 pattes un Crustacé, 20 pattes ou plus un Myriapode ou mille-pattes.

24 Quelle différence entre un insecte et un Hexapode ?

Longtemps, quatre petits groupes d'insectes considérés comme très primitifs, les Collemboles, les Protoures, les Diploures et les Thysanoures ont été rassemblés dans le groupe des Aptérygotes, signifiant « sans ailes » en grec. En effet, ces insectes ne possèdent pas d'ailes : ils ne les ont pas perdues mais en fait aucun de leurs ancêtres n'en a jamais eu. Cette classification s'appuyait notamment sur le fait que le plus ancien fossile d'insecte connu est celui d'un collembole.

Les études récentes sur la classification des grands groupes d'insectes ont montré que si les Thysanoures correspondaient effectivement à l'idée que l'on peut se faire d'un insecte très primitif, les trois autres groupes partageaient un caractère évolué commun : les pièces de la bouche ne sont pas externes, mais internes, cachées dans une sorte de tube. Ils ont donc été exclus des insectes au sens strict, et le nouveau groupe des Hexapodes a été créé pour les rassembler avec les insectes vrais. Un insecte est donc forcément un Hexapode puisqu'il possède six pattes, mais tous les Hexapodes ne sont pas des insectes, si les pièces de leur bouche sont cachées.

25 Tous les insectes ont-ils toujours six pattes ?

Comme souvent dans la nature, les règles générales souffrent d'exceptions qui les confirment. Cette règle des six pattes, presque absolue pour les adultes, s'avère beaucoup moins sûre en ce qui concerne les larves. Par exemple, de nombreuses larves d'insectes ne possèdent aucune patte comme les asticots des mouches ou les larves de guêpe et d'abeille. Les premières se déplacent par reptation, les secondes restent immobiles au nid, nourries à la becquée ou grâce à des provisions amassées par la mère.

À l'inverse, les chenilles, larves des papillons, se déplacent à l'aide de fausses pattes au nombre de quatre à dix selon les espèces, alors que les six vraies pattes ne servent qu'à tenir les feuilles qu'elles rongent. Pour compliquer le tout, d'autres Arthropodes peuvent passer pour des insectes, comme certains acariens qui sont des Arachnides censés posséder quatre paires de pattes mais qui en ont perdu une.

26 Pourquoi la peau des insectes est-elle souvent si dure ?

Débris de cuticule de carabe dans une crotte de renard

Les vertébrés, auxquels nous appartenons, se caractérisent par un squelette interne auquel sont attachés les muscles faisant mouvoir les différentes parties du corps. Les insectes, comme les autres Arthropodes, ont un squelette externe. Cela signifie que la peau qui les isole du monde extérieur est en même temps le squelette qui rigidifie le corps et qui sert d'attache aux muscles. Cette peau doit donc avoir une certaine rigidité pour permettre la contraction efficace des muscles. Et cette rigidité, surtout chez les plus grosses espèces, est obtenue par l'épaississement et le durcissement de la peau.

La peau, appelée cuticule, est si dure chez certaines espèces, en particulier chez les Coléoptères qui ont développé un blindage de tout le corps, qu'elle résiste même aux sucs digestifs des insectivores. Si vous observez les crottes de hérissons ou les boulettes de réjection (évacuées par la bouche) de chouette chevêche, vous pouvez voir de petits débris luisants, morceaux de peau d'insectes broyés et avalés par l'animal, mais qu'il a été incapable de digérer.

À voir les insectes marcher, courir, voler, nager, leur organisation particulière semble aussi efficace que la nôtre. Elle souffre cependant d'un petit défaut. La peau rigide empêche toute croissance importante. Quand un insecte grandit, il doit donc régulièrement quitter sa peau trop petite pour en acquérir une plus grande. C'est la mue. La vieille peau se fend, la nouvelle peau est encore molle et incolore en dessous. Libéré de son ancien carcan, l'insecte peut grossir brusquement grâce à la pression de son sang. Puis sa nouvelle peau se durcit au contact de l'oxygène de l'air et se colore, bloquant toute croissance jusqu'à la prochaine mue.

27 D'où viennent les couleurs des insectes ?

La cuticule des insectes est souvent très colorée. La plupart des espèces restent discrètes, vertes, brunes ou noires. Mais certaines arborent des bandes ou des taches de couleurs vives. Les plus fréquentes sont des jaunes, des oranges ou des rouges de toutes les nuances. Ces couleurs de base sont dites chimiques, car elles sont dues à des molécules incluses dans la cuticule ou juste en dessous. L'insecte est blanc au moment de la mue, les couleurs apparaissant lors du durcissement pour la même raison, c'est-à-dire par la réaction de molécules particulières avec l'oxygène de l'air donnant naissance aux pigments colorants. Les travaux de certains entomologistes ont montré que les couleurs des adultes sont souvent élaborées à partir de déchets secrétés par les larves mais non évacués. Le jaune des guêpes, par exemple, est élaboré à partir de molécules d'urée, composante de l'urine, accumulées par la larve.

Certaines espèces, parmi les plus spectaculaires, présentent des reflets métalliques dans les tons or, pourpré, bleu, vert ou bronze. Ces couleurs sont dites physiques parce qu'elles sont dues à la décomposition de la lumière par des microsculptures de la surface de la peau. C'est le même principe que le prisme de verre qui décompose la lumière blanche du soleil en spectre de l'arc-en-ciel. Ces couleurs physiques se superposent en général à une ou plusieurs couleurs chimiques de fond.

Les papillons sont remarquables par leurs ailes veloutées et colorées. Leurs couleurs chatoyantes peuvent être chimiques ou physiques, comme chez les autres insectes. Par contre, ce n'est pas la cuticule de l'aile elle-même qui est colorée, comme les élytres des Coléoptères. L'aile est couverte de minuscules poils aplatis en écailles. Chaque écaille est un point d'une couleur unique, et c'est la composition de dizaines ou de centaines de milliers de points différents qui composent ces merveilleux tableaux naturels.

Machaon porte-queue

28 Comment est organisée la tête d'un insecte ?

L'ancêtre des insectes était un Arthropode composé de nombreux articles indifférenciés, un peu comme les mille-pattes actuels. Le corps du premier insecte était structuré en trois parties bien différenciées : la tête issue de la fusion de six articles, le thorax composé de trois articles et l'abdomen composé de 11 articles. Les appendices des articles ont disparu sur l'abdomen, sauf aux articles terminaux où ils forment les cerques. Sur le thorax, ils se sont transformés en pattes. Sur la tête, les appendices sont devenus les antennes et, très déformés, les différentes pièces de la bouche.

La tête des insectes a perdu sa division en articles et apparaît comme une sorte de capsule plus ou moins ovoïde. Elle remplit deux fonctions principales. La première est la prise de nourriture puisque le système digestif s'ouvre par la bouche. La seconde est la perception du milieu extérieur. Bien sûr, les autres parties du corps peuvent posséder des tympans, des poils et des soies percevant les sons et les vibrations, parfois les odeurs ou les goûts. Mais la tête est une véritable tour de contrôle avec les antennes, les yeux et les nombreux poils sensitifs situés sur les pièces de la bouche ou ailleurs. Les yeux sont les organes de la vue. Ce sont des structures complexes composées de nombreux yeux simples, souvent associées à quelques yeux simples isolés (ou ocelles) destinés seulement à percevoir s'il fait jour ou nuit. Les antennes sont des organes très sensibles et très complexes percevant les odeurs, mais aussi les goûts, les courants d'air, les vibrations.

29 Les insectes ont-ils un cerveau ?

Chez les organismes les plus complexes, dont l'homme est considéré comme le représentant le plus perfectionné, le système nerveux est géré par une sorte de poste de commandement centralisé, le cerveau. Quand celui-ci est détruit ou significativement altéré, l'animal meurt. L'organisme est incapable de maintenir ses fonctions vitales sans les ordres conscients ou inconscients du cerveau, mais de nombreux animaux considérés comme inférieurs, les vers par exemple, possèdent un système nerveux décentralisé. Les plus primitifs d'entre eux peuvent être coupés en deux : chaque partie reconstituera la partie manquante, système nerveux compris, donnant deux individus complets.

L'ancêtre des insectes était proche des vers. Une chaîne nerveuse courait tout le long de son corps, reliée aux nerfs activant les muscles, les organes ou recevant les perceptions des organes des sens. Au niveau de chaque article, une petite boule de cellules nerveuses, appelée ganglion,

concentrait l'activité coordinatrice. D'un point de vue nerveux, chaque article du corps était donc indépendant des autres. Le premier insecte se caractérise par la fusion des six premiers articles du corps pour former la tête. Les six ganglions nerveux se sont agglutinés en une masse comparable au cerveau humain. Ce cerveau d'insecte reçoit et interprète les sensations arrivant par les yeux, les antennes, les poils sensitifs, et coordonne les mouvements de l'animal, pour la marche ou le vol. Mais le cerveau humain fait plus qu'analyser les perceptions des sens et coordonner les mouvements. Il est notamment capable d'apprentissage. Les insectes, bien sûr, sont loin d'avoir nos capacités cognitives et beaucoup de leurs comportements sont instinctifs, c'est-à-dire non appris, mais il est prouvé depuis longtemps qu'ils sont capables d'apprendre certaines choses, en relation avec leur mode de vie. Les blattes, par exemple, vivent groupées et sont attirées par l'odeur que laissent leurs congénères. En posant une blatte à l'entrée d'un labyrinthe et en mettant à la sortie une boîte contenant l'odeur d'autres blattes, il est possible de lui apprendre en quelques séances le trajet le plus court. Les abeilles mémorisent la carte des environs de la ruche, pour retrouver celle-ci au retour de leurs expéditions de butinage. Si vous déplacez la ruche de 10 m, les ouvrières qui étaient sorties au moment du déplacement s'agglutineront à l'ancien emplacement, car leur Global Positioning System (GPS) personnel les envoie sur ce point précis à 2 ou 3 m près. Il est donc juste de dire que les insectes ont un cerveau, même s'il est beaucoup plus primitif et limité dans ses capacités que le nôtre.

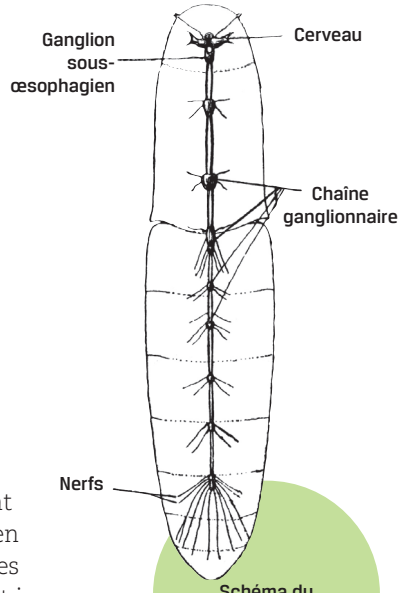


Schéma du système nerveux d'un Coléoptère

30 Comment les insectes voient-ils ?

L'œil d'un insecte est composé de nombreux yeux simples agglomérés en une masse plus ou moins importante. Chez certaines espèces pour qui la vision est primordiale, comme les libellules qui chassent en vol, les deux yeux se rejoignent en une masse unique donnant un champ de vision pouvant atteindre près de 360 °. Les libellules, comme les mou-

ches, ont véritablement des yeux derrière la tête, ce qui explique pourquoi il est si difficile de les surprendre. Tous les insectes n'ont pas besoin d'une vision aussi performante. Si un œil composé de libellule rassemble 28 000 yeux simples, celui de l'abeille n'en compte que 6 000 environ, et 500 seulement chez la fourmi.

Yeux de libellule

L'acuité visuelle des insectes est plus faible que la nôtre. Prenons en exemple l'abeille domestique, bien étudiée par les entomologistes, avec ses 6 000 yeux simples accolés. Chacun donne l'image d'une fraction du champ de vision, et l'addition de ces points qui se recoupent en partie donne l'image entière sous forme d'une mosaïque. Nous connaissons bien ce type d'image en mosaïque. Les tubes cathodiques des téléviseurs fonctionnent sur le principe d'un alignement de points. Mais la technique humaine dépasse largement les performances de vision des insectes : le plus rudimentaire des postes de télévision offre plusieurs centaines de milliers de points, pour 28 000 seulement chez les libellules.

Autre défaut des yeux composés : ils sont à trois dimensions, et les yeux accolés ne sont pas orientés dans la même direction. Même si le cerveau de l'insecte parvient à recréer une image cohérente à partir des points individuels, l'image obtenue doit ressembler à ce que nous voyons dans un miroir déformant, certaines parties sont grossies et d'autres au contraire sont comprimées.

31 Les insectes voient-ils les mêmes couleurs que nous ?

Tous les animaux ne voient pas de la même manière. Par exemple, la plupart des mammifères ne perçoivent pas les couleurs. L'anecdote est connue de la cape rouge du torero censée mettre en fureur le taureau, alors que celui-ci ne perçoit pas les couleurs. Il la voit grise, et c'est le mouvement qui l'excite. Comment savoir si les insectes perçoivent les couleurs et, dans l'affirmative, s'ils les perçoivent comme nous ?

L'entomologiste autrichien Karl von Frisch a mené des expériences très éclairantes sur les abeilles domestiques au début du XX^{e} siècle, ce qui lui

a valu le prix Nobel en 1975. Il ressort de ces expériences que la vision de la plupart des insectes est légèrement différente de la nôtre. À une extrémité du spectre, ils sont moins performants que nous. Nous percevons le rouge, alors qu'ils ne le différencient pas du noir. C'est pourquoi les scientifiques qui veulent étudier les mœurs des insectes nocturnes sans les perturber utilisent une lampe d'éclairage rouge. À l'autre extrémité du spectre, ils sont plus performants. Nous ne percevons pas l'ultraviolet, c'est-à-dire la couleur qui suit immédiatement le violet dans le spectre de décomposition de la lumière solaire, mais eux la voient.

À quoi peut bien leur servir cette capacité de voir les couleurs ? Pour les abeilles et les autres insectes butinant les fleurs, elle leur sert à trouver plus rapidement le nectar. Si vous regardez une fleur de mauve, par exemple, vous voyez que les lignes violet foncé qui décorent les pétales, convergent vers le centre de la fleur, là où se trouvent le nectar et le pollen. Les scientifiques appellent ces dessins particuliers des guides à nectar.

Autre exemple, la fleur de marronnier. Quand elle éclot, elle est blanche avec le centre jaune pour guider les abeilles vers le nectar. Quand elle est fécondée et donc que la visite des insectes est inutile, elle ne sécrète plus de nectar, mais son centre passe du jaune au rouge. Les insectes ne voyant pas le rouge, ils ne voient plus le guide et ne sont plus attirés vers ces fleurs fécondées. Ils se concentrent sur les fleurs encore à féconder.

Si vous regardez un coquelicot, vous voyez que la fleur est rouge avec un cœur noir, ce qui peut apparaître comme un guide vers le centre de la fleur. Mais les insectes ne voyant pas le rouge, la fleur leur apparaît noire et ne devrait pas les attirer. En fait, le centre de la fleur est ultraviolet. Mais comme nous ne percevons pas cette couleur, nous le voyons noir. À cause de nos différences de perception, la fleur de coquelicot est rouge à centre noir pour nous autres humains, et noire à centre ultraviolet pour les abeilles et les autres insectes butineurs.

32 À quoi servent les antennes des insectes ?

Les antennes des insectes sont des appendices segmentés, au nombre d'articles et à la taille très variables selon les espèces. Elles peuvent être très mobiles, ou au contraire rester plus ou moins rigides, selon le mode de vie de l'espèce considérée. Mais elles sont toujours couvertes de structures sensorielles baptisées sensilles, à l'architecture plus ou moins complexe selon leur rôle.

Les plus simples sont les soies sensorielles qui donnent le sens du toucher aux insectes. Elles réagissent au contact avec une surface, mais également aux mouvements de l'air et aux vibrations. Les sensilles

gustatives et olfactives sont plus complexes et réagissent aux molécules chimiques avec lesquelles elles entrent en contact. Si notre sens de l'odorat est bien différencié de notre sens du goût, la frontière est plus floue pour les insectes puisque les mêmes sensilles goûtent et sentent à la fois. Si vous observez une guêpe parasite des larves vivant dans le bois quand elle recherche une proie pour y déposer sa ponte, vous la verrez arpenter une branche morte dans tous les sens en fouettant l'air de ses antennes pour tapoter l'écorce. Son détecteur de vibration fonctionne à plein, et elle perçoit le moindre bruit de mastication ou de reptation de la larve au cœur du bois.

Les mâles de papillon nocturne, au contraire, cherchent à détecter l'odeur émise dans l'air par leur femelle. Leurs antennes ne sont pas des filaments mobiles comme des fouets, mais des structures rigides et plumeuses pour augmenter la surface de détection. Leur sensibilité est bien supérieure à celles des meilleurs détecteurs construits par l'homme. Non seulement ils sont capables de détecter quelques molécules odorantes de la femelle par litre d'air, mais ils peuvent savoir de quelle direction elles viennent pour aller la rejoindre afin de s'accoupler.

Quelques insectes, les libellules ou les mouches par exemple, ont des antennes très courtes. Cela signifie, soit que le sens de la vue domine les autres et rend le rôle des antennes subalterne comme chez les libellules qui ont une excellente vision, soit que les organes des sens principaux sont situés ailleurs, comme chez les mouches qui ont une langue et des pattes particulièrement sensibles aux molécules chimiques.

33 Les insectes ont-ils des oreilles pour entendre ?

La plupart des insectes ne distinguent pas les sons des vibrations. Il est vrai que le son n'est que la vibration de l'air. Ce sont les mêmes sensilles, situées sur les antennes ou d'autres parties du corps, qui les détectent. Ce sens de l'ouïe rudimentaire s'explique par le fait que contrairement aux mammifères et aux oiseaux, ils communiquent très peu par les sons.

Il existe cependant des insectes musiciens, bien que le mot soit un peu excessif pour des producteurs de bruits répétitifs. Sauterelles, criquets, grillons et cigales égaient la belle saison de leurs concerts de stridulations et de cymbalisations. L'échange de messages sonores ayant une certaine importance dans la recherche du partenaire pour se reproduire, l'évolution les a dotés sinon d'oreilles, du moins de tympans leur permettant de percevoir beaucoup plus finement leur environnement sonore que l'insecte moyen.

Mais contrairement aux vertébrés, ces tympans ne sont pas situés sur la tête. Ils s'ouvrent sur le tibia, à proximité du genou, chez les sauterelles et les grillons. Chez les criquets en revanche, ils sont situés sur le premier segment de l'abdomen.

Certains papillons de nuit, les noctuelles par exemple, ont des tympans très performants qui s'ouvrent sur le thorax ou l'abdomen. Pourtant, les sexes communiquent par l'odeur au moment de la reproduction, et non par les sons. Ces tympans sont des organes de défense antiprédateurs, et pour être plus précis antichauve-souris. Celles-ci, en effet, détectent leurs proies dans le noir en émettant des sons de fréquence élevée, inaudibles pour nous autres humains, des ultrasons, comme les sonars des navires détectent les obstacles sous l'eau. Une noctuelle en vol qui perçoit le cri ultrasonore d'une chauve-souris se laisse immédiatement tomber au sol, avec de bonnes chances de lui échapper.

34 Pourquoi certains insectes piquent et d'autres mordent ?

L'ancêtre des insectes était équipé d'une bouche munie de pièces mobiles aptes à broyer. Si vous regardez à la loupe la tête d'une chenille, qui se nourrit en broyant le feuillage des plantes, vous verrez deux pièces mobiles appelées mandibules, comparables à nos mâchoires munies de dents avec leurs pointes et leurs tubercules. Mais alors que seule notre mâchoire inférieure est mobile et qu'elle bouge verticalement, les deux mandibules de la chenille sont mobiles et s'ouvrent de chaque côté. De

nombreux insectes végétariens ou carnassiers sont munis de ces mandibules broyeuses et peuvent parfois mordre la main qui les saisit sans précaution. Elles sont complétées par des maxilles appelées aussi mâchoires, s'ouvrant latéralement sur le même principe, et par une lèvre supérieure et une lèvre inférieure, lames cornées bougeant seulement dans le sens vertical.

Gendarme piquant un fruit en formation de rose trémière

Cette bouche originelle des insectes présente un grave défaut : elle est très peu pratique pour absorber des liquides. Les insectes n'ont pas de poumons ouvrant par la bouche comme nous, ils sont donc incapables d'aspirer les liquides. Ils doivent les pomper mécaniquement. De nombreuses espèces se sont spécialisées dans la consommation des liquides végétaux (sève, nectar…) ou animaux (sang, humeur des cadavres en décomposition…). Les pièces de la bouche se sont transformées en un organe aspirant, fonctionnant comme une pompe par des mouvements alternatifs de bas en haut des pièces de la bouche accolées et dégageant un canal central pour laisser passer les liquides.

Les solutions adoptées sont variables selon les groupes et surtout selon le type de liquide consommé. Les papillons qui butinent les fleurs, par exemple, ont une longue trompe souple et déroulante pour aller pomper le nectar dans les fleurs les plus profondes, comme nous buvons une boisson à la paille. Les moustiques qui se nourrissent de sang ont un rostre plus court mais robuste et capable de percer la peau pour accéder aux vaisseaux sanguins. Comme les punaises des lits, les puces ou les mouches tsé-tsé, ce sont des parasites qui vivent à nos dépens en nous piquant.

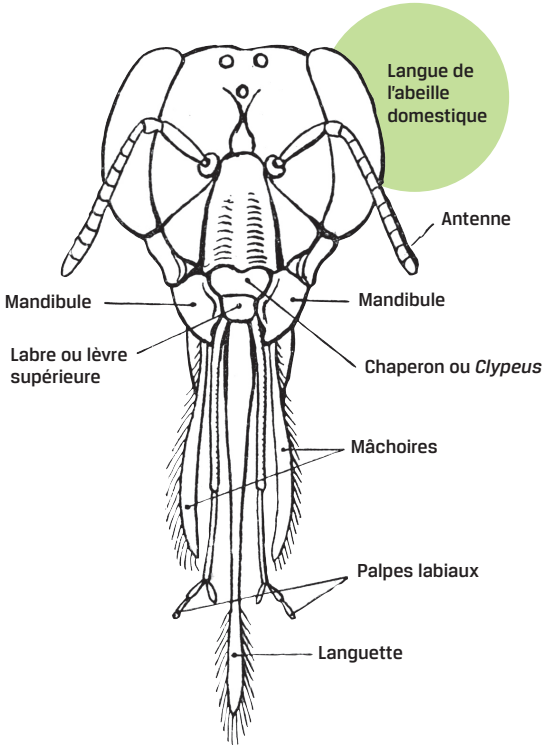
Les guêpes et les abeilles, par contre, nous piquent pour se défendre et non pour se nourrir. Elles sont armées d'un dard, qui est l'ancien organe de ponte transformé en aiguillon creux branché sur des glandes à venin. C'est à cause de ce venin que les piqûres sont si douloureuses et peuvent entraîner des complications allergiques.

Le dard lui-même ne provoque pas une douleur supérieure à celle d'une petite piqûre d'épingle.

35 Les insectes ont-ils une langue ?

Chez les vertébrés, la langue est un organe interne à la bouche. Elle est l'organe du goût grâce à ses nombreuses cellules sensorielles et elle aide à la déglutition des aliments. Selon les espèces, elle peut avoir des rôles annexes variés, comme organe de capture des proies chez le caméléon, ou organe de la parole chez l'homme. Il n'y a aucune structure équivalente dans la bouche des insectes, ils n'ont donc pas de langue.

Certaines espèces se nourrissant de liquides facilement accessibles, comme les mouches léchant les suintements des crottes et des cadavres, ou bien les abeilles butinant les fleurs peu profondes, possèdent des pièces de la bouches modifiées en un organe leur permettant de lécher les liquides et non de les pomper comme les papillons ou les moustiques. Les entomologistes appellent « langue », par analogie avec la nôtre, cet organe particulier qui est aussi muni de nombreuses structures sensorielles permettant de détecter le goût des aliments. Mais une grande différence les sépare : notre langue est à l'intérieur de la bouche, la langue des mouches et des abeilles se situe à l'extérieur de la bouche.



Bien sûr, cette langue ne peut en aucun cas servir à articuler des sons. Nous pouvons parler parce que nous faisons vibrer des cordes vocales en expulsant de l'air de nos poumons, et nous modulons les sons obtenus avec notre langue et notre bouche. Les insectes, n'ayant pas de poumons, communiquent par des sons produits d'autres façons : frottement de parties du corps l'une contre l'autre ou vibration d'une membrane.

36 Comment est organisé le thorax d'un insecte ?

Le thorax des insectes, qui correspond à notre poitrine puisqu'il est situé entre la tête et l'abdomen, est toujours composé de trois articles. Si la tête est la tour de contrôle du corps et l'abdomen la grande usine qui le fait vivre, le thorax est la partie spécialisée dans la locomotion.

Chacun de ces articles portant une paire de pattes, voilà l'origine du nombre six qui caractérise les insectes. Le premier article à partir de la tête est appelé le prothorax, l'article intermédiaire le mésothorax et l'article relié à l'abdomen le métathorax.

Les ailes, quand elles sont présentes sont obligatoirement portées par le mésothorax et le métathorax. Les Diptères, qui n'ont que deux ailes aptes au vol, possèdent des sortes de balanciers stabilisateurs leur permettant d'incroyables acrobaties aériennes. Ce sont les restes des ailes du métathorax. Les insectes ailés replient souvent les ailes au repos au-dessus du corps, masquant une grande partie du thorax et de l'abdomen. Seul le prothorax est bien visible.

La forme du thorax varie selon le type de déplacement privilégié de chaque espèce. Les espèces marcheuses ou coureuses, qui volent peu ou qui ont perdu toute aptitude à voler, présentent en général un prothorax très développé. Chez les espèces volant vite et longtemps, ce sont au contraire les deux derniers articles qui se sont beaucoup développés. Ces variations s'expliquent par l'importance relative de la musculature associée aux pattes et aux ailes. L'intérieur du thorax est en effet occupé presque exclusivement par de puissants muscles mettant en mouvement pattes et ailes. Les guêpes et les frelons qui nourrissent leurs larves de chair animale le savent bien. Ils capturent souvent des mouches en vol, coupent la tête, les ailes, les pattes et l'abdomen de leur proie, puis réduisent en bouillie le seul thorax pour donner aux larves, à la becquée, une pilule de nourriture très riche en protéines.

La peau du thorax est souvent bien plus épaisse et résistante que celle de l'abdomen. En effet, elle est renforcée à l'intérieur par des crêtes sur lesquelles sont attachés les muscles. Ces crêtes donnent également au thorax une plus grande rigidité lors de la contraction des muscles, pour éviter qu'il ne se déforme trop.

37 Les pattes des insectes ne servent-elles qu'à marcher ?

Les pattes sont apparues chez les insectes pour leur permettre de se déplacer au sol. Tous les adultes ont conservé des pattes fonctionnelles pour se tenir sur le sol ou la végétation et au moins marcher, même quand leur mode de déplacement est presque exclusivement le vol. La patte standard est composée d'une hanche s'articulant au thorax, d'une petite pièce appelée « trochanter », d'une cuisse, d'un tibia et d'un tarse composé d'au plus cinq articles et souvent terminé par des griffes ou des pelotes adhésives.

Les pattes ravisseuses de la mante religieuse

Sur cette trame, l'évolution a brodé des adaptations remarquables en fonction du mode de vie des espèces. Les carabes, qui courent au sol, ont de longues pattes à peu près égales, comme les mouches qui marchent sur les murs. Les sauterelles et les criquets ont les pattes arrière surdimensionnées, avec un gros fémur abritant une musculature puissante et un long tibia faisant levier, leur permettant de se déplacer en sautant. Le dytique, qui marche très maladroitement, nage avec élégance grâce à ses pattes arrière aplaties et ciliées formant une rame.

D'autres espèces utilisent leurs pattes pour d'autres fonctions que le déplacement. La courtilière ou taupe-grillon montre des pattes avant très robustes, aplaties, munies de fortes dents, lui permettant de creuser des galeries dans le sol. La mante religieuse marche sur ses quatre pattes arrière. Les deux pattes avant, très grandes, munies de fines dents acérées, restent repliées sur la poitrine au repos. Tout juste servent-elles à agripper la végétation quand l'animal se déplace. Mais qu'une proie se présente et s'aventure suffisamment près, elles se détendent pour la harponner avant de la ramener au niveau de la bouche pour la dévorer.

Les chenilles et les larves de tenthrèdes marchent à l'aide de fausses pattes, les vraies pattes, très réduites, ne servent qu'à maintenir la

feuille devant la bouche. Les abeilles et les bourdons ont des brosses de poils sur les pattes leur permettant de recueillir le pollen et d'en faire de petites boules maintenues dans la gouttière que forme le tibia aplati des pattes arrière. Les criquets s'en servent pour striduler en les frottant contre leurs élytres.
Enfin, les pattes sont les outils essentiels pour nettoyer et maintenir en bon état de fonctionnement les nombreux poils sensitifs concentrés sur les antennes et sur le corps. La mouche domestique se laisse facilement observer, frottant ses deux pattes avant pour nettoyer les poils sensitifs du bout des tarses, ou bien brossant ses yeux et ses antennes avec un tarse.

38 Comment fonctionnent les ailes des insectes ?

Contrairement à celles des oiseaux ou des chauve-souris, les ailes des insectes sont des organes morts, de simples expansions de la peau extérieure du thorax. Elles sont formées d'une membrane fragile le plus souvent translucide, renforcée par des nervures plus épaisses. C'est le même principe que la toile du parapluie maintenue rigide par les baleines. Tous les insectes n'ont pas d'ailes. Les plus primitifs, comme les Thysanoures, n'en ont jamais eu. D'autres, comme les poux, les puces, certaines punaises, certains perce-oreilles, certains papillons, etc., les ont perdues au cours de l'évolution car elles sont devenues inutiles, mais la plupart du temps même les espèces qui ne volent plus ont gardé des traces plus ou moins visibles des ailes de leurs ancêtres.
Les muscles sont attachés le plus souvent à la base des ailes d'un côté, et à une crête interne du thorax de l'autre côté. En se contractant et en se détendant, ils impriment un mouvement de haut en bas et de bas en haut aux

Ailes déployées montrant le dessin d'une nervure

ailes, permettant le vol. Ce mouvement est assez complexe, car le bout des ailes ne se déplace pas selon une ligne verticale, mais décrit un 8 : il y a un mouvement pour maintenir l'animal en l'air, un autre pour le faire progresser en avant, et les deux combinés donnent ce mouvement complexe.
Certains Diptères n'ont pas de muscles attachés aux ailes. Ils sont attachés aux deux extrémités à des crêtes du thorax, et déforment celui-ci en se contractant. Les ailes attachées au thorax bougent alors en suivant cette déformation, et l'animal vole. Cette adaptation permet des fréquences de battement d'ailes très élevées. C'est pourquoi le bourdonnement d'une abeille ou d'une guêpe est grave, alors que celui d'un moustique est aigu : ce dernier bat beaucoup plus vite des ailes.
La principale difficulté rencontrée par les insectes lors du vol est de bien coordonner les ailes pour que le déplacement se fasse le plus vite possible en consommant le moins d'énergie possible. Les espèces les plus primitives ont quatre ailes indépendantes, comme les libellules par exemple. Elles obtiennent de remarquables performances en vol, parce qu'elles ont une musculature puissante qu'elles doivent entretenir en consommant de nombreuses proies. La rationalisation du vol s'est effectuée en réduisant les ailes de quatre à deux selon trois voies différentes.
Les Coléoptères ont résolu le problème en transformant la paire d'ailes de dessus en élytres durcis protecteurs. Seules les ailes de dessous servent pour le vol. Les Hyménoptères, guêpes et abeilles, ont toujours quatre ailes aptes au vol, mais elles sont solidaires deux à deux par un système de crochets. Les Diptères, mouches et moustiques, n'ont plus que leurs deux ailes avant. Les ailes arrière ont régressé et se sont transformées en minuscules balanciers qui, comme un gyroscope, permettent de maintenir un bon équilibre durant le vol et leur autorisent des acrobaties incroyables, comme le vol sur place, ou même en arrière !

39 Les ailes des insectes ne servent-elles qu'à voler ?

Comme les pattes, les ailes ont parfois été détournées de leur fonction première d'organe du vol par l'évolution. Nous avons vu que l'une des explications du remarquable succès évolutif des Coléoptères, l'ordre le plus important de tout le monde vivant avec 320 000 à 360 000 représentants connus selon les estimations, est l'acquisition d'un blindage efficace en transformant les ailes du dessus en étuis protecteurs.
Les papillons, au contraire, ont surdimensionné leurs ailes fragiles couvertes de fines écailles colorées. Ces écailles dessinent des motifs plus ou moins contrastés servant parfois au camouflage, comme le citron qui

copie une feuille, ou bien au contraire à effrayer le prédateur potentiel comme le paon du jour qui arbore quatre grosses taches rondes pouvant faire penser à de gros yeux. Mais ils servent aussi au moment de la reproduction, dans la reconnaissance des sexes chez les papillons de jour qui effectuent souvent des danses et des parades nuptiales plus ou moins élaborées. Sauterelles et grillons se servent aussi de leurs ailes au moment de la reproduction, émettant leurs stridulations en frottant leurs ailes l'une contre l'autre. Ces stridulations sont parfois inaudibles pour nous autres humains, car elles se situent dans les ultrasons. Les grosses éphippigères, des sauterelles dont quelques représentants sont fréquents dans les cultures du Midi, ont perdu la faculté de voler depuis longtemps. Pourtant leurs ailes, très régressées, demeurent présentes sous la forme de deux écailles se chevauchant sur le dessus du thorax et ne servent qu'à striduler. Parfois, les ailes sont utilisées pour des missions surprenantes. Par exemple le dytique, gros Coléoptère aquatique, utilise ses ailes de manière tout à fait classique pour voler de mare en mare. Mais une fois dans l'eau, il se sert de ses élytres pour stocker dessous une réserve d'air lui permettant de respirer en plongée, un peu comme un plongeur avec ses bouteilles sur le dos.

Cétoines dorées

40 Comment est organisé l'abdomen d'un insecte ?

L'abdomen, composé d'au plus 11 articles, est en général la partie la plus volumineuse du corps des insectes. Il est vrai qu'il contient la masse principale des viscères, du sang, des organes respiratoires et reproductifs. La segmentation qui a disparu sur la tête et qui est souvent cachée par les ailes sur le thorax se voit très bien sur l'abdomen. Les articles s'emboîtent les uns dans les autres à la façon des tubes d'une longue-vue, mais ils sont souples et peuvent bouger dans toutes les directions. Certains insectes, comme les perce-oreilles ou les staphylins, peuvent replier leur abdomen jusqu'à amener son extrémité au-dessus de la tête.

Les articles de l'abdomen ne portent ni pattes, ni ailes, mais présentent de chaque côté un orifice en forme de boutonnière, appelé stigmate, qui sert à la respiration. Les articles postérieurs portent souvent des appendices de formes diverses : longs filaments chez les éphémères, pinces aptes à la défense chez les perce-oreilles, cerques annelés chez les blattes ou les grillons, fourche repliée sous l'abdomen et permettant le saut chez les Collemboles, organe de ponte comme le sabre des sauterelles ou la longue tarière des guêpes parasites.
L'abdomen, comme le reste du corps, est rempli d'un liquide épais appelé hémolymphe, jouant le rôle de notre sang. Les différents organes baignent dedans : tube digestif, tubes de Malpighi équivalant à nos reins, organes reproducteurs, chaîne nerveuse ventrale. Ce sang est animé d'un lent mouvement de circulation entretenu par le cœur.

41 Les insectes urinent-ils comme nous ?

Le système digestif des insectes est plus simple que le nôtre. Si un organe spécial, les tubes de Malpighi, joue le même rôle de filtre des toxines que nos reins, il n'y a pas un circuit pour les déchets solides et un circuit pour les déchets liquides comme dans le corps humain. Les fèces des insectes sont plus ou moins solides selon leur type d'alimentation. Les chenilles de piéride qui consomment les feuilles de chou rejettent périodiquement de grosses crottes sombres et vaguement cubiques qui tombent au sol ou s'accumulent dans un repli de feuille.
En revanche, les pucerons qui pompent en permanence la sève des plantes excrètent presque en continu un liquide chargé en sucre, le miellat. Celui-ci est directement prélevé à la source par les fourmis qui en raffolent, ou bien il tombe sur les feuilles en les rendant poisseuses. Ce miellat favorise alors le développement des maladies cryptogamiques, s'il n'est pas recueilli par les bourdons ou les abeilles. L'un des miels les

Chenille de piéride du chou et sa crotte

plus estimés des connaisseurs est le miel de sapin. Cet arbre ne produit pas de nectar. Le miel est produit à partir du miellat des pucerons vivant sur ses aiguilles et que les abeilles viennent lécher.
Certains recyclent jusqu'à leurs propres déjections, comme les larves de cétoine. Elles ne font jamais de crotte mais accumulent précieusement toute la matière ingérée mais non digérée qui s'accumule à l'extrémité de l'intestin. Quand elles ont fini leur développement, elles aménagent dans la terre une loge pour se transformer en nymphe. Afin de se protéger des aléas de la météo comme des éventuels prédateurs, elles imbibent les parois du contenu de leur intestin. Cela forme comme une sorte de mortier qui en séchant crée une coque protectrice au sein de laquelle la nymphe pourra se transformer en adulte.
Les insectes sont si nombreux qu'il est toujours possible de trouver des exceptions aux règles les mieux établies. Ainsi, il existe au moins un insecte capable d'uriner : la cigale. Proche des pucerons, elle pompe comme eux la sève des arbres. Elle peut stocker une partie du liquide non digéré et l'expulser par un brusque jet sur le côté de l'abdomen. C'est une arme de défense pour tenter de repousser l'attaque imprévue d'un prédateur.

42 Pourquoi les insectes saignent-ils facilement ?

Nous avons vu en parlant de l'abdomen que les insectes n'ont pas de système circulatoire comme le nôtre : un réseau d'artères et de veines branché sur le cœur, irriguant et drainant tout le corps. Leur sang, appelé hémolymphe, est libre dans la cavité interne du corps, les différents organes baignant dedans. C'est une organisation primitive, mais efficace, d'autant plus que le squelette externe forme une barrière étanche.
Par contre, la peau durcie étant un organe mort, si une blessure la perce, le sang s'en échappe sans obstacle. Il n'y a pas de processus de réparation de la fuite comme chez l'homme avec la coagulation du sang suivie de la cicatrisation de la plaie. Le risque de mourir vidé de son sang est toutefois réduit pour un insecte car l'hémolymphe est plus épais que notre sang.

Emprisonné entre les doigts, ce crache-sang a rejeté un peu de son hémolymphe orange pour se défendre

Les animaux, qu'ils soient végétariens ou carnivores, peuvent trouver dans leur nourriture des molécules toxiques que l'évolution leur a permis de rendre inoffensives. Certains stockent ces molécules dans leur sang, qui devient alors toxique pour un éventuel prédateur, ou au moins qui prend un très mauvais goût les rendant peu appétissants. Ils peuvent se défendre activement en faisant sourdre une gouttelette de sang par leurs articulations en cas de danger. L'oiseau qui les a attrapés dans son bec ou le mulot qui veut les croquer peut être dégoûté et les recracher.
L'expérience est facile à faire avec le gros crache-sang, ce Coléoptère noir à reflet bleu au corps très bombé et à la démarche lente qui vit dans les prairies. Il doit son nom à son réflexe de faire sourdre du sang dès qu'on le saisit entre les doigts. Posez le bout de la langue sur une goutte de ce liquide, et vous comprendrez ce que je veux dire en parlant de mauvais goût. À défaut de crache-sang, vous pouvez faire la même expérience avec la banale coccinelle à sept points, ou avec le doryphore de la pomme de terre.

43 Le cœur des insectes est-il aussi complexe que le nôtre ?

Appareil circulatoire d'une chenille

Les insectes n'ont pas à proprement parler un cœur comme le nôtre, organe très complexe avec ses quatre ventricules destinés à alimenter deux réseaux sanguins séparés, celui des poumons et celui du reste du corps. Ils possèdent néanmoins un organe rudimentaire destiné à faire circuler le sang dans la cavité du corps, que les spécialistes appellent le vaisseau dorsal car il est situé près de la paroi supérieure du corps.

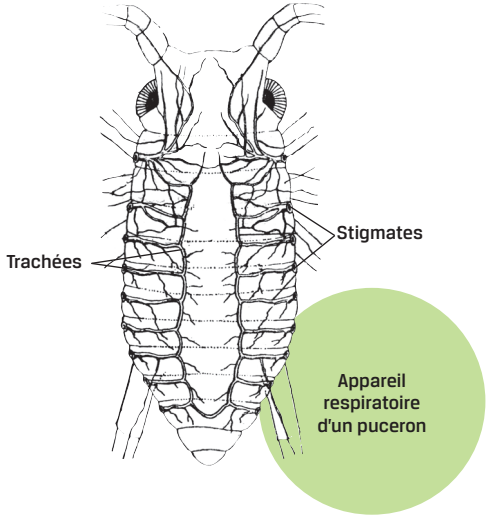
Il s'agit d'un simple bout de tuyau ouvert aux deux extrémités, composé d'un chapelet de chambres musculeuses séparées par des étranglements munis d'un système de valves. Vers l'avant du corps, les chambres sont continuées par un vaisseau non musculeux appelé aorte, qui débouche dans la tête entre le cerveau et le début du tube digestif.

Les chambres, dans lesquelles le sang pénètre par les côtés, le chassent vers l'avant en se contractant en rythme. Le système des valves empêche que la circulation se fasse dans l'autre sens. À l'arrière du corps au niveau du vaisseau dorsal, l'aspiration de l'hémolymphe

crée une dépression. À l'avant, au contraire, l'expulsion du liquide crée une surpression. Un courant se crée qui ramène le sang vers l'abdomen et cette agitation est suffisante pour apporter les nutriments au niveau des différents organes et évacuer leurs déchets.
Le sang joue un grand rôle au moment de la mue. Grâce à sa pression, la vieille peau peut se fendre pour libérer l'animal, puis la nouvelle peau encore molle se détendre brusquement pour permettre un accroissement de taille. Chez l'adulte, les ailes molles et repliées se déploient grâce à la pression du sang qui envahit les nervures creuses. C'est le même principe que le matelas gonflable qui prend sa forme avec l'augmentation de la pression de l'air. Mais ce déploiement n'est possible que durant les minutes qui suivent la sortie de l'adulte. Les ailes durcissent peu à peu au contact de l'air et si, par exemple, l'animal n'a pas pu se suspendre pour laisser pendre librement ses ailes, elles peuvent rester fripées et devenir inutilisables pour le vol.

44 Où se trouvent les poumons des insectes ?

Animaux aériens, les insectes n'ont pas de poumons. Cela ne veut pas dire qu'ils respirent avec des branchies. Ils ont adopté une solution radicalement différente de la nôtre pour absorber l'oxygène de l'air. Nos poumons ne sont que des sacs internes, composés de nombreux alvéoles parcourus de petits vaisseaux sanguins à la paroi très fine. Les molécules d'oxygène passent de l'air dans les vaisseaux, et celles de gaz carbonique des vaisseaux dans l'air. Le mouvement du diaphragme chasse l'air vicié puis le remplace par de l'air neuf.



Les insectes conduisent l'oxygène de l'air directement jusqu'au cœur de leurs organes par un réseau de fines tubulures appelées trachées. Ces trachées sont organisées en réseaux qui débouchent par des trous appelés stigmates de chaque côté des articles de l'abdomen. Le gaz carbonique est évacué de la même manière. Ni l'un ni l'autre ne circulent donc grâce à l'hémolymphe.
Le système respiratoire se remplit et se vide régulièrement grâce à des contractions rythmiques de l'abdomen. Le volume intérieur des trachées est comprimé, expulsant l'air vicié, puis la contraction se relâche, les trachées élastiques reprennent leur forme initiale et le réseau se remplit d'air neuf.
Explorez au printemps les herbes et les plantes du bord des eaux calmes. Vous devriez facilement trouver les restes de mue des libellules, appelées exuvies, qui montrent l'enchevêtrement des trachées. En effet, celles-ci sont des invaginations de la peau à l'intérieur du corps, et sont abandonnées à chaque nouvelle mue.

45 Les insectes aquatiques ont-ils des branchies comme les poissons ?

Les branchies sont des organes baignant dans l'eau et largement irrigués par le sang, permettant à l'oxygène dissous dans l'eau de pénétrer dans le sang, et au gaz carbonique dissous dans le sang de passer dans l'eau. Elles permettent de se passer de l'oxygène de l'air. Les poissons qui ont des branchies vivent en permanence sous l'eau. Les baleines qui ont des poumons doivent remonter régulièrement à la surface pour respirer.
Beaucoup d'insectes ont une vie aquatique à l'état de larve, et ces larves sont généralement munies de branchies. Par exemple, les larves de libel-

Libellule au repos

lules présentent à l'arrière du corps des structures plumeuses bien visibles, qui font office de branchies. Mais elles ne fonctionnent pas exactement comme les branchies des poissons. L'oxygène n'est pas dissous dans le sang, mais envoyé dans le circuit des trachées qui ne s'ouvre plus sur l'extérieur mais qui existe toujours.
En revanche, la plupart des adultes, même s'ils continuent à vivre dans l'eau, viennent respirer à la surface de l'eau comme les baleines. Nous avons vu dans un passage précédent le dytique qui accumule une réserve d'air sous ses élytres. Une punaise aquatique, la notonecte, stocke cette réserve dans les poils de son ventre alors que ses cousines, la nèpe et la ranatre, ont un tube respiratoire à l'extrémité de l'abdomen comparable au tuba du plongeur sans bouteilles.

