

LES INSECTES AU SECOURS DE LA PLANÈTE





LES INSECTES AU SECOURS DE LA PLANÈTE

Fascinants, insignifiants, repoussants, redoutables... Les insectes sont avant tout omniprésents et indispensables ! En 400 millions d'années d'évolution, ils ont développé une diversité incommensurable de formes et de modes de vie. Ils ont pu ainsi coloniser tous les milieux, même les pôles et les océans.

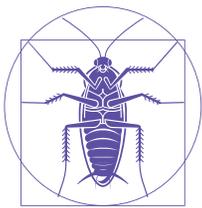
Intimement liés à de très nombreuses espèces végétales et animales, dont les humains, les insectes sont une pièce maîtresse de notre planète. Ils sont garants du fonctionnement des écosystèmes et fournissent à l'humanité des services essentiels, contribuant à assurer la sécurité alimentaire, préserver la biodiversité, protéger des maladies infectieuses, réduire les inégalités, développer des filières de production et de consommation durables... En cela, ils participent à la réalisation des Objectifs de développement durable (ODD) fixés par l'Organisation des Nations Unies d'ici à 2030.

À condition cependant que nous les protégeons ! Les preuves s'accumulent en effet : partout dans le monde, de nombreuses populations d'insectes déclinent sous la pression des activités humaines sur l'environnement. En même temps, ces perturbations environnementales profitent aux quelques rares espèces nuisibles à l'espèce humaine : les ravageurs des cultures et les vecteurs de maladies n'ont jamais été aussi prospères qu'aujourd'hui. Plutôt que de les éradiquer, les scientifiques proposent des alternatives durables, à l'aide notamment d'autres insectes, pour établir de nouveaux équilibres écologiques.



Cette exposition, qui s'appuie sur les avancées récentes de la recherche et des témoignages de chercheurs, vous invite à découvrir les insectes sous un angle original, celui des sciences au service d'un monde plus durable.