46 Pourquoi le mâle de la mante religieuse bouge-t-il encore longtemps après que la femelle lui a mangé la tête ?

La mante religieuse femelle est si vorace qu'elle mange son mâle durant l'accouplement, le considérant comme une simple proie. Image psychanalytique de la femme fatale vidant son amant de toute sa substance, cette anecdote est bien connue, alors que son explication évolutive reste obscure pour beaucoup de gens. Les biologistes expliquent ce comportement par le fait que le but de la vie du mâle est de se reproduire, donc de s'accoupler. Il ne perd rien à être dévoré par sa femelle après l'accouplement, puisqu'il est sûr d'avoir des descendants. Et celle-ci y gagne un bon repas de protéines qui lui permettra de pondre des œufs plus nombreux.
Mais pour que la sélection ait maintenu ce comportement, il faut qu'il soit réellement bénéfique aux mâles. Si, par exemple, l'accouplement est stoppé quand les femelles commencent à manger les mâles, leurs gènes disparaîtront, alors que ceux de leurs congénères moins passifs et plus méfiants se répandront. Si l'accouplement est un succès malgré la mort du mâle, la mante le doit à l'organisation particulière du système nerveux des insectes : un cerveau central complété par un ganglion nerveux pour chaque article du corps commandant aux muscles qui s'y trouvent. La femelle commence à dévorer son partenaire par ce qu'elle a sous les pattes, c'est-à-dire sa tête et son thorax. La mort est immédiate, et pourtant les mouvements rythmiques de l'abdomen déversant le sperme dans l'appareil génital de la femelle ne s'arrêtent pas car ils sont sous la dépendance des ganglions nerveux de l'abdomen. La destruction du cerveau n'a aucun effet sur eux. Mieux, il semble que la brusque interruption du contrôle que celui-ci exerce sur l'ensemble du système nerveux

les libère et qu'ils se contractent plus vite et plus fort après la mort du mâle. Les mâles mangés ayant un taux de reproduction supérieur à ceux qui ne sont pas mangés, les gènes de la passivité sont sélectionnés par l'évolution et le comportement se maintient d'une génération à l'autre.

47 Comment fonctionnent les organes reproducteurs des insectes ?

L'appareil reproducteur de la femelle est formé de deux ovaires, constitués chacun d'un nombre plus ou moins important d'ovarioles, structures au sein desquelles sont produits les œufs. Ceux-ci sont évacués par deux canaux appelés oviductes vers un tronc commun, appelé vagin, en relation avec le réceptacle séminal et la poche copulatrice. C'est à ce niveau que les œufs peuvent être fécondés. Le vagin débouche à l'arrière de l'abdomen sur l'oviscapte, organe plus ou moins développé servant à l'expulsion des œufs. Les sabres des sauterelles ou les longues tarières des guêpes parasites comptent parmi les oviscaptes les plus spectaculaires. L'appareil reproducteur du mâle est bâti sur le même modèle : deux testicules composés chacun de nombreux tubes séminifères produisant les spermatozoïdes, deux canaux renflés en vésicules séminales pour les évacuer, branchés sur un nombre variable de glandes, enfin un canal éjaculateur débouchant au bout du pénis, organe télescopique ou pouvant au moins se dévaginer à l'extérieur pour pénétrer dans le vagin de la femelle. Cet appareil est le plus souvent situé à l'arrière de l'abdomen, avec quelques exceptions. Par exemple, celui de certaines libellules débouche à l'avant de l'abdomen, obligeant à un accouplement acrobatique, les corps du mâle et de la femelle formant une sorte de cœur.

Le pénis du mâle est parfaitement adapté au vagin de la femelle, si bien que de petites modifications de détail peuvent empêcher l'accouplement. C'est pourquoi l'étude des pièces génitales est souvent indispensable pour déterminer avec précision une espèce.

Accouplement de mouches à damier

La reproduction et la croissance des insectes

48 Les insectes se reproduisent-ils comme nous ?

La très grande masse des insectes se reproduit comme les êtres humains. Un mâle et une femelle s'accouplent, le sperme du mâle féconde les œufs de la femelle. Dans la grande majorité des cas, les œufs munis d'une coquille protectrice sont pondus à l'extérieur.

Certaines espèces sont ovovivipares, c'est-à-dire que les œufs munis de leur coquille restent dans le corps de la femelle, qui expulse les jeunes larves nouveau-nées.

Quelques exceptions confirment cette règle générale. Par exemple, certaines espèces peuvent se reproduire en l'absence d'accouplement. C'est ce que les scientifiques appellent la parthénogenèse. Le cas est fréquent chez quelques phasmes, dont les mâles sont très rares dans la nature, voire inconnus. Les femelles pondent des œufs qui donnent naissance à d'autres femelles, à l'infini.

Les abeilles ont un comportement reproducteur légèrement différent. L'œuf non fécondé donne un mâle, et l'œuf fécondé donne une femelle. Cela permet à la mère de choisir le sexe de l'œuf qu'elle pond, en bloquant ou en libérant l'entrée de la spermathèque au moment où l'œuf passe dans le vagin. Les ouvrières de l'abeille domestique passent pour être stériles. Ce n'est pas exact. Elles sont vierges et les sécrétions de

la reine bloquent leurs ovaires. Mais si celle-ci vient à mourir, la ruche orpheline n'est plus alimentée en substance bloquant le développement des ovaires des ouvrières, et certaines se mettent à pondre. Mais comme elles sont vierges, tous les œufs donnent des mâles, appelés faux bourdons. D'où le nom de ruche bourdonneuse donné par les apiculteurs à une ruche orpheline.

Certains pucerons ont un comportement reproducteur dont la découverte a révolutionné nos idées sur le sujet. Depuis l'Antiquité et Aristote, les savants pensaient que dans la reproduction, le mâle apportait la semence vitale, l'embryon vivant, et que la femelle n'était qu'un réceptacle permettant son développement. Au XVIIIe siècle, Charles Bonnet, un disciple de l'entomologiste français Réaumur, a prouvé après de patientes observations que certaines femelles de pucerons accouchaient de larves vivantes sans accouplement. Grosse révolution dans les esprits. Pour la première fois était prouvé le fait que si la femelle est indispensable dans les processus de reproduction, le mâle est optionnel. Vous imaginez les débats philosophiques en plein Siècle des lumières et dans une société dominée par les hommes !

49 Comment les mâles trouvent-ils les femelles prêtes à s'accoupler ?

La reconnaissance des sexes chez les insectes se fait de diverses manières, adaptées aux conditions de vie des espèces concernées. Elle peut se résumer à quelques stratégies connaissant chacune de nombreuses variantes. La vie en commun dans un endroit et pendant une période restreinte permet de croiser facilement un partenaire. Les punaises agglomérées au pied des arbres au printemps, les éphémères qui émergent en masse à la même date utilisent cette stratégie.

La reconnaissance des sexes peut se faire grâce à l'apparence extérieure, à la couleur, souvent intégrée dans une parade nuptiale plus ou moins complexe. De nombreux insectes et Hexapodes, depuis les minuscules Collemboles jusqu'aux papillons en passant par les perce-oreilles, utilisent cette stratégie.

La communication par les odeurs joue un grand rôle parmi les espèces vivant la nuit ou dans des endroits sombres comme la litière du sol. L'exemple le plus connu est celui des mâles de papillons nocturnes capables de détecter la présence d'une femelle à plus d'un kilomètre grâce à l'odeur ou phéromone qu'elle émet. Chaque espèce sécrète sa phéromone particulière, empêchant les confusions.

La communication par le son concerne quelques groupes, bien connus par le vacarme qu'ils peuvent produire. Grillons au printemps et en été,

cigales en été, criquets et sauterelles en été et à l'automne égaient campagnes et villes de leurs stridulations et de leurs cymbalisations monotones. Le qualificatif d'insectes musiciens qui leur est accolé est bien souvent usurpé, car ils sont beaucoup moins doués que les oiseaux, dont les chants peuvent être mélodieux.
Enfin, la communication sexuelle la plus originale est certainement celle des vers luisants et autres lucioles qui utilisent la lumière. Comme un marin peut reconnaître un phare à la durée et au rythme de son clignotement, les diverses espèces de lucioles tropicales qui vivent au même endroit se distinguent par des flashs de lumière plus ou moins longs et espacés selon les espèces. Des lucioles parasites sont apparues, qui savent copier le code d'une autre espèce pour attirer un mâle prêt à l'accouplement et le dévorer sans autre forme de procès. Quel que soit le mode de communication à distance pour la rencontre des sexes, une fois les partenaires réunis, les contacts tactiles et odorants, notamment avec les antennes, jouent un grand rôle dans l'acceptation finale par l'un et l'autre de l'accouplement.

Accouplement de ptérophores

50 Qu'est-ce que l'insémination extragénitale traumatique ?

Sous ce terme compliqué et savant se cache l'un des comportements les plus déconcertants des insectes, étudié en détail par le professeur Jacques Carayon du Muséum d'histoire naturelle de Paris. Certaines espèces de punaises, comme la punaise des lits parasite de l'homme, ne pratiquent plus l'accouplement normal. Le pénis des mâles n'est plus adapté à la morphologie du vagin des femelles. C'est une sorte de crochet ou d'aiguille durci et acéré, arme perforatrice destinée à pénétrer au travers de la paroi du corps de la femelle en lui causant une blessure, d'où le terme de « traumatique ». Le sperme est injecté dans l'hémolymphe, en dehors des organes génitaux, d'où le terme d' « insémination extragénitale ». Les spermatozoïdes accomplissent une migration, souvent compliquée, pour aller féconder les œufs.

Il est difficile de comprendre pourquoi un système bien rodé et économe comme l'accouplement par des voies génitales se correspondant exactement a été abandonné pour un tel système si dispendieux. Le mâle doit en effet produire un nombre beaucoup plus élevé de spermatozoïdes pour le même résultat, et la femelle se retrouve souvent avec des blessures multiples.
Une conséquence de cette reproduction hors norme est l'apparition de comportements que l'on peut qualifier d'homosexuels chez certaines espèces. Les mâles en effet perforent les femelles pour les inséminer, mais également d'autres mâles. Ce comportement apparemment aberrant s'explique par le fait que les spermatozoïdes du mâle perforateur migrent vers la spermathèque du mâle perforé, et sont ensuite injectés dans le corps d'une femelle quand celui-ci s'accouple normalement avec elle.
L'insémination extragénitale traumatique ne semble pas une impasse de l'évolution, mais au contraire un comportement d'avenir. L'étude des espèces qui y ont recours montre en effet une adaptation de plus en plus efficace de l'organisme de la femelle aux conditions très particulières de cet accouplement.

51 Comment les insectes chanteurs produisent-ils des sons ?

Étant donné leurs piètres performances mélodiques, les insectes devraient être qualifiés de bruiteurs plutôt que de chanteurs. La plupart des sons émis sont des appels sexuels ayant pour but final la rencontre des sexes et l'accouplement.
La stridulation des criquets, sauterelles et grillons est produite par le frottement d'une partie du corps contre une autre. Les criquets sont des violonistes frottant l'archet de leur fémur arrière muni d'épines contre le bord antérieur des élytres qui servent de caisse de résonance. Les grillons et sauterelles n'utilisent pas leurs pattes, mais frottent les deux ailes supérieures, durcies en élytres, l'une contre l'autre. Chez le grillon, l'élytre gauche est muni d'une grosse nervure qui sert d'archet, et l'élytre droit d'une membrane transparente qui vibre et produit le son. Ce sont surtout les mâles qui stridulent dans ces groupes, bien que parfois les femelles répondent. Certaines espèces émettent des ultrasons inaudibles pour nous, et une sauterelle de nos régions qui a perdu ses ailes de par l'évolution, tambourine avec ses pattes contre la feuille sur laquelle elle se tient pour communiquer avec ses semblables.
La cymbalisation des cigales est produite par un organe spécial situé sur le ventre, à la base du premier article de l'abdomen. Il est constitué

d'une membrane parcheminée, appelée la timbale, tendue sur un cadre formé par un repli de peau durcie. Un petit muscle, par ses contractions rapides, provoque un mouvement de va-et-vient de cette membrane dont la vibration produit un son perçant. Tout cet ensemble est placé dans une cavité du ventre faisant office de caisse de résonance et protégé par un large opercule. Le bruit des cigales est sympathique à bien des gens car il est synonyme de soleil et de vacances. Pour le mélomane, c'est un son monotone et assourdissant quand des milliers de cigales se mettent à cymbaliser de concert.

Beaucoup d'autres insectes produisent des sons pour communiquer entre eux, mais d'une intensité si faible qu'ils ne sont connus que des spécialistes. Par exemple, certains papillons ou Coléoptères longicornes stridulent faiblement en faisant grincer l'articulation du thorax. Les vrillettes frappent leur tête contre les parois des galeries qu'elles creusent dans le bois. Ce son, qui rappelle le tic-tac des vieilles horloges, leur a valu le nom populaire d' « horloge de la mort » car il était de funeste présage.

52 Comment les vers luisants produisent-ils de la lumière ?

Le ver luisant, de la même famille que les lucioles méditerranéennes et tropicales, est un Coléoptère qui doit la première partie de son nom à l'aspect de la femelle, sans ailes et qui reste très semblable à la larve. Elle ne ressemble pas du tout au mâle qui présente l'allure caractéristique des Coléoptères avec des élytres couvrant tout l'abdomen. La seconde partie du nom vient de la capacité étonnante de cette espèce à émettre de la lumière.

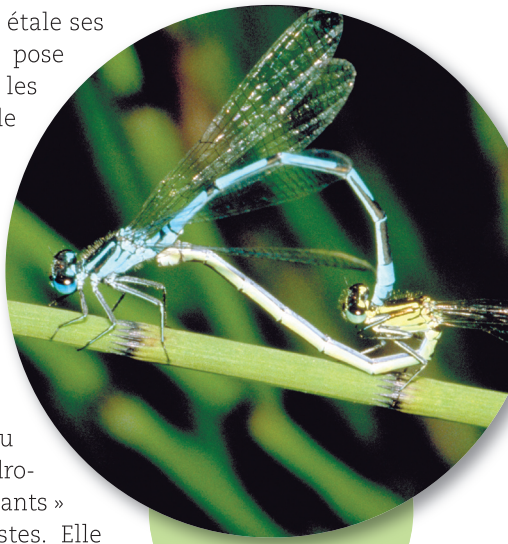
Les vers luisants chassent les escargots, et vivent la nuit comme leurs proies. Les femelles se signalent aux mâles au moment de la reproduction en montant dès le crépuscule dans les hautes herbes et en soulevant leur abdomen

Un mâle de ver luisant et deux femelles venant de muer

pour exposer les organes lumineux qui se trouvent sur la face ventrale des trois derniers anneaux. Ils émettent une lumière verdâtre, visible d'assez loin, surtout lorsque de nombreux individus sont rassemblés.
L'organe lumineux est composé d'une couche de luciférine, une molécule spéciale, sur un fond réfléchissant composé de minuscules cristaux. La couche de luciférine est irriguée par de nombreuses trachées, car la lumière est émise par son oxydation en présence d'eau. Les femelles peuvent faire varier et même interrompre l'émission de lumière en contrôlant l'arrivée de l'oxygène. Cette lumière chimique est d'un excellent rendement puisqu'elle s'accompagne d'une élévation minime de la température.
Il semble que la luciférine soit au départ un déchet produit par le corps des vers luisants. En effet, tous les stades de l'animal, même les œufs, sont capables d'émettre une lumière plus ou moins intense. Mais seules les femelles contrôlent cette émission de lumière et l'amplifient pour la transformer en signal sexuel.
La luciférine est un champ de recherche d'avenir pour l'industrie humaine. Avec plus de 90 % de rendement lumineux, elle dépasse largement les ampoules à incandescence qui atteignent juste 10 %, et est encore plus de deux fois plus performante que les ampoules nouvelle génération dites « à économie d'énergie » qui n'affichent qu'un rendement de 40 % environ.

53 À quoi ressemblent les parades nuptiales des insectes ?

Aussi extraordinaire que cela puisse paraître, certains insectes, et même des Hexapodes comme les Collemboles, ont des comportements de rapprochement des sexes au moment de la reproduction suffisamment complexes et ritualisés pour que les biologistes puissent parler de parades nuptiales. Bien que toutes les espèces, loin de là, ne paradent pas avant l'accouplement, ce comportement est largement répandu dans le groupe. Il est facile à observer chez les papillons de jour, par exemple chez le tabac d'Espagne fréquent le long des chemins forestiers, qui nous servira d'exemple.
Le mâle est à l'origine de la parade. Il est attiré par les taches du dessous des ailes de la femelle, bien visibles en vol, et commence son travail d'approche dans les airs. Il rejoint la femelle et vole autour d'elle, passant plusieurs fois sous elle jusqu'à ce qu'elle se pose sur une feuille. Lorsqu'une femelle est non réceptive et continue donc à voler, le mâle finit par abandonner la partie. C'est la phase de reconnaissance par la vue.



Accouplement de demoiselles

Une fois posée, la femelle réceptive étale ses ailes sur son support. Le mâle se pose devant elle et frotte ses ailes sur les antennes. Il possède en effet sur le dessus des ailes, des séries d'écailles situées le long de certaines nervures et appelées androconies. Elles sécrètent une odeur appelée phéromone. C'est la phase de reconnaissance par l'odeur.
La femelle peut refuser à tout moment la parade, si les signaux qu'elle perçoit ne sont pas assez forts. Par exemple, les mâles âgés ou faibles émettent moins d'odeurs androconiales, et sont donc moins « séduisants » que les individus jeunes et robustes. Elle réagit aux avances du mâle par une émission infime de sa propre phéromone par les glandes de son abdomen, spécifique à son espèce et donc importante pour éviter les tentatives d'accouplement entre espèces proches qui se ressemblent beaucoup extérieurement.
Une fois la reconnaissance faite par les deux partenaires, l'accouplement peut avoir lieu, dos à dos puisque les deux extrémités de l'abdomen se connectent. Le mâle étale souvent les ailes durant la copulation, la femelle gardant les siennes relevées au-dessus du corps.

54 Comment est fait un œuf d'insecte ?

Comme celui de la poule, l'œuf des insectes est composé d'un embryon qui donnera la jeune larve et d'une réserve nutritive appelée vitellus qui permettra son développement, tous deux protégés dans une enveloppe appelée le chorion. Cette coquille est le plus souvent rigide et imperméable. Mais l'embryon ayant besoin d'absorber de l'eau extérieure pour mener à bien son développement, une zone perméable appelée micropyle coiffe l'œuf.
Certains œufs d'insectes peuvent rester en dormance durant plus de 10 ans en atmosphère sèche, attendant le retour d'une atmosphère suffisamment humide pour déclencher leur développement. L'oxygène indispensable à l'embryon qui respire, est prélevé dans l'air par divers dispositifs, des pores ou de petits canaux dans le chorion étant les plus fréquents.

Punaise se nourrissant d'œufs de doryphore

Le chorion des œufs d'insectes apparaît la plupart du temps lisse, mais vu au microscope il présente souvent, en relation avec l'absorption de l'oxygène mais aussi comme moyen de défense, des microsculptures, des points, des lignes, des dessins plus ou moins géométriques, des épines. Certains sont même poilus ! La couleur et la forme des œufs varient également beaucoup : ronds, ovales, hémisphériques, coniques, en ballon de rugby, cylindriques, en tonnelet, en dôme. Certains sont plats, ou même rectangulaires.
Diverses espèces protègent leurs œufs dans une structure particulière. La plus connue est probablement l'oothèque (« boîte à œufs » en grec) de la mante religieuse, une enveloppe spongieuse qui les protège du froid et de certains prédateurs. D'autres travaillent à l'économie, comme certaines cochenilles dont le corps desséché de la mère morte sert de protection aux œufs.

55 Combien d'œufs peut pondre une femelle d'insecte ?

Tout dépend du mode de vie et de la stratégie de reproduction des espèces. Quand les mères prennent soin de leur progéniture, comme les abeilles et les guêpes solitaires accumulant des réserves pour leurs larves dans un nid, ou les perce-oreilles surveillant leurs œufs et leurs larves, ce nombre peut osciller d'une demi-douzaine à quelques dizaines.
La plupart des espèces, qu'elles soient végétariennes ou carnivores, doivent anticiper des pertes énormes durant le développement des larves

et pondent quelques centaines d'œufs. La piéride du chou, par exemple, en pond environ 400, en lots d'une cinquantaine en moyenne. Pour que l'espèce se maintienne, il faut que ces 400 œufs donnent au moins deux individus qui remplaceront le couple parent. Donc 398 individus peuvent disparaître au stade d'œuf, de larve, de chrysalide ou d'adulte n'ayant pas eu le temps de se reproduire, c'est-à-dire que la piéride peut supporter une mortalité de 99,5 % avant reproduction !

Ponte de piéride du chou

Les espèces exposées à une mortalité très importante, pour arriver à se maintenir, peuvent pondre quelques milliers d'œufs. Mais le record est détenu sans conteste par les insectes sociaux. Les chiffres dépassent toute mesure. Une reine d'abeille peut ainsi pondre par exemple 15 000 œufs en une semaine. C'est énorme, mais bien modeste par rapport aux 300 000 œufs hebdomadaires d'une reine de fourmi légionnaire. La reine de termite pond jusqu'à un œuf à la minute, avec un record mesuré de 86 000 œufs en 24 heures soit quasiment un par seconde.

Sachant qu'une reine d'abeille peut vivre quatre à cinq ans, une reine de termite 20 ans, une reine de fourmi 30 ans, les chiffres cumulés sont faramineux.

Il faut toutefois les relativiser en ayant conscience que l'intensité de la ponte varie au cours de l'année, pouvant s'interrompre totalement en hiver, par exemple. Et ne pas oublier que dans les sociétés d'insectes, seule la reine pond. Elle cumule en quelque sorte toutes les pontes des ouvrières stériles dont le renouvellement est indispensable au maintien de la colonie.

56 Que se passe-t-il dans un œuf d'insecte ?

Au départ, l'embryon est représenté par une cellule unique, issue généralement (mais pas toujours, puisque nous avons évoqué des cas de reproduction sans présence de mâles) du mélange des gènes de la femelle et du mâle. La division classique en deux, quatre, huit, etc. s'accompagne d'une première division spatiale au sein de l'embryon. Celui-ci se développe en

périphérie de l'œuf, les réserves restant au centre, avec deux pôles bien définis : une couche régulière, ébauche du futur corps, et un amas de noyaux qui sera à l'origine des cellules sexuelles.
Au fur et à mesure de son développement, la forme de l'embryon se structure. Il prend l'aspect d'une bande, au sein de laquelle se creuse une gouttière qui se referme. Puis la segmentation commence à apparaître, la chaîne nerveuse et le tube digestif s'ébauchent, suivis des muscles, du cœur, des tissus graisseux et la cavité générale de l'animal, qui abritera les organes baignant dans le sang, finit de se former.
La formation des appendices sur les différents articles débute de l'avant vers l'arrière : les pièces de la bouche, les antennes, les trois paires de pattes et enfin les appendices abdominaux, qui avortent (sauf ceux des articles terminaux donnant les cerques et certains organes copulateurs).
La jeune larve est entièrement formée lorsque le vitellus nourricier commence à s'épuiser. Quand sa cuticule est formée, elle aspire le reste de vitellus et elle occupe alors toute la place dans l'œuf. Le temps de l'éclosion est venu.

Voir aussi la question 49

57 Peut-il y avoir des jumeaux chez les insectes ?

Les jumeaux, qu'ils soient faux (deux cellules différentes se développant côte à côte) ou vrais (une seule cellule ayant un accident au cours de sa première division et se séparant en deux cellules identiques se développant côte à côte), sont théoriquement possibles chez les insectes mais le système de développement dans un œuf les condamne à ne jamais pouvoir éclore. En effet, la réserve de nourriture que représente le vitellus est calculée pour un individu. Les jumeaux ne peuvent aller au-delà de la moitié de leur développement embryonnaire et l'œuf avorte. Le problème ne se pose pas pour les mammifères puisque la mère fournit *via* le cordon ombilical la nourriture nécessaire aux deux embryons.
Mais les insectes ont su s'adapter à toutes les conditions au cours de l'évolution, et certaines espèces ont inventé une stratégie de reproduction bien plus économe que les jumeaux qui se limitent à deux individus pour le prix d'un seul. Cette stratégie s'appelle la polyembryonie et s'observe chez les insectes parasites des plantes ou des animaux. Le principe est simple. Si je suis minuscule et que je ponds dans le corps d'une très grosse chenille qui peut nourrir plusieurs milliers de mes larves, j'ai intérêt à pondre tous mes œufs dans cette proie. Mais si elle disparaît pour une raison quelconque, par exemple mangée par un oiseau, je perds tout. J'ai donc intérêt à pondre dans plusieurs chenilles pour répartir les risques.

Les Serphides, un groupe de petites guêpes parasites, ont trouvé le moyen de combiner les avantages des deux stratégies. Les femelles pondent un œuf unique dans les différentes proies qu'elles arrivent à parasiter. Mais dans chacun de ces œufs se développeront de nombreux embryons, jusqu'à 3 000 pour un seul œuf ! Les Serphides sont des alliés précieux de l'agriculture, car cette démographie explosive leur permet de briser très rapidement la pullulation d'un ravageur. Certains Cynipidés, guêpes parasites des végétaux sur lesquels ils forment des galles, font encore mieux puisqu'un seul œuf peut donner jusqu'à un million d'embryons.

58 Comment la jeune larve sort-elle de son œuf ?

Quand l'embryon a consommé toutes les réserves de l'œuf, son développement est terminé. La jeune larve occupe toute la cavité intérieure et elle doit parvenir à rompre la coquille pour se libérer. Celle-ci étant très rigide pour protéger efficacement l'œuf, la larve n'a pas la force suffisante pour la briser et s'en extraire. Aussi la nature a prévu des solutions originales pour faciliter cette sortie.

L'œuf de mouche, par exemple, est parcouru par un sillon de moindre résistance qui l'ouvre en deux. Celui du phasme, selon le même principe, s'ouvre par une sorte de clapet rond et la larve semble sortir comme un diable de sa boîte. Certaines larves sont équipées d'un « ouvre-boîte », une épine ou une lame dentée qui facilite la rupture du chorion. D'autres bénéficient d'une arme chimique, une enzyme qui dissout la coquille.

Éclosion de larves de punaise du chou

La coquille est souvent abandonnée par les larves qui se dispersent pour chercher leur nourriture. Mais parfois le premier repas est constitué par le chorion, qui contient des substances précieuses pour les larves. Bel exemple de recyclage intégral : rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme.

59 Tous les insectes naissent-ils d'un œuf ?

Le développement normal des insectes passe par le stade de l'œuf, pondu à l'extérieur par la très grande majorité des femelles. Un petit nombre d'espèces sont ovovivipares. Cela signifie que les œufs ne sont pas pondus à l'extérieur. Ils restent dans le corps de la femelle, mais l'embryon se développe à l'intérieur de la coquille, sans aucun échange nourricier avec la femelle. Celle-ci, au lieu de pondre des œufs, expulse les larves nouveau-nées. Elle semble accoucher comme un mammifère mais le processus de développement de l'embryon est complètement différent.

Cette stratégie est adoptée par la grosse mouche à damier, fréquente près de l'homme, dont les asticots mangent les cadavres. Alors que sa compétitrice, la mouche bleue, pond des œufs qui éclosent au bout de deux jours, elle libère de son abdomen des larves bien formées et vigoureuses qui s'attablent aussitôt. Quand les provisions sont comptées, cette avance de deux jours est précieuse aux asticots pour boucler leur développement avant qu'elles ne s'épuisent.

La mouche tsé-tsé, responsable de la propagation de la maladie du sommeil en Afrique, a franchi un pas supplémentaire dans cette stratégie. Non seulement l'œuf se développe dans le corps de la mère, mais la jeune larve y reste confinée et se nourrit de sécrétions glandulaires, un liquide nourricier équivalent au lait des mammifères. Elle mue plusieurs fois dans le corps de sa mère qui donne naissance à une larve âgée, se transformant aussitôt en nymphe.

60 Comment les insectes grandissent-ils ?

À cause de leur squelette externe rigide, les insectes ont une croissance discontinue, qui se fait brusquement au moment des mues, c'est-à-dire de l'abandon de l'ancienne peau devenue trop petite pour en acquérir une nouvelle plus grande. Le nombre de mues est fixe chez chaque espèce, et peut varier considérablement. Il est de deux à six chez la grande majorité des insectes. Chaque mue marque l'apparition d'un stade larvaire particulier. Le premier stade est issu de l'œuf, le dernier stade se transforme en adulte ou en nymphe.

Pendant chaque stade larvaire, l'animal grossit en continu puisqu'il passe son temps à manger. Quand sa peau devient trop petite, il cesse de s'alimenter et perd un peu de poids. Son organisme prépare alors la nouvelle peau et des organes plus grands, comprimés dans l'ancienne peau. Quand ces transformations sont terminées, la mue se déclenche. La vieille peau est abandonnée et la nouvelle apparaît. Celle-ci est encore molle, et la pression sanguine la détend, permettant une croissance brusque en quelques minutes. Puis elle durcit et la larve reprend son alimentation pour recommencer à grossir.

61 Comment se déroule la mue d'un insecte ?

La mue débute dès qu'une larve qui a suffisamment grossi cesse de s'alimenter. Elle se tient immobile, pendant que des transformations importantes se passent à l'intérieur de son corps. L'hypoderme, c'est-à-dire la couche de peau la plus profonde, se détache de l'ancienne peau et commence à en sécréter une nouvelle. Dans le même temps, il exsude un cocktail d'enzymes, entre ancienne et nouvelle peau, dont le rôle est de digérer en grande partie (80 à 90 %) l'ancienne peau. Ces précieuses molécules sont ainsi recyclées pour la fabrication de la nouvelle peau, et il sera plus facile à la larve de se débarrasser de l'ancienne peau très amincie.

Quand la sécrétion de la nouvelle peau est terminée, la pression interne des muscles et du sang, exercée sur la vieille peau la fait céder sur le dos au niveau de lignes de moindre résistance, appelées sutures, sur le même principe de l'éclosion des œufs. La peau est en quelque sorte prédécoupée par ces sutures. L'animal s'extrait par la fente ainsi dégagée. Le processus est long car tous les appendices, antennes, pièces buccales, pattes, ailes s'il s'agit d'un adulte, doivent être extraits de leur ancien fourreau. Une fois dégagé de sa prison, l'insecte se gonfle d'air pour aider la pression sanguine à détendre au maximum la nouvelle peau, encore souple et souvent plissée pour pouvoir supporter cet accroissement de volume. Puis cette peau

Petite tortue venant d'émerger

va se colorer et durcir à l'air, l'oxygène oxydant certaines molécules et les transformant en une substance très rigide, la sclérotine. La coloration est assez rapide, en quelques heures au plus. Le durcissement prend plus de temps, plusieurs jours au moins, car à la réaction chimique avec l'oxygène de l'air s'ajoute la sécrétion de couches profondes pour épaissir la peau.

Voir aussi la question 58

Mue de libellules

62 Pourquoi un insecte qui vient de muer n' a-t-il pas ses couleurs définitives ?

Un insecte qui vient de muer se reconnaît immédiatement. Il est généralement blanchâtre, ou tout au moins très peu coloré. Nous avons vu que les couleurs des insectes provenaient de pigments chimiques, parfois accompagnés de microsculptures à la surface de la peau décomposant physiquement la lumière.

Les pigments ne sont pas présents dans la nouvelle peau encore molle et les microsculptures ne sont pas encore formées en détail. Il faut attendre, d'une part, la réaction avec l'oxygène de l'air des molécules de la peau et d'autre part, l'expansion maximale de cette peau molle, pour que les pigments et les microsculptures apparaissent.

Si vous avez l'occasion d'observer la mue d'une coccinelle à sept points par exemple, vous verrez que les élytres sont blanc jaunâtre au moment où l'insecte s'extrait de la dépouille de la nymphe. Puis le fond vire peu à peu à l'orange de plus en plus vif pour atteindre le rouge éclatant caractéristique de l'espèce. Parallèlement, les taches noires apparaissent d'abord comme des zones vaguement brunâtres fonçant peu à peu. Vous remarquerez à cette occasion qu'au tout début de la phase de coloration du corps, la coccinelle déploie ses ailes de dessous pour les durcir sans ouvrir les élytres. Quand les couleurs

Coccinelle à sept points finissant de prendre ses couleurs juste après la mue

commencent à apparaître, le durcissement est devenu trop important pour que les ailes puissent se déployer.

Voir aussi la question 27

63 Quelles sont les conséquences de la mue sur l'anatomie des insectes ?

La mue est un moment critique dans la vie des insectes. Tout mous pendant quelques heures, ils perdent la défense que constitue leur squelette externe. Bougeant difficilement, leurs muscles n'ayant plus d'attache solide, ils sont incapables de fuir. Il n'est pas rare d'observer des insectes venant de muer se faire dévorer par les fourmis. Mais cet inconvénient peut se résoudre de diverses manières, en se cachant ou en s'enfermant dans un cocon pour muer, par exemple. Par contre, un effet secondaire de la mue a une conséquence importante sur l'anatomie des insectes, et explique à la fois leur nombre immense et leur taille toujours modeste. Un individu qui vient juste de muer a perdu l'appui rigide de l'ancienne peau qui vient d'être rejetée, et n'a pas encore acquis celui de la nouvelle peau, encore molle pour pouvoir être détendue brusquement.

L'insecte est donc exactement dans la situation d'un flan qu'on démoule. S'il est moulé dans un petit ramequin individuel, il garde sa forme sans problème. Cuit dans un moule à charlotte, il a déjà tendance à s'aplatir au démoulage, en gardant *grosso modo* sa forme. Extrait d'un saladier, il s'effondre sous son propre poids.

Le danger est exactement le même pour les insectes. Le corps des plus grandes espèces ne dépasse pas 30 cm de longueur, ce qui semble le maximum pour survivre sans dégâts à la mue. Il n'y a rien à craindre d'un insecte devenu géant à cause des radiations atomiques, comme dans certains films de science-fiction des années 1950. Si la mutation se produisait, une fois la taille fatidique dépassée de quelques dizaines de centimètres, la jeune larve serait incapable de conserver sa forme lors de la mue, et donc mourrait.

La seule possibilité d'exister pour des insectes géants serait de vivre en permanence dans l'eau. Le plus gros des invertébrés connus est le calamar géant des océans, dont le corps peut mesurer plusieurs mètres de long. Ses chairs molles sont soutenues dans l'eau par le principe d'Archimède… Mais cette condamnation à rester petit explique le nombre incroyable d'espèces d'insectes. Chacune peut exploiter un micro-milieu particulier et les possibilités de variation sont presque infinies. Par exemple, un insecte peut se développer dans une seule graine. Il y a des centaines de milliers de graines différentes, autant d'espèces d'insectes différentes potentielles.

64 Une larve d'insecte vit-elle toujours comme l'adulte ?

Non seulement une larve d'insecte peut vivre différemment de l'adulte mais cette situation est la règle générale, comme toujours émaillée de nombreuses exceptions. Les larves des insectes les plus primitifs sont très semblables en général aux adultes. Elles ont souvent le même mode de vie, comme les Collemboles, les sauterelles ou les punaises. Dans certains groupes, la vie larvaire est cependant radicalement différente de celle de l'adulte, notamment chez les insectes aux larves aquatiques et aux adultes aériens (éphémères ou libellules par exemple), ou bien chez les cigales dont la larve vit en terre et l'adulte dans les arbres.

Les insectes les plus évolués, qui représentent 80 % des espèces, connaissent un stade immobile appelé nymphe entre la larve et l'adulte. Ce stade est nécessaire car l'apparence de la larve est très différente de celle de l'adulte, et une métamorphose directe de l'une en l'autre n'est pas possible. Dans la plupart des cas, cela entraîne des mœurs très différentes entre la larve et l'adulte. Par exemple, la larve de hanneton vit dans la terre aux dépens des racines et l'adulte aérien mange les feuilles des arbres. Ou bien les chenilles de papillons mangent les feuilles et d'autres parties des végétaux alors que l'adulte butine les fleurs. Chez les guêpes et les abeilles, les larves se contentent de manger les provisions apportées par les adultes. L'asticot mange les cadavres et la mouche butine les fleurs, etc.

Il y a toutefois des insectes à métamorphose dont les larves, très différentes des adultes, vivent pourtant de la même manière. Par exemple, il est impossible de confondre une larve et une coccinelle adulte, et pourtant elles vivent toutes les deux sur les plantes, dévorant des pucerons.

65 Un insecte adulte peut-il muer ?

La mue ne concerne en général que les larves. Les adultes n'ont pas besoin de grossir, seulement d'entretenir leur organisme. Cependant, certaines espèces primitives comme les éphémères ou les Collemboles peuvent connaître une ou plusieurs mues à l'état adulte. Les larves d'éphémère vivent dans l'eau. La larve âgée cesse de s'alimenter, grimpe sur une tige ou remonte à la surface de l'eau, et en quelques secondes sa vieille peau se fend, libérant un adulte ailé, reconnaissable aux poils fins recouvrant son corps et lui donnant un aspect terne. Après quelques heures, parfois quelques minutes seulement, une nouvelle mue se produit et l'adulte définitif, plus coloré, apparaît.

Le cas de certains Collemboles est encore plus extraordinaire. Ces Hexa-

podes primitifs connaissent une croissance absolument sans métamorphose, les larves ressemblant à de petits adultes miniatures auxquels il manque uniquement des organes sexuels fonctionnels. Certaines espèces qui vivent dans la litière du sol ont développé une adaptation originale pour survivre aux sécheresses périodiques qui affectent leur milieu de vie. Les adultes s'enfoncent dans le sol quand la sécheresse et la température augmentent trop, puis ils muent et se transforment plus ou moins profondément. Leur peau est épaissie, les pattes sont modifiées. Les pièces de la bouche régressent comme le tube digestif, devenus inutiles par manque de nourriture. Par contre, les tissus graisseux de réserve augmentent. L'individu ainsi transformé s'immobilise et ne s'alimente plus, attendant le retour de conditions meilleures pour muer de nouveau et retrouver son apparence primitive. Si la situation se prolonge, il peut quand même muer régulièrement, en gardant son apparence modifiée.

Éphémère venant de muer

66 Quelle différence entre métamorphose incomplète et métamorphose complète ?

Les insectes au sens large, c'est-à-dire les Hexapodes, sont classés en plusieurs catégories selon leur type de développement. Chez les espèces sans métamorphose (groupes très primitifs comme les Thysanoures ou les Collemboles), la larve âgée se transforme en adulte lors de la dernière mue par simple acquisition d'organes génitaux fonctionnels. La larve âgée des espèces à métamorphose incomplète se transforme directement en adulte, les organes nécessaires étant élaborés dans son corps juste avant la dernière mue mais elle acquiert d'autres organes fonctionnels que les organes génitaux, en particulier des ailes. La larve âgée d'un insecte qui connaît une métamorphose complète mue pour se transformer non en adulte, mais en un stade immobile appelé généralement nymphe, chrysalide chez les papillons et pupe chez les mouches. De la nymphe sortira l'adulte.

La métamorphose incomplète se divise en plusieurs catégories. La larve des espèces paurométaboles (Orthoptères, Isoptères, Hétéroptères) ne

se distingue de l'adulte que par l'absence d'organes génitaux et d'ailes fonctionnels. Elle vit dans le même milieu que l'adulte.
La larve des espèces hémimétaboles (Odonates) et archéométaboles (Éphéméroptères) vit dans l'eau alors que l'adulte est aérien. Cela se traduit lors de la dernière mue par un changement important de la forme du corps et par la modification du mode de respiration.
La dernière larve des espèces néométaboles (Homoptères, Thysanoptères), bien que mobile, présente à l'état d'ébauche tous les futurs caractères de l'adulte. Il s'agit de la dernière étape dans la transition vers les espèces holométaboles, c'est-à-dire à métamorphose complète. Cette dernière larve très différente des stades précédents représente en quelque sorte une nymphe pouvant se déplacer.

67 Que se passe-t-il lors de la métamorphose complète ?

La nymphe immobile et ne se nourrissant pas, stade aussi différent de la larve que de l'adulte, n'existe que chez les insectes à métamorphose complète. Le mot sert également à nommer le dernier stade larvaire des insectes à métamorphose incomplète, mais alors cette nymphe est toujours mobile, se nourrit et vit normalement.
La nymphe immobile peut être comparée à une sorte de second œuf. En effet, l'animal a gardé depuis sa naissance quelques amas de cellules embryonnaires, qui ne changent pas au fil des mues larvaires. Le corps de l'adulte va se développer à partir de ces cellules embryonnaires. Le corps de la larve disparaît purement et simplement. Il se liquéfie, se

Larve en train de muer et nymphe immobile de coccinelle

transformant en liquide nourricier qui permettra aux cellules embryonnaires de se développer. Pour schématiser, les cellules embryonnaires constituent l'amorce d'un nouvel embryon, alors que le corps liquéfié de la larve devient son nouveau vitellus nourricier. Le parallèle est frappant avec un œuf.
La métamorphose complète est une invention fascinante de la nature, qui a participé pour beaucoup dans la réussite évolutive des insectes puisque 80 % d'entre eux se développent selon ce schéma. L'adulte n'est pas issu directement de la larve. Ce n'est pas à proprement parler le même individu. C'est comme si l'œuf primitif avait contenu deux embryons, deux jumeaux, dont l'un est chargé d'accumuler des réserves, pour que le second puisse se développer et perpétuer l'espèce.

68 Combien de temps un insecte vit-il ?

C'est très variable selon l'espèce et le stade. Les éphémères, par exemple, doivent leur nom à une adaptation remarquable. Les adultes de certaines espèces émergent de façon presque simultanée, s'accouplent et pondent aussitôt, puis meurent. Certains adultes ne vivent qu'un jour ou deux. Mais les larves vivent plusieurs mois dans l'eau.
L'un des insectes qui a le cycle de vie de l'œuf à l'œuf le plus court est la drosophile ou mouche du vinaigre. Entre la ponte de l'œuf, son éclosion, le développement de la larve, le stade nymphal, la sortie de l'adulte, l'accouplement et la ponte des œufs de la génération suivante, il peut se passer 10 jours seulement. La drosophile peut donc avoir théoriquement 36 générations dans l'année. Théoriquement seulement, car un cycle aussi court n'est possible que lorsque les conditions de température et d'humidité sont optimales, et que la nourriture ne manque pas. Cette reproduction express explique pourquoi la drosophile est à la base de la plupart des études modernes de génétique : en un an les scientifiques ont les mêmes résultats qu'en 36 ans avec une espèce comme la chèvre dont la génération est d'un an en moyenne, et qu'en 720 ans avec l'homme dont la génération est de 20 ans en moyenne.
La très grande masse des insectes a des cycles de vie de quelques semaines (le moustique qui gâche nos nuits), quelques mois (la piéride du chou ennemie du jardinier) ou quelques années (la cigale symbole de l'été et des vacances). Indépendamment du fait que la durée de vie des insectes est très courte comparée à la nôtre, leur cycle de vie est caractérisé par le fait que deux générations successives d'adultes cohabitent rarement, sauf chez les insectes sociaux. La génération précédente disparaît avant que la nouvelle génération ait fini sa croissance, parfois avant que les œufs n'éclosent.

69 Pourquoi les éphémères ne vivent-elles que quelques jours ?

Qui a vu l'émergence en masse des éphémères, spectacle malheureusement de plus en plus rare aujourd'hui, ne peut être qu'époustouflé par cette profusion de vie. Réaumur, au début du XVIIIe siècle, conviait les marquises de la cour de Versailles à assister au spectacle à la lueur des flambeaux tenus par des laquais dans le jardin de sa maison de campagne de Saint-Maurice au confluent de la Marne et de la Seine. Il décrit des émergences si massives que les cadavres s'accumulaient ensuite sur plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur.

Pourquoi la nature a-t-elle réglé l'horloge interne des éphémères pour que les adultes d'une même espèce et d'une même génération naissent quasiment tous en même temps en un lieu donné ? Ou pour poser la question d'une façon plus moderne, quel avantage évolutif les éphémères tirent-elles de cette adaptation ? En effet, selon la théorie de la sélection naturelle de Darwin, seuls survivent les mieux adaptés aux conditions du milieu. Si seuls ou presque apparaissent chaque année des individus qui émergent en même temps, c'est que cette faculté est un avantage pour leur descendance, ou pour parler autrement qu'elle leur permet de se reproduire plus efficacement que ceux qui ont, ou avaient, des émergences étalées.

Les biologistes expliquent cet avantage évolutif par la saturation du milieu vis-à-vis des prédateurs. Imaginons qu'il existe en moyenne un prédateur pour 1 000 éphémères adultes dans un lieu donné. Ce prédateur peut manger 20 éphémères par jour et ensuite il est gavé. Si les 1 000 éphémères émergent sur un ou deux jours, ce prédateur ne peut en manger que 20 ou 40 et 960 à 980 peuvent se reproduire. S'ils émergent à 100 par jour sur 10 jours, 600 à 800 seulement peuvent se reproduire. Et presque aucun s'il en émerge 20 par jour pendant deux mois.

Cadavres d'éphémères

70 Pourquoi certaines cigales vivent-elles 11, 13 ou 17 ans à l'état de larve et seulement quelques mois à l'état adulte ?

La célèbre cigale américaine de 17 ans ne vit pas plus longtemps à l'état adulte que nos cigales méditerranéennes : l'espace d'un été seulement. La grande longévité de l'espèce est due à la larve qui passe toutes ces années dans le sol à se nourrir de racines près de la surface à la belle saison, et à dormir en profondeur en attendant des jours meilleurs durant la saison froide. Une fois tous les 17 ans l'espèce apparaît en nombre.

Ce cycle de vie appelle deux remarques. Les adultes, exposés aux prédateurs dans les arbres dont ils pompent la sève, vivent bien moins longtemps que les larves relativement protégées dans le sol. Pour la même durée de vie adulte, une cigale qui aurait un cycle annuel, c'est-à-dire dont toutes les larves se transformeraient en adulte dans l'année qui suit leur naissance, serait 17 fois plus exposée aux prédateurs. Donc l'allongement de la vie larvaire protégée par rapport à la vie adulte exposée est une première adaptation pour diminuer les risques de prédation. La plupart de nos cigales méditerranéennes ont une durée de vie larvaire de deux ou trois ans.

Les durées de vie record de certaines espèces américaines : 11, 13 ou 17 ans attirent immédiatement l'attention du mathématicien. Ce sont trois nombres premiers, c'est-à-dire ne pouvant être divisés que par un ou par eux-mêmes. Quel rapport avec une adaptation darwinienne assurant une meilleure survie ? Les prédateurs toujours, et surtout leur propre cycle de vie. Seuls des prédateurs généralistes s'attaquent à ces cigales. Elles n'ont pas de prédateurs spécialisés, c'est-à-dire ne consommant qu'elles ou presque. Un prédateur spécialisé devrait en effet avoir un cycle exactement calqué sur celui de la cigale, et apparaître tous les 17 ans. Mais il est très difficile pour un prédateur généraliste de se spécialiser sur ces cigales. Imaginons que son cycle soit annuel. L'adulte devrait pouvoir survivre 16 ans avant de pouvoir consommer sa proie ! Si son cycle est long, de cinq ans par exemple, il ne correspondra que très rarement avec celui de la cigale : tous les 5 x 17 ans, soit tous les 85 ans. C'est ainsi que la sélection naturelle a favorisé l'apparition de cycles de 11, 13 et 17 ans plutôt que 10, 12 ou 18 ans.

Exuvie de cigale après l'émergence de l'adulte

2
1
2 b
1 a
2 a
1 b

La vie des insectes

71 Que mangent les insectes ?

Les insectes mangent de tout ou presque. La même chose que nous d'abord, c'est pourquoi certaines espèces sont très gênantes pour l'agriculture ou l'industrie agroalimentaire : céréales, grains, fruits, légumes sont dévorés directement dans les champs où dans les endroits de stockage. Les produits plus ou moins transformés, fruits secs, farine, gâteaux, etc. peuvent aussi être attaqués. Même le vinaigre, issu d'une double fermentation du jus de raisin, fait les délices des larves de drosophile.

Les produits animaux ne font pas exception. Fraîches ou de conserve, les protéines animales ne sont que du cadavre pour les insectes spécialisés dans leur recyclage rapide : mouches pondant sur le poisson tout juste pêché, dermeste du lard appréciant la charcuterie, asticots liquéfiant les fromages trop avancés, etc.

Les insectes recycleurs sont parmi les espèces les plus dangereuses pour notre industrie car ils ne font pas la différence entre matériaux morts abandonnés dans la nature et bons à recycler, et entre matériaux utilisés pour nous vêtir, nous loger ou fabriquer divers accessoires de la vie courante. Les fibres animales comme la laine, végétales comme le coton, les cuirs et autres peaux tannées, les plumes, le papier et le carton, le bois de charpente, d'ameublement ou de boissellerie, tout peut être

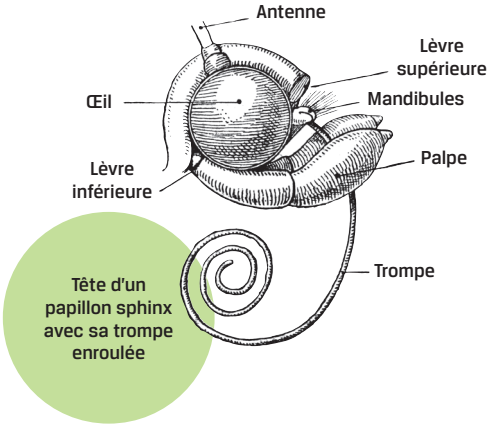
grignoté, digéré et détruit par des millions de mandibules fonctionnant presque en continu. Les insectes sont parmi les pires ennemis du fragile patrimoine conservé dans les musées, des tapisseries du Moyen Âge aux animaux naturalisés, en passant par les collections d'insectes car il existe des insectes spécialisés dans le grignotage des cadavres desséchés d'autres insectes.

Mais les insectes s'attaquent surtout à de nombreuses ressources alimentaires pour lesquelles ils n'entrent pas en compétition avec nous : toutes les parties (ou presque) des végétaux morts ou vivants, cadavres et crottins d'animaux, jusqu'au purin pour certaines larves de Diptères, et produits animaux dérivés divers comme la cire des abeilles dont la chenille de la teigne des ruches peut se nourrir.

72 Comment la bouche des insectes s'est-elle adaptée pour absorber des liquides ?

Un groupe peu nombreux de papillons très primitifs, les Micropterygides, se nourrit sur les fleurs comme ses cousins, mais au lieu d'absorber le nectar, les Micropterygides grignotent les étamines pour manger le pollen. Les pièces de leur bouche sont en effet restées très proches du type primitif, avec des mandibules broyeuses s'ouvrant sur les côtés. Les autres papillons, au contraire, ne peuvent plus absorber que des liquides et sont munies d'une longue trompe déroulante.

À regarder les pièces broyeuses d'un côté et la trompe de l'autre, il est difficile de croire que les unes se sont transformées en l'autre au fil des années et de l'évolution. Et pourtant une dissection fine permet de retrouver dans la trompe les pièces de la bouche des Micropterygides. Il est vrai qu'elles sont très déformées. Les mandibules ont disparu, et les mâchoires, pièces articulées de taille très modeste chez les Micropterygides, se sont considérablement développées, creusées en gouttière et

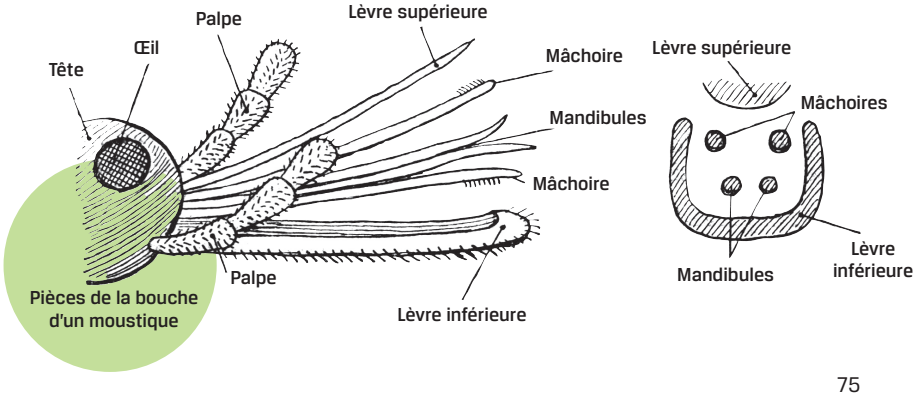


Tête d'un papillon sphinx avec sa trompe enroulée

accolées pour former un tube creux déroulable. La plus longue trompe connue, appartenant à un sphinx de Madagascar, mesure plus de 25 cm de long en extension.
Chez l'abeille, les pièces de la bouche sont restées plus proches du type primitif, car elle doit aussi pouvoir mastiquer certains matériaux. Les mandibules sont donc toujours présentes et fonctionnelles. Les mâchoires se sont aussi transformées en s'accolant à une languette en gouttière garnie de poils, qui est la lèvre inférieure transformée. Cet organe creux capable de pomper des liquides, mais beaucoup plus court et rigide que la trompe des papillons, est appelé langue par les spécialistes, bien que l'insecte ne lèche pas à proprement parler comme nous pouvons le faire avec notre langue.

73 Comment la bouche des insectes s'est-elle adaptée pour percer ?

Les punaises, pucerons, cigales et autres espèces proches sont caractérisés par un rostre piqueur capable de percer des matériaux plus ou moins épais et résistants et d'absorber les liquides. Ce rostre piqueur est apparu par la transformation de certaines pièces des mandibules et des mâchoires en quatre stylets pointus aptes à piquer. Ces stylets sont protégés au repos dans une gouttière souple formée par l'allongement de la lèvre inférieure. Quand le rostre pique et s'enfonce, cette gouttière protectrice s'ouvre pour permettre la manœuvre.
Les moustiques et autres Diptères piqueurs ont adopté une solution assez semblable. Le stylet piqueur est protégé par une gaine souple correspondant à la lèvre inférieure très développée. Les stylets eux-mêmes sont composés des deux mandibules et des deux mâchoires très déformées et allongées. Leur rôle est de percer la peau et d'ouvrir le passage à la lèvre supérieure allongée et enroulée en gouttière par laquelle le



liquide nourricier est aspiré. Dans le cas des punaises et des moustiques, le liquide est envoyé dans la bouche, non par aspiration de l'air, mais par pompage à l'aide des mouvements alternatifs et coordonnés des stylets à l'intérieur de la gouttière de la lèvre.

74 Quel est le rôle des insectes végétariens dans la nature ?

Dans la nature, seules les bactéries et les plantes possédant de la chlorophylle sont capables de vivre en absorbant des molécules minérales simples et en utilisant l'énergie chimique ou solaire pour les transformer en molécules organiques complexes. Ces espèces vivantes constituent la base de toutes les pyramides alimentaires, les autres espèces vivantes dépendant directement ou indirectement d'elles pour se nourrir.

Les espèces végétariennes, et parmi elles les insectes sont de loin les plus nombreux, constituent le deuxième étage de la pyramide alimentaire. La plupart des insectes végétariens ont un régime alimentaire plus ou moins étroit : ils ne s'attaquent en général qu'à une famille de plantes, un genre, voire à une seule espèce. Et ils sont souvent spécialisés dans un organe particulier : ceux qui dévorent les feuilles sont différents de ceux qui pompent la sève, s'attaquent aux fruits ou aux fleurs. Cette spécialisation leur donne un rôle important pour empêcher la domination d'une plante qui s'étendrait au détriment des autres.

Dans une forêt, les espèces sont mélangées et très nombreuses. Un insecte spécialisé dans une espèce particulière doit se déplacer pour trouver sa nourriture et éventuellement celle de ses larves. Lors de ces déplacements, il consomme de l'énergie, donc des réserves, et augmente les risques d'être mangé par un prédateur. Si sa plante nourricière devient plus nombreuse et tend à dominer les autres, il aura une plus grande réserve de nourriture, se déplacera beaucoup moins ou pas du tout, et donc sera moins exposé au risque de finir lui-même mangé. Bref, ses conditions de vie étant meilleures, il se multipliera. La plante, soumise à des attaques importantes, régressera et retrouvera son niveau d'origine. C'est notamment par ce mécanisme régulateur que la vie est si diverse sur notre planète.

Si les végétariens jouent un rôle fondamental dans la biodiversité végétale, ils sont aussi en partie responsables de la biodiversité animale. Chaque espèce représente en effet une proie potentielle pour des prédateurs et des parasites plus ou moins spécialisés. Plus il y a de plantes, plus il y a de végétariens, plus il y a de carnivores. Et s'ils meurent de leur belle mort, les insectes végétariens représentent encore une ressource pour les recycleurs de cadavres et de matière organique morte.

75 Qu'est-ce qu'une galle ?

Pomme du chêne, galle causée par une petite guêpe

Les végétaux présentent souvent des excroissances et des déformations de leurs tissus. Ces structures ont des origines diverses : cicatrices après une blessure, prolifération de tissus à cause d'une anomalie des cellules, réaction aux attaques d'un animal, d'un champignon ou d'une bactérie. Seule cette dernière catégorie mérite le nom de galle, ou cécidie selon la terminologie scientifique. Parmi les agents cécidogènes, c'est-à-dire provoquant des galles, les insectes tiennent une place importante.

Les galles peuvent être minuscules et passer inaperçues, ou au contraire grosses et particulières, comme la galle chevelue de l'églantier due à une guêpe, la galle en ananas du sapin due à un puceron ou les balais de sorcière des pruniers dus à un champignon. Elles ont depuis longtemps attiré l'attention des hommes, et ont été utilisées en médecine traditionnelle pour soulager diverses maladies (fièvres, typhus, hémorroïdes, insomnies…) comme en artisanat pour colorer les tissus, tanner les peaux, fabriquer de l'encre ou de la laque.

La relation complexe entre le végétal et son parasite a rendu ce dernier généralement totalement dépendant du premier. Un insecte gallicole, c'est-à-dire vivant dans une galle, ne peut se développer que dans cette galle qui lui fournit à la fois le gîte et le couvert. Le plus souvent, il ne s'attaque qu'à une espèce, ou à un groupe d'espèces très proches. Le cycle du parasite peut être complexe, et connaître deux ou plusieurs générations causant parfois des galles d'aspects différents selon la saison. Chaque galle est particulière, et il est possible d'identifier le responsable en connaissant seulement l'aspect de la galle et l'espèce végétale sur laquelle elle est apparue.

De nombreux insectes peuvent causer des galles : punaises, psylles, pucerons, cochenilles parmi les Hémiptères, tenthrèdes et cynips parmi les Hyménoptères, cécidomyes et trypétides parmi les Diptères, quelques Coléoptères, quelques chenilles de papillons, la liste est longue.

76 Qu'est-ce qu'une mine ?

Les feuilles des plantes présentent parfois des lignes plus ou moins courbes dessinant des arabesques fantaisistes, ou bien des plages plus ou moins larges d'une couleur différente de celle du fond de la feuille. Une observation à la loupe permet souvent de voir de petits chapelets de grains noirs au travers de l'épaisseur de la paroi de la feuille, un trou ou une déchirure à une extrémité du dessin ou parfois un petit animal aplati causant un léger renflement.

Il s'agit d'une mine, c'est-à-dire du creusement de l'intérieur de la feuille par la larve d'un insecte. Celle-ci est végétarienne et se nourrit des tissus de la feuille, mais elle respecte la couche supérieure et la couche inférieure des cellules, vivant comme ensachée à l'intérieur de la feuille. Le petit chapelet de grains noirs représente ses crottes dispersées régulièrement au fur et à mesure du creusement de la mine. Le trou ou la déchirure est l'endroit par lequel la larve qui a terminé son développement, a quitté la mine. Parfois, la larve reste dans la mine pour se nymphoser et la dépouille nymphale est toujours visible même après l'émergence de l'adulte.

Cette vie très particulière est réservée à des espèces minuscules, le plus souvent des chenilles de papillons ou des asticots de mouches de quelques millimètres de long au maximum. Ces larves sont très aplaties pour utiliser au mieux le peu de place disponible dans la mine. Chacune ne cause que des dégâts minimes aux végétaux attaqués. Mais en cas de pullulation, des plantes entières peuvent voir leur feuillage jaunir.

Certaines espèces mineuses sont préjudiciables aux cultures humaines, faisant diminuer les rendements et la valeur commerciale de certaines plantes alimentaires, ou bien causant des préjudices esthétiques sur les plantes ornementales.

Mine sur feuille de bardane

77 Combien d'espèces d'insectes végétariens peuvent vivre sur un chêne ?

Le chêne est le roi de nos forêts. C'est l'arbre dominant sous le climat tempéré d'Europe occidentale, le plus répandu mais aussi l'un des plus hauts et des plus imposants. Ce géant prospère malgré les très nombreux commensaux qui se nourrissent de ses différentes parties : bourgeons, feuilles, fleurs, glands, écorces, bois, racines. Certains entomologistes avancent le nombre de 500 espèces d'insectes végétariens pouvant se nourrir sur le chêne, et parmi eux plus de 80 chenilles différentes ont été notées comme pouvant se développer sur cette essence feuillue. Évidemment, ces 500 espèces ne sont jamais présentes en même temps, certaines ne s'attaquant qu'au feuillage des jeunes sujets, d'autres qu'au bois des vieux arbres en train de dépérir.

L'abondance des insectes végétariens associés au chêne, et le peu de dégâts visibles qu'ils causent en général, montre que la coévolution s'est faite depuis longtemps entre ce végétal et les animaux qui en dépendent. Les végétariens sont eux-mêmes victimes de prédateurs et de parasites qui les maintiennent sous un seuil suffisamment bas pour qu'ils ne causent pas de dégâts importants aux arbres. Un seul chêne peut donc faire vivre directement ou indirectement plusieurs milliers d'espèces d'insectes différentes au cours de sa vie, en comptant les végétariens, les recycleurs et tous ceux qui les consomment à un moment ou à un autre de leur cycle.

Une espèce d'arbre introduite d'une autre région du monde, arrivant généralement non accompagnée des végétariens qui s'en nourrissent dans sa région d'origine, appauvrit le nouveau milieu où elle s'installe. Elle fournit en effet beaucoup moins de ressources directes ou indirectes à la faune locale, et contribue ainsi à diminuer la diversité. Il ne faut pas confondre une vraie forêt avec une simple culture d'arbres, confusion souvent commise, y compris au niveau des statistiques qui annoncent que la France est couverte à 25 % de forêts. Elle est peut-être boisée à 25 %, mais les vrais bois et forêts composés d'essences locales ayant poussé spontanément représentent une surface bien plus modeste. Ce sont malheureusement les seuls réellement intéressants pour la biodiversité.

78 Pourquoi certaines plantes, devenues carnivores, mangent-elles des insectes ?

Dans l'évolution logique de la vie, les bactéries et les plantes sont apparues pour exploiter les ressources minérales de la Terre, d'abord dans les océans puis sur les terres émergées. Les animaux, caractérisés par

leur mobilité et leur régime uniquement composé de matière organique, c'est-à-dire d'une matière provenant d'un autre être vivant, sont apparus ensuite pour exploiter les bactéries et les plantes. Alors pourquoi une plante normalement capable de se contenter des sels minéraux du sol, de l'air et de la lumière du soleil a-t-elle eu besoin, à un moment donné de son évolution, de consommer de la matière organique animale ?
La réponse est donnée en étudiant les endroits où poussent ces plantes. En Europe, les rares et discrètes espèces carnivores n'existent que dans les tourbières et certaines mares. Ces milieux se caractérisent par un sol ou des eaux très pauvres, carencés en certains éléments. Les plantes sont donc devenues carnivores pour compléter le manque de certaines substances et leur permettre de se maintenir dans des endroits où normalement elles ne devraient pas pouvoir vivre. C'est un complément de ressource indispensable à leur survie.
Les espèces tropicales bien plus nombreuses ne contredisent pas ce schéma. Elles vivent, soit sur des sols carencés comme leurs cousines européennes, soit en hauteur sur les arbres, ne disposant pas d'un substrat bien épais pour s'enraciner. Dans ce cas encore, seules la capture et la digestion d'insectes leur permettent de se développer et de se reproduire normalement.
Malgré d'anciennes et tenaces légendes de plantes carnivores géantes capables de digérer un homme, les organes de capture et de digestion cantonnent ces « monstres » végétaux à des proies très modestes. Elles ne dépassent pas la taille des moucherons chez les droseras ou les utriculaires européennes.

79 Quel est le rôle des insectes prédateurs dans la nature ?

Un prédateur est un animal qui capture et consomme une proie d'une taille à peu près équivalente à la sienne, et la plupart du temps plus petite et plus faible que lui. Les insectes prédateurs s'attaquent surtout à d'autres invertébrés terrestres : vers de terre, limaces et escargots, cloportes, mille-pattes, araignées, et bien sûr d'autres insectes. Parmi ceux-ci, les végétariens sont nombreux, mais ils mangent aussi d'autres prédateurs.
Les liens que la nature tisse entre les espèces s'entrecroisent à l'infini, parfois de façon surprenante. Par exemple, les araignées sont des prédatrices exclusives de petites proies vivantes, parmi lesquelles les insectes représentent de loin la plus grosse part. Mais il existe des guêpes prédatrices d'araignées qui chassent celles-ci pour les paralyser et les entasser en réserve dans la cellule de leur larve. Bien que leurs proies

soient armées de redoutables crochets à venin et sachent parfaitement maîtriser un insecte de leur taille, elles apparaissent étrangement passives lors de l'attaque et parviennent rarement à s'enfuir.
Le rôle des prédateurs est le même que les végétariens vis-à-vis des plantes : empêcher qu'une espèce ne pullule trop. La plupart sont assez généralistes. Ils tuent et mangent ce qu'ils rencontrent. Si une espèce commence à dominer par rapport aux autres, ils auront statistiquement plus de chance de la rencontrer, donc de la manger. Et ainsi ils diminueront sa population qui redescendra à un niveau plus modeste. Les insectes prédateurs jouent un grand rôle dans la protection des cultures, et certaines espèces comme les coccinelles sont largement utilisées en agriculture biologique.

Larve de chrysope dévorant des pucerons

80 Quel est le rôle des insectes parasites dans la nature ?

Les parasites vrais sont des animaux qui vivent aux dépens de leur hôte sans le tuer, comme le pou sur la tête de l'homme, ou comme le moustique qui lui pompe son sang. Ils n'ont pas intérêt à ce que leur hôte meure, car c'est leur casse-croûte qui disparaît. Il existe une catégorie de prédateurs dont la proie est bien plus grosse qu'eux, et qui vivent plus ou moins longtemps sur son corps où à l'intérieur de son corps sans la tuer. Ils sont abusivement qualifiés de parasites et les scientifiques préfèrent les appeler « parasitoïdes », c'est-à-dire presque parasites.
La grande majorité des insectes dits parasites dans le langage courant (et dans la suite de cet ouvrage) fait partie de cette seconde catégorie des parasitoïdes. L'apantélès, une petite guêpe, pond ses œufs dans les chenilles de piéride du chou. Ses larves se développent d'abord aux dépens des réserves de graisse et des organes non essentiels de leur hôte, avant de finir par le tuer à la fin de leur croissance. Elles sortent alors en perçant la peau, et s'enferment dans de petits cocons serrés contre la dépouille de la chenille.
Les parasites ont une fécondité explosive. Certaines guêpes parasites sont capables de pondre un œuf qui, par polyembryonie, donnera plusieurs milliers de larves. Comme leur cycle de vie est court, ils peuvent

engendrer plusieurs générations par an. Les deux faits combinés leur permettent de casser très rapidement une pullulation de leur hôte. Les forêts sont, certaines années, victimes de pullulations de chenilles qui peuvent défeuiller des arbres entiers. Autrefois, les forestiers traitaient avec des insecticides pour s'en débarrasser, mais les pullulations revenaient rapidement. Maintenant, ils préfèrent laisser agir les parasites, qui peuvent se multiplier au point d'arriver à un taux de parasitisme supérieur à 99,9 %, c'est-à-dire que sur 1 000 chenilles, au moins 999 meurent parasitées. Dans ces conditions, leur population s'effondre et la pullulation est brisée durablement.

Dépouille nymphale de parasite à moitié engagée dans un cadavre de chenille

81 Quel est le rôle des insectes mangeurs de matière organique morte dans la nature ?

Les plantes bâtissent leurs tissus avec l'eau et les sels minéraux pompés par les racines dans la terre, le gaz carbonique et l'oxygène pris dans l'air. L'énergie solaire captée par la chlorophylle des feuilles leur permet d'assembler ces molécules minérales simples en molécules organiques complexes. Pour que le cycle se prolonge, il faut que lorsque une plante meure, les molécules de ses tissus puissent être récupérées par celle qui pousse à sa place. Les molécules organiques, très complexes, ne peuvent pas être absorbées par les racines. Il faut qu'elles soient auparavant dégradées, découpées en molécules minérales plus simples qui les constituent. C'est ce que les spécialistes appellent la minéralisation de la matière organique. Cette étape cruciale du fonctionnement des milieux naturels est le gage de leur productivité constante à long terme. Dans les champs cultivés, cette étape est souvent économisée par l'apport d'engrais minéraux.

Les insectes jouent avec les champignons un rôle très important dans la première étape de la minéralisation de la matière organique morte. De nombreuses espèces s'en nourrissent, la prédigérant et la fragmentant ainsi en particules minuscules. Ces particules, enfouies dans le sol par les vers de terre et d'autres animaux fouisseurs, seront entourées d'un film de bactéries et rapidement minéralisées, libérant des molécules utiles aux plantes à proximité immédiate des racines.

La fertilité des sols repose donc sur trois étapes indissociables : la fragmentation de la matière organique morte, son enfouissement et sa minéralisation rapide à proximité des racines. Si les insectes recycleurs n'existaient pas, comme les larves ou les termites mangeant du bois mort, les Collemboles ou les larves de cétoines mangeurs de feuilles mortes, les nécrophores et les asticots mangeurs de cadavres animaux, les scarabées mangeurs de crottin, les bactéries auraient beaucoup plus de mal à faire leur travail. En effet, plus les particules sont petites, plus, à poids égal de matière, la surface cumulée de ces particules est importante. Comme les bactéries travaillent à la surface, elles digèrent d'autant plus vite la matière organique que cette surface est importante.

Larve de cétoine

82 Combien y a-t-il d'insectes dans 1 m² de sol ?

Difficile à dire, car personne n'a eu la patience de compter. Et chaque sol étant particulier, il n'y a pas de réponse générale. Dans les années 1950, un chercheur suisse a étudié en détail le sol d'une prairie fertile de son pays et fait des estimations assez fines. Il a ainsi calculé que dans 1 m² de terre vivaient, à l'état adulte ou de larve, environ 100 Coléoptères, 200 asticots, 100 000 Collemboles. Il n'a pas inclus dans son tableau les gros insectes présents à moins de 100 exemplaires, comme les fourmis, les perce-oreilles, etc. Ces chiffres sont impressionnants mais ils ne représentent qu'une petite fraction de la vie du sol. Il a estimé en effet que dans ce mètre carré, il y avait aussi environ 25 000 Annélides (vers annelés), 150 000 acariens et autres Arachnides, 10 millions de vers Nématodes, 500 millions de protozoaires (animaux unicellulaires), 1 milliard de champignons essentiellement sous forme de levures unicellulaires et 60 000 milliards de bactéries.

Si les insectes sont nettement battus, pour une fois, quant au nombre d'individus présents, ils le sont aussi par la masse. Si l'on calcule le poids que représente chaque grande catégorie, ce que les spécialistes appellent la biomasse, on s'aperçoit que les 100 000 et quelques insectes, et même les 60 000 milliards de bactéries ne pèsent pas grand chose face aux 25 000 vers Annélides qui représentent à eux seuls 40 à 60 % de la biomasse du sol.

83 Quel est le rôle des insectes butineurs dans la nature ?

Un butineur est un animal qui vient sur une fleur prélever du pollen et du nectar pour se nourrir, sans abîmer la fleur. Une chenille qui ronge une fleur pour se nourrir n'est pas un butineur, c'est un végétarien. Les animaux butineurs se recrutent chez les oiseaux (comme le colibri ou oiseau-mouche), les chauves-souris et les insectes. En Europe, il n'existe que des insectes butineurs.

La fleur est la structure élaborée par la plante pour grouper et protéger ses organes de reproduction : les carpelles protégeant les ovules représentant l'élément femelle et les étamines portant le pollen représentant l'élément mâle. Même si souvent étamines et carpelles sont présents dans la même fleur, la nature qui préfère la reproduction croisée, c'est-à-dire le mélange des gènes de deux individus différents pour obtenir des descendants avec des caractéristiques variables qui pourront être soumis à la sélection naturelle, oblige souvent une fleur à être fécondée par le pollen non seulement d'une autre fleur, mais d'une fleur appartenant à un autre individu.

Les plantes, enracinées dans le sol, ne peuvent pas bouger pour que les partenaires se rencontrent. Il faut donc un agent extérieur qui va se charger de transporter le pollen, élément mobile, vers le carpelle d'une autre fleur, élé-

L'andrène fauve, une abeille solitaire

ment fixe. Cet agent de transport est très rarement l'eau, dans 20 % des cas le vent et dans 80 % des cas un animal. Mais un insecte n'a aucun intérêt à transporter le pollen d'une fleur à l'autre. Il vient pour se nourrir, et ce n'est qu'involontairement, en retenant du pollen collant sur son corps et notamment dans ses poils, qu'il va le transporter sur une autre fleur de la même espèce et la féconder.
La plante l'attire en lui procurant une nourriture abondante. Le pollen, riche en protéines, est produit en masse, bien au-delà du nombre de carpelles à polliniser. Une partie peut donc finir sans problème dans l'estomac des butineurs ou de leurs larves. Des glandes spéciales sécrètent un liquide sucré, le nectar, qui est un cadeau de la plante aux pollinisateurs, l'appât qui les fait venir en leur procurant un aliment très énergétique idéal pour faire fonctionner les puissants muscles du vol. Il y a donc une coévolution entre la plante et le pollinisateur, la première dépendant du second pour une bonne reproduction, le second de la première pour sa nourriture, avec échange de bons procédés des deux côtés.

84 Comment l'abeille repère-t-elle les fleurs intéressantes à butiner ?

L'abeille, nous l'avons vu à la question 31, a une vue relativement bonne, et elle perçoit les couleurs. Les fleurs somptueuses qui s'ouvrent sur certaines plantes, aux coloris chatoyants ou pastel, ne sont pas destinées à l'agrément de nos yeux. Les plantes les ont développées pour attirer les pollinisateurs, en particulier les abeilles. Celles-ci, en effet, quand elles parcourent les environs de la ruche à la recherche de nourriture, vont être attirées de loin par les taches de couleur qui tranchent sur le fond vert monotone des feuillages. C'est pourquoi de nombreuses plantes poussent en colonies, créant ainsi des plages de couleurs visibles de loin.
Arrivées à proximité des plantes fleuries, les abeilles vont réagir à des messages plus fins qu'une simple tache colorée. Le contraste entre un cœur d'une couleur et un pourtour d'une autre va les attirer, tout comme des lignes ou des alignements de taches convergeant vers le centre. Ces dessins apparaissent comme de véritables « guides à nectar », un fléchage indiquant précisément au butineur où se trouve la réserve de nectar.
Un autre attrait très puissant agit à proximité immédiate des fleurs : leur odeur. Le plus souvent suave, c'est leur signature. Une abeille qui a trouvé du nectar en quantité sur une fleur et qui a mémorisé son odeur particulière ira spontanément vers une autre fleur sentant la même odeur. C'est en quelque sorte la marque de l'espèce végétale, qui lui permet de se distinguer de toutes les autres auprès des abeilles.

Deux faits, parmi bien d'autres, prouvent que ces déductions des scientifiques sont exactes. Les graminées, c'est-à-dire les herbes des prairies, sont pollinisées par le vent. Inutile pour elles d'attirer les insectes pollinisateurs. Leurs fleurs sont verdâtres, petites et très discrètes, ne sentant absolument rien. Elles n'ont en effet aucun intérêt à envoyer des signaux aux insectes. Certaines fleurs ne produisent que du nectar, et donc ne sont attractives que la nuit, comme le chèvrefeuille par exemple. Leurs couleurs sont très claires, pour être visibles au clair de lune. Elles émettent un parfum beaucoup plus puissant que les fleurs de jour pour attirer les papillons de nuit qui les polliniseront.

Voir aussi la question 31

85 Pourquoi certains insectes butinent-ils sans se poser ?

Les muscles du vol, très puissants, sont de gros consommateurs d'énergie. Il est donc économique pour la plupart des espèces de voler de fleur en fleur, ou d'inflorescence en inflorescence (une inflorescence est un groupe de petites fleurs) mais de butiner en se posant. Accessoirement, le fait de se poser sur la fleur permet de détecter plus vite, grâce aux poils sensitifs qui se trouvent à l'extrémité des pattes de certaines espèces comme les papillons de jour, si l'endroit est riche en nectar et intéressant à butiner. Mais le fait de se poser comporte quelques inconvénients. Par exemple, les araignées-crabes, prédatrices spécialisées dans la chasse aux butineurs, se fondent dans les fleurs pour foudroyer d'une morsure venimeuse la proie qui s'est approchée de trop près. Le moment de l'envol est également très coûteux en énergie. Si, par son mode de butinage, un insecte doit s'envoler et se poser très fréquemment, il peut consommer plus d'énergie que s'il volait en continu.

Cette stratégie de ravitaillement en vol a été adoptée par quelques groupes de butineurs très différents. Tout le monde connaît les petits oiseaux-mouches ou colibris américains qui butinent de grandes fleurs avec leur bec fin et recourbé sans se poser. En Europe, quelques groupes d'insectes butinent aussi en vol, comme les papillons sphinx, ou les mouches

Bombyle butinant une inflorescence de centranthe

bombyles, armés d'une longue trompe. Le plus connu de ces butineurs volant est le moro-sphinx. Il est actif en plein jour, contrairement à la plupart des autres sphinx, crépusculaires ou nocturnes. Il se déplace très rapidement, allant de fleur en fleur d'un vol saccadé, restant sur place le temps de plonger sa trompe au fond du calice pour pomper le nectar. Une mouche, le bombyle, plus petit, poilu et au corps tout rond, est capable des mêmes performances.

86 Pourquoi les scientifiques parlent-ils de coévolution entre les plantes et les insectes ?

Les plantes à fleurs, appelées angiospermes, sont apparues il y a 220 millions d'années environ, à l'ère secondaire quand vivaient les diplodocus. Les scientifiques pensent que cette structure, entourant les organes de reproduction de la plante, est apparue pour faciliter la pollinisation en ne la confiant plus au vent, comme le faisaient les plantes dominantes de l'époque appelées gymnospermes, mais aux animaux.

Les pétales, les sépales, la corolle, le calice, sont en effet des structures qui attirent les animaux par leur forme et leurs couleurs, permettant à l'animal de se poser, de se nourrir des sécrétions des glandes à nectar, de s'enduire de pollen au passage, et de féconder la fleur suivante en déposant ce pollen sur les carpelles. Certaines angiospermes, comme les graminées, sont pollinisées par le vent, mais les scientifiques pensent que c'est une évolution secondaire due à leur adaptation à des conditions particulières : un climat sec empêchant la croissance des arbres et donc avec un vent soufflant sans obstacle.

Depuis plus de 200 millions d'années, les plantes à fleurs comme les animaux pollinisateurs, principalement des insectes, se sont considérablement modifiés. Ces modifications se sont faites en parallèle, celles des unes ayant des répercussions sur celles des autres et inversement. D'où le terme de coévolution utilisé par les scientifiques, d'évolution en commun, ou coordonnée.

Les premiers insectes pollinisateurs étaient, comme les cétoines actuelles, des brouteurs de pollen. Ils détruisaient la fleur tout en la pollinisant. La première étape de la coévolution du côté des plantes a été l'acquisition d'un pollen collant pour adhérer aux butineurs, et non libre pour voler facilement dans les airs. Puis est apparue la sécrétion du nectar sucré, nourriture attractive pour inciter à visiter la fleur sans avoir besoin de la détruire, avec le code de couleurs et d'odeurs pour faciliter la recherche des butineurs. L'abandon de la structure radiale de la fleur au profit d'une structure bilatérale semblable à celle des animaux est une nouvelle étape. La forme de la fleur, épousant au plus près celle du

butineur, facilite le dépôt du pollen sur son corps. La sécrétion du nectar à certaines heures seulement diminue la compétition entre fleurs d'espèces différentes et étale la ressource pour les insectes.
Les insectes pollinisateurs ont coévolué en acquérant des poils pour mieux retenir le pollen sur leur corps et des outils pour le récolter et le stocker sans détruire la fleur. Les pièces de la bouche se sont modifiées en langue ou en trompe aptes à pomper le nectar. En nourrissant également leurs larves de pollen et de nectar, certaines espèces augmentent notablement le temps passé à butiner au cours de leur vie. Enfin, les butineurs les plus assidus ont adopté des stratégies de butinage facilitant la pollinisation, en se concentrant sur une seule espèce à certains moments de la journée par exemple, ou en ne butinant qu'un seul groupe restreint de plantes.
Aujourd'hui, le destin de la plupart des plantes à fleurs et des insectes butineurs est lié. Sans fleurs, les butineurs disparaissent, faute de nourriture. Sans insectes butineurs, les plantes ne seraient plus pollinisées, ou beaucoup moins efficacement, et donc se reproduiraient moins et pourraient être dominées par des compétitrices mieux armées. La biodiversité des animaux comme des plantes diminuerait fortement.

87 Quelle est l'importance des insectes dans les chaînes alimentaires ?

La vie sur Terre se divise en deux grands types d'écosystèmes : les écosystèmes marins, c'est-à-dire la vie aquatique dans l'eau salée, et les écosystème terrestres, c'est-à-dire la vie sur les terres émergées et dans les eaux douces. Les insectes, quasiment absents des mers et océans, ne jouent aucun rôle dans les chaînes alimentaires des écosystèmes marins.
En revanche, ils jouent un rôle fondamental dans les chaînes alimentaires des écosystèmes terrestres. Le nombre de leurs espèces tout comme la masse de matière vivante qu'ils représentent sont tels que leur disparition totale dérèglerait toute la machine. Sans eux, plus rien ne peut fonctionner correctement. De très nombreux vertébrés en dépendent en effet directement ou indirectement.
Prenons l'exemple du jardin. Ils entrent pour une part plus ou moins importante mais toujours indispensable dans le régime de la musaraigne, du hérisson, du crapaud, de l'orvet et du lézard. Parmi les oiseaux, les mésanges, les fauvettes, le rouge-gorge, le troglodyte, le rossignol et bien d'autres sont des insectivores plus ou moins stricts. Même des espèces classées parmi les granivores, comme le moineau, nourrissent leurs oisillons avides de protéines principalement avec des insectes.

Certaines espèces sont des végétariens plus stricts, comme les tourterelles chez les oiseaux ou les campagnols et mulots chez les mammifères. La disparition des insectes les affecterait par la diminution de la pollinisation, donc de la production de fruits et de graines. Tous ces petits vertébrés sont eux-mêmes les proies potentielles du faucon, de la chouette, de la fouine. Si la ressource diminue, les populations de ces prédateurs s'effondreront en conséquence. Le jardinier serait lui-même affecté par une baisse de la fertilité naturelle des sols, et une grande difficulté pour de nombreuses plantes à produire fruits et graines en nombre, bien formés et de qualité.

Le régime alimentaire du hérisson comprend une bonne part d'insectes

Bref, les insectes dans les chaînes alimentaires terrestres, occupent le deuxième étage de la pyramide juste au-dessus des plantes. Leur disparition ne peut qu'avoir des répercussions sur les étages plus élevés, notamment sur le sommet que nous occupons. Un monde sans insectes est imaginable, mais ce serait un monde dans lequel l'homme ne trouverait plus les conditions nécessaires à sa survie.

88 Comment les insectes se protègent-ils de leurs ennemis ?

Le monde vivant est ainsi fait que toute espèce animale peut être victime de prédateurs durant sa vie ou au moins certaines périodes plus exposées. Les insectes n'y échappent pas, et les stratégies de défense mises en œuvre pour tenter de limiter les risques sont très nombreuses, à l'image de la variété du groupe. Elles peuvent toutefois se résumer en quelques grandes catégories.

Le camouflage consiste à disparaître dans le décor. Le grand nombre d'espèces à coloris vert quand elles vivent sur les feuilles, marron ou noir quand elles vivent dans la litière, sur les écorces ou au sol, montre que c'est une précaution de base adoptée par la majorité pour se faire remarquer le moins possible. Certaines espèces poussent la précaution beaucoup plus loin, copiant par les couleurs et par la forme un élément du milieu. Par exemple, la feuille morte du chêne est un papillon qui, comme son nom l'indique, se déguise en feuille morte recroquevillée.

L'agressivité consiste à attaquer le premier avec les armes à sa disposition. La sauterelle qui mord les doigts qui la saisissent ou le perce-oreille qui referme sur eux sa pince pouvant percer la peau jusqu'au sang, les fourmis qui réagissent en nombre à l'attaque de la fourmilière en grimpant sur l'intrus pour le mordiller, autant de façons de tenter de faire reculer l'attaquant.
La défense chimique consiste à dissuader l'agresseur par inoculation (guêpes et abeilles) ou projection (certaines fourmis) d'un venin, par émission d'un liquide nauséabond ou de très mauvais goût (odeur des punaises, sang émis par le crache-sang) ou simplement en ayant accumulé des toxines dans son corps le rendant impropre à la consommation par un prédateur (chenilles consommant elles-mêmes des plantes toxiques). Ces espèces signalent souvent leur capacité de défense aux agresseurs éventuels en affichant des couleurs vives, souvent du jaune et du noir ou bien du rouge et du noir.
Le déguisement consiste à vouloir se faire passer pour une autre espèce, généralement mieux armée que soi pour résister aux prédateurs. Ce sont essentiellement les insectes munis d'un dard et de glandes à venin, comme les guêpes, ou bien ceux dont les chairs sont toxiques ou au goût désagréable, comme les punaises, qui sont copiées par d'autres espèces plus vulnérables. Par exemple, les sésies sont des papillons qui font penser à une guêpe ou une abeille, leurs ailes ayant pratiquement perdu toutes leurs écailles pour devenir transparentes et leur abdomen noir étant annelé de jaune ou de rouge. D'autres espèces cherchent à se faire passer pour plus gros qu'eux, comme les papillons qui présentent de grosses taches rondes sur leurs ailes pouvant faire penser à des yeux : le papillon entier apparaît alors comme la tête d'un animal beaucoup plus gros, ce qui peut impressionner un petit prédateur.

89 Comment être sûr qu'un insecte est vert ou brun pour se confondre avec le feuillage ou l'écorce ?

La validité du camouflage n'est pas acceptée par certains scientifiques. Leur raisonnement est le suivant : être déguisé n'a jamais empêché personne de se faire manger. Dans le cas des insectes verts se confondant avec le feuillage, les oiseaux repèrent plutôt leurs proies par le mouvement que par la couleur. C'est l'individu qui bouge qui se fait repérer et consommer.
Des expériences simples, comme accrocher des insectes verts sur fond vert et sur fond brun prouvent que les individus se détachant bien sur le fond sont beaucoup plus souvent détectés et attrapés par les oiseaux que ceux ayant la même couleur que le fond. Le camouflage a bien son

utilité. La pression de la sélection naturelle a simplement fait évoluer son utilité pratique. Au début, les individus qui se confondaient avec le milieu avaient un avantage positif sur les autres. Ils étaient mangés moins souvent, donc se reproduisaient mieux. Quand la majorité des individus se camouflent, le camouflage n'est plus un avantage. En revanche, ne pas être camouflé est un désavantage sanctionné par une prédation beaucoup plus forte.

Mais l'évolution est toujours à l'œuvre, sous l'influence de la sélection naturelle. Les prédateurs, trompés par la couleur, se reportent sur la détection du mouvement pour trouver leurs proies. Le camouflage reste donc obligatoire, mais il doit être complété par d'autres armes de défense. Par exemple, les phasmes ou certaines chenilles qui copient des branchettes se tiennent immobiles le jour sur la végétation, rendant leur détection très difficile par les oiseaux. Ils se nourrissent de nuit, quand leurs mouvements risquent beaucoup moins de les trahir.

Les prédateurs réagissent en inventant de nouvelles méthodes de chasse, comme les chauves-souris et leur sonar, apparues pour exploiter la manne des papillons de nuit qui échappaient, grâce à leurs mœurs nocturnes, aux oiseaux très majoritairement diurnes. Cette constante réaction des proies et des prédateurs pour survivre le mieux possible est l'un des moteurs de l'explosion de la biodiversité sur notre planète au fil de l'histoire de la vie.

90 Pourquoi certains insectes ont-ils des couleurs très voyantes ?

Nous avons vu à la question 88 que la défense chimique dissuasive, par l'intermédiaire d'un venin, d'un sang empoisonné ou ayant un mauvais goût, était souvent signalée par les couleurs très voyantes des espèces qui l'avaient adoptée. Cette défense n'est en effet efficace qu'au niveau collectif, et non individuel. Quel intérêt pour une guêpe solitaire d'avoir fait mal à un oiseau en le piquant dans son gosier, si l'agression l'a tuée ? Aucun pour l'individu. Une valeur d'exemple pour l'espèce. L'oiseau mémorisera la douleur et quand il croisera une autre guêpe de cette espèce il se méfiera avant d'attaquer.

Les taches rondes du paon du jour évoquent de gros yeux

Pour que l'apprentissage soit efficace, il faut que le jeune oiseau fasse au moins une mauvaise expérience, donc qu'au moins un individu de l'espèce soit sacrifié, que sa défense chimique ne le protège pas individuellement. Pour que l'oiseau apprenne vite, si possible dès la première expérience cuisante, il vaut mieux un aspect particulier, très différent de celui des insectes comestibles qui cherchent à se camoufler, donc une livrée aux couleurs très visibles. C'est ainsi que le jaune et le rouge, si visibles sur le fond vert ou marron de la nature, sont devenues des couleurs d'avertissement.

La punaise arlequin affiche des couleurs vives pour prévenir de son mauvais goût

L'efficacité de la défense chimique sera multipliée si l'apprentissage de l'oiseau ne se fait plus espèce par espèce, mais collectivement, c'est-à-dire si un certain nombre d'espèces venimeuses, toxiques ou ayant un mauvais goût adoptent, sinon la même apparence, au moins le même code de couleur. Certaines punaises émettant une odeur désagréable sont noires et rouges, comme certaines guêpes dont la piqûre est cuisante ou certaines chenilles dont le sang est toxique et le goût infect. Les oiseaux apprennent vite que le noir et le rouge signifient une proie peu intéressante. Les espèces arborant ce code de couleur sont collectivement protégées, le nombre d'individus sacrifiés pour cet apprentissage étant minime.

Voir aussi la question 88

91 Le venin des insectes leur sert-il à attaquer ou à se défendre ?

Le venin est un liquide toxique pour l'animal qui le reçoit. Cette toxicité ne se traduit heureusement que très rarement par la mort chez l'être humain, mais plutôt par une vive douleur, qui peut être prolongée éventuellement par des réactions allergiques plus ou moins importantes. Le venin des insectes est secrété par des glandes particulières et il est inoculé par morsure ou par piqûre.

Il existe de nombreux insectes venimeux sous nos climats, punaises, puces, moustiques, fourmis, guêpes ou abeilles, mais la plupart du temps ce venin a des effets très légers sur l'homme. Seules les guêpes et

les abeilles peuvent présenter un risque, notamment à cause des piqûres multiples des espèces sociales et des réactions allergiques que le venin peut entraîner.
Le venin des fourmis, des guêpes sociales et des abeilles leur sert à se défendre, ou plutôt à défendre la colonie. Les abeilles ont un dard denté. Lorsqu'une abeille nous pique, son dard reste fiché dans la peau. L'insecte en s'enfuyant se mutile, le dard et les glandes à venin qui y sont reliées sont arrachés de l'abdomen. Il meurt peu après. L'abeille qui pique sacrifie donc sa vie pour la collectivité. Dans ce cas, le venin est donc une arme de défense.
Les guêpes solitaires utilisent parfois leur dard et leur venin pour se défendre, sans risque de perdre la vie puisque le dard est lisse, mais elles s'en servent surtout comme une arme d'attaque, pour paralyser et immobiliser les proies qu'elles accumulent à destination de leurs larves dans les cellules de leur nid. Les larves disposent ainsi de provisions toujours fraîches.
Le venin des punaises, des puces ou des moustiques a une toute autre utilité que l'attaque ou la défense. Il sert au moment de la prise de nourriture, pour empêcher notamment le sang de coaguler. Ce sont en effet des espèces qui ne peuvent se nourrir que de liquide, et qui ont du mal à absorber un sang qui s'épaissit sous l'effet des substances coagulantes. Secondairement, ce venin crée des réactions allergiques provoquant boutons, plaques et surtout des démangeaisons si désagréables. Quand une piqûre de moustique commence à être sensible, le coupable s'est envolé depuis longtemps.

92 Les insectes peuvent-ils effectuer des migrations ?

Dans le langage scientifique, la migration est le déplacement de populations entières de certaines espèces animales entre deux zones géographiques distinctes ou deux habitats différents propres à une même espèce. Les chenilles de noctuelle du jardin, plus connues sous le nom de vers gris, qui quittent les tendres feuilles des salades au lever du jour pour s'enfoncer dans la terre puis ressortent à la tombée de la nuit, effectuent une migration. Nous voyons par cet exemple qu'une migration peut être quotidienne et s'effectuer sur une très courte distance. Dans ce sens large, de nombreux insectes sont amenés à effectuer une migration au cours de leur vie.
Dans le langage courant, le terme de migration s'applique plus restrictivement aux déplacements saisonniers sur de longues distances des oiseaux passant d'un pays à l'autre, voire d'un continent à l'autre. Leur

petite taille, leur mode de vie particulier et surtout leur faculté de passer facilement la mauvaise saison en vie ralentie ne prédisposent pas les insectes à de pareils exploits. Et pourtant, certains effectuent de véritables migrations sur de longues distances.

Par exemple, des coccinelles des plaines méditerranéennes montent en altitude dans les Alpes au début de l'été pour estiver au frais. Certains papillons très communs comme la belle-dame ou le moro-sphinx remontent chaque année depuis l'Afrique du Nord et le sud de l'Europe vers le centre et le nord de notre continent. Certains individus traversent la mer et nous arrivent très usés. Les années favorables, quand la reproduction hivernale a été bonne en Afrique du Nord, la belle-dame remonte jusqu'au cercle polaire en Scandinavie et peut même atteindre l'Islande. Mais cette remontée du sud vers le nord se fait par étape, en plusieurs générations. Et il n'y a pas de descente vers le sud à l'automne, ou tout au moins elle est peu importante.

Les criquets migrateurs portent bien leur nom. Vivant dans les zones steppiques bordant les déserts, ils se concentrent parfois en essaims innombrables quand la reproduction a été bonne suite à des pluies importantes. Ces essaims se déplacent à la recherche de nourriture et peuvent parcourir des centaines de kilomètres. Certains essaims arrivés au bord de l'océan Atlantique tentent la traversée et se perdent le plus souvent au large. Mais parfois des individus, grâce à des vents favorables, peuvent parvenir jusqu'aux Antilles, plus de 5 000 km plus loin mais là encore cette migration est sans retour !

Un insecte au moins effectue des migrations comparables à celles des oiseaux. Il s'agit du grand monarque d'Amérique du Nord. Hivernant au Mexique, il remonte à partir du printemps jusqu'au Canada, par étape et en plusieurs générations, comme la belle-dame en Europe. Par contre à l'automne, les adultes de la dernière génération se rassemblent et descendent en vols importants vers le sud. Certains de ces vols suivent la côte est des États-Unis et peuvent être entraînés vers le large par de violentes tempêtes. Des individus isolés arrivent parfois à traverser l'Atlantique poussés par ces vents, et sont régulièrement observés sur la côte ouest de l'Europe, de l'Irlande au Portugal.

Belle dame usée par son voyage

93 Pourquoi n'y a-t-il pas d'insectes en hiver ?

Les insectes, par opposition aux mammifères et aux oiseaux à sang chaud, sont dits à sang froid. Le terme n'est pas exact. Si notre corps maintient notre sang à une température constante généralement plus élevée que celle du milieu où nous vivons, les insectes ont le sang froid quand il fait froid, et chaud quand il fait chaud. La température de leur sang dépend directement de la température extérieure.

Le métabolisme d'un animal, c'est-à-dire les réactions chimiques qui entretiennent la vie, nécessite une température minimale pour être efficace. Au-dessous d'une certaine température du corps, c'est l'engourdissement, les muscles deviennent incapables de travailler et quand cette température atteint un certain seuil, très variable selon les espèces, c'est la mort. Les insectes sous nos climats commencent à avoir une activité à peu près normale à partir de 12° environ. Au-dessous, sans mourir, ils ne peuvent que se maintenir en vie ralentie. À la mauvaise saison, la température reste presque constamment inférieure à 12°. Aucune vie active n'étant possible pour eux, les insectes entrent en vie engourdie. Pour cela, ils se cachent dans le sol, dans la litière, sous les mousses et les écorces, sous les pierres et dans les fentes des rochers, etc. Bref, ils semblent avoir complètement disparu, mais dès les premiers beaux jours revenus et une température suffisamment élevée atteinte, ils ressortent brusquement en nombre.

94 Comment les insectes résistent-ils au gel ?

En hiver, la vie est ralentie et les insectes vivent sur leurs réserves de graisse pour alimenter un métabolisme réduit au strict minimum. Ils peuvent ainsi résister à des températures très basses, à condition de lever un obstacle : le risque de gel de leur sang. En effet, le danger pour eux, plus que la descente du thermomètre en dessous de 0° est l'apparition de cristaux de glace dans leur corps. Ces cristaux causent des dégâts irrémédiables entraînant la mort.

Les insectes, pour survivre aux hivers les plus froids, ont donc développé diverses stratégies, comme s'enfouir dans le sol ou se cacher sous des matériaux isolants comme la mousse ou les feuilles mortes pour atténuer les variations de température. Ce n'est pas toujours suffisant, aussi ont-ils, bien avant nous, inventé l'antigel. Leur sang se charge d'une molécule particulière, le glycogène, qui a pour effet de faire baisser le point de congélation de l'eau de plusieurs degrés. Cumulée aux autres précautions prises pour résister au froid, cette adaptation leur permet de survivre à l'hiver. Bien sûr, certains individus mal protégés meurent

de froid ou d'épuisement : ils sont plus ou moins nombreux selon l'intensité de l'hiver, mais il survit toujours assez d'individus pour multiplier l'espèce au printemps suivant.

95 Pourquoi les bourdons sont-ils poilus ?

Les mammifères à sang chaud ont des poils pour conserver la chaleur de leur corps. Ces poils emprisonnent de l'air, un excellent isolant. La fourrure fonctionne exactement comme une couche de laine de verre sur le plancher du grenier. La plupart des insectes, à sang froid, ont une peau lisse, parsemée de rares poils et soies qui sont des organes sensitifs. Les espèces pollinisatrices ont souvent des zones poilues plus ou moins importantes qui servent à retenir le pollen et à le transporter d'une fleur à l'autre. Les bourdons comptant parmi les meilleurs pollinisateurs, leurs poils servent à cette fonction. Mais ils ont aussi une autre utilité, se rapprochant, par leur fourrure, de celle des mammifères.
Certains insectes ont acquis un début de régulation de la température de leur corps, comme les sphinx et les bourdons. La chaudière est constituée par les puissants muscles du vol, qu'ils peuvent actionner en vibrant des ailes sans voler pour augmenter leur température interne. La fourrure du corps joue alors le même rôle que celle des mammifères. Elle isole le corps qui peut conserver cette température.

Bourdon des champs

Cette isolation permet aux bourdons de voler tôt le matin, ou aux sphinx de voler la nuit, par une température insuffisante pour les autres insectes. Mais ils ne gardent pas en permanence leur sang à température constante et plus élevée que dans le milieu. Ils restent des animaux à « sang froid ».

96 Pourquoi n' y a-t-il pas d'insectes dans la mer ?

L'entomologie n'est pas une activité pour les marins, ou alors seulement pendant leurs périodes de repos entre les traversées. En effet, il n'existe que quelques dizaines d'espèces seulement vivant dans la mer, le plus souvent sur les côtes dans la zone de balancement des marées ou à la surface des eaux. Un véritable désert, si l'on compare ce petit nombre, d'un côté aux très nombreux invertébrés marins, et de l'autre aux insectes terrestres encore plus nombreux. Pourquoi les insectes ont-il échoué à coloniser la mer ?

Dans l'optique de l'évolution des espèces, la question ne se pose pas dans ces termes. La vie est apparue dans les mers et elle s'y est développée durant près de 2 milliards d'années avant de partir à l'assaut des terres émergées. Les insectes sont donc issus d'ancêtres marins, et ce sont des nouveaux venus sur l'arbre généalogique de la vie comparés aux invertébrés marins.

Les systématiciens cladistes dont nous avons parlé, cherchent à faire un lien entre classification linnéenne et relations de parenté entre espèces. Ils considèrent que les crustacés sont les plus proches parents des insectes, et les regroupent dans les « pancrustacés ». Les pancrustacés dominent le monde, avec leur branche marine représentée par les crustacés d'un côté, et leur branche terrestre représentée par les insectes de l'autre.

Si les insectes n'ont pas conquis la mer, c'est simplement parce qu'ils en sont sortis pour conquérir les terres émergées. Et ils n'y sont pas retournés parce que la place est occupée par leurs cousins les crustacés, bien mieux équipés qu'eux pour la vie marine.

Voir aussi la question 15

2
2 a
2 b
1
1 a
1 b

Les insectes en société

97 Qu'est-ce qu'une société chez les insectes ?

Commençons par nous entendre sur la signification du mot « société ». Le Petit Larousse (2004) le définit comme le « mode de vie propre à l'homme et à certains animaux, caractérisé par une association organisée d'individus en vue de l'intérêt général ». Il y a donc la notion de rassemblement, d'organisation et d'intérêt général. Comment cela se traduit-il chez les insectes ?

Prenons le cas de la ruche, la société des abeilles domestiques. Le rassemblement est évident, puisque une colonie en bonne santé compte plusieurs milliers à plusieurs dizaines de milliers d'individus selon la période de l'année. L'organisation est plus difficile à cerner, mais se détecte facilement avec un peu d'observation. La répartition des taches saute alors aux yeux, avec la reine qui se consacre à la ponte, les jeunes ouvrières qui entretiennent la ruche et s'occupent des larves, les individus plus âgés qui gardent la ruche et les vieilles ouvrières qui finissent leur vie par le dur labeur du butinage pour amasser des provisions. Enfin, la notion d'intérêt général prend tout son sens lorsqu'on sait que les ouvrières sont des femelles qui ne se reproduiront pas, sacrifiant leur vie à la collectivité, et que certaines, pour défendre la colonie,

Un regroupement de gendarmes

peuvent piquer des agresseurs et mourir, mutilées par le dard qui reste fiché dans l'adversaire et qui arrache une partie de l'abdomen. Par contre, un rassemblement de gendarmes, ces punaises noires et rouges qui prennent le soleil en nombre au pied des tilleuls, ou bien une colonie de chenilles processionnaires du pin partageant l'abri de la même bourse de soie, ne sont pas des sociétés. Chacun vit pour soi, aucune coordination du travail ni aucune trace d'un quelconque intérêt général qui justifierait le sacrifice d'un individu pour la collectivité.

98 Quels sont les insectes qui vivent en société ?

Les insectes vivant en société sont peu nombreux en termes d'espèces et sont répartis dans quatre groupes appartenant à deux ordres seulement. Les termites constituent à eux seuls l'ordre des Isoptères. Ce sont des insectes à métamorphose incomplète, plutôt primitifs, vivant essentiellement dans les régions chaudes du globe. Ils mangent du bois ou de la matière végétale morte. Ils sont remarquables par les constructions géantes de certaines espèces vivant dans les zones sèches d'Afrique ou d'Australie, les plus grandes constructions animales en dehors de celles de l'homme. Une particularité les distingue des autres insectes sociaux :

la colonie abrite un couple de reproducteurs, le roi et la reine, et non uniquement une reine, qui s'accouplent régulièrement tout au long de leur vie.

Les autres groupes d'insectes sociaux appartiennent tous à l'ordre des Hyménoptères. Ce sont des insectes à métamorphose complète. Les mâles s'accouplent avec les jeunes reines puis meurent. Les reines ont accumulé du sperme pour leur vie entière et ne s'accouplent que dans leur jeunesse.

Les guêpes constituent des sociétés assez primitives, annuelles sous nos climats et pérennes sous les tropiques, logeant dans des nids de carton ou de terre. Elles chassent des proies animales, d'autres insectes essentiellement, pour nourrir leurs larves et butinent les fleurs à l'âge adulte.

Les abeilles sociales se divisent en bourdons vivant en petites colonies annuelles et en mélipones et abeilles vraies vivant en colonies permanentes. Elle construisent des nids dans des endroits divers, et utilisent la cire, une sécrétion de glandes abdominales, pour construire des cellules parfois rassemblées en gâteaux. Les abeilles consomment du pollen et du nectar à l'état de larve comme à l'âge adulte.

S'il existe des guêpes et des abeilles solitaires, toutes les espèces de fourmis, comme les termites, vivent en société. Elles logent dans la terre, dans les végétaux, dans des nids de carton ou de terre. Leur régime alimentaire est très varié, végétarien, omnivore ou carnivore. Les fourmis sont remarquables par le degré de complexité de leur société, et par des comportements que l'on ne retrouve que chez certains animaux supérieurs et l'homme : utilisation des larves comme outils par les fourmis tisserandes pour fixer les feuilles constituant le nid entre elles, élevage de pucerons comme du bétail pour recueillir le miellat sucré qu'ils exsudent, culture de champignons sur des meules de matières végétales en décomposition.

Voir aussi les questions 113, 114 et 115

Nid de guêpes germaniques

99 La société est-elle vraiment plus efficace que la vie solitaire ?

Il existe des insectes solitaires et des insectes sociaux. La vie sociale n'est donc pas plus efficace dans l'absolu que la vie solitaire, tout comme la vie solitaire n'est pas plus efficace dans l'absolu que la vie sociale. Disons que dans certains cas, la vie solitaire permet de mieux exploiter le milieu, alors que dans d'autres cas la vie sociale est plus efficace.

La question est donc mal posée. Par contre, il est légitime de se demander quels sont les points forts de la vie sociale. Comme dans les sociétés humaines, le nombre, la division du travail, l'organisation et la coordination des taches permettent de maximiser le rendement des efforts de chacun. Les insectes sociaux arrivent ainsi à contrôler en partie leur environnement, à le modifier à leur profit.

Par exemple, les termites climatisent la termitière surchauffée en remontant l'humidité du sous-sol. Les abeilles contrôlent la température de la ruche en la ventilant en été, en faisant vibrer leurs ailes pour produire de la chaleur en hiver. Ces performances sont hors de portée des espèces solitaires.

Mais en contrepartie, la société rassemblant de nombreux individus nécessite un approvisionnement régulier et important. Les ressources du milieu environnant doivent être suffisantes et disponibles en permanence. Les espèces solitaires se satisfont de ressources plus rares, plus dispersées ou plus épisodiques.

100 Quelle différence entre vie de famille et société ?

Une société d'insectes est avant tout une grande famille. Chez les termites, la femelle et le mâle fondateurs sont les parents de tous les ouvriers stériles. Chez les Hyménoptères, la femelle fondatrice, appelée reine, est la mère de toutes les ouvrières stériles qui sont sœurs.

Mais toute famille n'est pas une société.

S'il n'y a pas d'organisation, donc par exemple de division du travail ou au moins de répartition des tâches, s'il n'y a pas de défense de l'intérêt général, donc par exemple le sacrifice de certains individus au bénéfice de la collectivité, la famille n'est qu'une collection d'individualités.

Ce n'est pas une société, pas plus que les chenilles de processionnaire du pin dans leur bourse de soie, toutes sœurs mais vivant chacune pour soi.

101 Comment est-on passé de la famille à la société ?

Si les fossiles permettent de suivre à peu près au fil du temps l'évolution morphologique des êtres vivants et de déduire des parentés à partir de détails anatomiques, il est presque impossible de connaître l'évolution des comportements qui laissent très peu de traces fossiles. Pour essayer de reconstituer l'évolution de l'apparition, puis du développement des sociétés, les scientifiques comparent les espèces actuelles, en relevant le

Halicte gardant son terrier

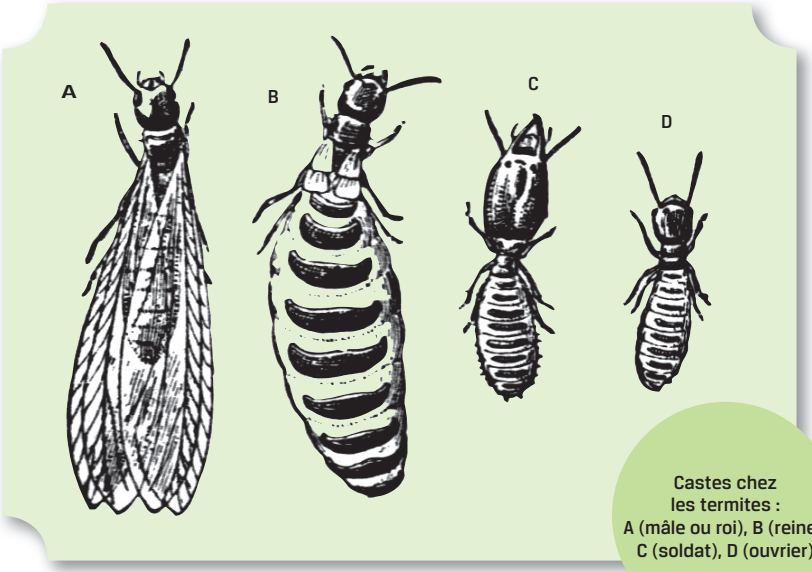
degré de complexité du comportement étudié, pour essayer de les classer en une série qui reflèterait le plus fidèlement possible l'évolution de ce comportement au cours du temps.

Parmi les abeilles considérées comme solitaires, le groupe des halictes comprend certaines espèces présentant un comportement qualifié de « subsocial », c'est-à-dire presque social. Au printemps, une femelle fécondée qui a hiverné creuse un terrier terminé par quelques cellules dans lesquelles elle accumule des réserves et pond ses œufs. Puis elle ferme ses cellules. Chez une espèce solitaire, elle mourrait sans attendre la nouvelle génération. Au contraire, elle s'enferme dans le nid et attend l'émergence de ses filles. Elles sont bien plus petites que leur mère et s'occupent immédiatement d'agrandir le nid, d'y rapporter des provisions, de soigner les larves issues de nouveaux œufs pondus par leur mère. Une nouvelle génération, mâles et femelles de taille normale, naît en été. Les femelles fécondées hivernent et créeront les nouvelles colonies l'année suivante.

Cette quasi-colonie connaît la division du travail à la première génération avec la mère qui pond, les filles dont certaines s'occupent du nid, butinent ou gardent l'entrée. Elle connaît le sacrifice pour l'intérêt général puisque les sœurs aînées ne se reproduisent pas mais se consacrent à l'élevage de leurs frères et sœurs cadets. Mais la vie solitaire est encore sensible, avec l'élevage de la première génération conformément aux mœurs des autres halictes solitaires.

102 Qu'est-ce qu'une caste ?

Si vous observez un nid de guêpes, tous les individus se ressemblent et vous avez du mal à savoir qui fait quoi. Il faut marquer les individus pour reconnaître facilement la reine qui pond, les ouvrières qui se consacrent à la construction des cellules en papier, celles qui élèvent le couvain, celles qui partent chasser la nourriture des larves, les mâles et les futures reines, etc. Il y a une incontestable division du travail, mais elle est purement comportementale. Elle ne se traduit pas de manière immédiatement visible dans la morphologie ou l'anatomie.
Si vous observez une ruche, vous pouvez avec un peu d'habitude identifier la reine plus grosse que les ouvrières, les mâles aux gros yeux et sans outillage de récolte du pollen sur les pattes, dans la masse des ouvrières. Les fonctions reproductives se traduisent visiblement dans l'anatomie des individus.



Castes chez les termites : A (mâle ou roi), B (reine), C (soldat), D (ouvrier)

Si vous observez une colonie de termites, impossible de ne pas remarquer l'énorme reine à l'abdomen distendu, le mâle à côté d'elle, les petits ouvriers chargés du travail quotidien dans la termitière, les soldats à l'avant du corps surdimensionné chargés de la protection de la colonie. La division du travail se traduit par des différences anatomiques y compris parmi les individus non reproducteurs. La plupart des fourmis connaissent également cette différenciation parmi les ouvrières, parfois très complexe avec des soldats, des grandes ouvrières (major) et des petites ouvrières (minor).
Chacune de ces formes corporelles différentes, correspondant à une fonction précise dans la société, représente une caste. Toute société en comprend au moins trois : femelle reproductrice, mâle et individus stériles. Dans les sociétés les plus complexes, les individus stériles sont eux-mêmes divisés en castes particulières selon la fonction qu'ils occupent dans le groupe.

103 Pourquoi certaines sociétés d'insectes sont-elles annuelles et non permanentes ?

Nous avons vu que sous nos climats, la baisse de température durant plusieurs mois empêche la vie normale des insectes qui ne contrôlent que très mal leur température interne. D'autre part, les ressources alimentaires, notamment végétales, diminuent considérablement : presque plus de feuillage disponible, plus de fleurs.
Dans une société, seules les femelles sont le gage de la pérennité de l'espèce. En effet, elles peuvent accumuler le sperme nécessaire à la fécondation des œufs qu'elles pondront durant leur vie. La survie des mâles n'est pas nécessaire après l'accouplement. Les individus stériles ont pour fonction de s'occuper de la construction du nid, de l'élevage des larves et de l'approvisionnement de la société, tâches rendues très difficiles par l'arrivée de l'hiver. Ils deviennent donc quasiment superflus. Les insectes aux sociétés les moins complexes, comme les guêpes ou les bourdons, passent donc ce cap difficile de l'hiver en sacrifiant les mâles, les vieilles reines et les ouvrières qui meurent à l'automne. Seules hivernent, en vie ralentie, les jeunes reines fécondées, comme n'importe quel insecte solitaire. Chacune recréera une société au printemps suivant. Mais cette phase de création de la société par un seul individu est un moment critique, celui-ci devant s'épuiser à effectuer seul toutes les tâches.
Les sociétés plus évoluées, fourmis ou abeilles, sont permanentes. Elles évitent ainsi cette phase critique du printemps. Par contre, elles ont dû développer un comportement d'accumulation d'importantes réserves

de nourriture, permettant aux ouvrières de survivre aux hivers les plus froids et les plus longs. Nous parasitons ce comportement d'accumulation chez l'abeille domestique, en lui prélevant une partie du miel qu'elle met en réserve pour l'hiver.

104 Pourquoi l'échange de nourriture est-il si important chez les insectes sociaux ?

Chez les insectes solitaires, chacun se procure sa propre nourriture. Chez les insectes sociaux, la division du travail implique qu'une partie des individus se consacre à des tâches confinées au nid. La vie de la société s'organise donc autour de la circulation de la nourriture depuis les individus chargés de la trouver à l'extérieur jusqu'aux individus restant toujours au nid, au premier rang desquels figure la reine. Chez les termites et les fourmis, certains soldats ont acquis des mandibules surdimensionnées comme armes, et sont incapables de se nourrir seuls. Sans l'aide des ouvriers, ils meurent de faim.

L'échange de nourriture est donc essentiel à la survie des individus. Il se fait souvent à partir de nourriture stockée dans le jabot des individus nourriciers, c'est-à-dire dans la première partie du tube digestif. La nourriture prédigérée est régurgitée à la demande des individus ayant besoin de se nourrir.

Abeilles visitant des fleurs de colza

Les entomologistes ont longtemps été intrigués par la cohésion des sociétés sans qu'aucune coordination soit apparente. Sur un chantier humain, les ouvriers vont dans tous les sens comme les fourmis. Chacun réalise une tâche précise, comme les fourmis. Mais ils obéissent à un chef de chantier, alors que les fourmis semblent n'obéir à personne. L'explication est venue au XX^e siècle avec la compréhension de la communication chimique chez les insectes. L'échange de nourriture permet, avec d'autres méthodes abordées à la question 105, la diffusion de molécules chimiques d'un individu à l'autre. Ces molécules transmettant une information sont appelées phéromones.

Cette communication chimique est extraordinairement complexe et encore mal connue. Mais un exemple simple permet de comprendre son fonctionnement. La reine émet des molécules chimiques particulières qu'elle diffuse à ses soignantes en se faisant nourrir et toiletter ; ces dernières, par le jeu d'échange de nourriture, les répandent dans toute la colonie. Ces molécules ont, entre autres rôles, celui de bloquer la ponte des ouvrières, de les maintenir stériles. Si la reine meurt, en quelques jours, par suite de l'arrêt de diffusion des phéromones en question, apparaissent des ouvrières capables de pondre. Mais comme elles ne sont pas fécondées, ces œufs ne donneront que des mâles.

Voir aussi la question 105

105 Comment les insectes sociaux communiquent-ils entre eux ?

La communication par les phéromones est à la base de la communication chez les insectes. Mais celles qui transitent par la nourriture sont une minorité, car la diffusion est lente. La plupart sont émises dans l'air et parviennent ainsi très rapidement à une grande partie des individus. On peut parfois observer à l'entrée des ruches, des abeilles à l'abdomen curieusement relevé, faisant ressortir un petit organe blanchâtre et vibrant des ailes. Les apiculteurs disent qu'elles battent le rappel. Elles émettent dans l'air une phéromone, produite par la glande dite de Nassonoff, et elles battent des ailes pour la diffuser le plus largement possible aux alentours. Toute ouvrière de la colonie qui la détectera réagira en retournant au nid. Les fourmis communiquent également par les odeurs. Elles ont si mauvaise vue que les individus se reconnaissent entre eux à l'odeur, en se tapotant avec leurs antennes. Q'une intruse se présente à l'entrée d'une fourmilière, son odeur la trahit aussitôt et elle est au mieux chassée, le plus souvent tuée par les gardiennes.

Il existe chez les insectes sociaux une phéromone dite d'alarme, qui excite les individus et les pousse à attaquer un intrus qui voudrait s'introduire

dans la colonie. Un imprudent qui pose malencontreusement la main sur une fourmilière, ou qui s'approche trop près d'une ruche ou d'un nid de guêpe, peut être victime d'une attaque coordonnée des insectes dérangés et subir de nombreuses piqûres ou morsures. La phéromone d'alarme excite tout le monde. Le seul salut est alors la fuite le plus loin possible. Les abeilles domestiques ont acquis un langage de communication supplémentaire et très particulier, décrypté par Karl von Frisch. Pour transmettre l'information concernant la direction et la distance par rapport à la ruche d'une ressource intéressante en nectar et en pollen, une butineuse exploratrice effectue sur un rayon une danse décrivant un 8. L'angle que fait l'axe de ce 8 par rapport à la verticale correspond à l'angle de la direction de la zone fleurie avec le soleil. La vitesse de la danse donne une estimation de la distance. Plus la danse est rapide, plus la distance est grande.

Abeilles battant le rappel

106 Qu'est-ce que la théorie du superorganisme ?

Une fourmi isolée de sa fourmilière, une abeille incapable de retrouver sa ruche qui a été déplacée, dépérissent et meurent rapidement. Il semble que l'intégration quotidienne au groupe soit indispensable à leur survie. L'échange de nourriture en particulier, et la circulation des phéromones qu'il entraîne, semblent une condition indispensable à leur vie.
Certains entomologistes en ont conclu que la colonie se comporte comme un organisme, dont chaque individu est une cellule et dont un groupe d'individus dans le cadre de la division du travail est un organe. Par exemple, la reine des abeilles représente l'organe de reproduction, les butineuses l'organe de nourrissage, les gardiennes l'organe de défense, les cirières l'organe de production de cire, etc.

Ils ont créé le terme de « superorganisme » pour qualifier ce type original d'organisation supra-individuelle, justifiant ce concept par le fait qu'un superorganisme est capable de performance hors de portée des individus qui le composent. Par exemple, les abeilles maintiennent au cœur de la ruche une température de 31 à 32 °, idéale pour le développement des larves et le bon fonctionnement de leur organisme, quand bien même il fait –5 ° en hiver ou 40 ° en été. Animaux à sang froid individuellement, les abeilles en groupe deviennent capables de contrôler leur température simplement en faisant vibrer leur ailes, pour produire de la chaleur ou pour ventiler.
Ce superorganisme n'a pas de cerveau central, mais un système nerveux en réseau, une sorte d'Internet entomologique où le minuscule cerveau de chaque individu correspond à un ordinateur individuel, les performances du tout dépendant du nombre de connexions et non de la puissance de chaque unité connectée.
La société d'insectes apparaît pour certains comme une nouvelle étape dans l'organisation du vivant. Après la fusion des cellules simples qui a donné les cellules à noyau, après le rassemblement des cellules isolées qui a donné les animaux et les végétaux supérieurs, viendrait le rassemblement d'organismes multicellulaires en superorganismes.

107 Les espèces d'insectes sociaux sont-elles nombreuses ?

Les espèces sociales d'insectes ne sont qu'une infime minorité comparées à l'ensemble du groupe. On estime entre 800 000 et 1 200 000 les espèces d'insectes connues, pour 10 000 espèces de fourmis, 2 000 espèces de termites, quelques centaines d'espèces de guêpes et d'abeilles sociales, soit entre 1 et 2 % du total des insectes.
Pourquoi un chiffre si faible, puisque la société est un avantage indéniable pour mieux exploiter un milieu ? Parce qu'elle demande pour se maintenir de pouvoir disposer de ressources importantes. Nous avons vu que la miniaturisation des insectes leur avait permis d'exploiter des micromilieux très divers. C'est pourquoi les espèces solitaires dominent si largement par le nombre.
Si le problème est posé en terme de biomasse, c'est-à-dire quel pourcentage de la masse totale des espèces animales vivant à la surface du sol ou dans la végétation représentent les insectes sociaux, ces derniers remportent la palme haut la main. Des scientifiques allemands ont calculé que dans la forêt vierge brésilienne de la région de Manaus, les insectes sociaux (fourmis, polybies – guêpes sociales – mélipones – abeilles sociales – et termites) représentent 80 % de la biomasse des

insectes, et 30 % de la biomasse de tous les animaux, oiseaux et mammifères compris. En revanche, nous avons vu que la biomasse des animaux du sol se compose principalement de vers de terre.

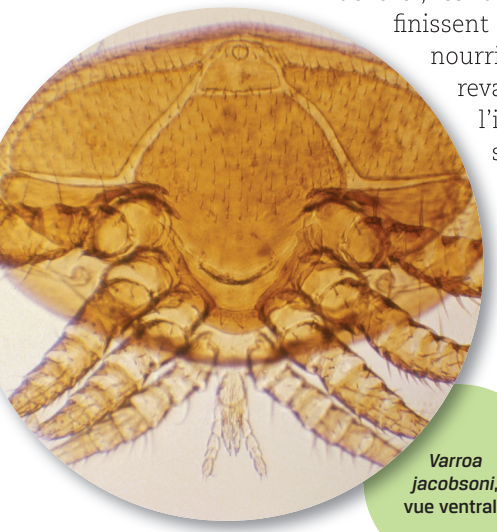
Voir aussi la question 82

108 La vie en société est-elle une protection sans défaut ?

Comme toujours, dès qu'une ressource abondante apparaît, des espèces se spécialisent dans son exploitation et les insectes sociaux représentent une ressource très abondante. Malgré leur organisation remarquable, leur faculté de coordonner leur défense, ils sont victimes de parasites et de prédateurs plus ou moins spécialisés et aux techniques plus ou moins sophistiquées.

Les plus frustres recourent à la force brute. Le tamanoir d'Amérique du Sud fouille les fourmilières de sa longue langue collante capturant des centaines de fourmis à la fois. La bondrée apivore d'Europe, un oiseau rapace, se gorge des cellules larvaires des guêpes et des abeilles, indifférentes aux piqûres qui ne peuvent percer sa protection de plumes. L'oryctérope d'Afrique, un mammifère ressemblant à un gros cochon, éventre les termitières les plus solides avec ses puissantes griffes.

D'autres espèces préfèrent vivre aux crochets des insectes sociaux en retournant leurs propres armes contre eux. Par exemple, les chenilles âgées de certains papillons européens de la famille des Lycènes produisent un liquide sucré dont les fourmis raffolent. Celles-ci, au lieu de les dévorer, les ramènent dans la fourmilière, où elles finissent leur développement bien à l'abri, se nourrissant du couvain des fourmis. En revanche, le papillon ne bénéficie plus de l'immunité de la chenille et de la chrysalide. Aussitôt éclos, il doit sortir le plus rapidement possible de la fourmilière, sous peine d'être dévoré. Il existe de nombreux autres exemples de parasitisme de ce type chez tous les insectes sociaux. Par exemple, les abeilles domestiques sont victimes d'un petit acarien, le varroa. Il vit sur le corps des larves et des nymphes, pompant un peu d'hémolymphe. Ces prélèvements provoquent



***Varroa jacobsoni*, vue ventrale**

des déformations sur les ouvrières devenues adultes qui, éclopées, sont incapables d'assurer certaines tâches. La colonie s'affaiblit, souvent jusqu'à disparaître.

109 Existe-t-il réellement des fourmis esclaves ?

Si l'on entend « esclave » au sens antique du terme, comme un individu acheté en vue de profiter de son travail gratuit, il n'existe pas de fourmis esclaves. Les insectes sociaux ont inventé beaucoup de choses bien avant les hommes, mais pas le commerce. Si l'on entend esclave au sens général d'individu travaillant pour un autre sans aucune compensation en retour, il existe effectivement des fourmis esclaves, et d'autres qui sont esclavagistes.

Les fourmilières esclavagistes sont composées d'une reine et d'ouvrières toutes spécialisées dans la fonction de soldat. Elles sont incapables d'élever leurs larves, d'entretenir le nid et même de se nourrir seules. Elles organisent des raids sur les fourmilières d'autres espèces, capturent des cocons d'ouvrières et les rapportent dans leur fourmilière. Ces ouvrières une fois écloses accomplissent les tâches pour lesquelles elles sont programmées, au profit de leurs ravisseuses et non de leur colonie. Le terme « esclave » est très anthropomorphique. Il est très imagé, mais inapproprié pour décrire les rapports entre fourmis ravisseuses et fourmis capturées. En fait, il s'agit simplement de parasitisme. Les fourmis esclavagistes parasitent le nid des fourmis attaquées en prélevant des ouvrières prêtes à éclore et en accaparant leur travail.

Fourmis échangeant de la nourriture

110 Les fourmis se font-elles la guerre ?

De nombreux documentaires animaliers montrent des images impressionnantes de raids de fourmis esclavagistes contre la colonie qui fournira la main-d'œuvre dont elles ont besoin pour survivre, ou de fourmis carnivores contre des termitières qui mobilisent des colonnes de soldats pour tenter de bloquer l'agression et de protéger la fourmilière. Bien que le commentaire adopte souvent un langage guerrier, il s'agit simplement de parasitisme ou de prédation, comportements très largement répandus dans le monde animal, puisque l'affrontement oppose deux espèces différentes. Pour parler de guerre au sens humain du terme, il faut que s'affrontent deux colonies de la même espèce. Ce comportement existe chez certaines espèces de fourmis. Il a notamment été observé en détail chez les fourmis à miel d'Arizona. Chaque colonie contrôle un territoire, avec des frontières précises la séparant des colonies voisines. Des affrontements peuvent avoir lieu à la frontière. Quand les forces s'équilibrent, celle-ci reste fixe. Si une colonie est plus faible, la frontière recule dans son territoire. Si elle est vraiment très affaiblie, le front cède et la colonie dominante va lancer des raids contre la fourmilière voisine, pouvant aboutir à son pillage et à sa destruction totale.

Mais les entomologistes ont montré que ces affrontements étaient rares. Le plus souvent, les fourmis présentes à la frontière préfèrent tenter d'impressionner l'adversaire, de le refouler sans affrontement mortel. Les fourmis rivales se font face, tentent de s'intimider, de se donner des coups de pattes, mais ne mordent pas et n'utilisent pas leur venin. Après quelques minutes, l'un des deux adversaires cède et recule. Cela ressemble à la politique étrangère humaine, avec des joutes diplomatiques destinées à tester l'adversaire sans engager vraiment l'épreuve de force. Et comme dans les sociétés humaines, le processus dérape parfois pour conduire à de véritables guerres.

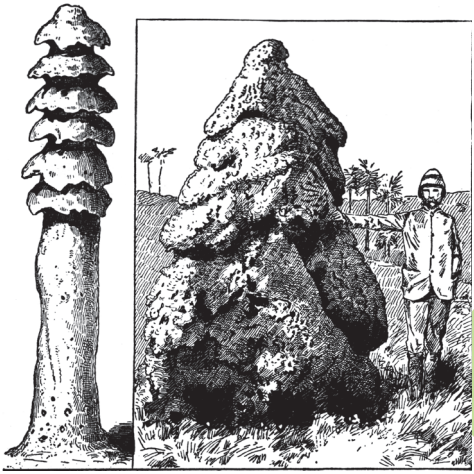
111 Les fourmis légionnaires sont-elles vraiment capables de dévorer de grands fauves ?

Les fourmis légionnaires vivent dans les forêts d'Afrique et d'Amérique du Sud. Ce sont des colonies errantes, se déplaçant sans cesse en colonne gigantesque dont la tête s'ouvre en éventail pour constituer un front de progression plus ou moins large. Les soldats sont impressionnants, avec de grandes et puissantes mandibules. Leur morsure est très douloureuse, et ils sont capables d'arracher de petits lambeaux de chair. Durant leur déplacement, les fourmis légionnaires dévorent tout ce qui tombe à leur merci. Il s'agit essentiellement d'invertébrés et de petits

vertébrés incapables de fuir pour une raison quelconque, oisillons au nid ou individu blessé, par exemple. Comme ces colonnes avancent tout droit sans se préoccuper des obstacles, elles peuvent traverser des campements ou des villages humains.
Nous avons des témoignages du XIXe siècle et du début du XXe rapportés par des chasseurs alimentant les zoos en animaux. Ils ont raconté que leur campement avait été envahi par les fourmis. De malheureux animaux, y compris des fauves, ont été dévorés vivants dans leur cage ou au bout de leur chaîne parce qu'ils étaient incapables de s'enfuir. Mais dans la nature, un fauve ou un vertébré pouvant se déplacer normalement évite sans problème une colonne de fourmis légionnaires en marche.
Malgré le danger des fourmis légionnaires, les Africains apprécient leur passage dans les villages, s'il ne se produit pas trop fréquemment. Il faut mettre en effet à l'abri les provisions et s'éloigner, bébés, malades et vieillards alités compris. Mais les fourmis font un ménage soigné, dévorant les blattes, les punaises, les puces et autres commensaux s'incrustant dans les cases, et même les rats. Un témoin raconte que, enfermé dans son lit clos par une moustiquaire et aux pieds posés dans des cuvettes de pétrole, il entendait les os des rats réfugiés dans le plafond de la case tomber les uns après les autres au sol, les fourmis leur arrachant la moindre parcelle de chair.

112 Les termites ont-ils inventé la climatisation ?

Les termitières de la savane africaine ou du désert australien sont de gigantesques tours de terre durcie hautes de plusieurs mètres. Une photo classique de carte postale montre la termitière avec à son pied un



Termitières africaines

homme donnant l'échelle. Ces constructions, abritant des millions d'individus, sont exposées au rayonnement intense du soleil, et pourtant leur température intérieure reste à peu près constante. Comment les termites réussissent-ils ce tour de force, puisque les termitières, pour des raisons de protection, n'ont aucune ouverture vers l'extérieur qui permettrait de les ventiler, solution adoptée par les guêpes et les abeilles pour éviter tout coup de chauffe ?

Les entomologistes qui ont entrepris d'étudier la structure interne des termitières se sont aperçus que des tunnels s'enfonçaient profondément sous terre. Certains ont été suivis jusqu'à 20 m de profondeur sans en atteindre le fond. Les spécialistes estiment que ces tunnels permettent aux termites d'aller puiser l'humidité du sous-sol.

L'eau, en s'évaporant, prend de l'énergie à l'air environnant et a donc un effet réfrigérant. Vous pouvez vous en apercevoir en été en vous mouillant le visage et en vous mettant dans un courant d'air : la sensation de fraîcheur est immédiate. Les termites climatisent donc leur nid en puisant l'eau du sous-sol pour qu'elle s'évapore en surface et diminue la température intérieure si elle s'élève trop au cours de la journée.

113 Les fourmis ont-elles inventé l'outil ?

Entendons-nous d'abord sur la définition d'un outil. Quand le premier homme a pris une pierre pointue pour tuer une proie, il a inventé l'outil. En d'autres termes, l'outil est un objet (la pierre) utilisé pour une opération déterminée (tuer une proie). Très peu d'animaux sont reconnus comme utilisant des outils. Les singes bien sûr, avec la branche pour décrocher un objet ou la paille pour capturer les termites, le pinson des Galapagos qui déloge ses proies à l'aide d'une épine, la guêpe solitaire qui tasse la terre bouchant son terrier avec une petite pierre.

Les fourmis tisserandes d'Asie et d'Afrique font partie de ce club très fermé. Elles aménagent leur nid dans les arbres et les arbustes, agglomérant des feuilles entre elles pour le protéger. Ces feuilles sont maintenues en place par de nombreux fils de soie collante, d'où le nom de tisserandes donné à ces fourmis. Mais les fourmis adultes sont incapables de produire de la soie. Seules les larves âgées disposent de glandes séricigènes, pour filer le cocon qui protégera la nymphe.

Quand les fourmis doivent fixer deux feuilles entre elles, plusieurs individus forment une chaîne reliant le bord de chaque feuille, puis tirent pour les rapprocher. Quand les deux feuilles sont correctement positionnées, elles les maintiennent fermement en place pendant que d'autres ouvrières prennent des larves âgées entre leurs mandibules, les excitent pour qu'elles produisent de la soie, et posent rapidement la larve sur le

bord d'une feuille puis de l'autre, tout en avançant. Un fil de soie recouvre peu à peu la suture entre les deux feuilles, les maintenant solidement accolées. L'outil est donc la larve âgée utilisée pour fixer entre elles les feuilles protégeant le nid.

114 Les fourmis ont-elles inventé l'agriculture ?

L'homme a inventé l'agriculture quand il a cessé de prélever les végétaux sauvages dans le milieu naturel pour transformer ce milieu afin de favoriser l'extension et la croissance des plantes qu'il consommait. La plupart des fourmis végétariennes se contentent de prélever leur nourriture dans le milieu naturel et ne connaissent pas l'agriculture. Même les fameuses fourmis moissonneuses, dont le nom pourrait prêter à confusion, se contentent de prélever et de stocker dans leur fourmilière les graines de graminées sauvages. Les fourmis champignonnistes d'Amérique du Sud, appartenant au genre *Atta*, ont franchi une étape supplémentaire dans l'exploitation du milieu. Les ouvrières major, protégées par des soldats, partent en expédition pour rapporter au nid des fragments de feuilles prélevés dans les environs. Des ouvrières minor qui restent au nid triturent ces fragments et les transforment en petites meules entrant en fermentation et stockées dans des chambres souterraines. Puis elles les ensemencent avec des spores d'un champignon particulier, et viennent tondre régulièrement les fructifications de ce champignon qui constituent la base de la nourriture de la colonie.
Les fourmis champignonnistes méritent le qualificatif d'agricultrices, puisqu'elles créent de toute pièce le milieu sur lequel le champignon se développe, et qu'elles l'installent dans la colonie elle-même. Elles sont devenues si dépendantes de cette culture qu'une jeune reine fécondée qui part du nid pour fonder une nouvelle colonie emporte avec elle un fragment de mycélium du champignon, qui lui servira à ensemencer la première meule qu'elle établira. Si cette semence se perd pour une raison ou une autre, l'embryon de nouvelle colonie périclite et disparaît.

115 Les fourmis ont-elles inventé l'élevage ?

L'homme élève des animaux à partir du moment où il les entretient en se chargeant de leur procurer nourriture, abri et protection. Toutes les autres pratiques relèvent de la chasse ou de la pêche, c'est-à-dire de la prédation. Si les exemples de fourmis prédatrices ne manquent pas, nous en avons vu un bel exemple avec les fourmis légionnaires, certaines espèces méritent le qualificatif d'éleveuses. Certaines fourmis raffolent du sucre. Les pucerons, se nourrissant de la sève des plantes, rejettent après une

digestion partielle, un liquide encore très sucré appelé miellat. Les fourmis trouvent rapidement les colonies de pucerons rejetant du miellat et viennent le prélever pour s'en nourrir. Elles savent même provoquer l'émission d'une goutte de miellat en tapotant le dos des pucerons avec leurs antennes. Ce comportement peut s'assimiler à une traite, mais il n'est pas suffisant pour le caractériser d'élevage. Passons en revue les trois conditions nécessaires.

Fourmis soignant des pucerons

Les fourmis nourrissent les pucerons, car elles les transportent d'un rameau à l'autre, d'une plante à l'autre pour qu'ils puissent se reproduire librement sans être limités par l'épuisement de la ressource alimentaire. Elles les abritent, en construisant parfois sur les tiges des végétaux envahis de pucerons, des voûtes de terre les protégeant des agressions extérieures. Certaines espèces creusent dans la terre des cavités au niveau des racines des plantes et viennent y déposer des pucerons des racines, créant ainsi de véritables étables souterraines. Enfin, les fourmis protègent leur bétail en expulsant impitoyablement tous les prédateurs des pucerons, larves de syrphes, de coccinelles, de chrysopes et en repoussant les adultes qui viendraient pondre.

Il est donc juste de dire que les fourmis élèvent les pucerons, et qu'elles ont inventé l'élevage bien avant l'homme.

116 Comment les abeilles peuvent-elles construire des rayons géométriques sans instruments de mesure ?

Si une performance des insectes sociaux étonne et parfois émerveille les néophytes, c'est bien celle de l'abeille qui construit dans l'obscurité de la ruche des cellules hexagonales parfaites. Quel est le compas de précision qui leur permet d'obtenir ce résultat proche de la perfection ? Aucun, car les abeilles comme les guêpes ne construisent pas de cellules hexagonales. Elles construisent des cellules rondes. Le fait est facile à vérifier quand on a la patience d'attendre la construction d'un nouveau rayon, ou quand on a la chance de tomber au bon moment. Cette première cellule est ronde. L'abeille continue ensuite sa construction avec un seul impératif : perdre le moins de place possible. Elle accole donc

Emmagasinage du miel dans un rayon de cire

une seconde cellule à la première, et ainsi de suite. Quand une dizaine de cellules sont construites, celles du centre sont devenues hexagonales, celles de la périphérie restent en partie rondes. Qu'est-ce qui explique ce miracle qui n'en est pas un ? Si vous mettez des verres ronds les uns à côté des autres, vous voyez qu'ils ne se touchent qu'en un point et qu'entre chaque verre un petit espace est perdu. Si vous accolez des verres carrés, aucun espace n'est perdu. En revanche, les angles créent des coins fermés, place aussi perdue pour une larve à peu près cylindrique. L'hexagone combine les avantages des deux figures, autorisant l'occupation la plus rationnelle de l'espace. C'est également la forme que prennent des cylindres comprimés de tous côtés les uns contre les autres. Faites l'expérience en serrant dans votre main un paquet de cigarettes : de rondes, elles deviennent hexagonales.

117 Combien faut-il de voyages aux abeilles pour fabriquer un kilo de miel ?

Le miel est fabriqué à partir du nectar des fleurs, prédigéré par les butineuses. Il est régurgité dans les cellules des rayons de stockage où il sera ventilé par les ouvrières afin que son taux d'humidité diminue et que son taux de sucre augmente. Arrivé à ce point idéal, le nectar est devenu

du miel, pouvant se conserver plusieurs années. La cellule est fermée par un opercule de cire et ne sera ouverte que lorsqu'il sera nécessaire de puiser dans les réserves.
Une abeille butineuse ne ramène que quelques centigrammes de nectar à chaque voyage. Compte tenu de l'évaporation qui intervient en cours de fabrication et du nectar consommé pour se nourrir, les entomologistes ont calculé qu'il lui fallait faire environ 75 voyages pour produire un gramme de miel. Comme une abeille fait environ 400 sorties de butinage au cours de sa carrière, elle produit un peu plus de 5 g de miel.
Il faut donc 75 000 voyages aux abeilles pour fabriquer un kilo de miel, ce qui représente le travail exclusif d'environ 190 butineuses.

118 Est-il vrai, comme l'a dit Einstein, que l'homme n'aurait que quelques années à vivre si les abeilles disparaissaient ?

D'une part, Albert Einstein était physicien théoricien, et non entomologiste, il n'avait donc aucune compétence particulière pour parler des abeilles. D'autre part, les recherches menées par certains curieux dans ses œuvres, aujourd'hui numérisées, ne donnent aucun résultat. Il semble donc que cette citation soit apocryphe.
Si son attribution à Einstein est erronée, la phrase n'est pas forcément fausse. Elle sous-entend que la disparition des abeilles rendrait la vie sur Terre impossible pour l'homme, qui ne tarderait pas à les suivre dans le néant. Sans le dire explicitement, cette affirmation se base sur le fait que l'abeille pollinise de nombreuses cultures, permettant la production abondante de fruits et de graines de qualité.
Une brève revue des principales cultures alimentaires du monde – riz, blé, maïs, pomme de terre, orge (bière), vigne (vin) – montre qu'elles bénéficient, soit d'une pollinisation par le vent (céréales et vigne), soit d'une reproduction végétative donc sans pollinisation. L'homme pourrait donc survivre longtemps aux abeilles et la citation est donc fausse.
Si les abeilles disparaissaient, ce serait toutefois le signe de très graves problèmes environnementaux et elles ne seraient pas les seules à être touchées. La survie de l'humanité serait probablement menacée à plus ou moins longue échéance, mais cette survie serait assurée à l'échéance de quelques dizaines, voire quelques centaines d'années. Au lieu de la mort rapide prédite par Einstein ou son faussaire, notre espèce connaîtrait une agonie longue et douloureuse.

Les insectes contre l'homme

119 Quelle est l'importance des dégâts commis par les insectes sur les cultures ?

Les insectes causent plusieurs sortes de dégâts aux cultures, qui peuvent être rassemblés en quatre grandes catégories. Ils détruisent directement les parties comestibles et récoltées en les consommant. Ils font baisser les rendements de ces parties comestibles en consommant d'autres parties de la plante, notamment les racines ou les feuilles. Ils transmettent des maladies aux plantes, ou bien ils facilitent la pénétration des agents pathogènes par les blessures qu'ils causent aux tissus. Enfin, ils peuvent salir ou abîmer superficiellement les parties comestibles des plantes et les rendre non commercialisables ou au moins leur faire perdre une partie de leur valeur marchande.

Les spécialistes estiment que les pertes avant et après récolte (c'est-à-dire durant le stockage) avoisine les 30 % pour l'ensemble des cultures du monde entier, le même pourcentage qu'au début du XX^{e} siècle. Ces pertes sont pour une bonne part dues directement (destruction) ou indirectement (transmission de maladies) aux insectes. L'agriculture moderne a fait augmenter les rendements, mais n'a pas fait diminuer le

taux de perte, malgré l'emploi massif des pesticides et plus récemment dans certains pays des organismes génétiquement modifiés (OGM).

120 Quelle est l'importance des dégâts commis par les insectes sur les animaux d'élevage ?

L'impact des insectes sur les animaux d'élevage est beaucoup moins important que celui des ravageurs des cultures. Ils appartiennent essentiellement aux groupes des puces, des poux, des moustiques et des mouches. Les principaux problèmes rencontrés concernent la transmission de maladies par des espèces se nourrissant du sang des mammifères et des oiseaux. L'expansion en Europe de la maladie de la langue bleue chez les moutons et les vaches est due à l'arrivée d'un micro-organisme en provenance d'Afrique et transmis au bétail par de petits moucherons proches des moustiques. Parfois, la valeur marchande des produits peut être fortement diminuée, comme le cuir troué par certains asticots parasites.

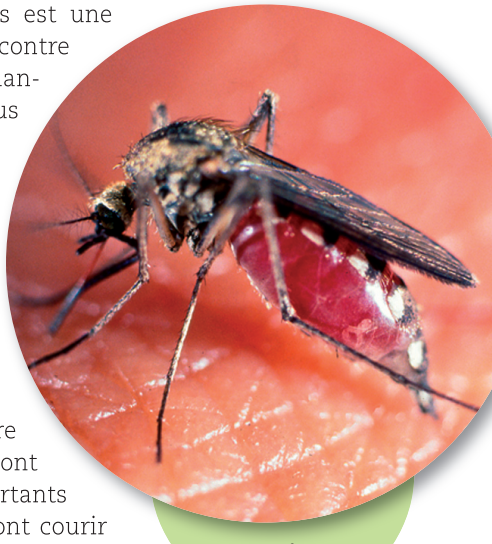
Dans certains cas, les ponctions de sang sont si importantes que la santé de l'animal peut être compromise, mais il faut se méfier des faux amis. Les poules, par exemple, peuvent arrêter de pondre, voire s'affaiblir et même mourir, quand elles sont infestées de « poux » minuscules qui sucent leur sang par dizaines de milliers. Il ne s'agit en fait pas d'insectes mais d'acariens appartenant à la classe voisine des Arachnides.

121 Quel est l'impact des insectes sur la santé humaine ?

Certains insectes sont des parasites corporels vivant sur l'homme en permanence ou durant une période assez longue de leur cycle. Le pou de la tête est le seul qui soit encore fréquent dans nos sociétés où l'hygiène est quotidienne. Mais à d'autres époques de notre histoire, ou dans d'autres régions du monde, le pou du pubis ou morpion, les puces, certains asticots provoquant des gales ou s'installant dans des blessures suppurantes non soignées étaient également fréquents.

De nombreux parasites se contentent de venir ponctionner un peu de notre sang sans vivre en permanence sur nous. Les moustiques qui gâchent nos nuits d'été, les chironomes qui hantent les lieux humides, les taons des régions d'élevage, les punaises des lits qui font un retour remarqué dans l'hôtellerie, car certaines souches résistent désormais à tous les insecticides ou presque, appartiennent à cette catégorie. Sous les tropiques, ces parasites sont bien plus nombreux et plus agressifs.

La douleur consécutive aux piqûres est une gêne qui nous fait lutter sans merci contre ces parasites, mais ils sont surtout dangereux par les maladies qu'ils nous transmettent. Maladie de Chagas transmise par les punaises en Amérique tropicale, maladie du sommeil transmise par la mouche tsé-tsé en Afrique subsaharienne, paludisme transmis dans toutes les régions chaudes du monde par divers moustiques et causant plusieurs dizaines de millions de morts par an, chikungunya transmis par le moustique tigre et arrivé récemment en Europe, sont quelques risques parmi les plus importants ou les plus médiatiques que nous font courir les insectes durant nos voyages.



Moustique commun

122 Le doryphore est-il encore une menace pour la pomme de terre ?

Arrivé en 1917 en Europe par le port de Bordeaux dans les bagages de l'armée américaine, repéré pour la première fois en 1922 en Gironde dans un champ de pommes de terre, le doryphore a été, entre les deux guerres, le cauchemar des paysans et des jardiniers. Il s'est répandu dans tout notre pays en une vingtaine d'années, dévorant le feuillage de champs entiers et réduisant les rendements à presque rien. Il traverse l'Allemagne et parvient jusqu'en Union soviétique durant la seconde guerre mondiale, les autorités ayant d'autres chats à fouetter que de s'occuper d'un insecte, même aussi nuisible que lui. Aujourd'hui, le doryphore est présent dans toute l'Europe sauf dans les îles britanniques que la Manche a protégées, et il continue à progresser

Larve de doryphore

vers l'est. Il a atteint la Chine occidentale. Sur son front de colonisation, devant des espaces vierges, le doryphore est toujours aussi destructeur, mais en France, il se fait aujourd'hui beaucoup plus discret. Les pesticides n'expliquent pas tout. Il semble qu'une seule femelle pleine d'œufs soit à l'origine de l'invasion, et que la variabilité génétique de la population européenne soit très faible comparée à la population américaine. Elle est donc plus vulnérable aux variations de son environnement, car moins susceptible de s'y adapter. Il semble que cet épuisement génétique explique en grande partie la discrétion actuelle du doryphore dans la plupart des jardins.

123 Comment est-il possible que des chenilles puissent défeuiller des forêts entières ?

Les chenilles sont des végétariennes strictes. Elles passent leur vie à broyer le feuillage de leur plante-hôte pour se nourrir. Comme ces tissus végétaux ne sont pas très nourriciers, elles doivent en absorber une quantité considérable pour arriver au terme de leur développement et pouvoir se transformer en papillon. Une seule chenille est capable de dévorer plusieurs dizaines de feuilles pendant sa croissance.

Les papillons sont des espèces prolifiques. Ils pondent en général plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'œufs. Les prédateurs, les parasites, les maladies, la famine, le froid font le ménage et à l'arrivée, ne survivent généralement jusqu'à la reproduction que les deux individus nécessaires au simple renouvellement des générations. Mais si le froid est moins intense, la maladie absente, les prédateurs et les parasites plus discrets, la population peut exploser.
En deux ou trois générations, les chenilles peuvent se retrouver par dizaines de milliers sur un seul arbre. Leur appétit insatiable fait le reste et le feuillage disparaît, transformé en millions de crottes qui tombent sur le sol. Quelques arbres peuvent ainsi se retrouver entièrement défeuillés avant que les mécanismes naturels de régulation : l'augmentation des prédateurs, des parasites, des maladies, ne causent l'effondrement du nombre de chenilles.
Si une telle pullulation se déclenche chez une espèce qui a été introduite sur un autre continent, ces mécanismes naturels de régulation n'existent pas ou fonctionnent moins bien car la plupart des ennemis naturels sont absents. La pullulation n'est pas brisée immédiatement, et ce ne sont plus quelques arbres qui sont entièrement défeuillés, mais des forêts entières.
Les scientifiques ont montré que la croissance des arbres défeuillés était stimulée les années suivantes, les crottes des chenilles constituant un excellent engrais. Le déficit de croissance de l'année de la pullulation des chenilles est largement compensé. Cette pullulation n'est donc pas une mauvaise chose si elle intervient tous les 20 ou 25 ans. Un retour plus fréquent des pullulations au même endroit affaiblit néanmoins les arbres.

124 Est-il vrai qu'un puceron a failli faire disparaître le vignoble européen ?

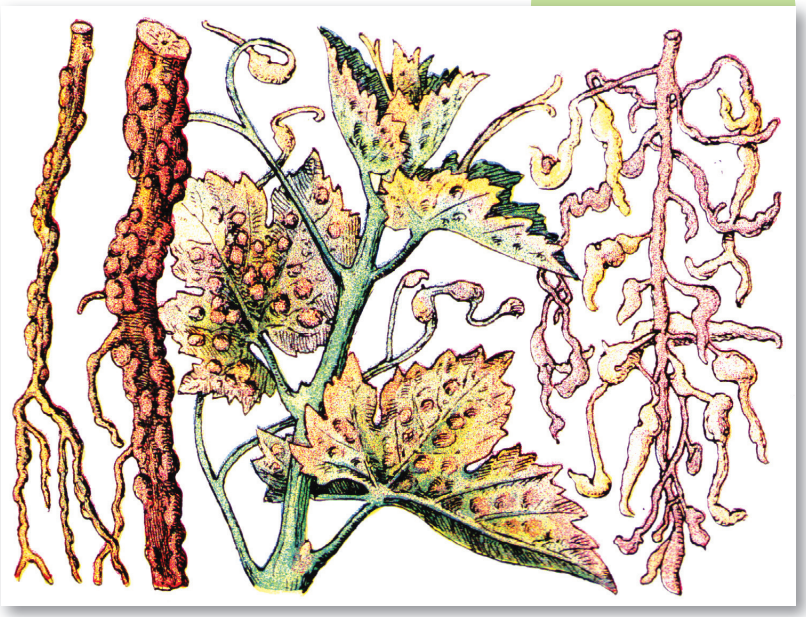
Le phylloxéra est un puceron vivant sur les racines des espèces américaines de vigne. Celles-ci les supportent très bien, car elles ont acquis au cours de l'évolution une écorce racinaire épaisse. Au milieu du XIXe siècle, le phylloxéra a été malencontreusement introduit en Europe avec des plants de vignes américaines. Les racines à fine écorce de la vigne européenne étaient particulièrement sensibles à ses attaques, au point que les pieds mouraient en quelques années. La vigne fut détruite sur d'importantes surfaces dans les dernières décennies du siècle.
Si aujourd'hui l'Europe produit toujours du vin, elle le doit à l'application généralisée du greffage à partir du début du XXe siècle. Pour résister au phylloxéra, toutes nos vignes ou presque sont greffées sur des porte-

greffes américains. Le raisin est toujours européen, mais les racines sont américaines. Seules quelques vignes européennes survivent sans greffage, sur des îles méditerranéennes où le phylloxéra n'est pas parvenu, ou bien dans des terrains très humides en hiver, où ce puceron meurt noyé et ne peut se maintenir.

125 Pourquoi les insectes provenant d'un autre continent sont-ils néfastes ?

Toute espèce d'insecte est incluse dans une chaîne alimentaire. Elle se nourrit de plantes ou d'animaux, vivants ou morts. Elle est elle-même la proie de diverses espèces de prédateurs et de parasites. Si la ressource alimentaire à sa disposition augmente, elle se multiplie. Mais elle offre ainsi plus de ressources à ses prédateurs et à ses parasites qui se multiplient eux aussi. Conclusion : sa population diminue de nouveau. Dans un milieu en équilibre, le niveau des populations fluctue chaque année autour d'une valeur moyenne. Si un insecte est introduit sans ses ennemis naturels sur un autre continent où il trouve de la nourriture en abondance, ses populations vont exploser. Elles ne seront limitées que par les ressources alimentaires disponibles. Cet insecte peut alors causer de très importants dégâts récurrents. Quand

Dégâts du phylloxéra de la vigne sur racines, feuilles et radicelles



le phylloxéra est arrivé en Europe, non seulement il a trouvé des millions d'hectares de vigne à sa disposition, mais les racines étaient beaucoup plus faciles à percer pour se nourrir. Il a donc pu se multiplier très rapidement et s'étendre sur tout le continent en quelques dizaines d'années. De plus, il est arrivé sans les prédateurs et parasites qui s'attaquaient à lui dans son pays d'origine. Le contrôle naturel de ses populations n'était plus assuré en Europe. Il a pullulé tant qu'il avait de nombreuses vignes faciles à parasiter à sa disposition.
Seuls l'hybridation de cépages européens et américains et le greffage de cépages européens sur des pieds américains, rétablissant les conditions de vie plus dures de son pays d'origine, a pu permettre de le maîtriser. Aujourd'hui, le phylloxéra est toujours présent chez nous, mais il ne pose pas plus de problèmes que dans sa région d'origine.

Voir aussi la question 124

126 D'où viennent les insectes qui mangent nos provisions ?

Les insectes qui s'attaquent aux provisions dans nos cuisines ne sont pas très nombreux. Ils peuvent être rangés en quatre grandes catégories. Des larves de Coléoptères, bruches ou charançons notamment, s'attaquent aux graines, céréales comme le riz, ou légumineuses comme le pois ou le haricot ainsi qu'à la farine et au pain. Des chenilles, donnant naissance à de petits papillons nocturnes de quelques millimètres d'envergure, 1 ou 2 cm tout au plus, s'attaquent aux céréales, à la farine et à ses produits dérivés, pain rassis ou gâteaux. Des chenilles proches s'attaquent à certains fruits secs. De petits Coléoptères, les dermestes, s'attaquent aux charcuteries et autres viandes grasses séchées comme le lard. Dans la nature, ces espèces sont spécialisées dans la consommation des graines pour les deux premières catégories, et dans celle des déchets végétaux et des cadavres animaux pour les secondes. Un fruit séché volontairement par l'homme ne se distingue pas d'un fruit desséché naturellement par le soleil et le vent sur l'arbre. Et un morceau de lard est très proche d'un vieux morceau de cadavre, attirant des espèces spécialisées dans le nettoyage final de ces déchets pour en recycler les molécules organiques.
Il existe de très nombreuses espèces d'insectes consommant des graines ou recyclant divers déchets. Et pourtant seules quelques-unes – dont certaines en provenance des régions tropicales – peuvent poser des problèmes dans les réserves de la cuisine. Cela s'explique par les conditions de vie très difficiles dans nos maisons modernes pour les insectes, notamment à cause du chauffage central ou électrique qui dessèche l'air.

Les espèces qui nous posent problème supportent ces conditions alors que d'autres, autrefois communes dans les maisons comme le grillon domestique réfugié près du foyer de la cheminée ouverte, sont devenues très rares depuis la généralisation des normes modernes de confort.

127 Comment les insectes peuvent-ils détruire une charpente ?

Le bois est un matériau composé principalement de cellulose et de lignine, deux molécules complexes qu'aucun insecte ne parvient à digérer. À l'époque du Carbonifère, le bois mort s'accumulait sur d'énormes épaisseurs sur le sol des forêts, faute de recycleurs pour le détruire. Il a donné naissance aux veines de charbon si abondantes dans le sol des différents continents.

Mais cette ressource abondante a fini par être exploitée par diverses espèces vivantes. Quelques groupes d'insectes ont fait une alliance avec des micro-organismes logés dans leur intestin et capables de casser les molécules complexes du bois pour donner des molécules plus simples digestibles par les insectes. Les plus connus par leurs dégâts sont les termites, divers Coléoptères (longicornes, scolytes, etc.) et quelques chenilles comme le cossus gâte-bois.

Parallèlement sont apparus les champignons, assez proches des végétaux par leur mode de vie et de développement, mais sans chlorophylle et devant obligatoirement se nourrir de matière organique. Insectes et champignons travaillent souvent de concert. En forant des galeries, les insectes offrent aux champignons des voies d'accès au cœur des troncs les plus épais. En digérant une partie des molécules du bois et en le rendant friable, les champignons facilitent la pénétration d'autres espèces d'insectes.

Cette faune et cette flore spécialisées dans le recyclage du bois empêchent aujourd'hui toute reconstitution des stocks de charbon. Les plus gros arbres d'une forêt disparaissent en quelques dizaines d'années sous nos climats, et en quelques années ou même quelques mois en climat équatorial ou tropical humide.

Parmi la vaste faune vivant du recyclage du bois mort, quelques espèces se sont spécialisées dans des conditions particulières, pour ne pas dire extrêmes, comme le bois très sec. Peu fréquentes dans les forêts vierges naturelles avant l'intervention de l'homme, elles ont été favorisées par l'utilisation du bois pour construire des charpentes depuis au moins le Néolithique. L'utilisation massive, pour des raisons de coût, de bois de charpente issu de résineux comme le sapin les a favorisées depuis un siècle. Les essences traditionnelles des charpentes, chêne ou

châtaignier, contiennent beaucoup de tanin dans leur bois, un produit freinant ou empêchant selon sa concentration le développement des insectes du bois.

128 Pourquoi les conservateurs de musées ont-ils une peur bleue des insectes ?

Comme le disait Antoine de Lavoisier à propos des réactions chimiques, dans la nature rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme. Le cadavre d'un gros vertébré, mammifère ou oiseau, va voir se succéder plusieurs séries, appelées escouades par les spécialistes, de recycleurs spécialisés dans une ressource précise. Les premières escouades mangent et font disparaître les tissus mous, celles qui suivent les graisses. Les dernières sont chargées de faire disparaître les ultimes restes : cuir desséché, poils ou plumes, os.

Ces espèces sont remarquablement adaptées à des conditions extrêmes et peuvent se développer même dans des atmosphères sèches. Il existe des espèces spécialisées dans la consommation des restes solides de la carapace des insectes et autres Arthropodes. Ces éboueurs de la nature nous permettent de profiter d'une nature toujours propre, les déchets n'ayant pas le temps de s'accumuler en nombre.

Une collection d'insectes est un patrimoine fragile

Jusqu'à l'apparition de la pétrochimie au XXe siècle, nos ancêtres utilisaient pour leur artisanat et leur industrie une grande quantité de matières d'origine animale. La laine des moutons était filée pour donner des vêtements, des tissus d'ameublement ou des tapisseries. Les plumes étaient utilisées dans les parures traditionnelles des peuples premiers ou dans l'habillement de luxe. Le cuir a largement servi dans l'habillement, la confection d'objets divers comme les sacs ou les bourses, la reliure des livres. Même les os, les arêtes et les dents servaient de matière première à de petits objets usuels, à des bijoux ou à de la colle. Nos musées sont remplis d'objets anciens et de valeur, totalement ou partiellement composés de matière animale, d'animaux empaillés ou piqués dans des boîtes.
Un certain nombre d'insectes spécialisés à l'origine dans l'exploitation des cadavres desséchés se sont adaptés à cette ressource inattendue. Mites des vêtements et des tapis, anthrènes, poux des livres (ce sont des psoques) et quelques autres mangent et digèrent les fibres des tissus, percent les plaques de cuir, rongent les objets en os ou la colle des livres, mitent la fourrure et le plumage des animaux naturalisés, réduisent en poudre les insectes en collection. Tout conservateur de musée doit donc prendre en permanence des précautions pour éviter les dégradations irréversibles du patrimoine dont il a la charge.

129 Comment certains insectes peuvent-ils manger des tissus ou de la fourrure ?

Manger des feuilles de chêne n'est pas agréable pour nous, étant donné leur goût très fort dû aux tanins qu'elles contiennent. Mais nous comprenons que des chenilles puissent s'en nourrir, puisque nous mangeons des feuilles de salade ou de chou. En revanche, comment est-il possible de se nourrir de cuir, de poils ou de plumes ? Ces matières sont indigestes, au sens propre, pour notre estomac.
Cuir, poils, plumes, os sont des matières organiques. Elles peuvent donc servir de nourriture aux animaux. Mais elles sont constituées de molécules très complexes, inassimilables par le système digestif de la plupart des espèces, dont la nôtre. Les animaux spécialisés dans leur recyclage arrivent à les digérer, soit parce qu'ils ont fait alliance avec des micro-organismes particuliers se trouvant dans leur intestin, soit parce qu'ils produisent des enzymes spéciales. Micro-organismes et enzymes ont pour rôle de casser ces molécules complexes en molécules plus simples et facilement assimilables.
Les animaux spécialisés dans la consommation des cadavres desséchés sont limités dans leur développement plus par l'humidité insuffisante

que par l'apparent manque de digestibilité des matières auxquelles ils s'attaquent. C'est pourquoi, par exemple, une collection d'insectes ou d'animaux naturalisés, une tapisserie en laine, peuvent être rapidement détruites si elles sont conservées en atmosphère humide.

130 À quand remonte l'invasion des termites en France ?

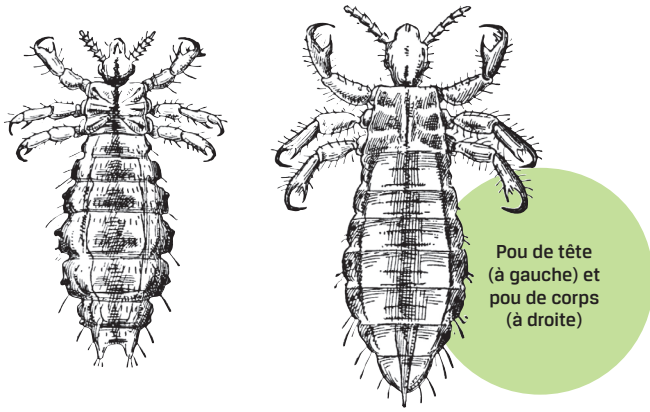
La presse, depuis quelques années, s'est fait largement l'écho de l'invasion des termites en France. Le législateur lui-même s'en est mêlé, qui a imposé un diagnostic des charpentes obligatoire avant toute vente dans les régions infestées.

Les termites sont des espèces essentiellement tropicales, ou tout au moins de pays chauds. Une espèce se trouve naturellement en région méditerranéenne, où elle reste confinée jusqu'à présent, causant peu de dégâts. Les espèces qui posent de gros problèmes à nos charpentes et à nos meubles en bois sont arrivées d'Amérique. Leur apparition fracassante dans la petite histoire date des années 1820.

Le préfet du département de Charente Maritime, appelé alors Charente Inférieure, eut la désagréable surprise de constater un jour, suite à l'effondrement partiel d'un plancher, que sa préfecture de La Rochelle était rongée de l'intérieur par les termites. En effet ceux-ci, fuyant la lumière, mangent le bois de l'intérieur en laissant une fine couche extérieure masquant leur travail. Les dégâts étaient impressionnants : meubles, boiseries et charpentes réduits en sciure, archives dévorées avec les étagères qui les supportaient. Ces envahisseurs ont probablement été amenés d'Amérique au XVIII^e siècle par les bateaux chargés de bois débarquant au port de La Rochelle, très actifs dans ce type de commerce. Aujourd'hui, ils occupent les deux tiers de notre pays, au sud-ouest d'une ligne s'étendant de la Bretagne à la région de Nice et englobant la région parisienne.

131 De quoi se nourrissent les poux sur notre tête ?

Les poux, constituant l'ordre des Anoploures, sont des parasites externes des mammifères. Ayant perdu toute trace d'ailes, leurs pattes et leurs griffes sont modifiées de façon à pouvoir s'accrocher solidement aux poils de la fourrure. C'est pourquoi l'homme, qui n'a plus que quelques résidus de fourrure, peut être parasité par deux sortes de poux bien caractérisés : le pou de l'homme et le pou du pubis ou morpion. Le pou de l'homme est divisé en deux sous-espèces, le pou de tête, toujours



Pou de tête (à gauche) et pou de corps (à droite)

présent dans nos sociétés modernes malgré les grands progrès de l'hygiène et le pou de corps, plus grand qui, par contre, comme le pou du pubis, a nettement régressé.
Les deux espèces, comme tous les autres Anoploures, se nourrissent du sang de leurs hôtes. Leur bouche est munie d'un appareil spécialisé, un rostre denté associé à trois stylets, apte à percer la peau et à pomper le sang. Ce sont ces piqûres incessantes qui irritent le cuir chevelu et incitent les personnes dont la tête est envahie par les poux à se gratter. Le pou de l'homme peut être vecteur du typhus exanthématique, une dangereuse maladie souvent mortelle, notamment en temps de guerre quand le manque d'hygiène et la promiscuité favorisent son développement.

132 La puce est-elle vraiment responsable des épidémies de peste noire au Moyen Âge ?

La peste est due à un bacille se développant aussi bien chez le rat que chez l'homme. Ce microbe ne peut vivre que très peu de temps à l'air libre. Il est donc presque impossible d'attraper la peste par simple contact avec un rat infecté, ou même par une morsure. Ce sont les puces s'attaquant aussi bien aux rats qu'aux hommes qui sont les principales responsables de la transmission de la peste des rats, constituant un réservoir du bacille, vers l'homme, puis ensuite d'homme à homme. La puce est donc vraiment responsable, ou du moins coresponsable avec les rats, des épidémies de peste noire au Moyen Âge. L'élévation depuis un siècle des normes d'hygiène en Europe : l'hygiène corporelle quotidienne, le changement fréquent du linge de corps, le ramassage régulier des ordures ménagères stockées dans des containers fermés, a entraîné

la quasi-suppression des puces sur l'être humain, une diminution des populations de rats et la disparition du bacille responsable de la maladie. Le dernier cas mortel en France remonte à 1927 à Paris. Des foyers de peste se maintiennent toujours en Asie, notamment en Inde.

133 Comment des insectes tropicaux peuvent-ils transmettre des vers parasites à l'homme ?

Les pays tropicaux sont prisés par les touristes pour leur climat agréable en toute saison ou presque. Malheureusement, cet avantage se paie par divers inconvénients, dont le moindre n'est pas l'existence de nombreux parasites, en particulier les vers filaires. Ceux-ci vivent, soit dans la lymphe et le sang, soit dans les tissus conjonctifs. En se développant et en se multipliant, ils provoquent des enflures, des démangeaisons, voire dans certains cas le gonflement des ganglions et l'apparition de tumeurs volumineuses. Ces parasites sont très désagréables, certains causant des lésions à l'œil, même s'ils évoluent lentement et ne sont pas mortels. Ils peuvent s'attraper en buvant de l'eau contaminée ou en se faisant piquer par un moustique ou une mouche qui transmettent les jeunes larves par leurs piqûres. Les insectes ne sont généralement pas de simples vecteurs, mais des hôtes intermédiaires car la larve peut accomplir une partie de son développement dans leur corps. La prévention est la meilleure méthode de lutte contre ces parasites : faire bouillir ou stériliser chimiquement une eau douteuse avant de l'utiliser et se protéger des moustiques et d'autres insectes piqueurs par des moustiquaires et des pommades.

134 Toutes les chenilles poilues peuvent-elles provoquer des brûlures et des douleurs ?

Les chenilles processionnaires, qui vivent sur le pin ou le chêne, et quelques espèces voisines aux mœurs grégaires, sont bien connues pour leurs poils provoquant de douloureuses brûlures sur les muqueuses et d'horribles démangeaisons sur la peau. Des glandes spéciales produisent un venin liquide très actif, qui se répand et se fixe en séchant sur les poils.

Ceux-ci sont très fins et cassants. Ils se diffusent naturellement autour des chenilles, notamment à l'intérieur des bourses de soie où elles se réfugient quand elles ne grignotent pas le feuillage qui les nourrit. Si vous avez l'imprudence d'éventrer une bourse, un nuage de poils empoisonnés s'élève dans l'air et peut pénétrer dans votre gorge ou dans vos yeux. Si

Chenilles de processionnaires du pin

vous essayez de saisir une chenille entre les doigts, ils s'accrochent à la peau. Minuscules aiguilles, ces poils blessent nos tissus et permettent au venin de pénétrer, causant douleurs et inflammations. C'est un moyen de défense très efficace contre les prédateurs vertébrés. Il n'y a guère que le coucou qui soit capable d'avaler ces chenilles. Fort heureusement, la très grande majorité des chenilles poilues ne secrètent pas de venin et ne portent pas de poils cassant au moindre choc, mais elles profitent de la mauvaise réputation de leurs cousines. Une personne ayant fait la douloureuse expérience du nuage de poils empoisonnés des processionnaires se méfiera instinctivement de toute chenille poilue qu'il ne connaît pas.

135 Comment sont apparues les abeilles tueuses ?

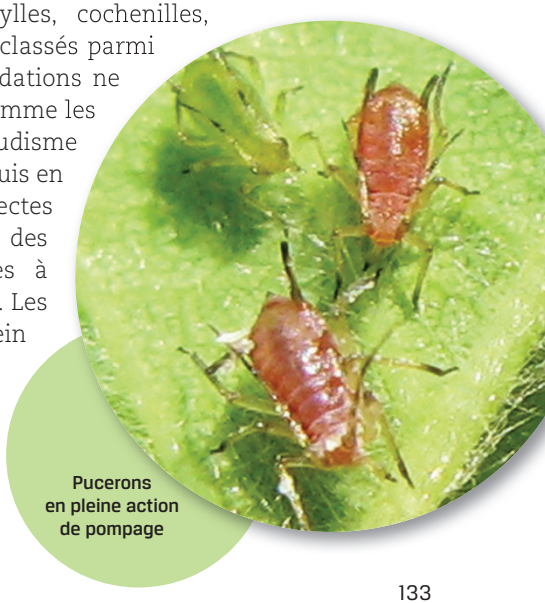
Il existe en Amérique une race particulière d'abeilles, très agressive, qualifiée d'abeilles tueuses par la presse quand elles se sont répandues dans le sud des États-Unis à partir des années 1980. En effet, elles peuvent attaquer en masse si elles se sentent menacées et tuer une personne qui les a dérangées sans le faire exprès, par des centaines de piqûres presque simultanées.

L'abeille dite domestique est naturellement présente à l'état sauvage en Europe, dans une partie de l'Asie et en Afrique. Elle a été introduite en Amérique sous la forme de variétés européennes plus ou moins sélectionnées pour leur productivité et leur caractère pacifique. En climat

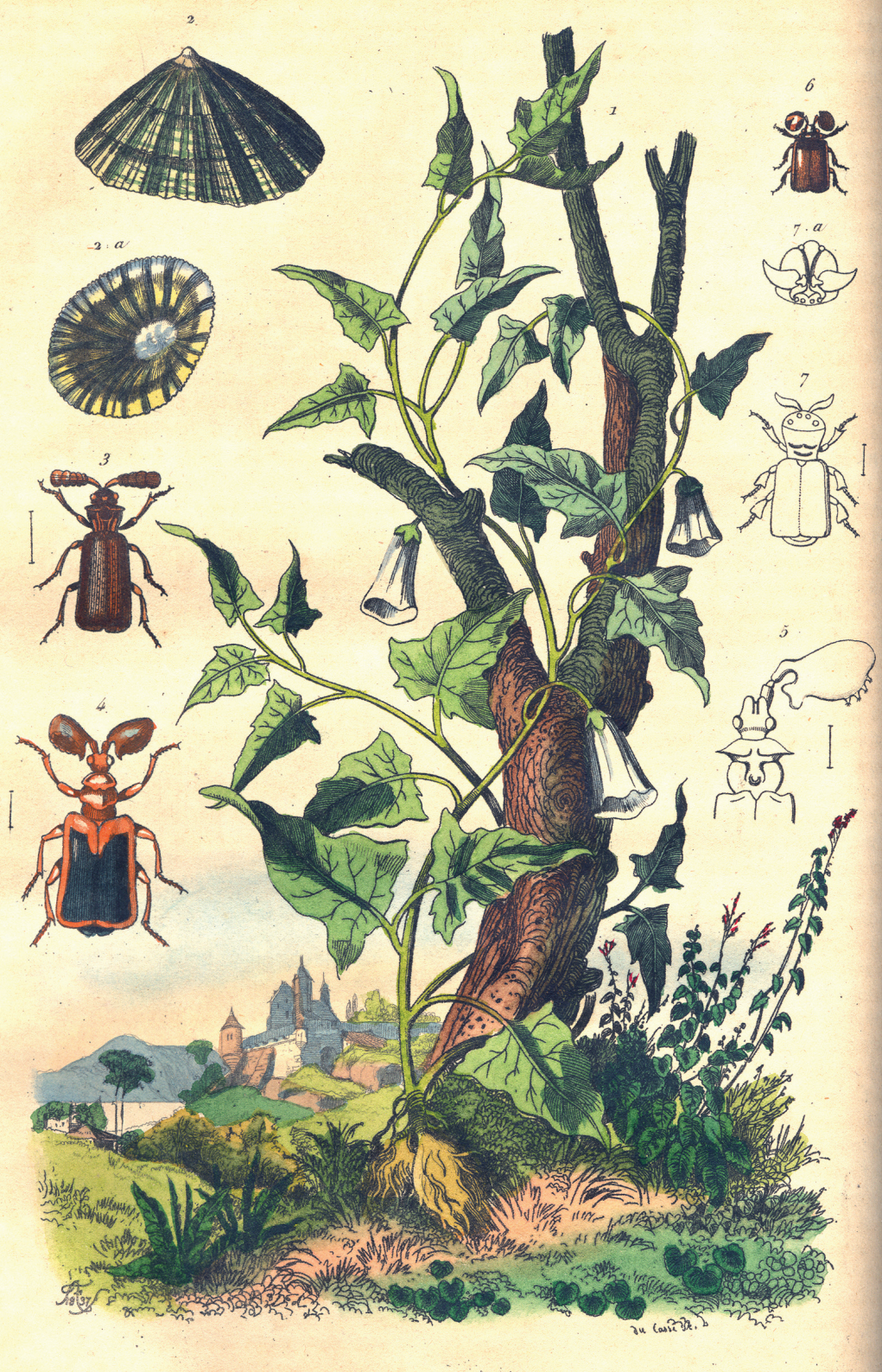
tempéré, les résultats furent excellents, mais ces races sont mal adaptées au climat de l'Amazonie. Dans les années 1950, un apiculteur brésilien voulut améliorer le rendement de ses abeilles domestiques européennes en les croisant avec l'abeille sauvage d'Afrique subsaharienne, bien mieux adaptée au climat de son pays. Ses rayons pendant sans protection sous la branche d'un arbre, elle a développé au fil de l'évolution un comportement beaucoup plus agressif que l'abeille européenne vivant dans les trous d'arbre plus faciles à défendre.
L'expérience fut une réussite, la production des ruches augmentant notablement, mais un accident permit aux abeilles hybrides de s'échapper. Bien adaptées au climat équatorial et tropical, elles se répandirent très vite. En se croisant spontanément avec les abeilles locales, elles leur transmirent leur agressivité. Les abeilles tueuses étaient nées.

136 Y a-t-il des insectes dangereux pour la santé des plantes ?

Il existe plusieurs groupes d'insectes qui se comportent avec les plantes cultivées exactement comme les moustiques et autres poux se comportent avec l'homme. Ils vivent en parasite sur les plantes en leur ponctionnant de la sève, ce qui peut entraîner l'affaiblissement des pieds touchés, le ralentissement de leur croissance, la déformation de certains organes. Cet affaiblissement n'est généralement pas mortel, mais il fait baisser les rendements. Par cette action négative sur les plantes cultivées, ces espèces, qui appartiennent surtout au vaste groupe des Hémiptères (punaises, pucerons, psylles, cochenilles, aleurodes, cicadelles, etc.) sont classés parmi les ravageurs. Mais leurs déprédations ne s'arrêtent pas là. Exactement comme les moustiques transmettent le paludisme en piquant un individu infecté puis en piquant un individu sain, les insectes suceurs de sève transmettent des maladies, essentiellement dues à des virus, d'une plante à l'autre. Les producteurs de légumes en plein champ comme sous serre craignent plus les pucerons pour les maladies qu'ils peuvent transmettre que pour les dégâts directs qu'ils sont susceptibles de causer aux cultures.



Pucerons en pleine action de pompage


2
1
6
2. a
7. a
7
3
5
4

L'homme contre les insectes

137 Les insecticides chimiques sont-ils la solution pour se débarrasser des insectes gênants ?

Longtemps les hommes se sont sentis impuissants face à une pullulation d'insectes dévastant leurs cultures, causant des disettes et parfois des famines. Tous les historiens connaissent les procès faits aux insectes devant les cours ecclésiastiques, ultime recours de populations démunies face à la catastrophe. La condamnation était acquise d'avance, assortie généralement d'un avis d'expulsion. Malheureusement pour les paysans, les insectes se souciaient peu du verdict.

La situation s'est améliorée à partir du XIXe siècle, quand les mœurs des insectes furent étudiées et des parades plus ou moins efficaces mises au point. Quand le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), premier insecticide chimique, apparut durant la seconde guerre mondiale, à l'origine pour lutter contre les moustiques qui transmettaient de nombreuses maladies aux troupes américaines du Pacifique, il souleva de grands espoirs parmi les agriculteurs. Enfin un outil efficace, d'un faible coût et facile d'utilisation.

Malheureusement, en une quinzaine d'années, il apparut que ce n'était pas la solution idéale. Tout d'abord, ces molécules toxiques, en s'accumulant le long des chaînes alimentaires, détruisaient bien plus d'espèces que les insectes. D'autre part, les insectes ont montré des facultés extraordinaires d'adaptation, devenant assez rapidement résistants.
La facilité d'utilisation des pesticides et les bénéfices confortables qu'ils rapportent ont conduit les grandes firmes chimiques à tenter de résoudre le problème en trouvant des molécules de plus en plus spécifiques, c'est-à-dire toxiques uniquement pour les insectes cibles et variées pour éviter les phénomènes de résistance.
Cette stratégie aboutit elle aussi à une impasse : effondrement de la biodiversité des zones agricoles, pollution des sols et des nappes phréatiques, cancers et autres maladies provoquées par les pesticides chez les consommateurs et surtout les utilisateurs, etc. Mais les enjeux financiers sont si importants que, pour l'instant, ce pilier de l'agriculture intensive n'est pas remis en question, tout juste parle-t-on de diminuer les quantités utilisées.

138 Quel est l'impact des pesticides sur les insectes ?

Le mot pesticide recouvre l'ensemble des produits utilisés pour lutter contre les espèces vivantes ravageant les cultures ou simplement gênantes pour l'homme. La très grande majorité des pesticides sont d'origine chimique, si bien que dans l'esprit du grand public, pesticide équivaut à produit chimique. Les herbicides sont destinés à supprimer la végétation indésirable, c'est-à-dire les « mauvaises herbes ». Les fongicides permettent de lutter contre les champignons provoquant les maladies cryptogamiques. Les insecticides tuent les insectes, les acaricides les acariens, les molluscides les limaces et les escargots, les helminthicides les vers, notamment les vers parasites de l'homme et de ses animaux d'élevage, les rodonticides les rongeurs, etc. Le nom ne doit pas tromper. Un insecticide est un produit destiné à tuer les insectes et est utilisé

Carabe tué par un épandage d'herbicide

dans ce but. Cela ne veut pas dire qu'il n'est pas toxique pour les acariens, les limaces ou les plantes. Inversement, les insectes ne sont pas tués uniquement par les insecticides. Par exemple, certains herbicides lessivés par la pluie peuvent tuer les larves aquatiques d'insectes. Ou bien les helminthicides donnés au bétail se retrouvent dans les crottins et intoxiquent les scarabées et autres insectes recycleurs qui s'en nourrissent. L'effondrement des populations d'insectes, tant en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus par espèce, que l'on observe dans notre pays depuis un demi-siècle s'explique en partie par les épandages de pesticides chimiques sur les cultures, les forêts et même les marais pour lutter contre les moustiques. L'accumulation des traitements au fil des années a empoisonné les sols et les eaux, en surface comme dans les nappes souterraines.

139 Les OGM sont-ils une solution dans la lutte contre les insectes ?

L'un des arguments des promoteurs des OGM est leur grand intérêt pour lutter contre les insectes ravageurs. Il existe un insecticide naturel très efficace qui s'appelle le bacille de Thuringe ou Bt. C'est un microorganisme parasite des larves d'insectes qui se multiplie à l'intérieur de leur corps et produit une toxine qui les tue. Il est utilisé depuis un demi-siècle pour protéger les cultures, notamment en agriculture biologique.
Les firmes produisant des OGM ont pris le gène codant la toxine chez la bactérie pour l'inclure dans le génome du coton, ou du maïs, produisant ainsi des variétés se défendant seules contre les ravageurs, le charançon du coton ou la pyrale du maïs. Avantage : une économie appréciable d'insecticides. Malheureusement, l'idée n'est pas aussi bonne qu'elle paraît à première vue.
Tout d'abord, l'argument de l'économie d'insecticide n'est valable que pour le portefeuille de l'agriculteur, pas pour la nature. Le Bt produit ses toxines uniquement dans les insectes visés : efficacité maximum pour un minimum de molécules utilisées. Dans un champ de maïs OGM, cette toxine est produite par toutes les cellules de la plante, en énorme quantité comparée à la bactérie et elle peut intoxiquer bien d'autres espèces que celles visées, notamment celles consommant le pollen.
D'autre part, utilisée comme un classique insecticide chimique, la toxine du Bt s'est heurtée à la même capacité d'adaptation des insectes. Des souches de ravageurs résistantes sont très vite apparues dans ces cultures OGM, alors que l'utilisation ciblée de la bactérie n'avait provoqué l'apparition de résistance que chez quelques populations de ravageurs sur lesquelles elle était utilisée sans interruption depuis de longues années.

Conclusion : un insecticide biologique très efficace, le Bt, risque de devenir inutilisable sur certains ravageurs par la faute de ces cultures OGM.

140 Qu'est-ce que la lutte biologique ?

La biologie est la science des êtres vivants, la lutte biologique est l'utilisation du vivant contre le vivant. Elle enrôle les ennemis naturels des espèces posant des problèmes dans les cultures ou pour la santé publique, qu'il s'agisse d'animaux, de végétaux, de champignons ou de micro-organismes. Pour chaque grande catégorie d'espèces visées, les problématiques sont différentes et les solutions adoptées très variées.
Les insectes, comme tous les animaux indésirables dans une culture ou dans un milieu quelconque, sont combattus par l'introduction dans leur milieu de vie, soit d'un autre animal (prédateur, parasitoïde ou parasite), soit d'un micro-organisme pathogène (champignon, bactérie, virus), qui les tuent ou les affaiblissent suffisamment pour que leurs dégâts éventuels n'aient plus d'importance économique.

Voir aussi la question 80

141 Qui a inventé la lutte biologique ?

L'invention de la lutte biologique remonte à plusieurs millénaires, en Chine où les paysans utilisaient des fourmis pour protéger leurs vergers d'agrumes et en Égypte où, par croisement de félins sauvages et par domestication partielle, apparut le chat domestique destiné à protéger les réserves de grains des rongeurs. Mais Chinois et Égyptiens faisaient de la lutte biologique comme M. Jourdain faisait de la prose : sans le savoir. L'inventeur du concept moderne de lutte biologique est l'entomologiste américain Charles Valentine Riley. En 1868, une cochenille australienne est introduite accidentellement dans les vergers d'orangers, de citronniers et autres agrumes de Californie. Les dégâts sont considérables, d'importantes plantations sont ravagées. La culture devient difficilement rentable. Le trait de génie de Riley est d'avoir remarqué qu'en Australie, son pays d'origine, la cochenille ne cause aucun dommage ayant des répercussions économiques,

Un flacon de 25 larves de coccinelle à relâcher en serre

et d'en avoir conclu qu'elle devait être là-bas contrôlée par un cortège d'ennemis naturels, absents de Californie.
En 1888, il part en Australie étudier la cochenille et ses ennemis naturels. Il trouve, parmi d'autres prédateurs et parasites, une petite coccinelle qu'il rapporte aux États-Unis. Il l'élève en 1889 et produit 10 000 individus, qu'il donne à quelques planteurs d'agrumes. Dès 1890, la cochenille, sans disparaître de leurs vergers, ne cause plus de pertes économiques. La coccinelle est élevée en masse pour être répandue dans toute la Californie et le fléau est jugulé. La lutte biologique moderne est née. Notons au passage que les Anglo-Saxons emploient pour cette technique un terme plus approprié que le nôtre, *biological control*, c'est-à-dire contrôle biologique.

142 Qu'est-ce que la lutte intégrée ?

Les pesticides chimiques ont été plébiscités à leur apparition par les agriculteurs parce qu'ils semblaient apporter une solution définitive à un problème vieux comme l'agriculture : comment augmenter les rendements en diminuant les pertes de récolte et de stockage dues notamment aux insectes. Mais leur utilisation bute sur les impacts cumulés très négatifs sur les milieux, les problèmes de santé publique et les apparitions de résistance (vus à la question 137).
Les ennemis naturels sont efficaces pour contrôler les ravageurs des cultures. Mais ils impliquent toujours un certain pourcentage de pertes de rendement et de récolte, même utilisés plus rationnellement par le biais des différentes techniques de la lutte biologique moderne. Par contre, ils sont les garants d'une agriculture durable à long terme.
La lutte intégrée vise à essayer de combiner les avantages des deux méthodes en gommant leurs inconvénients. Ce sont les ennemis naturels qui sont chargés de contrôler les ravageurs potentiels. La lutte chimique n'entre en action que si la population d'un ravageur dépasse le niveau, appelé seuil de nuisibilité, à partir duquel les dégâts qu'il commet deviennent économiquement insoutenables, et si d'autres méthodes alternatives (lutte biologique, méthodes culturales, etc.) ne sont pas disponibles. Ce moyen terme entre l'agriculture conventionnelle basée sur le tout chimique et l'agriculture biologique basée sur le respect au maximum des ennemis naturels pour contrôler les ravageurs n'a étonnamment jamais trouvé sa place dans le paysage agricole mondial. Peut-être que les lois et les règlements restreignant de plus en plus l'usage des pesticides pour des problèmes de santé publique et de sauvegarde des milieux lui donneront un nouvel avenir dans les années qui viennent.

143 Le piégeage des insectes est-il une bonne alternative aux pesticides ?

La destruction manuelle, ou automatique par des systèmes de piégeage, des insectes ravageurs est très ancienne. Au XIXe siècle, par exemple, les papillons dont la chenille s'attaquait à la grappe de raisin en formation étaient piégés dans certains vignobles à l'aide de lampes allumées la nuit. Attirés comme par un aimant par le point lumineux, ils finissaient par se brûler les ailes. Ces méthodes ont comme inconvénient, outre leur coût, de prendre du temps, de ne pas forcément détruire un nombre suffisant de ravageurs, et à l'inverse de détruire des espèces non cibles, parfois très utiles pour contrôler ces mêmes ravageurs.
Depuis cette époque, les méthodes de piégeage ont fait des progrès sensibles. Par exemple, les entomologistes se sont aperçus que toutes les espèces ne réagissaient pas aux mêmes couleurs, et qu'un panneau englué de couleur jaune s'avérait être un piège très attractif pour une petite mouche, alors qu'une petite guêpe végétarienne était plus attirée par un panneau blanc. Mais les avancées les plus intéressantes ont été obtenues grâce à la synthèse de molécules odorantes. Il s'agit, soit d'attractifs alimentaires augmentant nettement le rendement des pièges englués, soit de phéromones sexuelles attirant les mâles d'une espèce et d'une seule. Il est ainsi possible de mettre dans un verger des pièges contre la mouche de la cerise avec un attractif alimentaire, ou contre le carpocapse des pommes avec une phéromone sexuelle.

144 Qu'est-ce que la confusion sexuelle pour lutter contre les insectes ?

Les mâles des papillons de nuit ne peuvent pas repérer leurs femelles à vue, puisqu'ils ne se déplacent en général que lorsqu'il fait nuit noire. Aussi les deux sexes communiquent-ils par une odeur émise par la femelle, appelée phéromone sexuelle. Pour éviter les accouplements inutiles, chaque espèce dispose de sa phéromone sexuelle particulière.
L'industrie humaine sait synthétiser les phéromones de nombreuses espèces de papillons de nuit posant des problèmes à l'agriculture. Une phéromone artificielle peut être fixée sur des panneaux englués, les rendant attractifs pour les mâles de l'espèce considérée et seulement pour eux. Si de nombreux pièges sont mis dans une culture, les mâles vont être incapables de trouver les femelles et ils finiront englués sur les panneaux. La reproduction sera donc impossible, ou très faible, et la culture sera épargnée. C'est le principe de la confusion sexuelle. Malheureusement, la méthode souffre de deux inconvénients. D'une part, elle n'est efficace

qu'a proximité immédiate des pièges et revient vite cher, car il faut un seul attractif par piège. Quand plusieurs ravageurs potentiels doivent être contrôlés, il faut multiplier les pièges. D'autre part, les populations de ravageurs sont rarement anéanties, bien qu'elles puissent être significativement diminuées. Aussi, le piégeage avec des phéromones a-t-il trouvé sa principale application en lutte intégrée pour aider l'agriculteur à déterminer si le seuil de nuisibilité d'un ravageur est dépassé ou non en fonction du nombre d'individus capturés dans un piège pendant un laps de temps donné.

Piège à phéromones

Voir aussi la question 142

145 Peut-on réellement se débarrasser d'une espèce gênante en stérilisant les mâles aux rayons X ?

Cette méthode de lutte, appelée autocide, a été mise au point pour lutter contre une mouche s'attaquant au bétail, la lucilie bouchère, présente naturellement en Amérique tropicale et subtropicale. Pour éviter que leurs fermes d'élevage ne soient victimes de cette mouche, les États-Unis ont mis au point un procédé de lutte original. Comme la femelle ne s'accouple qu'une seule fois, les entomologistes ont eu l'idée de recourir à la stérilisation par les rayons X.

Des élevages industriels de mouches ont été lancés au Mexique depuis 1962. Les mouches obtenues sont stérilisées par exposition aux radiations du césium 137, un matériau radioactif. Puis elles sont relâchées en masse dans la nature, à raison de 10 individus stériles pour une mouche sauvage. La plupart des mâles fertiles s'accouplent avec des femelles stérilisées. La plupart des femelles fertiles s'accouplant avec ces mâles stérilisés, leurs œufs ne se développent pas. La répétition des lâchers permet de maintenir les populations de mouches à un niveau très bas, et un véritable cordon sanitaire a été ainsi constitué pour protéger les États-Unis de ce fléau.

En 1988, la lucilie bouchère fut détectée en Lybie où elle avait été introduite involontairement. L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), organisme dépendant de l'ONU, a préparé une campagne d'éradication en utilisant la lutte autocide. Durant un an, en 1990-1991, un milliard trois cents millions de mouches stériles importées du Mexique ont été relâchées dans la zone infestée, d'une surface de 26 500 km^2. Dès 1992, la mouche avait disparu.

146 Les microbes peuvent-ils nous aider dans la lutte contre les insectes ?

L' « inventeur » des microbes est le célèbre savant français Louis Pasteur. Chimiste de formation, ses travaux le conduisent à s'intéresser à une mystérieuse maladie du ver à soie qui ravage les élevages français. Ceux-ci représentent alors une activité économique très importante, à la base de la prospère industrie de la soie de Lyon et le Gouvernement lui demande de s'occuper du problème.

Ce sont ces recherches qui lui permettent de conclure que cette maladie est due à de minuscules organismes vivants, qui seront baptisés en 1878 « microbes », du grec *micros*, petit et *bios*, vie. Il développe, dès cette époque, les principes d'hygiène qui feront sa gloire quand il appliquera la notion de microbes aux maladies humaines, mais également à la vinification ou à la conservation des aliments par la chaleur, la célèbre « pasteurisation ».

Il est donc acquis, dès le départ, que les insectes peuvent être atteints de maladies microbiennes, comme les humains. Au début du XX^e^ siècle, un entomologiste allemand découvre en Thuringe un bacille tuant les chenilles. Baptisé bacille de Thuringe, il servira de base aux recherches pour produire le premier bio-insecticide économique et rentable.

Les premières formulations de bacille de Thuringe ou Bt, permettant de lutter contre les chenilles, sont mises sur le marché américain dans les années 1960 et arrivent en Europe dans les années 1970. La grande sélectivité de leur action et la faible persistance de la toxine responsable de la mort des chenilles permettent de les utiliser en agriculture biologique.

Aujourd'hui, plusieurs souches de Bt sont disponibles dans le commerce, y compris dans les jardineries à destination des jardiniers amateurs. Les trois principales permettent de lutter contre les chenilles, les larves de Coléoptères (vers blancs des hannetons ou larves des charançons en particulier) et les larves de moustiques. Mais d'autres bactéries, virus ou levures sont étudiés pour servir de bio-insecticides, et certains produits les utilisant sont déjà disponibles, principalement à destination des professionnels.

147 Les insectes végétariens peuvent-ils être employés comme désherbants ?

Nous nous plaignons des insectes ravageurs de nos cultures, végétariens qui ont la mauvaise idée d'avoir les mêmes goûts alimentaires que nous. Mais nous oublions trop souvent que la grande majorité des végétariens sont nos alliés, dans la mesure où ils contribuent au contrôle naturel des

plantes sauvages, dont certaines entrent en concurrence directe avec nos cultures, les « mauvaises herbes ».
Il est difficile d'apprécier le rôle de ces auxiliaires discrets dans leur zone d'origine. Mais quelques expériences malheureuses d'introduction de mauvaises herbes particulièrement envahissantes d'un continent à l'autre a permis de se rendre compte de leur impact très important. Dans nos régions, le séneçon jacobée est une plante des friches et des prairies qui ne pose pas de problème particulier.
Son feuillage nourrit la chenille de l'écaille du séneçon, un papillon aux ailes noires à taches rouge vif. Introduit involontairement en Amérique du Nord, le séneçon jacobée s'y est rapidement montré envahissant dans les herbages, faisant beaucoup diminuer leur valeur alimentaire pour le bétail car celui-ci ne le broute pas. Les agronomes nord-américains ont lancé à la fin des années 1950 et au début des années 1960 un vaste programme d'introduction de l'écaille du séneçon. L'opération a été couronnée de succès et le séneçon jacobée est désormais une plante maîtrisée en Amérique du Nord. Cette lutte a été très rentable financièrement, puisque pour un dollar investi, le bénéfice s'élève à 15 dollars.

Chenille d'écaille du séneçon

148 La lutte biologique contre les insectes est-elle une solution d'avenir ?

Deux conceptions s'affrontent dans le domaine de la défense des cultures contre les insectes. La première, nettement dominante depuis la fin de la seconde guerre mondiale, considère que le recours aux insecticides chimiques est indispensable pour maintenir des rendements corrects et pouvoir nourrir à un coût le plus bas possible la population mondiale sans cesse en augmentation. L'avenir serait aux nouvelles molécules plus efficaces et plus ciblées, aux plantes génétiquement modifiées, voire aux nanotechnologies. L'agriculture chimique consomme actuellement un capital en terres qui perdent leur fertilité naturelle et ne dépendent plus que d'engrais et de pesticides chimiques, ainsi qu'un capital en eaux qui se retrouvent polluées aussi bien dans les nappes phréatiques que dans les mers côtières.

La seconde conception, essentiellement représentée par les tenants de l'agriculture biologique et nettement minoritaire, considère que le recours aux pesticides et aux autres produits chimiques est une impasse et qu'il faut développer une agriculture la plus performante possible mais utilisant des fertilisants et des méthodes naturelles de contrôle des ravageurs, même si les rendements sont inférieurs à ceux de l'agriculture chimique. L'agriculture biologique permet de maintenir à long terme une fertilité naturelle des terres et une propreté suffisante des eaux. Étant donné les dégâts causés par l'accumulation de produits chimiques dans les zones cultivées comme dans tous les milieux naturels, les molécules à longue durée de vie circulant par l'eau, l'air et les chaînes alimentaires et les inquiétudes pour la santé publique, le débat se pose entre une agriculture chimique non durable, et une agriculture biologique durable.

La solution se trouve peut-être dans une fusion des meilleurs côtés des deux techniques, c'est-à-dire par l'agriculture intégrée qui utilisera toutes les possibilités présentes et à venir de la lutte biologique. Certains milieux agricoles français commencent à promouvoir une « agriculture écologiquement intensive », qui ne serait plus intensive en produits chimiques mais qui utiliserait au mieux le fonctionnement des écosystèmes sans altérer leur renouvellement. La dégradation de notre environnement nous obligera de toute façon à remettre en cause profondément le système actuel basé sur le tout chimique. Le biologique a probablement plus d'avenir que le chimique.

Voir aussi la question 142

149 Une agriculture sans insecticides chimiques est-elle possible ?

Les insecticides chimiques, apparus à la fin du XIXe siècle, ont connu un coup d'accélérateur après la première guerre mondiale quand l'industrie des gaz de combat s'est reconvertie dans la protection des cultures, et règnent en maîtres depuis la fin de la seconde guerre mondiale avec l'apparition des produits de synthèse. À peine une centaine d'années, à comparer à plus de dix millénaires durant lesquels l'agriculture a non seulement nourri l'humanité sans aucun insecticide, mais a permis son lent développement démographique. L'agriculture dite « biologique » chez nous, « organique » chez les Anglo-Saxons, n'est que la version modernisée de cette agriculture naturelle traditionnelle. Donc, sans conteste, une agriculture sans insecticides chimiques est possible. Par contre, le débat peut être ouvert pour savoir si l'humanité peut aujourd'hui se passer des hauts rendements obtenus par l'utilisation

massive des engrais et pesticides chimiques. En effet, la population mondiale est passée de 2 milliards avant la première guerre mondiale à plus de 6 milliards aujourd'hui. Cette question est complexe et n'a pas de réponse simple.
Mais il est sûr que la solution ne dépend pas uniquement des rendements de l'agriculture. Si des gens souffrent de la faim et peuvent en mourir dans certaines régions du monde, les excédents s'accumulent et sont retirés du marché pour être détruits dans d'autres pays. Sans parler du gâchis généralisé : dans la ville de Londres, des chercheurs ont calculé qu'environ un tiers de la nourriture n'était pas consommée mais finissait à la poubelle.

Agrafage dans le rosier d'un tube contenant des larves de coccinelle

150 La lutte biologique contre les insectes est-elle possible dans mon jardin ?

Longtemps réservée aux professionnels, la lutte biologique se décline maintenant en divers produits accessibles aux jardiniers amateurs. Le développement du commerce sur Internet permet aujourd'hui de trouver facilement son bonheur grâce aux moteurs de recherche et à la vente par correspondance, mais les magasins spécialisés ont largement ouvert leurs rayons à ces nouveaux produits.
La star de la lutte biologique est sans conteste le bacille de Thuringe, qui se trouve partout ou presque désormais, sous plusieurs marques et dans des formulations aux utilisations diverses, mais ce succès a son revers. Devenu vendeur, le Bt est associé dans certains produits à des molécules insecticides chimiques. Lisez donc bien l'étiquette avant d'acheter. D'autres bio-insecticides arrivent sur le marché, par exemple pour lutter contre les fourmis.
En lutte biologique classique, c'est-à-dire le lâcher d'un auxiliaire pour contrôler un ravageur, la vedette revient à la très populaire coccinelle dévoreuse de pucerons. Il est impossible d'acheter directement ses larves en magasin, elles ne supporteraient pas le délai d'attente entre le départ de l'élevage et le lâcher par le jardinier. Mais vous pouvez acheter un bon à renvoyer à l'élevage producteur qui vous envoie alors les larves dans les meilleurs délais par la poste. Parmi les autres auxiliaires

désormais à la disposition de l'amateur, citons les larves de syrphe, les larves de chrysope, toujours contre les pucerons ou bien les nématodes, de petits vers, mangeurs de limaces.

151 Les insecticides sont-ils les seuls responsables de la raréfaction des insectes ?

Destinés spécifiquement à tuer les insectes, il est indéniable que l'emploi massif et constant des insecticides depuis plus d'un demi-siècle contribue pour une part importante à la raréfaction des insectes constatée par les spécialistes. Toute personne d'un certain âge qui peut se souvenir du nombre incroyable de papillons qui volaient au-dessus d'une prairie sera du même avis en comparant avec le désert actuel de nos campagnes. Mais d'autres causes se sont cumulées pour arriver à la situation actuelle.

Les engins motorisés de travail de plus en plus puissants, l'utilisation massive d'herbicides ont conduit à l'arrachage de nombreuses haies, à la disparition des fleurs des champs, autrefois lieux de vie et ressources alimentaires importantes pour de nombreux insectes. L'évolution de la sylviculture, qui s'oriente de plus en plus vers de simples cultures monospécifiques d'arbres souvent originaires d'une autre zone géographique au détriment de forêts aux essences locales variées, a fait disparaître également de nombreux milieux riches en insectes. Le développement de l'urbanisation, des réseaux de transport, du tourisme notamment côtier, s'est fait aussi au détriment de milieux parfois de peu d'intérêt pour l'agriculture mais riches en biodiversité. Enfin, la pollution des eaux douces de surface par l'industrie, par l'agriculture, par les stations d'épuration, mais aussi l'assèchement de nombreux cours d'eau par l'irrigation, a sinistré la faune des insectes aquatiques.

Bref, le fonctionnement de notre société moderne dans son ensemble est responsable du très mauvais état des populations d'insectes, et de la faune et de la flore sauvages en général. Avant même les conséquences du réchauffement climatique, le premier défi que nous aurons à relever dans les décennies à venir sera celui de tenter de sauvegarder une biodiversité la plus importante possible pour garantir à long terme nos possibilités de vie, et pas seulement de survie, sur cette planète.

152 Y a-t-il des insectes menacés de disparition ?

Oui, et ils sont nombreux. Les plus menacés sont ceux dont les populations sont naturellement restreintes, par exemple les espèces endémiques d'une île. Certains ont déjà disparu, comme le plus grand perce-

oreille du monde, qui peuplait l'île de Sainte-Hélène dans l'Atlantique Sud, celle qui servit de prison à Napoléon. Il n'a pas résisté à la prédation des rongeurs introduits par l'homme. D'autres espèces sont menacées parce qu'elles excitent la convoitise de collectionneurs, comme les superbes ornithoptères, papillons exotiques aux couleurs chatoyantes.
Mais la première cause de menace d'extinction reste la disparition des milieux naturels. La pression humaine, entre augmentation de la population et hausse du niveau de vie, se fait de plus en plus forte sur les ressources naturelles et les terres de notre planète. Les forêts vierges, c'est-à-dire non plantées ni exploitées par l'homme, sont grignotées chaque jour un peu plus, dans les zones équatoriales mais aussi dans les zones tempérées. Avec elles disparaissent en silence de très nombreuses espèces vivantes, dont beaucoup d'insectes. Dans les campagnes cultivées, l'utilisation massive de pesticides chimiques de synthèse provoque également un net recul de la biodiversité des insectes, y compris d'espèces autrefois très communes et devenues rares.
Le réchauffement climatique représente également une menace. Des populations d'apollons, un papillon de montagne, se sont éteintes dans le Massif central parce que la plante nourricière de la chenille, liée à des conditions climatiques particulières, a disparu à cause de l'élévation de la température moyenne. En haute montagne, ces plantes montent en altitude, mais elles ont fini par disparaître même des sommets du Massif central aux altitudes pourtant modestes.

Apollon

153 Y a-t-il des insectes protégés ?

Face aux menaces qui se précisent contre les insectes, quelques mesures réglementaires ont été prises pour protéger quelques espèces. Ces mesures sont parfois internationales, comme la convention de Washington, qui interdit ou limite sévèrement le commerce mondial de certaines espèces vivantes très menacées, comme certains papillons exotiques, ou la convention de Berne qui ne concerne que l'Europe. Elles sont souvent nationales, chaque pays édictant des lois particulières en fonction de sa situation et de la sensibilité de sa population à la protection concrète de la nature.

En France, le premier décret protégeant des insectes est paru en 1979. La liste des espèces a été allongée en 1993. Actuellement, 10 espèces d'Odonates, une sous-espèce et deux espèces d'Orthoptères, trois sous-espèces, sept espèces et trois genres complets de Coléoptères ainsi que 35 espèces de Lépidoptères sont protégés sur le territoire de la France métropolitaine, trois espèces de Lépidoptères à La Réunion et une espèce de Coléoptère à la Guadeloupe. Il existe également une liste des insectes protégés en Île-de-France.

Le plus connu des ces insectes protégés en France est certainement le pique-prune, une cétoine vivant dans les troncs cariés des vieux arbres feuillus. Par sa seule présence dans un bois que devait détruire le passage d'une autoroute, il a réussi à bloquer le chantier durant plusieurs années.

154 Les entomologistes sont-ils responsables de la disparition des insectes ?

L'image traditionnelle de l'entomologiste dans le public est celui d'un monsieur d'un certain âge, bien habillé et plutôt dans la lune, qui a la manie de courir après tout ce qui vole avec son filet à papillons pour piquer ses prises au fond de son carton. Ces prélèvements peuvent-ils mettre en danger les populations d'insectes ? Un simple calcul montre qu'il n'en est rien en général. Le Muséum d'histoire naturelle de Paris, qui rassemble plus de deux siècles de prélèvements des principaux entomologistes amateurs et professionnels de notre pays, possède dans ses cartons tout au plus quelques dizaines de millions d'individus représentant quelques centaines de milliers d'espèces. La démographie des insectes est telle que cela ne représente qu'une infime partie des insectes qui peuvent vivre au moment présent. Un seul chou dans un jardin peut abriter 50 chenilles de piéride du chou. Il y a 13 millions de jardins dans notre pays. Si chacun abrite en moyenne 50 chenilles de pié-

La technique de chasse au filet n'a pas changé depuis le XVIIIe siècle

rides, rien que dans les 13 millions de jardins français la population de ce papillon peut être estimée à 800 millions de chenilles. En revanche, des prélèvements abusifs en vue de collection sur de faibles populations d'insectes spectaculaires, donc recherchés et de bonne valeur marchande, ont pu conduire à leur extinction. Mais cela ne concerne que quelques lieux et quelques espèces.

155 Est-il encore nécessaire à notre époque de faire des collections d'insectes ?

Contrairement aux vertébrés, les insectes ne peuvent en général pas être identifiés à vue avec précision. Il faut au mieux les manipuler pour observer des détails à la loupe. Le plus souvent, il est nécessaire de prélever des échantillons pour les mettre en collection et pouvoir les observer à la loupe binoculaire, ou extraire leurs organes génitaux pour en observer les détails.

Qui a jeté un jour un œil sur une clé de détermination d'un groupe d'insectes sait que les formes, les couleurs, les dessins, bref l'apparence extérieure, sont trompeurs et que les critères de détermination les plus certains seront la présence ou non d'une épine particulière sur une patte, la grandeur relative d'un organe par rapport à un autre, la forme d'une pièce des organes génitaux. Une détermination correcte demande le plus souvent un travail important en laboratoire et n'est pas possible sur le terrain.

Les collections d'insectes à but scientifique demeurent indispensables pour une bonne connaissance des espèces et de leur répartition. Il n'en

est pas de même, étant donné l'état lamentable de la biodiversité dans le monde, des collections à but esthétique, suscitant malheureusement un commerce fructueux, ou pire des spéculations financières sur la rareté, voire la disparition de certaines espèces.

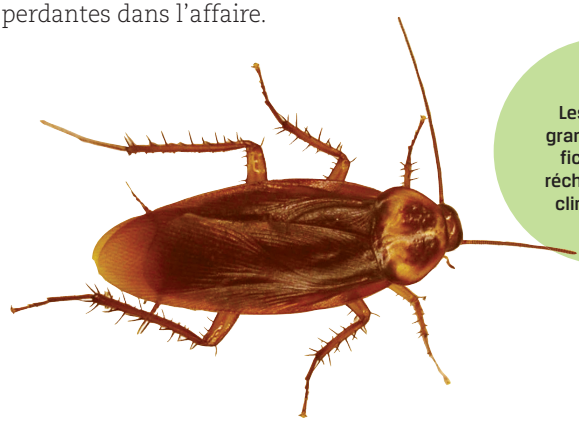
156 La politique de protection des insectes est-elle réellement efficace ?

114 espèces, pour certaines liées à des milieux très particuliers (tourbières, grottes…), sont protégées en France métropolitaine, pour 35 000 à 40 000 espèces présentes, soit 0,3 %. Autant dire rien du tout. Si ces 114 espèces survivent et que les 34 900 autres disparaissent, leur protection pourrait-elle être considérée comme efficace ? Ce ne sont pas quelques espèces en particulier qu'il faut protéger, mais les insectes en général. Le point fort de la loi est de permettre de s'appuyer sur la présence d'espèces protégées pour demander la protection d'un milieu (arrêté de biotope par exemple, ou mise en réserve naturelle). Les spécialistes les appellent des « espèces-parapluies » : elles font bénéficier de leur statut de protection toutes les autres espèces, faune et flore confondues, qui vivent dans le même milieu. Son point faible est de ne pas concerner les activités agricoles et sylvicoles, les principales responsables de la disparition des insectes dans nos régions. Si demain les campagnes, bois et forêts de notre pays sont vidés de leur biodiversité, comme nous en prenons le chemin, les réserves naturelles et autres zones protégées devenues de minuscules îles dispersées dans ce désert auront bien du mal à ne pas s'appauvrir elles-mêmes.

157 Comment les insectes réagissent-ils au réchauffement climatique ?

Les insectes ne se répartissent pas au hasard sur notre globe. Chaque espèce occupe une aire de répartition en fonction de ses exigences écologiques : température et humidité bien sûr, mais aussi présence des plantes-hôtes ou des proies, absence de compétition avec des espèces plus dynamiques, isolement par une barrière physique (mer, haute montagne, désert…). Le réchauffement climatique, en modifiant un des paramètres de cette répartition, a des effets variables selon l'importance de ce paramètre. Certains insectes sont dits cosmopolites, c'est-à-dire qu'ils se trouvent presque partout sur le globe. Ils ont généralement bénéficié pour se répandre des transports et du commerce humains et vivent à proximité de l'homme. C'est le cas des différentes blattes vivant dans les immeubles de toutes les grandes villes du monde. Ces espèces

seront favorisées par le réchauffement climatique, car dans les régions aujourd'hui froides elles pourront aussi survivre dans la nature et pas seulement dans les bâtiments chauffés.
Beaucoup d'espèces dépendent d'une plante, ou d'une proie dépendant d'une plante. Ces espèces suivront le déplacement de cette plante ou de cette proie. Elles remonteront plus au nord, ou plus haut en altitude, et leur cortège d'ennemis naturels les suivront. La situation est favorable pour les espèces aimant la chaleur, qui voient de nouveaux espaces s'ouvrir devant elles. Elle est défavorable pour les espèces liées à un climat froid, car les zones de refuge s'amenuiseront au fil du temps. De plus, la fragmentation des milieux naturels par de larges zones de culture intensive, par des agglomérations plus ou moins interconnectées, crée des barrières artificielles qui pourront être difficiles à franchir. Certaines espèces pourront s'éteindre faute d'avoir pu se réfugier plus au nord.
Il est certain que nous verrons apparaître en France de nouvelles espèces d'insectes dans les années à venir. Par exemple, l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) a remarqué que depuis 20 ans, une espèce nouvelle de puceron apparaissait chaque année en moyenne dans notre pays, en provenance des régions plus méridionales. De nouveaux ravageurs vont arriver, et il faudra peut-être modifier nos méthodes de jardinage qui ne seront plus forcément adaptées à la nouvelle situation climatique qui s'installera. Certains spécialistes prédisent que le réchauffement climatique tarira le Gulf Stream, ce courant chaud qui permet à l'Europe occidentale d'avoir des hivers si doux. S'ils ont raison, le réchauffement climatique général se traduira au final par un refroidissement local en Europe de l'Ouest, et ce seront les espèces du nord qui descendront vers le sud, alors que les espèces avides de chaleur seront chassées dans le Midi. Conclusion : le réchauffement climatique aura des répercussions sur les insectes, mais bien malin qui peut prédire avec certitude quelles espèces seront gagnantes et quelles espèces seront perdantes dans l'affaire.



Les blattes, grandes bénéficiaires du réchauffement climatique ?

158 Les insectes risquent-ils de tous disparaître à cause de l'homme ?

Les insectes sont bien trop nombreux, avec des espèces adaptées à des conditions de vie bien trop extrêmes, pour que l'homme puisse imaginer les exterminer tous par son action sur la biosphère. Même une guerre nucléaire généralisée, fatale à l'homme, épargnerait de très nombreux insectes qui résisteraient aux radiations.

La disparition actuelle des insectes est inquiétante parce qu'elle montre que l'homme est en train de détruire à grande allure la niche écologique dans laquelle il est apparu et qui, seule, lui permet de vivre sur cette planète. L'anthropologue Claude Lévi-Strauss faisait remarquer que les vers de farine, quand ils deviennent trop nombreux dans un bocal d'élevage, émettent une toxine qui les tue tous bien avant que la ressource alimentaire ne soit épuisée, et que l'humanité actuelle se comportait un peu comme ces insectes. Elle souille et empoisonne son environnement et elle risque de disparaître en supprimant les conditions nécessaires à la vie de l'homme bien avant que les conditions nécessaires à la vie en général, et notamment aux insectes, ne soient supprimées.

Le carabe d'Olympie (*Carabus olympiae*), endémique du sud des Alpes et menacé d'extinction

Les insectes avec l'homme

159 Combien y a-t-il d'insectes domestiqués ?

Deux insectes peuvent prétendre au titre d'insectes domestiqués, puisqu'ils sont élevés afin de produire des biens nécessaires à l'alimentation ou à l'industrie de l'homme : l'abeille à miel et le ver à soie.

L'abeille est exploitée depuis la Préhistoire pour son miel, l'un des rares produits très sucrés facilement disponible dans la nature. Et Dieu sait si les hommes raffolent du sucre ! Plus tard la cire des rayons a servi à s'éclairer, à écrire sur des tablettes, à rendre les tissus imperméables, à fabriquer des cosmétiques ou des produits d'entretien. Dès l'Antiquité égyptienne, les abeilles étaient logées dans des ruches, c'est-à-dire des nids artificiels. L'apiculture s'est répandue dans le monde entier et s'est sans cesse perfectionnée au cours des siècles pour aboutir aux ruches à cadres et à hausses amovibles modernes.

Le ver à soie est une chenille mangeant les feuilles du mûrier, qui tisse un cocon comme de nombreux autres papillons de nuit au moment de se transformer en chrysalide, pour protéger cette dernière. Plusieurs siècles avant notre ère, les Chinois avaient trouvé le moyen de dérouler l'unique et mince fil qui compose le cocon, d'en agglomérer plusieurs en un fil plus épais et plus solide, et de tisser une étoffe de luxe, la soie. L'élevage du ver à soie s'est également perfectionné au fil des siècles et s'est répandu jusqu'en Europe.

Pris au sens large, un animal domestique est élevé par l'homme pour en tirer une ressource quelconque. Abeille et ver à soie peuvent tous deux être considérés comme des animaux domestiques. Pris au sens étroit, un animal domestique est une race si modifiée par l'élevage qu'elle dépend entièrement de l'homme et ne pourrait plus vivre à l'état sauvage, comme les vaches laitières aux pis surdimensionnés, par exemple. Dans ce sens étroit, seul le ver à soie est concerné : la sélection a permis d'obtenir un fil de soie si solide que le papillon ne peut plus sortir du cocon sans l'aide de l'homme. L'abeille, par contre, peut vivre à l'état sauvage et s'en porte mieux qu'à l'état domestique. L'homme ne lui prélève plus, en effet, une partie de sa récolte.

160 À quand remonte la domestication du ver à soie ?

En Chine, sa patrie d'origine, l'élevage du ver à soie, ou plus exactement son éducation, si l'on traduit littéralement le terme employé par les Chinois, remonterait selon les historiens et les chroniqueurs à un peu moins de 5 000 ans, c'est-à-dire à l'époque des premières pyramides d'Égypte. La légende veut que ce soit l'impératrice Si-Lin-Shi, épouse de l'empereur Hoang-Ti ayant vécu vers 2 600 ans avant J.-C. qui, la première, aurait trouvé le moyen de dévider le cocon du ver à soie et d'en tisser les fils. Ce couple impérial étant légendaire, il s'agit d'un mythe et non de faits historiques, qui montre que les débuts de l'élevage du ver à soie se perd dans la nuit des temps.

La réalité nous échappe, mais nous savons que très tôt, la soie, tissu de luxe, a fait l'objet d'un commerce prospère avec l'Inde et les pays d'Asie occidentale. Elle est parvenue en Europe dès l'Antiquité. Pour sauvegarder le monopole de cette source de revenus si importante, les autorités chinoises ont classé l'industrie de la soie « Secret Défense ». En effet, toute personne qui révèlerait à un étranger les techniques d'élevage des vers et de fabrication de la soie était passible de la peine de mort.

Ver à soie

161 Comment le ver à soie est-il arrivé en Europe ?

Le secret le mieux gardé du monde finit toujours par être éventé quand il est partagé par des millions de personnes, comme l'était celui de la production de la soie. Le Japon, puis la Perse sont parvenus à percer le secret, mais se sont bien gardés de le révéler pour profiter également des bénéfices procurés par ce commerce fructueux.

Vers 550 de notre ère, deux moines byzantins du Mont Athos en Grèce ramenèrent, selon la légende, au péril de leur vie des œufs de ver à soie ainsi que des graines de mûrier. Ils les avaient cachés dans le manche creux de leur bâton. L'empire byzantin se met alors à produire de la soie et la technique se répand peu à peu autour de la Méditerranée. Les Arabes la diffusent dès le VII^e^ siècle dans leur vaste empire. L'élevage du ver à soie va s'implanter en Espagne puis en Sicile dans les siècles suivants, à la faveur de l'expansion arabe.

La reconquête chrétienne permet une diffusion vers le nord de l'Europe, tout d'abord en Lombardie, puis en France à partir du XIII^e^ siècle. Mais cette production reste très marginale. Henri IV, sur les conseils de l'agronome Olivier de Serres, la favorise, puis Colbert à l'époque de Louis XIV. La production ne cessa alors de croître jusqu'au milieu du XIX^e^ siècle, pour atteindre 26 000 tonnes de cocons en 1853. Ensuite, à cause des maladies, de la concurrence des pays asiatiques au coût de la main-d'œuvre beaucoup plus bas, puis des fibres synthétiques, cette production a presque disparu.

La chenille de l'*Attacus atlas* produit aussi de la soie

162 Existe-t-il réellement des puces savantes ?

À la fin du XIXe siècle et au début du XXe siècle, avant la généralisation du cinéma, de la radio et de la télévision qui ont apporté les divertissements au sein de chaque foyer, il existait de nombreux spectacles forains destinés à occuper les loisirs du public. L'inventivité était très grande en ce domaine, la femme à barbe et le pétomane sont restés des exemples vivants dans la mémoire collective.

Un forain plus imaginatif que les autres et peut-être ne disposant pas de capitaux lui permettant de gros investissements, a présenté au public un cirque de puces savantes en se présentant comme leur dresseur, exagération commerciale évidente pour l'entomologiste. En effet, l'adjectif « savantes » sous-entend que les puces apprenaient quelque chose, alors que le soi-disant dresseur se contentait de canaliser leur énergie naturelle. Ces insectes, à une époque d'hygiène corporelle encore approximative, étaient faciles à se procurer. Le « dresseur » avait fabriqué avec de fins fils de fer de petits véhicules munis de roues, auxquels il attelait une ou plusieurs puces à l'aide d'un fil d'argent terminé par un nœud coulant enserrant leur corps. Certaines, collées sur le dos et détendant sans cesse leurs pattes pour essayer de se remettre dans une meilleure position, jonglaient avec de petites boules de sureau. Le succès fut immédiat et l'inventeur du dressage des puces vite copié. Les cirques de puces ont disparu après la première guerre mondiale pour les raisons évoquées plus haut mais la puce savante a tout de même survécu dans la mémoire collective.

163 Les insectes représentent-ils une ressource alimentaire intéressante pour l'homme ?

Manger des insectes est inconcevable pour un Français. Il n'éprouve aucun dégoût à déguster un plat d'escargots, mais manger des insectes est absolument étranger à sa culture culinaire, attitude largement partagée dans le monde européen au sens large, c'est-à-dire y compris les colonies de peuplements d'Amérique, d'Australie et d'ailleurs.

Dans de nombreuses régions du monde, les insectes font partie du menu normal, pour ne pas dire quotidien, des peuples autochtones. Les Mexicains des zones désertiques du nord aiment déguster les fourmis à miel, individus se gavant de nectar sucré pour se transformer en outres de stockage des réserves de la fourmilière. À l'autre bout du monde, en Australie, les Aborigènes consomment également des fourmis à miel et bien d'autres insectes. Sur les marchés africains, il n'est pas rare de trouver à vendre de pleins paniers de chenilles grillées, friandise très

appréciée des acheteurs. Les plus insectivores des humains sont probablement les Chinois. Il existe à Canton, la capitale de la gastronomie chinoise, des restaurants de luxe spécialisés dans les mets originaux qui mettent de nombreux insectes sur leurs cartes, chenilles, larves de grillons et de Coléoptères notamment. L'Europe elle-même, dans l'Antiquité, ne dédaignait pas de manger des insectes. Les Grecs de l'époque classique dégustaient les larves de cigale, alors que les riches Romains du temps de Pline se délectaient des grosses larves vivant dans le bois.

Brochettes de larves de cigale dans un restaurant chinois

Ce petit tour d'horizon montre que les insectes représentent déjà une source de protéines largement exploitée par de nombreux peuples sur notre planète. La facilité d'élevage de certaines espèces comme les grillons, se nourrissant de nos déchets végétaux, dont la chair est délicieuse et très nourrissante, nous conduira peut-être un jour, face à la réduction des ressources alimentaires de notre planète, à mettre aussi des insectes à notre menu en Europe…

164 Quels médicaments tire-t-on des insectes ?

Bien que beaucoup moins utilisés que les plantes, les insectes font partie de la boîte à pharmacie des hommes depuis la nuit des temps. En Europe, dès l'Antiquité, la cantharide vésicatoire, un Coléoptère se nourrissant des feuilles de frêne et de lilas, est employée, réduite en poudre, en emplâtre pour atténuer les douleurs ou pour traiter les affections respiratoires aiguës. Le venin d'abeille servait à soulager certaines formes de rhumatisme.

Le déferlement des médicaments chimiques à partir de la fin du XIX^{e} siècle a semblé reléguer les insectes aux oubliettes de la pharmacopée. Or, depuis quelques années les laboratoires pharmaceutiques s'intéressent de nouveau à eux.

Les cantharides, gravure sur bois du XVI^{e} siècle

Véritables usines à molécules complexes, ils apparaissent comme des réservoirs de produits à tester.
Plutôt que de considérer les insectes comme des sources de matière première, les pharmaciens préfèrent étudier l'action des venins, sécrétions et autres enzymes produits par leurs nombreuses glandes pour détecter des familles de molécules à effets intéressants, puis tenter de les synthétiser ensuite pour parvenir à une production industrialisée.

165 Pourquoi utilise-t-on des asticots pour guérir certaines plaies ?

Ambroise Paré le premier, au XVI^e siècle, avait remarqué la guérison spectaculaire et rapide de la plaie ouverte du crâne d'un soldat dans laquelle des asticots avaient pénétré et s'étaient développés. En 1803 Larrey, médecin militaire dans les armées de Bonaparte, fait des observations analogues. Il sera le premier à signaler un peu plus tard l'action cicatrisante des larves de mouche sur les plaies. Durant la première guerre mondiale, les asticots sont de nouveau utilisés de façon empirique pour nettoyer de vilaines plaies infectées et leur permettre de cicatriser rapidement. L'étude scientifique du phénomène a montré que l'action des asticots était double. Tout d'abord, ils consomment pour se nourrir les chairs putréfiées en respectant les tissus sains. Ce sont donc d'excellents nettoyeurs des plaies, à l'action indolore. D'autre part, leur salive contient des enzymes tuant les bactéries. Ils ont donc en complément une action antiseptique, qui évite la reprise de l'infection après leur départ. Toutes les espèces d'asticots ne conviennent pas pour guérir les plaies. Certaines espèces consommant également les tissus sains aggravent la blessure au lieu de la guérir.
La découverte des antibiotiques entre les deux guerres a fait tomber dans l'oubli l'asticot à usage médical. Il est revenu sous les feux de l'actualité à la fin du XX^e siècle, à cause de l'apparition de micro-organismes infestant les plaies dans les hôpitaux et résistant aux antibiotiques. Les asticots permettent de traiter le problème sans avoir recours à la chirurgie.

166 La science de la génétique aurait-elle pu se développer sans la drosophile ?

Appelée également mouche du vinaigre, la drosophile est un moucheron qui se trouve partout où se trouvent des matières végétales ou animales en voie de fermentation, notamment dans les celliers où sont stockées des barriques de vin ou de vinaigre, d'où son nom commun.

Au début du xx^{e} siècle, l'Américain Thomas H. Morgan a redécouvert les lois de la génétique de Mendel. Il a également compris que les caractères exprimés lors du développement d'un être vivant se trouvent codés sur des filaments logés dans le noyau des cellules, les chromosomes. Pour continuer ses recherches, il avait besoin d'un être vivant se développant très vite, avec plusieurs générations annuelles, afin de voir rapidement les résultats des croisements. La mouche du vinaigre répond à ce critère : facile à nourrir avec des produits peu chers et se trouvant partout, une génération de l'œuf à l'œuf peut être bouclée en 10 jours à 24 °.

Cerise sur le gâteau, l'élevage en masse des drosophiles a permis de voir apparaître rapidement de nombreuses mutations portant sur divers caractères, matériaux de choix pour la recherche. Puis les chercheurs se sont aperçus que leur salive contenait des cellules aux chromosomes géants, facilitant leur étude au microscope et le repérage des gènes, c'est-à-dire des morceaux de chromosome codant un caractère précis.

La science de la génétique aurait certainement pu se développer sans la drosophile, car l'unité du vivant aurait permis de faire les mêmes découvertes sur n'importe quelle autre espèce mais elle se serait probablement développée moins vite.

167 Les guêpes ont-elles inventé la pâte à papier ?

Les guêpes sociales, auxquelles appartient le frelon, bâtissent des nids de papier, certains disent de carton. Une ouvrière s'occupant de la construction du nid va racler la surface d'un morceau de bois mort pour en arracher de petites particules. Elle confectionne une petite boulette en imbibant de salive cette sciure, boulette qu'elle applique sur le bord de la partie à agrandir. Puis elle l'étire avec ses mandibules servant de truelle. Réaumur, dès 1719, a décrit en détail comment les guêpes fabriquaient le papier de leur nid. En voyant les ouvrières racler ses vieux volets de bois à cet usage, son esprit pratique vit tout de

Nid de papier de guêpes polistes

suite l'application qu'il était possible d'en tirer. À son époque, le papier se fabriquait avec les vieux chiffons de chanvre broyés. La ressource étant limitée, le papier était cher. Le bois, lui, est abondant partout. Il en conclut qu'il était possible de fabriquer du papier avec du bois pour un coût nettement inférieur au papier de chiffon.
Ce n'est qu'en 1840 que l'Allemand Friedrich Gottlob Keller dépose un brevet pour la fabrication mécanique de pâte à papier au moyen d'un défibreur manuel mais la qualité est très médiocre. Son compatriote Heinrich Voelter lui rachète le procédé, le perfectionne et l'industrialise. Lui-même et son associé, Johann Matthäus Voith, présentent lors de l'Exposition universelle de Paris de 1867 une installation complètement mécanisée de fabrication de pâte à papier à partir de bois trituré. Le papier moderne était né.
Notons au passage que les Chinois fabriquaient depuis plusieurs siècles du papier à base de fibres de bambou, mais le procédé était resté artisanal.

Voir aussi la question 3

168 Pourquoi si peu d'insectes ont-il des noms populaires ?

Mouche, moustique, cousin, sauterelle, criquet, grillon, punaise, puceron, puce, pou, papillon, chenille, guêpe, abeille, perce-oreille, bousier, cigale… une trentaine de noms communs tout au plus servaient à désigner les insectes dans la langue populaire d'autrefois. Libellule, scarabée, éphémères, etc. sont des formations savantes relativement récentes, bien que passées depuis longtemps dans le langage courant. Les espèces bénéficiant de ces noms sont, soit des espèces remarquables par leur taille ou leur aspect, soit des espèces utiles ou nuisibles, c'est-à-dire intervenant dans le quotidien du paysan. N'oublions pas que lorsque le français s'est formé, au début du Moyen Âge, la société était à plus de 95 % rurale.
Cet état de chose reflète non pas l'indifférence de nos ancêtres pour les insectes, mais le peu d'importance pratique qu'avait pour eux la distinction fine de chaque espèce, ou même des grands groupes d'espèces. Il est vrai que ces « rares noms » pouvaient être précisés par divers qualificatifs. La mouche, par exemple, pouvait se décliner en mouche à merde, la scatophage stercoraire (le nom savant « scatophage » veut dire à peu près la même chose, « mangeuse de merde », mais le grec habille le mot d'un manteau de respectabilité), ou bien en mouche à miel, l'abeille domestique, ou encore en mouche de mai, une éphémère.

169 Les insectes ont-ils souvent inspiré les peintres ?

L'entomologiste qui souhaiterait assouvir sa passion en arpentant les musées aurait beaucoup moins souvent l'occasion de croiser des insectes que dans le coin de nature le plus pauvre. Dans la peinture occidentale, les insectes ont été très rarement une source d'inspiration, malgré leurs formes et leurs coloris parfois extraordinaires.

Le remarquable lucane cerf-volant d'Albrecht Dürer, une gravure sur bois du début du XVI^e^ siècle, est un chef-d'œuvre bien isolé. Les insectes apparaissent plutôt comme éléments de décoration annexes dans une composition mettant en valeur un autre sujet. Ainsi, dans le superbe *Livre d'heures* de la duchesse Anne de Bretagne, enluminé en 1502, diverses plantes sont agrémentées d'insectes inspirés du réel et facilement identifiables, ou bien inventés par l'artiste. Les peintres hollandais du XVII^e^ siècle ont eux aussi peuplé d'insectes et autres invertébrés leurs tableaux de fleurs.

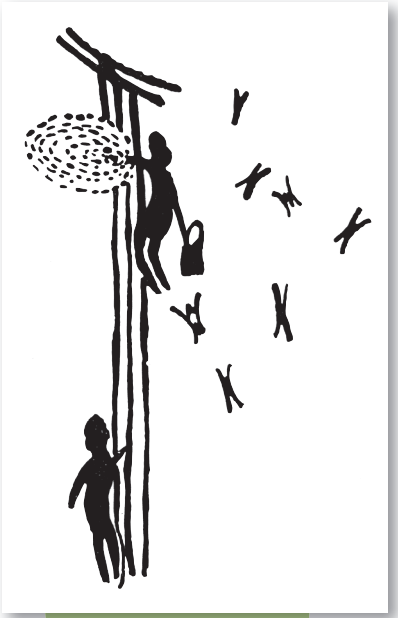
En Extrême-Orient en revanche, les insectes sous toutes leurs formes sont présents dans l'art pictural, qu'il s'agisse de dessins, de peintures sur divers supports ou de broderies. Les premières représentations connues remontent à 2 000 ans au Japon : ce sont des dessins en relief ornant les poteries et les cloches et représentant des libellules, des mantes, etc. En Chine, les premières images d'insectes n'apparaissent qu'au XIII^e^ siècle, pour se diffuser rapidement, aussi bien sur les porcelaines que dans les peintures et les estampes. Les insectes les plus appréciés des artistes sont les papillons, les cigales et les libellules. Mais tous les ordres ou presque sont représentés : les sauterelles, les grillons, les criquets, les mantes, les lucioles, les longicornes, les guêpes, les mouches, etc.

170 À quand remonte la plus ancienne figuration d'un insecte par l'homme ?

Dans la province de Valence, en Espagne, la caverne de la Araña (de l'araignée) abrite une peinture rupestre datée de 7 à 8 000 ans représentant deux « cueilleurs de miel ». Un homme est au pied d'un tronc et semble surveiller son compagnon grimpé en haut d'un arbre avec un panier, et prenant à pleine main les rayons de miel d'un essaim d'abeilles sauvages. Autour de lui volètent une demi-douzaine d'abeilles très grossièrement figurées. Seul le contexte général permet de comprendre qu'il s'agit d'abeilles, et même d'animaux. Les figurations font plutôt penser à des lettres, H, X et Y.

Dans la caverne d'Enlène en Ariège, une sauterelle a été gravée à l'époque magdalénienne, il y a environ 20 000 ans, sur un fragment d'os de bison. L'artiste préhistorique n'a figuré que les deux paires de pattes antérieures, mais l'insecte est bien reconnaissable à l'ovipositeur, organe de ponte en forme de sabre qui signale que le modèle était une femelle.

La grotte Chauvet, en Ardèche, découverte en 1994, offre sur ses parois de superbes peintures rupestres représentant de nombreux animaux, essentiellement des mammifères mais se remarquent aussi deux dessins figurant pour l'un un papillon, et pour l'autre un animal bizarre, un mille-pattes selon les uns, une fourmi selon les autres. Datant de 32 000 ans environ, ce sont à ce jour les plus anciennes figurations connues d'insectes réalisées par l'homme.



Dessin de la peinture de la grotte de la Araña

171 Pourquoi les anciens Égyptiens avaient-ils divinisé le scarabée rouleur de pilules de bouse ?

Le scarabée sacré est un bousier qui confectionne une pilule de crottin. Il roule ensuite à reculons pour l'enterrer dans un coin tranquille. Soit il s'en nourrira, soit il s'en servira pour élever ses larves. Ce gros

insecte ne peut pas passer inaperçu et son comportement remarquable avait déjà frappé les anciens Égyptiens. Ils ont très vite assimilé la boule de bouse au disque solaire, une sphère parfaite tirée de la matière informe, et déifié le scarabée. C'est pourquoi, quand Carl von Linné lui a donné son nom scientifique au milieu du XVIIIe siècle, il l'a baptisé *Scarabeus sacer*, « scarabée sacré ». Le scarabée est associé à plusieurs dieux de la mythologie égyptienne, ainsi qu'à divers mythes. Mais ses avatars les plus célèbres sont le dieu-scarabée Khépri et son épouse la déesse Iousaas. Ils sont souvent figurés avec un scarabée sur la tête ou à la place de la tête. Khépri apparaissait dans la religion, aux époques reculées, comme un dieu primordial créateur de lui-même et créateur de l'univers. Ce fut un dieu important du panthéon égyptien, puisque sur la stèle du sphinx de Gizeh, le pharaon se qualifie de « fils de Khépri ».

Reproduction moderne d'une amulette égyptienne en forme de scarabée sacré

La popularité du scarabée sacré dans l'Égypte préchrétienne et préislamique peut se mesurer aux nombreuses représentations peintes ou sculptées de l'insecte lui-même ou des dieux qui le représentent, ainsi qu'aux nombreux objets qui prennent sa forme. Aujourd'hui encore, les copies modernes de ses représentations antiques sont l'un des souvenirs les plus vendus par les innombrables échoppes destinées aux touristes.

172 Les insectes ont-ils souvent inspiré les écrivains ?

Comme les peintres, les écrivains n'ont pas souvent puisé leur inspiration parmi le petit peuple des insectes. Très peu d'œuvres romanesques ont un (ou des) insecte(s) pour protagonistes principaux. La plus connue de ces œuvres de fiction entomologique est certainement *La Métamorphose* de Kafka, livre oppressant racontant la lente transformation du héros en cafard. Plus récemment en France, Bernard Werber a signé un best-seller avec sa trilogie des *Fourmis*.

Par contre, les insectes ont largement inspiré les fabulistes, d'Ésope à La Fontaine. Celui-ci les a mis en scène dans plusieurs de ses fables, certaines parmi les plus connues, comme *La Cigale et la Fourmi* (la première fable du premier livre) ; *Le Coche et la Mouche* ; *Les Frelons et les Mouches à miel* ; *L'Aigle et l'Escarbot* ; *La Colombe et la Fourmi* (on a toujours besoin d'un plus petit que soi) ; *La Mouche et la Fourmi* ; *L'Homme et la Puce* ; *Le Renard, les Mouches et le Hérisson*.

Le célèbre entomologiste Jean-Henri Fabre a écrit 10 volumes de *Souvenirs entomologiques* dans lesquels il décrit ses nombreuses recherches sur les mœurs des insectes. Mais il l'a fait dans un style si vivant et si agréable à lire, évitant soigneusement tout jargon scientifique, qu'il rencontra immédiatement un grand succès dans le public. Victor Hugo l'a qualifié de « Virgile des insectes ». Il fut pressenti pour recevoir le prix Nobel de littérature en 1911. Son compatriote provençal Frédéric Mistral ayant déjà obtenu le prix en 1903, le jury lui préféra l'écrivain belge Maurice Maeterlinck, auteur d'une trilogie sur *Les Abeilles* ; *Les Fourmis* ; *Les Termites*.

Voir aussi la question 4

173 La fable de La Fontaine *La Cigale et la Fourmi* reflète-t-elle la réalité ?

Dans la fable, qui remonte au Grec Ésope – il aurait vécu vers l'an 600 avant Jésus-Christ – la fourmi travailleuse représente le modèle à suivre et la cigale passe pour une artiste oisive qui a bien mérité son sort. C'est bien entendu une transposition anthropomorphique, chaque insecte jouant un rôle qui renvoie à des comportements humains, et non aux mœurs réelles des insectes. Si La Fontaine a choisi la fourmi

Dans cette gravure du XVe siècle illustrant la fable d'Ésope, la cigale est figurée sous les traits d'un grillon

comme héroïne positive, c'est parce que cet insecte est toujours vu en train de s'affairer, semblant ne jamais perdre son temps à faire autre chose que travailler, et qu'il accumule des réserves dans son nid pour passer au mieux la mauvaise saison. La cigale doit son rôle d'artiste dissipé à son chant incessant qui retentit tout l'été. Mais cette apparente oisiveté ne correspond à rien dans la vie de la cigale. Elle chante en même temps qu'elle pompe la sève des arbres pour se nourrir et n'a pas besoin d'accumuler des réserves pour l'hiver. En effet, l'adulte meurt à la fin de l'été après s'être reproduit et les jeunes larves de la génération suivante passent l'hiver bien à l'abri sous terre, sans aucun besoin de l'aide des fourmis ! Quant à la fourmi travailleuse, les études modernes ont sacrément écorné sa réputation. Elles ont montré qu'un individu pouvait passer jusqu'à 40 % de son temps à ne rien faire. Ésope a mal choisi son héroïne…

174 Les insectes ont-ils souvent inspiré les cinéastes ?

Vus en gros plan, la plupart des insectes sont de véritables monstres et ils ont une « gueule » qui a bien plus inspiré les cinéastes que les peintres ou les écrivains. En voici quelques exemples non exhaustifs. Dans *Them!* (*Des monstres attaquent la ville*, 1954) de Gordon Douglas, des fourmis géantes mutantes, suite à des essais nucléaires, menacent d'envahir les États-Unis. Seule l'union des entomologistes et de l'armée en viendra à bout. *The Deadly Mantis* (*La Chose surgit des ténèbres*, 1957) de Nathan Juran est une sorte de King Kong entomologique : une mante géante ramenée à New York par une expédition polaire (Hollywood ne recule devant aucune invraisemblance !) s'échappe et sera finalement détruite au cœur de New York.

Phase IV (*Phase IV*, 1974) de Saul Bass distille la peur subtilement : les fourmis héroïnes du film ont leur taille normale, mais elles s'attaquent aux hommes et finissent par les dominer. Dans la même veine, *Bug-the Hephaestus Plague* (*Les insectes de feu*, 1975) de Jeannot Szwarc est une fable écologique qui met en garde contre les manipulations du vivant qui peuvent se retourner contre l'homme. *The fly* (*La mouche noire*, 1958) de Kurt Neumann et son *remake* en anglais (*La mouche*, 1986) de David Cronenberg s'inspirent de Kafka en décrivant la métamorphose en mouche d'un savant suite à une expérience ratée.

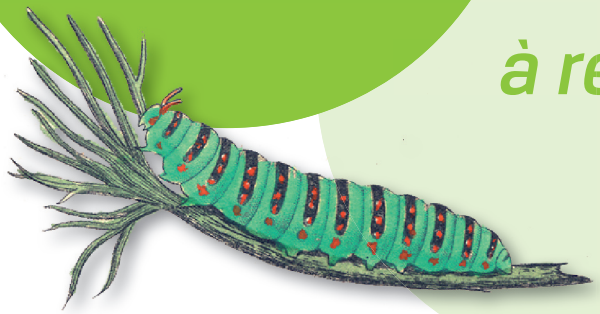
Mais les films les plus populaires présentent les insectes sous un jour bien plus sympathique. Il est vrai qu'ils sont avant tout destinés aux enfants et qu'ils évitent soigneusement les images pouvant faire peur. Walt Disney est le créateur de quelques figures attachantes d'insectes :

Jiminy Cricket, la conscience de Pinocchio, ou Evinrude, la libellule de Bernard et Bianca. *Fourmiz* (1998) de Tim Johnson et Eric Darnell raconte sur fond de guerre avec les termites les états d'âmes et les amours d'une fourmi toute simple. Réplique des studios Disney au précédent film, *A Bug's Life* (*1001 pattes*, 1999) de John Lasseter met en scène une fourmi qui devient l'héroïne de sa colonie en luttant contre les méchantes sauterelles.

Les documentaires sur les insectes sont très nombreux. *Microcosmos : le peuple de l'herbe* (1998) de Claude Nuridsany et Marie Pérennou est à la charnière du film animalier et de l'œuvre de fiction. Sa mise en scène innovante et spectaculaire, donnant à voir les insectes comme jamais auparavant, lui a valu un grand succès auprès du public et plusieurs césars.

L'arrivée du XXIe siècle semble avoir tari l'inspiration entomologique du cinéma mondial. Il n'y a guère que *Le Papillon* (2002) de Philippe Muyl à signaler. Une randonnée à la recherche d'un spécimen rare de papillon dans les Alpes sert de toile de fond à la rencontre entre un vieux monsieur joué par Michel Serrault et une petite fille de huit ans.

Les insectes à records



175 Quel insecte est le plus lourd ?

Nous avons vu à la question 63 que les insectes étaient limités en poids, donc en taille, à cause de la délicate phase de la mue. Durant quelques heures, l'insecte qui vient de muer ne dispose plus d'un squelette externe rigide pour soutenir ses muscles et ses organes. Si ses tissus mous étaient trop lourds, il s'aplatirait sous l'effet de la pesanteur et quand sa peau durcirait par réaction avec l'oxygène de l'air, elle emprisonnerait son corps dans une position déformée l'handicapant gravement. Mais quelle est cette limite supérieure de poids sur laquelle butent les insectes ?

La question est difficile à résoudre car les descriptions traditionnelles des insectes donnent la taille ou l'envergure, mais quasiment jamais le poids. Celui-ci n'est d'ailleurs calculable que sur les individus vivants ou fraîchement tués. Un insecte conservé en collection est séché, donc a perdu une bonne partie de son poids représenté en temps normal par l'eau de son sang et de ses tissus.

L'entomologiste américain Thomas E. Powell a mené une enquête parmi les Coléoptères, qui rassemblent des espèces parmi les plus grosses du monde, munies d'une épaisse carapace de protection qui augmente leur poids. Il est arrivé à la conclusion que le plus lourd des insectes dont

le poids a été enregistré (la réserve est importante pour l'avenir) est le goliath (*Goliathus goliatus*), une cétoine de la forêt équatoriale africaine. Le mâle peut dépasser les 100 g. Le goliath est un vainqueur d'autant plus extraordinaire qu'il est capable de voler !
Les spécialistes n'ont pas été surpris par ce résultat. En effet, ils considèrent que les conditions climatiques constantes qui règnent dans les forêts pluviales des régions chaudes du globe, ainsi que les conditions de vie relativement stables, permettent aux insectes d'aller jusqu'aux limites de leurs capacités, notamment en ce qui concerne la taille et le poids. Mais la performance reste toutefois modeste comparée à celle de la baleine bleue, l'animal le plus lourd ayant jamais vécu sur Terre, plus lourd même que les plus gros dinosaures. Elle peut dépasser 200 t, soit un poids deux millions de fois supérieur à celui du goliath.

Voir aussi la question 63

176 Quel insecte est le plus long ?

La longueur du corps des insectes est également un bon critère de la limite de taille sur laquelle ils butent à cause de leur squelette externe et de leur croissance par mues successives. Ce sont les phasmes, insectes très allongés mimant des brindilles, qui détiennent ce record de longueur depuis plus d'un siècle. Les phasmes ont une particularité : afin de se faire parfaitement passer pour une brindille ou tout au moins dissimuler leur silhouette animale aux yeux des éventuels prédateurs, ils tiennent souvent leurs deux pattes avant accolées et dirigées vers l'avant dans l'alignement du corps. Celui-ci apparaît donc encore plus long qu'il ne l'est réellement.

Phasme, pattes avant étendues

En 1896, l'entomologiste américain William Kirby signala le premier qu'un phasme de la partie malaise de l'île de Bornéo, *Pharnacia serratipes*, détenait le record de longueur chez les insectes avec une longueur du corps de 33 cm. Mesuré pattes étendues, le record de longueur appartenait depuis 1995 à un autre individu de *Pharnacia serratipes* avec 55,5 cm. Mais en 2008, des entomologistes britanniques ont décrit une nouvelle espèce de la même région de Bornéo, *Phobaeticus chani*, qui mesure 35,7 cm pour le corps seul et 56,7 cm pattes étendues.
En s'en tenant à la mesure du corps seul, le plus long insecte connu n'est cependant pas un phasme, mais une libellule. Elle est éteinte depuis bien longtemps, puisqu'elle vivait dans les vastes forêts du Carbonifère, il y a plus de 300 millions d'années. Baptisée *Meganeura monyi*, son corps mesurait 45 cm de long. Elle vivait dans les forêts tropicales et fut trouvée dans les couches de charbon de la région de Commentry dans l'Allier.

177 Quel papillon possède l'envergure la plus grande ?

L'envergure des ailes est un troisième critère pour définir la limite de taille maximale sur laquelle butent les insectes. Parmi les espèces actuelles, ce sont les papillons qui possèdent les ailes les plus grandes. En 1906, l'entomologiste américain Justus Watson Folsom signala le premier qu'une noctuelle sud-américaine, *Thysania agrippina*, possédait l'envergure la plus grande connue à l'époque : entre 27 et 28 cm.
Au fil des années, le débat se porta non pas sur une mise en cause du record, qui reste aujourd'hui attribué à cette espèce, mais à la dimension exacte de la plus grande envergure mesurée. En effet, ces mesures sont faites sur des individus en collection, et non vivants. Selon l'angle que font les ailes avant (les plus longues) avec le corps, cette envergure peut varier de quelques millimètres à longueur d'ailes égales.

Selon Hugo Kons, de l'université de Floride, le record actuel revient à un individu capturé au Brésil et qui atteint 29,8 cm d'envergure. Le plus grand des papillons indigènes européens, le grand paon de nuit (*Saturnia pyri*) fait pâle figure avec sa modeste envergure de 15 cm environ pour les plus grandes femelles. Mais les papillons ne supportent pas la comparaison

Grand paon de nuit

avec la libellule fossile *Meganeura monyi* qui vivait au Carbonifère. Celle-ci affichait en effet 70 cm d'envergure. Elle reste à ce jour le plus grand insecte connu ayant jamais vécu.

178 Quel est le plus petit insecte à l'état adulte ?

Si la limite supérieure de la taille des insectes ne dépasse pas quelques dizaines de centimètres, la limite inférieure est au-delà du visible à l'œil nu. La taille des insectes est déterminée par la croissance des larves avant la dernière mue qui donnera, soit l'adulte, soit la nymphe. Ensuite, il y a remodelage, modifications, entretien des fonctions vitales, voire augmentation du poids mais la croissance est devenue impossible. La taille de l'adulte est donc conditionnée par la taille de la larve âgée, qui elle-même est conditionnée par les ressources alimentaires à sa disposition.

Une chenille dans un arbre dispose d'une quantité illimitée de nourriture. Celle-ci n'est donc pas le facteur limitant de sa croissance. Par contre, les espèces vivant dans un micromilieu particulier, comme la larve de charançon dans une graine, ou la larve de guêpe ou de mouche parasite dans un hôte, peuvent être limitées dans leur croissance par le volume réduit de nourriture disponible. Il n'est donc pas étonnant que les meilleurs candidats pour le record de petite taille se recrutent

parmi les guêpes parasites, en particulier celles dont les larves se développent dans l'œuf d'un autre insecte.
Un autre fait est à prendre en compte : le différentiel de taille entre les sexes. Chez les vertébrés, les mâles sont souvent plus gros que les femelles. Ils assurent souvent une fonction de défense du groupe, ils se combattent pour la conquête des femelles, l'évolution a sélectionné les individus les plus gros et les plus forts. Les insectes connaissent une pression sélective inverse. Les femelles prennent en charge la fabrication des œufs, qui peuvent être très nombreux, éventuellement la construction d'un nid, d'un abri, l'accumulation de provisions, etc. Les mâles, par contre, sauf exception, ne sont programmés que pour s'accoupler et ensuite leur rôle est terminé, ils peuvent disparaître. Ils sont généralement de même taille ou de taille inférieure à celle des femelles.
Ces considérations ont conduit l'entomologiste américain Jerry Gahlhoff à désigner le mâle d'une petite guêpe parasite de la famille des Mymarides, *Dicopomorpha echmepterygis* comme le plus petit insecte du monde actuellement connu. Cette espèce, décrite et étudiée en 1997 par Edward L. Mockford, parasite les œufs minuscules d'un psoque. Il sort une seule femelle d'un œuf parasité, dont la taille est d'environ 0,2 mm, ou 200 µm. Il peut sortir d'un œuf parasité un à trois mâles, dont le plus petit qui ait été mesuré n'atteignait même pas 0,14 mm : 139 µm seulement. Le mâle est sans ailes, aveugle, et meurt aussitôt l'accouplement terminé. La femelle devra fabriquer, faire mûrir ses œufs et partir à la recherche des œufs de psoque dans lesquels elle pondra. C'est pourquoi elle est ailée et plus grande.

179 Quel insecte pond les plus petits œufs ?

Le record de miniaturisation décrit au précédent chapitre concerne les adultes, c'est-à-dire l'insecte à la fin de son développement. Si l'on prend l'autre extrémité du cycle de vie, quelle est la taille du plus petit œuf jamais mesuré chez les insectes, et quelle espèce l'a pondu ? La logique voudrait que ce soit l'espèce la plus petite, donc la guêpe parasite *Dicopomorpha echmepterygis*, ou une espèce proche.
Malheureusement, bien peu d'entomologistes donnent les dimensions précises des œufs des espèces qu'ils décrivent. Et encore faut-il que ces œufs soient connus. Aussi, nous manquons de données pour établir avec certitude ce record. Parmi les espèces pour lesquelles nous disposons de mesures précises des œufs, le record du plus petit œuf revient à une mouche parasite de la famille des Tachinaires, *Zenillia pullata*. Howard Everest Hinton lui attribue 0,027 mm de longueur, soit 27 µm et, 0,02 mm de largeur, soit 20 µm.

180 Quel insecte court le plus vite ?

La marche et la course sont les modes primitifs de déplacement des insectes, puisqu'ils possédaient leurs six pattes bien avant de s'habiller d'ailes qui leur ont ouvert les portes du ciel. Ce mode de déplacement reste important chez la très grande majorité des espèces, même quand elles peuvent voler. Mais il ne s'est perfectionné au point de battre des records que chez quelques espèces qui ont, soit élaboré des stratégies de chasse basées sur leur vitesse à la course, soit au contraire adopté des comportements de fuite au sol les plus rapides possibles.

Parmi les insectes que les scientifiques ont pris le temps de chronométrer, Thomas Merritt de l'université de Floride a établi le classement suivant : la troisième marche du podium revient à la très commune blatte américaine (*Periplaneta americana*), qui a envahi les villes du monde entier au fil des siècles, importée clandestinement par le trafic des marchandises. Elle a été flashée à 1,5 m par seconde sur une distance de 10 cm ce qui, étant donné sa taille, correspond à un sprint sur 50 m pour un athlète humain. Étant donné la petite taille des insectes, les mètres par seconde sont plus significatifs que les kilomètres par heure auxquels nous sommes habitués. Cette blatte court quand même à 5,4 km/h. Cette rapidité à la course permet aux blattes de fuir très rapidement en cas de danger, par exemple quand vous allumez une pièce où elles sont présentes en pleine nuit, puisque ce sont des animaux nocturnes.

La seconde marche du podium revient à une cicindèle australienne, *Cicindela eburneola*. Sa vitesse atteint 1,86 m/s, soit 6,7 km/h. Mais le grand vainqueur est une autre cicindèle australienne, *Cicindela hudsoni*, avec 2,49 m/s soit 9 km/h. Les cicindèles sont des Coléoptères carnivores qui chassent leurs proies habituellement en volant. Elles basent toute leur stratégie sur une approche foudroyante pour ne pas laisser le temps de fuir à leur victime. Ces deux cicindèles vivent dans des régions désertiques d'Australie. Les proies sont rares, il faut donc économiser les ressources. Le vol est efficace mais très coûteux en énergie. La perte des ailes chez ces deux espèces s'est accompagnée d'une pointe de vitesse à la course aussi efficace pour capturer les proies mais moins coûteuse en énergie.

La survie des blattes dépend en partie de leur capacité à fuir rapidement en courant

181 Quel insecte vole le plus vite ?

La mécanique du vol des insectes passionne depuis longtemps les scientifiques, notamment comme modèle possible de machines volantes avant les débuts de l'aviation moderne. Par contre, la mesure de leur vitesse en vol a engendré bien moins de travaux. Le premier Robin John Tylliard, en 1917, a chronométré une libellule de la famille des Æschnes, *Austrophlebia costalis*. Elle descendait une colline à 98 km/h. Mais la pesanteur aidant l'animal dans sa progression, le record n'est pas homologable. En 1953, Brian Hocking a calculé que la vitesse maximale de cette libellule sur un trajet horizontal ne dépassait pas 57,9 km/h.

Les chronométrages ont continué, mais dans des conditions parfois artificielles, rendant difficiles les comparaisons et l'homologation des vitesses annoncées : 53,6 km/h pour un papillon sphinx par R. Demoll en 1918, 53 km/h toujours pour un sphinx par A. Magnan en 1934, qui s'aidait du cinéma, et même 1 317 km/h pour une mouche, *Cephenemyia pratti*, par Charles Townsend en 1927.

Les entomologistes n'ont pas admis sa mesure, mettant en doute qu'il existait à l'époque des instruments capables de la mesurer avec une précision suffisante. En 1938, Irving Langmuir, qui obtint le prix Nobel de chimie en 1932 a calculé qu'à cette vitesse, la pression de l'air sur la boîte crânienne atteindrait plus de deux atmosphères, ce qui serait largement suffisant pour l'écraser. Ses propres mesures ont montré que *C. pratti* atteignait 40 km/h seulement. Même si cette vitesse est un peu sous-évaluée par l'imprécision des instruments de l'époque, elle est certainement beaucoup plus proche de la réalité.

J.H. Byrd, dans un article sur le sujet écrit en 1994, signale qu'à sa connaissance, le record de vitesse mesuré chez un insecte revient au mâle d'une autre mouche, un taon nommé *Hybomitra hinei wrighti*. Son collègue de l'université de Floride Jerry F. Buttler a mesuré, à partir d'images cinématographiques, qu'il est capable d'atteindre 145 km/h sur de très courtes distances quand il poursuit les femelles.

182 Quel insecte bat le plus vite des ailes ?

Le vol des insectes entraîne une énorme dépense d'énergie par les muscles du thorax qui actionnent les ailes. La vitesse et la facilité du vol sont accrues quand l'insecte bat vite des ailes. Mais cette vitesse ne peut s'élever indéfiniment, car elle se heurte à plusieurs limites : quantité d'énergie disponible et consommable à un moment donné, vitesse maximale de contraction des muscles, solidité de l'aile soumise à la résistance de l'air notamment.

Les nervures rigidifiant l'aile, leur dessin destiné à mieux pénétrer dans l'air, l'action des muscles non pas directement sur l'aile mais sur les parois du thorax qui en se déformant font battre les ailes, la contraction réflexe et non plus volontaire des muscles pour s'affranchir de la durée de transmission de l'influx nerveux du cerveau aux muscles sont autant de réponses adaptatives qui ont permis aux insectes, non pas de voler plus vite, mais de voler plus longtemps à dépense d'énergie constante.

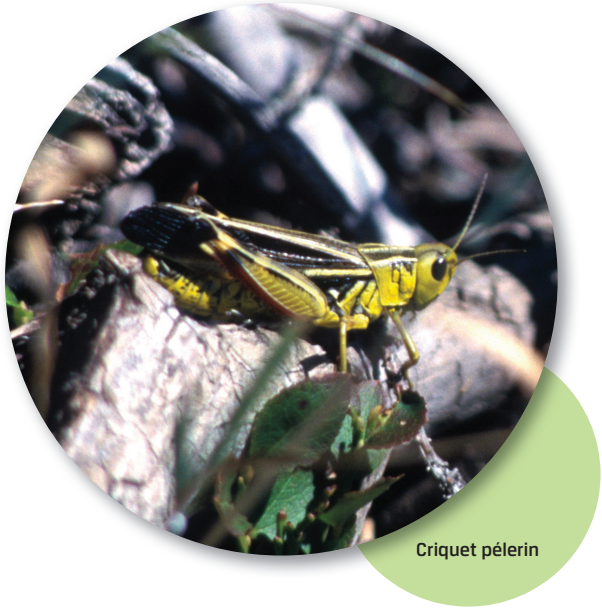
Les moustiques s'annoncent la nuit par un bruit caractéristique, un vrombissement beaucoup plus aigu que celui produit par le vol des mouches ou des abeilles. Plus les ailes battent vite, plus le son est aigu. Ce son n'est pas produit par le mouvement des ailes dans l'air, mais par la vibration des muscles du thorax qui se propage dans l'air. Le moustique bat donc plus vite des ailes que l'abeille. En enregistrant la fréquence du son émis en vol par divers insectes, une entomologiste polonaise, O. Sotavalta, a mis en évidence que les chironomes, de petits Diptères proches des moustiques, battaient 650 à 700 fois des ailes par seconde. Mais le record absolu mesuré par O. Sotavalta appartient à un autre moucheron proche des moustiques, appartenant au genre *Forcipomyia* de la famille des Cératoponides : 1 046 battements par seconde en conditions naturelles. Elle est parvenue à obtenir 2 200 battements par seconde en conditions artificielles, après avoir rogné les ailes pour en diminuer la surface et en conduisant l'expérience à une température de 37 °.

Le thorax des libellules abrite de puissants muscles pour actionner les ailes

183 Quel insecte entreprend la plus longue migration ?

Les insectes entreprennent des migrations pour plusieurs raisons : trouver de nouveaux milieux à coloniser, de la nourriture pour eux-mêmes ou leurs larves, des conditions de température ou d'humidité meilleures que celle de l'endroit où ils se trouvent, etc. Ces migrations peuvent être passives, c'est-à-dire que l'animal est emporté par le vent ou par le courant et se laisse porter vers sa nouvelle destination. Elles peuvent être actives, c'est-à-dire que l'animal se dirige vers un point précis et que son déplacement est orienté. La plupart des insectes ne connaissent qu'une migration dans un seul sens, les individus ou leurs descendants ne revenant pas à leur point de départ. Quelques espèces seulement connaissent des migrations avec retour, à la façon des oiseaux.

Le détenteur du record de longueur de migration est le criquet pélerin (*Schistocerca gregaria*), migrateur passif qui ne revient jamais sur ses « pas ». C'est la faim qui motive ses déplacements. Chassé cycliquement des steppes proches des déserts par la surpopulation, il se déplace en essaims vers des zones plus accueillantes. Il est capable, pour se déplacer plus facilement, de s'élever à 1 000 ou 2 000 m d'altitude en profitant des courants chauds ascendants, pour bénéficier ensuite de courants d'airs d'altitude qui peuvent avoir une direction contraire à celle des vents dominants au niveau du sol.

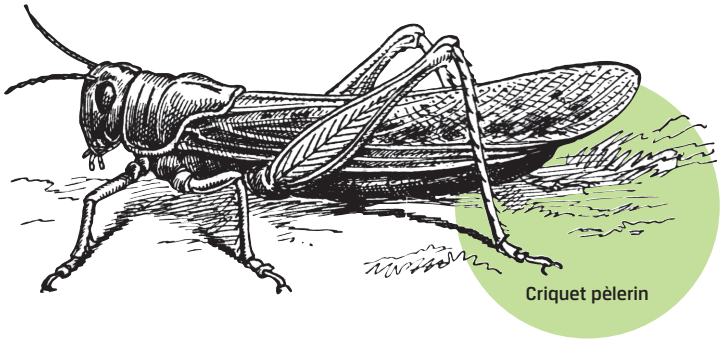


Criquet pélerin

Z. Walloff rapporte qu'en 1950, un essaim de criquets pélerins a été suivi depuis la péninsule arabique jusqu'à la côte atlantique de l'Afrique, en Mauritanie. Le voyage a duré deux mois sur une distance de 5 000 km, avec de nombreuses étapes. De nombreux criquets sont morts durant le voyage, d'autres se sont mêlés au vol et il est impossible d'estimer combien d'insectes ont réellement parcouru cette distance.
En 1988, un vol de criquets de la même espèce a été pris dans un mouvement d'air de basse pression sur la côte occidentale africaine. Ce courant d'air s'est transformé en ouragan et les criquets ont traversé les 4 500 km de l'océan Atlantique en quelques jours pour se retrouver dispersés sur l'île de Sainte-Croix dans les Caraïbes et sur la côte du Surinam et du Guyana en Amérique du Sud.
Si l'on prend le terme de migration dans son sens étroit de voyage répété au fil des générations entre deux régions éloignées, le vainqueur de la compétition est alors le grand monarque (*Danaux plexippus*) d'Amérique du Nord. Un papillon marqué à Highland Creek dans l'Ontario au Canada le 18 septembre 1957 a été retrouvé le 25 janvier 1958 à San Luis Potosí au Mexique, à 3 000 km de son point de départ.

184 Combien de criquets comptait le vol le plus important jamais dénombré ?

Quand un vol de criquets envahit le ciel ou bien s'abat sur des cultures, ils sont innombrables au sens propre du mot : impossibles à dénombrer. Il est toutefois possible de faire des estimations à partir de la méthode de l'échantillonnage : compter les criquets sur une petite surface, calculer la surface totale occupée par les criquets puis, par extrapolation, calculer le nombre approximatif d'individus composant ce vol.
Diverses espèces de criquets se déplacent en masse, mais les plus gros vols observés appartiennent au criquet pélerin (*Schistocerca gregaria*). En 1954, 50 vols de criquets pélerins ayant envahi le Kenya ont été suivis


Criquet pèlerin

et photographiés par avion. Ils recouvraient une surface totale de 1 000 km², soit 100 000 ha et volaient de 1 000 à 1 500 m d'altitude. Le vol le plus important couvrait 200 km², soit 20 000 ha.
L'entomologiste anglais R.C. Rainey a calculé à l'époque qu'un vol compact de criquets migrateurs rassemblait environ 50 millions d'individus par kilomètre carré. Le plus grand vol observé rassemblait donc à lui seul 10 milliards de criquets, soit trois fois la population humaine de la Terre à l'époque. L'ensemble des vols représentait 50 milliards d'individus, pour un poids approximatif de 100 000 t.
Les dégâts causés par le criquet migrateur sont si importants qu'il est très étudié et surveillé. C'est pourquoi nous avons quelques données chiffrées sur l'importance numérique de ses vols. Mais d'autres criquets peuvent également se concentrer en vols immenses, ainsi que des moustiques dans les régions arctiques ou sous les tropiques. Les données chiffrées manquent pour estimer seulement le nombre d'individus les composant. Il y a fort à parier que le record actuellement détenu par le vol kényan de criquets migrateurs est loin de représenter le record absolu en la matière.

185 Quel insecte solitaire est le plus fécond ?

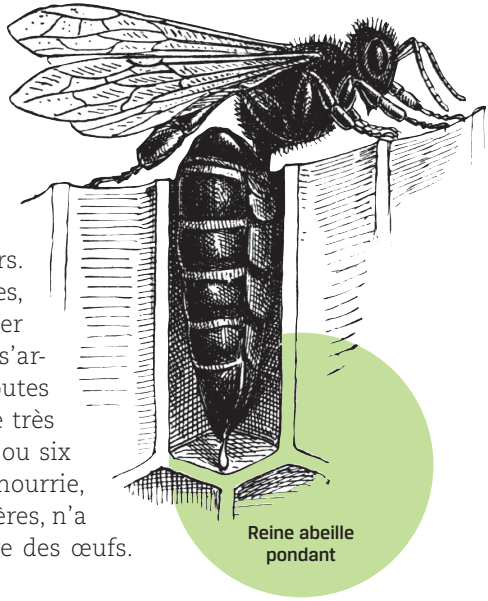
Les milieux naturels non perturbés par l'homme sont en équilibre dynamique. Aucune espèce vivante n'arrive à prendre le dessus sur toutes les autres, des mécanismes de réduction de sa population se mettant en route en cas de pullulation : mort de faim par manque de ressource, augmentation de la prédation, du taux de parasitisme, épidémies dues à une plus grande promiscuité entre les individus facilitant la transmission des microbes, etc. En fait, ces mécanismes de régulation sont à l'œuvre en permanence, ce qui explique pourquoi les pullulations sont rares dans les milieux naturels.
La fécondité des insectes, qui peut se montrer si explosive dans les cultures comme nous en avons vu quelques exemples, est directement en rapport avec les menaces qui pèsent sur l'espèce au cours de sa vie. Un couple de perce-oreilles communs, dont la femelle soigne et protège les œufs et les jeunes larves, n'aura besoin que de quelques dizaines de descendants pour assurer son renouvellement, donc la pérennité de l'espèce. Œufs et jeunes larves risquent en effet très peu la destruction.
Les insectes solitaires les plus féconds sont ceux qui ont adopté un mode de vie durant lequel œufs, larves, nymphes et adultes sont exposés à des facteurs de destruction massive : prédation ou parasitisme importants, conditions strictes de vie ne supportant pas de faibles variations, ou ressource alimentaire limitée ou difficile à trouver.

Par exemple, la mouche tachinaire américaine *Leschenaultia adusta* parasite une chenille vivant sur les saules des marais saumâtres. Alors que la plupart des tachinaires pondent leurs œufs directement sur ou dans un hôte qui nourrira les larves, celle-ci dépose ses œufs sur le feuillage des saules. Pour éclore, ils doivent être avalés par une chenille de la bonne espèce. Il y a beaucoup de pertes, aussi la femelle pond-elle près de 5 000 œufs. Ce qui veut dire que pour un adulte qui parvient à se reproduire à la génération suivante, si celle-ci est de même niveau démographique que la précédente, 2 499 œufs, larves, nymphes et adultes ne s'étant pas reproduits, sont morts.
Le record absolu de fécondité pour un insecte solitaire a été constaté chez un papillon de nuit d'Australie, une hépiale du nom de *Trictena atripalpis*. L'entomologiste australien Norman B. Tindale a signalé en 1932 qu'une femelle capturée près d'Adélaïde a pondu 29 100 œufs en captivité, et que la dissection de ses organes génitaux a montré 15 000 autres œufs en formation dans ses ovaires. Avec près de 45 000 œufs, cette espèce peut supporter la mort de 22 499 œufs, chenilles, chrysalides et adultes ne se reproduisant pas, pour un adulte qui parviendra à se reproduire. Il est vrai que la femelle pond ses œufs en vol, à proximité d'un eucalyptus. Les jeunes chenilles devront se débrouiller seules pour pénétrer dans la terre et atteindre les racines de cet arbre dont elles se nourrissent. L'hécatombe doit être importante, si l'on en juge par l'importance de la ponte, car ensuite les risques de mortalité ne semblent pas très élevés.

186 Quel insecte social est le plus fécond ?

La société d'insectes est une famille dans laquelle la reproduction est dévolue à une seule femelle, la reine, parfois à quelques reines associées. La reine concentre donc le potentiel reproducteur de centaines, de milliers, voire de millions de ses sœurs ou filles. Il n'est donc pas étonnant que la fécondité des insectes sociaux soit bien supérieure à celle des insectes solitaires.
L'insecte social le plus étudié, l'abeille domestique, est capable de pondre en moyenne 200 000 œufs par an. Une reine vivant en moyenne trois ou quatre ans, cela représente autour de 800 000 œufs dans sa vie, soit près de 18 fois plus que l'hépiale australienne de la question précédente. Les termites et certaines espèces de fourmis, en particulier les fourmis légionnaires, ont une fécondité bien supérieure.
L'entomologiste norvégien Henning Brueland, qui a étudié la question, a trouvé dans ses recherches bibliographiques de nombreux chiffres, jusqu'à plus de 100 millions d'œufs pondus dans sa vie par la reine

d'une espèce de termite, mais rarement étayés par des preuves solides. Il ressort de son travail que la fourmi légionnaire africaine *Dorylus wilverthi* présente la fécondité prouvée la plus élevée. La reine peut en effet pondre 3 à 4 millions d'œufs tous les 25 jours. Elle possède plus de 15 000 ovarioles, c'est-à-dire qu'elle peut fabriquer 15 000 œufs à la fois. La ponte ne s'arrête jamais, mais elle connaît toutes les trois semaines une période de très grande production qui dure cinq ou six jours. Il est vrai que cette reine, nourrie, soignée et défendue par les ouvrières, n'a pour unique tâche que de pondre des œufs. Elle la remplit parfaitement.


Reine abeille pondant

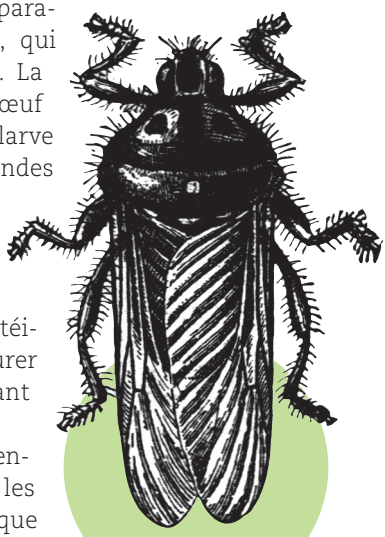
187 Quel insecte est le moins fécond ?

Les insectes qui investissent beaucoup de temps et d'efforts dans la protection de leur progéniture sont les meilleurs candidats pour détenir le record de la fécondité la plus faible. Ils sont répartis dans de nombreux ordres, et leurs stratégies pour protéger leurs œufs et leurs larves sont très variées. Bianca Cecilie Nygard a mené une enquête sur le sujet. Voici le classement que l'on peut tirer de son travail.

La médaille de bronze revient à un bousier, un Coléoptère du genre *Phaenus*, avec en moyenne six larves par femelle. Les deux parents fabriquent des boules de crottin sur lesquelles la femelle pond un œuf unique. Les boules sur lesquelles les larves se nourriront sont ensuite entourées par une mince couche d'argile. Elles sont ainsi efficacement protégées des parasites et des prédateurs.

La médaille d'argent revient à une abeille solitaire nord-américaine, *Dieunomia triangulifera*, qui élève entre deux et six larves. Elle se nourrit exclusivement de pollen et de nectar de fleur de tournesol et la période d'activité des adultes est synchronisée avec la floraison de cette plante. La femelle aménage des cellules remplies d'un pain de pollen et de nectar sur laquelle la larve se développera. Comme les œufs sont peu nombreux, ils sont plus gros que ceux des espèces voisines et les larves à leur naissance sont plus grandes et plus dynamiques, ce qui augmente leurs chances de survie.

La médaille d'or est attribuée à une mouche parasite des mammifères, *Hippobosca variagata*, qui donne naissance à 4,5 larves en moyenne. La femelle se nourrit de sang et produit un seul œuf à la fois. Celui-ci éclot dans son ventre, et la larve se nourrit dans l'utérus des sécrétions de glandes spéciales, exactement comme un bébé tête le lait de sa mère. Lorsque la larve sort du corps de sa mère, elle a terminé son développement et se transforme en pupe presque immédiatement. Le régime riche en protéines de la femelle explique qu'elle puisse assurer le développement de sa larve en la nourrissant sur ses propres ressources.
La fécondité humaine va de quatre à six descendants par femme en moyenne. Les insectes les moins féconds sont donc autant capables que nous de prendre soin de leur progéniture pour leur éviter au maximum les aléas de la vie.



Hippobosque

188 Quel insecte se reproduit le plus vite ?

La définition de la durée d'une génération chez les insectes se compte d'œuf à œuf, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre le moment où un œuf est pondu et celui où la femelle qui en est issue pond elle-même son premier œuf. La durée des générations peut grandement varier au sein d'une même espèce s'il en existe plusieurs par an. Celles qui se développent pendant les conditions idéales de la belle saison (température élevée, nourriture abondante) sont plus courtes que celles qui sont destinées à passer la mauvaise saison.
Nous avons vu que la drosophile ou mouche du vinaigre avait servi de matériel d'étude pour les généticiens car elle pouvait boucler son cycle d'œuf à œuf en 10 jours. Tang Li, de l'université de Floride, a cherché à savoir quelle était l'espèce dont la durée d'une génération était la plus courte. En consultant la littérature spécialisée, il s'est vite aperçu que les meilleurs candidats au record appartenaient aux pucerons qui peuvent se reproduire par parthénogenèse, c'est-à-dire que les femelles sont fertiles sans accouplement avec un mâle.
Ce n'est pas l'absence de mâle qui explique la courte durée des générations, mais l'économie du stade de l'œuf. En effet, ces femelles parthénogénétiques donnent naissance à des larves vivantes, toutes femelles et parfaitement formées. Ces larves ont déjà commencé à développer un

embryon dans leur ventre : une femelle prête à accoucher ressemble à une poupée russe, puisqu'elle contient une larve qui, elle-même contient une autre larve en début de formation. Parmi tous les pucerons candidats au titre, Tang Li a sacré champion le puceron de l'avoine (*Rhopalosiphum padi*). Élevé en laboratoire, il met seulement quatre jours et 17 heures à la température de 25 ° pour boucler une génération. La température compte beaucoup dans cette performance, puisque la même espèce, quand la température n'est que de 10 °, met un peu plus de 21 jours pour boucler une génération.

Voir aussi la question 166

Mère puceron et larve nouveau-née

189 Quel insecte vit le plus longtemps ?

Les insectes adultes mourant généralement peu de temps après s'être reproduits, la question peut être formulée d'une autre façon, en référence à la question précédente. Quel insecte met le plus de temps à se reproduire ? Elle amène la même remarque préliminaire, à savoir que le cycle des insectes peut largement varier au sein d'une même espèce en fonction des conditions extérieures : température, humidité et abondance ou rareté de la nourriture.

Nous avons évoqué au fil de questions précédentes quelques exemples de longévité remarquable chez les insectes. La cigale américaine de 17 ans, par exemple, qui doit son nom au très long temps de développement de la larve en terre, alors que l'adulte ne vit que quelques semaines l'espace d'un été. Les entomologistes distinguent en fait trois espèces différentes : la cigale de 17 ans décrite et baptisée par Linné (*Magicicada septendecim*) ainsi que *M. cassini* et *M. septendecula*. À ce jour, ce sont les insectes qui connaissent la plus longue génération en conditions naturelles. Parmi les insectes sociaux, une reine de fourmi a vécu 30 ans en élevage, mais de nombreuses générations d'ouvrières se sont succédé durant ce laps de temps.

Le record prouvé de durée de vie appartient à un bupreste asiatique (*Buprestis aurulenta*), dont la larve vit dans le bois mort. L'entomologiste canadien D.N. Smith a rapporté en 1952 qu'un adulte de cette espèce

est sorti d'une sculpture en bois rapportée 51 ans plus tôt d'Asie. Il considère que la ponte devait remonter avant la sculpture de la pièce et que cet insecte a donc mis plus d'un demi-siècle pour achever son développement. Cette durée très inhabituelle s'explique par le dessèchement du bois conservé en intérieur qui, sans empêcher la larve de se nourrir, a grandement ralenti son activité et sa croissance. Mais en conditions naturelles, les générations de ce bupreste se succèdent beaucoup plus rapidement.

190 Quel insecte mue le plus souvent ?

Quand la larve se retrouve trop à l'étroit dans son ancienne peau, elle la quitte pour acquérir une peau plus grande. C'est la mue. Si vous ouvrez un traité d'entomologie, vous lirez que le développement larvaire se fait généralement en quatre à six mues. Le mot « généralement » ouvre des perspectives intéressantes, à la recherche des exceptions. En fait, il n'y a pas de relation obligatoire entre mue et croissance. Un insecte doit obligatoirement muer pour grandir, mais il ne grandit pas obligatoirement quand il mue.

L'entomologiste française Jeannette Raccaud-Schoeller rapporte ainsi que la chenille de mite (genre *Tineola*) se développe en conditions normales en moins d'un mois avec quatre mues. Mais une chenille soumise au jeûne mettra 900 jours pour boucler son développement et connaîtra 40 mues, la plupart de ces mues intervenant alors que l'animal n'a connu aucune croissance.

Émergence d'une cigale

La mite n'est toutefois pas notre détentrice du record puisque les éphémères, en conditions naturelles et avec une alimentation normale, ont un nombre de mues variant de 30 à 45. Une espèce canadienne observée par F.P. Ide et nommée *Stenacron interpunctatum canadense* détient le record prouvé de 45 mues. Mais chez les espèces les plus primitives, insectes vrais comme les Thysanoures, Hexapodes comme les Collemboles et les Protoures, l'insecte continue de muer toute sa vie, même au stade adulte. Nous avons vu que cela permettait à certaines espèces de Collemboles de

survivre à des conditions difficiles en changeant momentanément d'aspect extérieur. Notre détenteur du record homologué du nombre de mues est à rechercher parmi eux. C'est un Thysanoure vivant près de l'homme, la thermobie (*Thermobia domestica*), d'après les entomologistes américains H.J. Sweetman et F.W. Whittemore qui ont observé 60 mues larvaires puis adultes chez un même individu.

Voir aussi la question 65

191 Quel insecte est le moins difficile à se nourrir ?

La très grande diversité des insectes s'explique en partie par la spécialisation alimentaire plus ou moins étroite de nombreuses espèces. Chacune va se nourrir d'un petit nombre d'espèces végétales ou animales, voire d'une seule. Mais une petite minorité d'espèces, au contraire, consomment un très large choix de plantes ou de proies animales.

Il est difficile de couronner un prédateur dans cette catégorie car les données précises et fiables manquent. Il est rare de trouver un insecte en pleine action de prédation et les essais en laboratoire ne reflètent pas forcément le régime à l'état sauvage.

En revanche, les insectes végétariens ne quittant pas leur plante nourricière, les données sont beaucoup plus abondantes et fiables, bien qu'elles concernent surtout des insectes posant des problèmes à l'agriculture. Mais il est normal qu'une espèce ayant un vaste choix alimentaire fasse partie des ravageurs potentiels, puisque la probabilité qu'elle s'attaque à une plante d'importance économique est statistiquement beaucoup plus élevée que les espèces qui se nourrissent de quelques végétaux seulement.

La palme revient à un papillon nord-américain de la famille des Écailles, *Hyphantria cunea*. En 1970, les entomologistes américains L.O. Warren et M. Tadic ont relevé, par leurs observations propres et dans la littérature mondiale, 636 espèces différentes de plantes susceptibles de nourrir la chenille de ce papillon. Cette grande polyphagie s'explique de deux manières. Une adaptation de la chenille, qui est capable de neutraliser de nombreuses molécules toxiques secrétées pour se protéger des animaux végétariens. Cette guerre chimique explique pourquoi la plupart des espèces végétariennes ont un spectre alimentaire étroit. Elles ne sont capables de neutraliser les molécules toxiques que de quelques plantes. Seconde raison, cette Écaille a été involontairement introduite dans d'autres régions du monde : en Hongrie et au Japon dans les années 1940, plus tard en Corée. Elle y a trouvé de nouvelles plantes à dévorer, ce qui a augmenté considérablement la liste de ses plantes nourricières.

192 Quel insecte reste le plus longtemps en vie ralentie ?

Les insectes, pour résister aux périodes où les conditions de vie ne leur sont pas favorables, ont développé une adaptation originale : la diapause. Il s'agit d'une forme de vie ralentie, qui peut intervenir à n'importe quel stade. Le métabolisme peut être suspendu au cours de l'évolution de l'œuf, de la larve, de la nymphe ou de l'adulte. La plupart des insectes entrent en diapause lorsque les conditions sont défavorables et synchronisent la reprise de leur activité avec les périodes de disponibilité maximale des ressources. Sous nos climats, une diapause intervient généralement en hiver, à cause des températures trop froides pour permettre une activité normale des insectes et à cause de la disparition ou de la forte diminution des ressources alimentaires.

Certaines espèces connaissent de longues diapauses, pouvant durer plus d'un an. Par exemple, les chrysalides du grand paon de nuit (*Saturnia pyri*), dont les chenilles se nourrissent de feuilles de frêne, de saule, de peuplier, de pommier et autres feuillus en été, passent deux ou trois hivers bien abritées dans un épais cocon avant de donner naissance au papillon.

La plus longue période prouvée de diapause a été relevée chez la fausse teigne du yucca (*Prodoxus y-inversus*). L'entomologiste américain J.A. Powell a rapporté en 2001, qu'en laboratoire, des adultes ont émergé trente ans après la fin du développement des chenilles. D'après lui, la diapause prolongée pourrait être une adaptation à une situation où l'accès aux ressources est restreint à une saison bien précise et où la disponibilité et l'abondance de ces mêmes ressources fluctuent d'une année à l'autre. Dans le cas de la fausse teigne du yucca, c'est une adaptation au climat extrêmement aride de certaines régions du sud-ouest de l'Amérique du Nord, où les conditions de température et d'humidité nécessaires à la vie du papillon et à sa bonne reproduction ne se rencontrent pas chaque année.

Cocon de grand paon de nuit obtenu en élevage

193 Quel insecte résiste le mieux au froid ?

Les insectes ne sont en général plus actifs en dessous de 12 °. Leur métabolisme est si ralenti qu'ils sont incapables de maintenir leurs fonctions vitales à un niveau suffisamment élevé pour rester en activité. La plupart entrent alors en vie ralentie, pour attendre le retour de conditions meilleures. La résistance au froid des insectes peut alors être appréciée selon deux critères : ceux qui restent actifs et ceux qui supportent en vie ralentie les températures les plus basses. Les premiers ont développé une adaptation pour faire fonctionner leur métabolisme à basse température. Les seconds ont résolu le problème qui coûte la vie à de nombreux insectes soumis à des températures inférieures à 0 ° : la formation de cristaux de glace dans les espaces entre les cellules, qui déchirent les membranes cellulaires et détruisent les tissus.

Dans la première catégorie, le détenteur du record est à rechercher parmi la faune des régions arctiques et des hautes montagnes, où règne un froid vif en permanence ou tout au moins une bonne partie de l'année. Les Notoptères sont un petit ordre d'insectes intermédiaire entre les blattes et les Orthoptères. Ils comptent une dizaine d'espèces confinées dans les montagnes d'Amérique du Nord et du Japon. Ils ne supportent pas une température supérieure à 16 °, l'optimum de leur activité se situe quand la température est de quelques degrés au-dessus de 0, et ils supportent sans problème une baisse lente de la température jusqu'à –6°. Par contre, une baisse rapide à –10 ° leur est fatale.

Dans la seconde catégorie, le vainqueur est un carabique des régions arctiques de l'Ancien et du Nouveau Monde qui répond au nom de *Pterostichus brevicornis*. Pour résister aux dégâts du gel, ce carabique produit du glycérol et du sorbitol (des alcools), ainsi que du tréhalose (un sucre), substances qui ont toutes une action antigel. Elles abaissent le point de congélation de l'eau contenue dans le corps de l'insecte, prévenant ainsi la formation de cristaux de glace fatals aux parois des cellules. La résistance au froid de cet insecte s'accroît graduellement à mesure que les températures et la durée du jour diminuent. Il réduit peu à peu son volume d'eau et synthétise les substances antigel. L.Keith Miller a conduit dans les années 1960 des expériences en laboratoire qui ont montré que des individus soumis à une température de –87 °, reprenaient une activité normale et recommençaient à se nourrir après avoir été réchauffés.

194 Quel insecte résiste le mieux à la sécheresse ?

L'eau, autant que la température, est un facteur indispensable à la vie. L'environnement presque exclusivement minéral des déserts les plus

arides est là pour nous le rappeler. Certains insectes ont développé des stratégies très étonnantes pour arriver à survivre en l'absence presque totale d'eau. Un petit moucheron de la famille des Chironomides, *Polypedilum vanderplanki*, est probablement le plus extraordinaire de ces insectes.

Cantonné à l'est de l'Afrique, ce cousin des moustiques vit comme eux dans l'eau à l'état de larve. Il s'est spécialisé dans l'exploitation d'un milieu très particulier : les mares temporaires des zones arides. Beaucoup de larves de moustiques se développent dans des mares temporaires créées par la pluie, se nourrissant des micro-organismes qui y pullulent. La durée de développement des larves est courte, plus courte que la durée de vie des mares. Dans les zones arides, la durée de vie des mares est plus courte que la durée de développement des larves. Celles-ci ne peuvent donc s'y développer, sauf celle de ce Chironomide. Elle a en effet trouvé une parade efficace à la sécheresse : la lyophilisation.

Cette larve est en effet capable de se dessécher, au point d'apparaître comme morte. Aucune activité métabolique n'est décelable : activité cellulaire ou même respiratoire. Dans cet état, elle peut résister pendant plusieurs années à la sécheresse. Puis un orage revient s'abattre dans ce coin de désert, la mare se remplit, la larve se réhydrate, reprend son activité et termine son développement. Les adultes émergent et pondent. Les larves de la nouvelle génération, si elles n'ont pas le temps de boucler leur développement, se dessèchent et attendent le retour de la pluie en suspendant leurs fonctions vitales.

La nature est capable de miracles puisque *P. vanderplanki* ressuscite au sens propre du mot. La chose est possible parce que la larve accumule uniformément dans ses tissus un sucre, le tréhalose. Elle tisse également un fourreau protecteur en y incorporant des débris divers, qui lui sert d'abri, de camouflage mais qui freine également la déshydratation au moment du passage à la vie ralentie. Celui-ci doit se faire en douceur, une déshydratation brusque étant fatale à la larve.

La larve desséchée est extrêmement résistante. Des expériences de laboratoire ont montré qu'elle peut être ramenée à la vie, même après avoir été soumise à un vide poussé, exposée à des radiations importantes ou à des températures extrêmes. Il faut un bain de plus de 5 mn dans de l'hélium liquide à –270° pour arriver à la tuer.

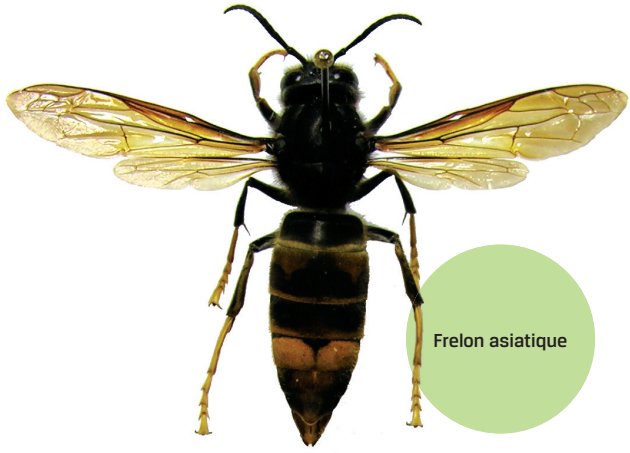
195 Quel insecte résiste le mieux à la chaleur ?

La chaleur est un élément indispensable à l'activité soutenue des insectes. Nous avons vu qu'au-dessous de 12°, la plupart des espèces cessent d'être actives. Les réactions chimiques nécessaires au métabolisme

ne sont plus possibles ou deviennent trop lentes. Plus la température s'élève, plus les insectes sont actifs. Cependant, au-delà d'une certaine limite, la chaleur devient un handicap, pouvant rapidement conduire à la mort. Nous avons vu à la question 193 que les Notoptères, un petit groupe d'insectes vivant en montagne et adaptés au froid, ne supportaient pas une température supérieure à 16°.

La limite supérieure de température tolérée par la grande majorité des insectes se situe entre 40° et 50°. Par exemple, elle est de 42° chez le frelon asiatique et de 43° chez l'abeille sauvage. Le frelon asiatique est un prédateur des abeilles. Celles-ci s'en défendent en agrippant un frelon à plusieurs, en battant des ailes pour faire monter la température au sein de la grappe jusqu'à 42°. Le frelon meurt et elles se séparent avant que le seuil des 43°, fatidique pour elles, ne soit atteint. Ce frelon a été introduit accidentellement en France il y a quelques années. Il dépeuple les ruchers car les abeilles européennes ne savent pas pratiquer l'élimination par choc thermique de leurs cousines asiatiques.

Les espèces les mieux adaptées aux températures extrêmes sont celles qui habitent les déserts. La chaleur du rayonnement solaire n'y est pas tempérée par l'évaporation de l'eau ou l'ombre de la végétation, elle est même augmentée par accumulation dans le sable ou la roche. Les détentrices du record de résistance à la chaleur sont des fourmis du désert du Sahara appartenant au genre *Cataglyphis*. D'après Van Sherwood, de l'université de Floride, des individus actifs en milieu naturel présentaient une température corporelle de 50° environ, alors qu'il faisait plus de 70° à la surface du sol. En laboratoire, la mort intervenait au-dessus de 53,5°. Le record absolu de résistance à la chaleur appartient aux larves déshydratées en vie ralentie du Chironomide est-africain *Polypedilum vanderplanki*. Elles ont survécu à une exposition d'une minute



à 102 ° et ont pu finir leur développement et se transformer en adultes viables après avoir été réhydratées.

Voir aussi les questions 193 et 194

196 Quel insecte résiste le mieux aux insecticides ?

Les capacités d'adaptation des insectes et leur fécondité sont telles que, soumis à des traitements répétés d'une molécule insecticide, ils développent plus ou moins rapidement une résistance à cette molécule. Quelques individus sur des milliards possèdent la capacité de détruire ou de rendre inopérante la molécule toxique. Seuls ils survivent, alors que souvent ce caractère de résistance est associé à des caractères les rendant moins performants que les autres individus. Mais les traitements insecticides répétés, en supprimant ces autres individus de la même espèce qui ne possèdent pas ce caractère de résistance, finissent par leur laisser le champ libre. Ils occupent seuls le terrain et l'insecticide n'est plus efficace.

Les premiers insecticides, utilisés dès la fin du XIXe siècle, étaient principalement à base de sels naturels d'arsenic. En 1914, Axel L. Melander signalait les premiers cas de résistance. Les insecticides chimiques de synthèse sont apparus au début des années 1940 et moins d'une dizaine d'années plus tard les premiers cas de résistance sont apparus. La solution a semblé toute simple. Il suffisait de changer de molécule lors des traitements. Mais les mêmes causes produisant les mêmes effets, des résistances multiples sont apparues chez un certain nombre de ravageurs.

Ce sont, bien entendu, des insectes posant de graves problèmes aux cultures qui deviennent résistants car ils sont soumis à une importante pression de traitements insecticides. Le célébrissime doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*) résistait en 1989 à 39 insecticides différents. La teigne des crucifères (*Plutella xylostella*), un petit papillon s'attaquant au chou et à d'autres plantes cultivées de la même famille, résistait à 51 insecticides différents à la même date. Mais le grand vainqueur de la compétition est le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*) qui résistait en 1991 à 71 insecticides différents.

Cette remarquable capacité d'adaptation des insectes et la rapidité avec laquelle elle se met en place, a définitivement enterré l'idée optimiste de l'après-guerre selon laquelle la bataille contre les insectes « nuisibles » allait être rapidement gagnée grâce aux insecticides de synthèse. Aujourd'hui, nous savons que non seulement ceux-ci ne sont pas une solution durable, mais que les dégâts environnementaux causés par des épandages massifs sont considérables.

Les pratiques agricoles s'orientent vers des traitements plus ciblés, mieux épandus, avec une alternance de plusieurs molécules pour ralentir l'apparition des résistances, l'utilisation d'insecticides biologiques comme le bacille de Thuringe, le lâcher d'auxiliaires et des techniques de culture et d'aménagement des abords des champs pour favoriser les populations naturelles d'auxiliaires. Cette stratégie, appelée la lutte intégrée, a cependant encore du mal à se mettre en place à grande échelle.

197 Quel insecte a le venin le plus toxique ?

L'un des côtés les moins agréables des insectes est certainement les piqûres et les morsures qu'ils peuvent nous infliger en injectant du venin. Le venin est un liquide toxique injecté par un animal dans un but défensif ou agressif. Bien que nous associions piqûre ou morsure, venin et douleur, la toxicité d'un venin n'a pas de relation directe avec la douleur suscitée par la piqûre ou la morsure. Par exemple, la salive du moustique contient un produit destiné à liquéfier le sang qu'il pompe et à rendre sa piqûre indolore, pour ne pas provoquer de réaction de défense de l'hôte qu'il pique. Ce n'est qu'ensuite que ce venin, en réagissant avec les tissus, provoque ces boutons qui nous démangent, et même nous irritent.

Inversement, certaines piqûres ou morsures ne sont pas accompagnées d'injection de venin et sont douloureuses à cause de la blessure physique des tissus. Par exemple, certaines petites guêpes parasites se défendent en piquant si elles sont prises entre les doigts. La douleur peut être vive, mais il n'y a pas d'injection de venin. L'organe ayant servi à piquer est destiné à pondre les œufs et n'est pas associé à des glandes à venin.

La toxicité d'un venin doit donc être jugée d'après les dégâts qu'il peut causer à un organisme, et non à la douleur que peut provoquer la piqûre ou la morsure

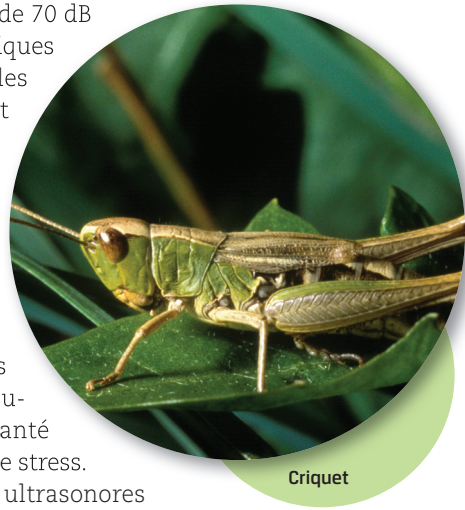
Larve de 4e stade de *Forficula auricularia* consommant une colonie de pucerons verts du pêcher, *Mysus persicae*

à l'occasion de laquelle il est injecté. W.L. Meyer de l'université de Floride a étudié la littérature sur le sujet, et il s'est aperçu que la première mention historique concernant le venin toxique des insectes remonte à 2 600 ans avant Jésus-Christ. Les hiéroglyphes égyptiens rapportent en effet que le pharaon Ménès est décédé à cette époque d'une piqûre de guêpe ou de frelon. Le venin des guêpes, en lui-même, est assez peu toxique et les cas de décès sont liés, soit à de très nombreuses piqûres presque simultanées, soit à une réaction allergique au venin ou à une piqûre mal placée, par exemple dans la gorge, provoquant un œdème conduisant à l'asphyxie.
W.L. Meyer a recherché les expériences standardisées menées sur des rongeurs. Son enquête a révélé que le venin le plus toxique connu était celui des fourmis moissonneuses de l'espèce *Pogonomyrmex maricopa*. Injectée à des souris de laboratoire, la LD50 (dose létale tuant au moins 50 % des souris soumises à l'expérience) était de 0,12 mg par kilo de poids vif en injection intraveineuse. Une fourmi étant capable d'injecter 0,02 mg de venin, la piqûre de 12 fourmis de cette espèce suffit à tuer un rat de 2 kg. À titre de comparaison, la LD50 du venin d'abeille dans une expérience similaire est de 2,8 mg par kilo de poids vif. Il est donc 20 fois moins toxique que celui des fourmis moissonneuses.

198 Quel insecte produit le son le plus fort ?

La stridulation des grillons, des sauterelles et des criquets et la cymbalisation des cigales sont synonymes de belle saison et de vacances. Pourtant, certains après-midi caniculaires ou certains soirs où la température met du temps à chuter, le vacarme peut être si fort qu'il gêne la sieste ou le sommeil. Mais ce son très élevé est produit par la conjonction du son modéré de centaines, voire de milliers d'individus rassemblés sur une petite surface.
John Petti, de l'université de Floride, a voulu savoir quel était l'insecte le plus bruyant quand il stridule ou cymbalise seul. Pour cela, il a compilé les travaux publiés sur la force des sons émis par les insectes et les a traduits en une échelle unique permettant de comparer des expériences hétérogènes. Il a retenu comme base le nombre de décibels mesuré à 50 cm de l'insecte. Ses recherches parmi les Orthoptères, criquets, sauterelles, courtilières, ne lui ont pas permis de trouver une espèce dépassant les 96 dB (décibels). La famille des cigales lui a, par contre, offert un large choix d'insectes très bruyants. Le record est détenu par une cigale africaine, *Brevisana brevis*, mesurée à 106,7 dB. Elle est talonnée par deux cigales américaines, *Tibicen walkeri* et *T. resh*, mesurées à 106,2 dB. Pour comparaison, la législation française du travail prévoit qu'un travailleur

exposé à un bruit constant de plus de 70 dB doit être muni de protections acoustiques empêchant ce bruit de dépasser les 70 dB. Un véhicule est classé bruyant et non conforme quand son moteur émet un bruit dépassant 80 dB.
Cette étude n'a pris en compte que les sons audibles par l'homme, c'est-à-dire dont la fréquence est comprise entre 20 Hz et 20 kHz. Certaines espèces émettent parfois dans les infrasons, souvent dans les ultrasons. Ces sons non audibles peuvent aussi avoir des effets sur la santé humaine, notamment être sources de stress.
Cependant, les sources sonores et ultrasonores les plus polluantes de notre environnement ne sont pas les insectes, mais les innombrables appareils, véhicules et moteurs que notre technologie moderne a multiplié à profusion.



Criquet

199 Quel insecte est le plus lumineux ?

Beaucoup d'animaux ont été décrits comme émettant de la lumière, mais il faut distinguer les espèces dont les tissus sont parasités par des bactéries lumineuses et celles qui ont développé de véritables organes lumineux. Les insectes ayant acquis des organes émettant de la lumière se répartissent dans divers ordres : Collemboles, Hémiptères, Diptères et Coléoptères. Cette bioluminescence a évolué pour permettre aux deux sexes de se rencontrer dans l'obscurité au moment de la reproduction.
Avant d'aller plus loin dans l'enquête menée sur le sujet par Hazel Levy de l'université de Floride, il convient de définir quelques unités de mesure concernant la lumière que nous n'avons pas l'habitude d'utiliser. Le candela est l'unité de mesure de l'intensité de la lumière. Un lumen est le flux de lumière émis dans un angle solide de un stéradian par une source ponctuelle de un candela se trouvant au sommet de cet angle. Le lambert est égal à un lumen par centimètre carré d'une surface diffusant parfaitement la lumière. La luminosité d'un insecte va dépendre à la fois de l'intensité de la lumière qu'il émet, de sa longueur d'onde, ainsi que de la surface émettrice.
Les meilleurs candidats au record de luminosité chez les insectes appartiennent aux Coléoptères, et plus précisément à la famille des Lampyridés dont fait partie notre ver luisant.

Au début du XXe siècle, l'entomologiste américain William W. Coblentz a calculé que la lumière émise par *Photinus pyralis*, une espèce nord-américaine, équivalait à 1/50e de la lumière émise par une chandelle standard en graisse de cachalot. Ou pour parler autrement, il fallait mettre 50 de ces insectes dans une lanterne pour remplacer la bougie. Au milieu du XXe siècle, son collègue Edmund Newton Harvey a calculé qu'un autre lampyre d'Amérique du Nord, *Pyractomena borealis*, émettait 9/50e de la lumière d'une chandelle standard en graisse de cachalot. Il ne faut plus que cinq ou six de ces insectes dans une lanterne pour remplacer la bougie. Mais Hazel Levy désigne comme insecte le plus lumineux un Coléoptère de la famille voisine des Élatéridés vivant à la Jamaïque, *Pyrophorus noctilucus*. Sa grande taille lui permet d'arborer un organe lumineux à la surface importante. Sa luminosité mesurée par les appareils scientifiques atteint 45 millilamberts.

200 Quel insecte vit à la plus grande profondeur ?

Certaines fosses océaniques mesurent plus de 11 km de profondeur. Une faune extraordinaire, adaptée à l'énorme pression de l'eau, peut y vivre dans des oasis liées à des émissions volcaniques. Mais il s'agit d'invertébrés marins et les insectes, nous l'avons vu à la question 96, sont des invertébrés uniquement terrestres. Cependant, ce terme de « terrestre » inclut également les eaux douces et de nombreux insectes connaissent une vie aquatique, notamment à l'état de larve. Pour trouver l'insecte qui vit à la plus grande profondeur, il faut auparavant définir quels lacs sont les plus profonds du monde. L'enquête est facile à mener. Il s'agit du lac Baïkal, en Sibérie, qui occupe une faille s'enfonçant à 1 620 m en dessous de la surface des terrains environnants, suivi du lac Tanganyika en Afrique de l'Est dont la profondeur maximale atteint 1 400 m. Ce dernier, situé dans une région tropicale, ne connaît pas de variation de température susceptible de créer un courant oxygénant les couches d'eau profonde. Les spécialistes considèrent qu'il n'y a plus d'oxygène au-dessous de 200 m, et qu'aucun animal ne peut vivre à grande profondeur.

Le lac Baïkal reste donc le seul endroit susceptible d'abriter un insecte sur ses fonds les plus profonds. En effet, les différences de température entre les saisons créent un courant renouvelant les eaux profondes. Le taux d'oxygène est proche de la saturation jusqu'à 500 m de profondeur, puis il diminue avec la profondeur. Une seule espèce d'insecte a été capturée à plus de 100 m de profondeur, la larve d'un petit moucheron de la famille des Chironomes, *Sergentia koschowi*. Quelques exemplaires ont été retrouvés dans un prélèvement de vase fait à 1 360 m de profondeur.

200 clés pour comprendre les insectes

La science des insectes et leur classification

1. Qui le premier a étudié scientifiquement les insectes ? 9
2. D'où vient le mot « insecte » ? 10
3. Quel a été le premier entomologiste français ? 10
4. Quel est le plus grand entomologiste français ? 11
5. Comment sont classés les insectes ? 12
6. Qui a inventé la classification moderne des insectes ? 13
7. Pourquoi les insectes portent-ils tous un nom latin ? 14
8. Comment faire quand un même insecte a reçu deux noms latins différents ? 15
9. Les noms latins des insectes ont-ils tous un sens ? 16
10. Combien y a-t-il d'ordres d'insectes ? 17
11. Tous les ordres d'insectes sont-ils représentés dans nos régions ? 19
12. Combien y a-t-il d'espèces d'insectes dans le monde ? 19
13. Combien y a-t-il d'espèces d'insectes en France ? 20
14. Quelle a été l'influence de la théorie de l'évolution de Darwin sur la classification des insectes ? 20
15. Qu'est-ce que la cladistique ? 21
16. De quelle époque date le plus vieux fossile d'insecte ? 22
17. Pourquoi les ailes des insectes sont-elles apparues ? 23
18. Quand les premiers insectes à métamorphose complète sont-ils apparus ? 23
19. Quand le premier papillon a-t-il volé ? 24
20. À quelle époque la première abeille a-t-elle vécu ? 25
21. Les insectes qui vivaient à l'époque de Cro-Magnon sont-ils les mêmes qu'aujourd'hui ? 25
22. Les insectes continuent-ils à évoluer ? 26

Comment les insectes sont-ils faits ?

23. Qu'est-ce qui distingue les insectes de tous les autres êtres vivants ? 27
24. Quelle différence entre un insecte et un Hexapode ? 28
25. Tous les insectes ont-ils toujours six pattes ? 28
26. Pourquoi la peau des insectes est-elle souvent si dure ? 29
27. D'où viennent les couleurs des insectes ? 30
28. Comment est organisée la tête d'un insecte ? 31
29. Les insectes ont-ils un cerveau ? 31
30. Comment les insectes voient-ils ? 32
31. Les insectes voient-ils les mêmes couleurs que nous ? 33
32. À quoi servent les antennes des insectes ? 34
33. Les insectes ont-ils des oreilles pour entendre ? 36
34. Pourquoi certains insectes piquent et d'autres mordent ? 36
35. Les insectes ont-ils une langue ? 38
36. Comment est organisé le thorax d'un insecte ? 39
37. Les pattes des insectes ne servent-elles qu'à marcher ? 40
38. Comment fonctionnent les ailes des insectes ? 41
39. Les ailes des insectes ne servent-elles qu'à voler ? 42
40. Comment est organisé l'abdomen d'un insecte ? 43
41. Les insectes urinent-ils comme nous ? 44
42. Pourquoi les insectes saignent-ils facilement ? 45
43. Le cœur des insectes est-il aussi complexe que le nôtre ? 46
44. Où se trouvent les poumons des insectes ? 47
45. Les insectes aquatiques ont-ils des branchies comme les poissons ? 48
46. Pourquoi le mâle de la mante religieuse bouge-t-il encore longtemps après que la femelle lui a mangé la tête ? 49
47. Comment fonctionnent les organes reproducteurs des insectes ? 50

La reproduction et la croissance des insectes

48. Les insectes se reproduisent-ils comme nous ? 51
49. Comment les mâles trouvent-ils les femelles prêtes à s'accoupler ? 52
50. Qu'est-ce que l'insémination extragénitale traumatique ? 53
51. Comment les insectes chanteurs produisent-ils des sons ? 54
52. Comment les vers luisants produisent-ils de la lumière ? 55
53. À quoi ressemblent les parades nuptiales des insectes ? 56

54. Comment est fait un œuf d'insecte ? 57
55. Combien d'œufs peut pondre une femelle d'insecte ? 58
56. Que se passe-t-il dans un œuf d'insecte ? 59
57. Peut-il y avoir des jumeaux chez les insectes ? 60
58. Comment la jeune larve sort-elle de son œuf ? 61
59. Tous les insectes naissent-ils d'un œuf ? 62
60. Comment les insectes grandissent-ils ? 62
61. Comment se déroule la mue d'un insecte ? 63
62. Pourquoi un insecte qui vient de muer n'a-t-il pas ses couleurs définitives ? 64
63. Quelles sont les conséquences de la mue sur l'anatomie des insectes ? 65
64. Une larve d'insecte vit-elle toujours comme l'adulte ? 66
65. Un insecte adulte peut-il muer ? 66
66. Quelle différence entre métamorphose incomplète et métamorphose complète ? 67
67. Que se passe-t-il lors de la métamorphose complète ? 68
68. Combien de temps un insecte vit-il ? 69
69. Pourquoi les éphémères ne vivent-elles que quelques jours ? 70
70. Pourquoi certaines cigales vivent-elles 11, 13 ou 17 ans à l'état de larve et seulement quelques mois à l'état adulte ? 71

La vie des insectes

71. Que mangent les insectes ? 73
72. Comment la bouche des insectes s'est-elle adaptée pour absorber des liquides ? 74
73. Comment la bouche des insectes s'est-elle adaptée pour percer ? 75
74. Quel est le rôle des insectes végétariens dans la nature ? 76
75. Qu'est-ce qu'une galle ? 77
76. Qu'est-ce qu'une mine ? 78
77. Combien d'espèces d'insectes végétariens peuvent vivre sur un chêne ? 79
78. Pourquoi certaines plantes, devenues carnivores, mangent-elles des insectes ? 79
79. Quel est le rôle des insectes prédateurs dans la nature ? 80
80. Quel est le rôle des insectes parasites dans la nature ? 81
81. Quel est le rôle des insectes mangeurs de matière organique morte dans la nature ? 82

82. Combien y a-t-il d'insectes dans 1 m² de sol ? 83
83. Quel est le rôle des insectes butineurs dans la nature ? 84
84. Comment l'abeille repère-t-elle les fleurs intéressantes à butiner ? 85
85. Pourquoi certains insectes butinent-ils sans se poser ? 86
86. Pourquoi les scientifiques parlent-ils de coévolution entre les plantes et les insectes ? 87
87. Quelle est l'importance des insectes dans les chaînes alimentaires ? 88
88. Comment les insectes se protègent-ils de leurs ennemis ? 89
89. Comment est-on sûr qu'un insecte est vert ou brun pour se confondre avec le feuillage ou l'écorce ? 90
90. Pourquoi certains insectes ont-ils des couleurs très voyantes ? 91
91. Le venin des insectes leur sert-il à attaquer ou à se défendre ? 92
92. Les insectes peuvent-ils effectuer des migrations ? 93
93. Pourquoi n'y a-t-il pas d'insectes en hiver ? 95
94. Comment les insectes résistent-ils au gel ? 95
95. Pourquoi les bourdons sont-ils poilus ? 96
96. Pourquoi n'y a-t-il pas d'insectes dans la mer ? 97

Les insectes en société

97. Qu'est-ce qu'une société chez les insectes ? 99
98. Quels sont les insectes qui vivent en société ? 100
99. La société est-elle vraiment plus efficace que la vie solitaire ? 102
100. Quelle différence entre vie de famille et société ? 102
101. Comment est-on passé de la famille à la société ? 103
102. Qu'est-ce qu'une caste ? 104
103. Pourquoi certaines sociétés d'insectes sont-elles annuelles et non permanentes ? 105
104. Pourquoi l'échange de nourriture est-il si important chez les insectes sociaux ? 106
105. Comment les insectes sociaux communiquent-ils entre eux ? 107
106. Qu'est-ce que la théorie du superorganisme ? 108
107. Les espèces d'insectes sociaux sont-elles nombreuses ? 109
108. La vie en société est-elle une protection sans défaut ? 110
109. Existe-t-il réellement des fourmis esclaves ? 111
110. Les fourmis se font-elles la guerre ? 112
111. Les fourmis légionnaires sont-elles vraiment capables de dévorer de grands fauves ? 112

112. Les termites ont-ils inventé la climatisation ? 113
113. Les fourmis ont-elles inventé l'outil ? 114
114. Les fourmis ont-elles inventé l'agriculture ? 115
115. Les fourmis ont-elles inventé l'élevage ? 115
116. Comment les abeilles peuvent-elles construire des rayons géométriques sans instruments de mesure ? 116
117. Combien faut-il de voyages aux abeilles pour fabriquer 1 kg de miel ? 117
118. Est-il vrai, comme l'a dit Einstein, que l'homme n'aurait que quelques années à vivre si les abeilles disparaissaient ? 118

Les insectes contre l'homme

119. Quelle est l'importance des dégâts commis par les insectes sur les cultures ? 119
120. Quelle est l'importance des dégâts commis par les insectes sur les animaux d'élevage ? 120
121. Quel est l'impact des insectes sur la santé humaine ? 120
122. Le doryphore est-il encore une menace pour la pomme de terre ? 121
123. Comment est-il possible que des chenilles puissent défeuiller des forêts entières ? 122
124. Est-il vrai qu'un puceron a failli faire disparaître le vignoble européen ? 123
125. Pourquoi les insectes provenant d'un autre continent sont-ils néfastes ? 124
126. D'où viennent les insectes qui mangent nos provisions ? 125
127. Comment les insectes peuvent-ils détruire une charpente ? 126
128. Pourquoi les conservateurs de musées ont-ils une peur bleue des insectes ? 127
129. Comment certains insectes peuvent-ils manger des tissus ou de la fourrure ? 128
130. À quand remonte l'invasion des termites en France ? 129
131. De quoi se nourrissent les poux sur notre tête ? 129
132. La puce est-elle vraiment responsable des épidémies de peste noire au Moyen Âge ? 130
133. Comment des insectes tropicaux peuvent-ils transmettre des vers parasites à l'homme ? 131
134. Toutes les chenilles poilues peuvent-elles provoquer des brûlures et des douleurs ? 131
135. Comment sont apparues les abeilles tueuses ? 132
136. Y a-t-il des insectes dangereux pour la santé des plantes ? 133

L'homme contre les insectes

137. Les insecticides chimiques sont-ils la solution pour se débarrasser des insectes gênants ? 135
138. Quel est l'impact des pesticides sur les insectes ? 136
139. Les OGM sont-ils une solution dans la lutte contre les insectes ? 137
140. Qu'est-ce que la lutte biologique ? 138
141. Qui a inventé la lutte biologique ? 138
142. Qu'est-ce que la lutte intégrée ? 139
143. Le piégeage des insectes est-il une bonne alternative aux pesticides ? 140
144. Qu'est-ce que la confusion sexuelle pour lutter contre les insectes ? 140
145. Peut-on réellement se débarrasser d'une espèce gênante en stérilisant les mâles aux rayons X ? 141
146. Les microbes peuvent-ils nous aider dans la lutte contre les insectes ? 142
147. Les insectes végétariens peuvent-ils être employés comme désherbants ? 142
148. La lutte biologique contre les insectes est-elle une solution d'avenir ? 143
149. Une agriculture sans insecticides chimiques est-elle possible ? 144
150. La lutte biologique contre les insectes est-elle possible dans mon jardin ? 145
151. Les insecticides sont-ils les seuls responsables de la raréfaction des insectes ? 146
152. Y a-t-il des insectes menacés de disparition ? 146
153. Y a-t-il des insectes protégés ? 148
154. Les entomologistes sont-ils responsables de la disparition des insectes ? 148
155. Est-il encore nécessaire à notre époque de faire des collections d'insectes ? 149
156. La politique de protection des insectes est-elle réellement efficace ? 150
157. Comment les insectes réagissent-ils au réchauffement climatique ? 150
158. Les insectes risquent-ils de tous disparaître à cause de l'homme ? 152

Les insectes avec l'homme

159. Combien y a-t-il d'insectes domestiqués ? 153
160. À quand remonte la domestication du ver à soie ? 154
161. Comment le ver à soie est-il arrivé en Europe ? 155
162. Existe-t-il réellement des puces savantes ? 156
163. Les insectes représentent-ils une ressource alimentaire intéressante pour l'homme ? 156
164. Quels médicaments tire-t-on des insectes ? 157
165. Pourquoi utilise-t-on des asticots pour guérir certaines plaies ? 158
166. La science de la génétique aurait-elle pu se développer sans la drosophile ? 158

167. Les guêpes ont-elles inventé la pâte à papier ? 159
168. Pourquoi si peu d'insectes ont-il des noms populaires ? 160
169. Les insectes ont-ils souvent inspiré les peintres ? 161
170. À quand remonte la plus ancienne figuration d'un insecte par l'homme ? 162
171. Pourquoi les anciens Égyptiens avaient-ils divinisé le scarabée rouleur de pilules de bouse ? 162
172. Les insectes ont-ils souvent inspiré les écrivains ? 163
173. La fable de La Fontaine *La Cigale et la Fourmi* reflète-t-elle la réalité ? 164
174. Les insectes ont-ils souvent inspiré les cinéastes ? 165

Les insectes à records

175. Quel insecte est le plus lourd ? 167
176. Quel insecte est le plus long ? 168
177. Quel papillon possède l'envergure la plus grande ? 169
178. Quel est le plus petit insecte à l'état adulte ? 170
179. Quel insecte pond les plus petits œufs ? 171
180. Quel insecte court le plus vite ? 172
181. Quel insecte vole le plus vite ? 173
182. Quel insecte bat le plus vite des ailes ? 173
183. Quel insecte entreprend la plus longue migration ? 175
184. Combien de criquets comptait le vol le plus important jamais dénombré ? 176
185. Quel insecte solitaire est le plus fécond ? 177
186. Quel insecte social est le plus fécond ? 178
187. Quel insecte est le moins fécond ? 179
188. Quel insecte se reproduit le plus vite ? 180
189. Quel insecte vit le plus longtemps ? 181
190 Quel insecte mue le plus souvent ? 182
191. Quel insecte est le moins difficile à se nourrir ? 183
192. Quel insecte reste le plus longtemps en vie ralentie ? 184
193. Quel insecte résiste le mieux au froid ? 185
194. Quel insecte résiste le mieux à la sécheresse ? 185
195. Quel insecte résiste le mieux à la chaleur ? 186
196. Quel insecte résiste le mieux aux insecticides ? 188
197. Quel insecte a le venin le plus toxique ? 189
198. Quel insecte produit le son le plus fort ? 190
199. Quel insecte est le plus lumineux ? 191
200. Quel insecte vit à la plus grande profondeur ? 192

Crédits photographiques

La photo en couverture et les photos non citées ci-après sont de l'auteur.

Tout ou partie des gravures en 4e de couverture, p. 5, 7, 8, 9, 28, 35, 51, 72, 73, 98, 99, 119, 122 , 134, 135, 153, 161, 167, 193 sont issues du tome VII du *Dictionnaire pittoresque d'histoire naturelle et des phénomènes de la nature* de F.E. Guérin, édition de 1833 (© Inra).

Question 3 : René Antoine Ferchault de Réaumur (gravure du XVIIIe siècle).
Question 4 : Jean-Henri Fabre (photo extraite de *Souvenirs entomologiques*, tome X, Éditions Delagrave, 1924, 408 p.).
Question 9 : carabe de Solier. © Jean Drescher/Inra.
Question 10 : zoraptère (dessin de Andrew Nelson Caudell, 1920. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*).
Question 15 (p. 21) : Collemboles : résultat d'une extraction par « culot de Berlèse » des microarthropodes d'un sol brun forestier.
Question 15 (p. 22) : larve de libellule. Cliché H. Guyot/Opie que nous remercions pour son aimable autorisation.
Question 19 (et 2e photo en 4e de couverture) : machaon porte-queue. © Louis Vidal/Inra.
Question 22 : phalène du bouleau (*Europas bekannteste Schmetterlinge*, F. Nemos, ca 1895).
Questions 23, 29, 35, 43, 44, 72, 73, 102, 105, 112, 125, 131, 184, 186, 187 : schémas tirés du *Larousse agricole*, 1921.
Question 27 et introduction : machaon grand porte-queue (*Papilio machaon*), adulte. © André Delplanque/Inra.
Question 38 : oryctes agamemnon, Coléoptère ravageur du palmier-dattier. © Jean Drescher/Inra.
Question 39 (et 3e photo en 4e de couverture) : cétoines dorées. © Alain Fraval/Inra.
Question 45 : libellule. © André Delplanque/Inra.
Question 53 : accouplement de libellules demoiselles. © Louis Vidal/Inra.
Question 54 : adulte de *Perillus bioculatus* (punaise oophage) se nourrissant d'œufs de *Leptinotarsa decemlineata* (doryphore). © Jeanne Daumal/Inra.
Question 61 : mue de libellule. © Michel Pitsch/Inra.
Question 70 : exuvie de cigale. © Benoît Sauphanor/Inra.
Question 90 : papillon le paon du jour ou *Inachis io*. © Hélène Christmann/Inra.
Question 104 : abeille. © Serge Carré/Inra.
Question 108 : *Varroa jacobsoni*. © Yves Le Conte/Inra.
Question 109 : fourmi (*Camponotus vagus*) : échange trophallactique. © Jeanne Daumal/Inra.
Question 154 : technique de chasse au filet (tiré du tome II des *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes* de Réaumur, 1736).
Question 161 : ver à soie sauvage (*Attacus atlas*). © André Delplanque/Inra.
Question 164 : les cantharides, gravure sur bois du XVIe siècle (tiré de *Le jardin de Santé*, Éditions Jehan Cuba, 1502).
Question 170 : peinture de la grotte de la Araña (d'après E. Hernandez Pachero, 1921).
Question 173 : gravure de la fable d'Ésope (tiré de *Fabulae Aesopi latinae factae per Rinucium*, éd. 1481).
Question 180 : blatte africaine. Photo de Jean Arbeille.
Question 182 : libellule. © Michel Pitsch/Inra.
Question 183 : criquet. © Florence Carreras/Inra.
Question 190 : cigale et sa mue imaginale. © Jeanne Daumal/Inra.
Question 197 : larve de *Forficula auricularia*. © Benoît Sauphanor/Inra.
Question 198 : criquet. © Michel Pitsch/Inra.

Mise en pages : Alinéa

Les insectes, un monde si proche de nous et pourtant si lointain. Que savons-nous exactement, au-delà des poncifs sur leur petite taille et leur multitude, sur les désagréments ou les dégâts que certains peuvent causer ? Qu'est-ce qui les distingue de toutes les autres espèces vivantes ? Ces petites bêtes se résument-elles à des sortes de machines vivantes animées presque mécaniquement par des instincts, ou bien ont-elles une parcelle de discernement sinon d'intelligence ? Quelle place les insectes occupent-ils dans la nature, et quels rôles jouent-ils dans le fonctionnement des milieux ? Quelles sont les raisons de leur extraordinaire réussite quantitative ? Pourquoi cette multitude foisonnante sur les terres émergées et les eaux douces n'a-t-elle jamais colonisé les mers et les océans ? Leurs sociétés sont-elles comparables aux nôtres, ou bien radicalement différentes ? Ou plus prosaïquement, quel est l'insecte le plus grand, celui qui vit le plus longtemps, celui qui donne naissance à la progéniture la plus nombreuse ? Ce livre est une introduction au monde fascinant des insectes. Il « pique » notre curiosité au travers de 200 questions qui ne se veulent pas exhaustives mais qui fournissent des repères en balayant tous les domaines de la connaissance : histoire de l'entomologie, classification, anatomie, mœurs, sociétés, relations avec les hommes, records, etc.

L'auteur

Passionné par les insectes depuis la lecture des *Souvenirs entomologiques* de Fabre dans son enfance, **Vincent Albouy** est entomologiste amateur, spécialiste des Dermaptères (perce-oreilles) et coauteur avec le professeur Caussanel de la *Faune de France des Dermaptères*. Depuis plus de vingt ans, il s'intéresse aux insectes communs et à leur protection notamment au travers des jardins naturels ou sauvages.

22 €

ISBN : 978-2-7592-0642-1

9 782759 206421

ISSN : en cours

Réf. : 02189

éditions Quæ

Éditions Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra

www.quae.com