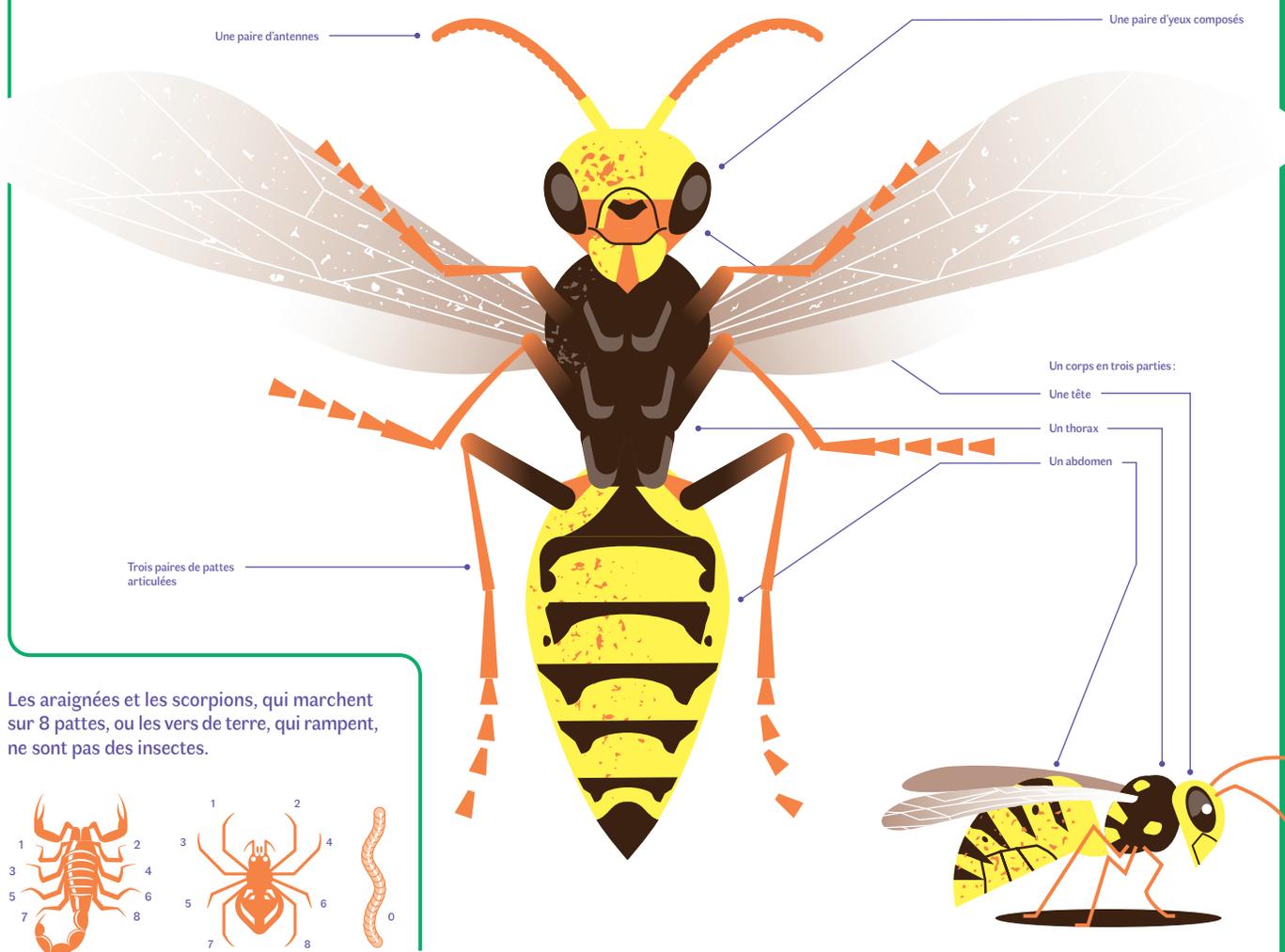




INSECTES, QUI ÊTES-VOUS ?

Les insectes sont des arthropodes, comme les araignées ou les crabes, protégés par un squelette externe : la cuticule. Au cours de leur croissance, leurs transformations peuvent être spectaculaires, ce qui les rend parfois difficiles à identifier, même pour des spécialistes ! Dotés de 6 pattes à l'âge adulte, avec ou sans ailes, parés de mille et une couleurs... les insectes surprennent par leur diversité de formes et de modes de vie.

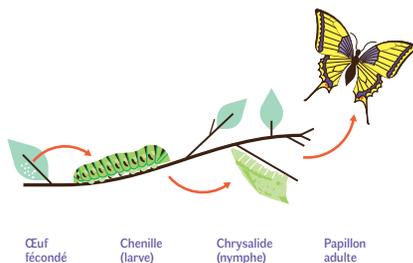
POUR ÊTRE UN INSECTE, IL FAUT AVOIR...



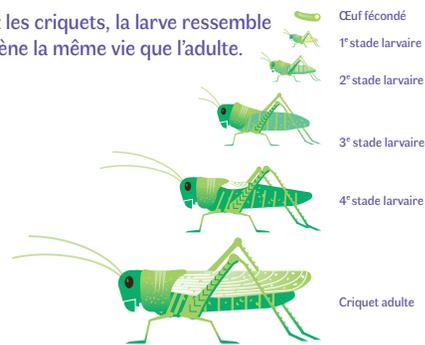
LA MÉTAMORPHOSE

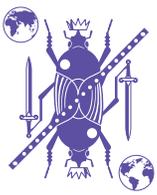
Au cours de leur vie, les insectes passent par plusieurs stades de développement. À chaque phase, ils muent. D'œufs, ils deviennent larves, puis parfois pupes ou nymphes et enfin adultes. Les transformations peuvent être très importantes, tant du point de vue de la morphologie que de la biologie.

Chez les papillons, la larve et l'adulte ne se ressemblent pas du tout et mènent des vies très différentes.



Chez les criquets, la larve ressemble et mène la même vie que l'adulte.





LES INSECTES, ROIS DE LA PLANÈTE...

On connaît 1,3 million d'espèces d'insectes, mais il pourrait y en avoir plus de 10 millions ! En nombre d'espèces, les insectes représentent plus de 3/4 des animaux sur Terre et, si on les rassemblait tous sur une balance, ils pèseraient 300 fois plus que tous les humains réunis. Apparus il y a environ 400 millions d'années, ces animaux ont survécu à toutes les grandes extinctions et ont évolué en se diversifiant toujours plus.



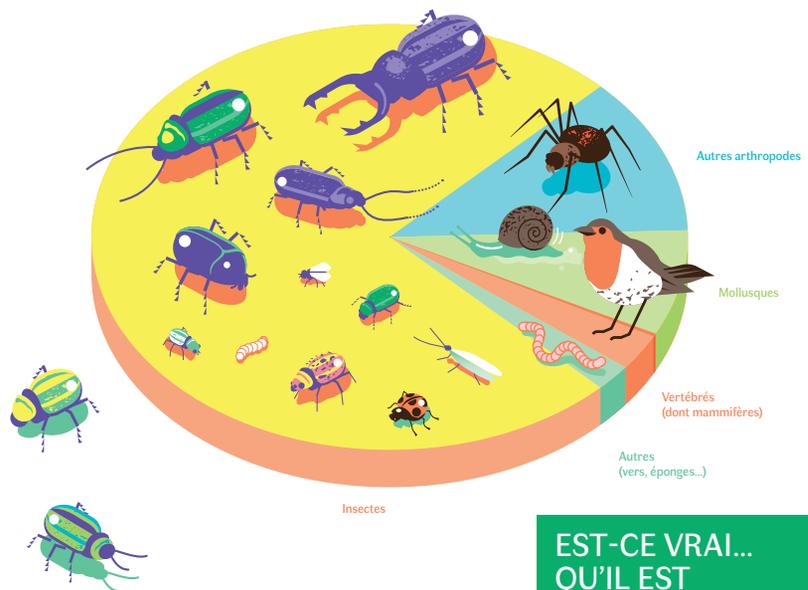
Du côté de la recherche



PAS UNE, MAIS DES ESPÈCES !

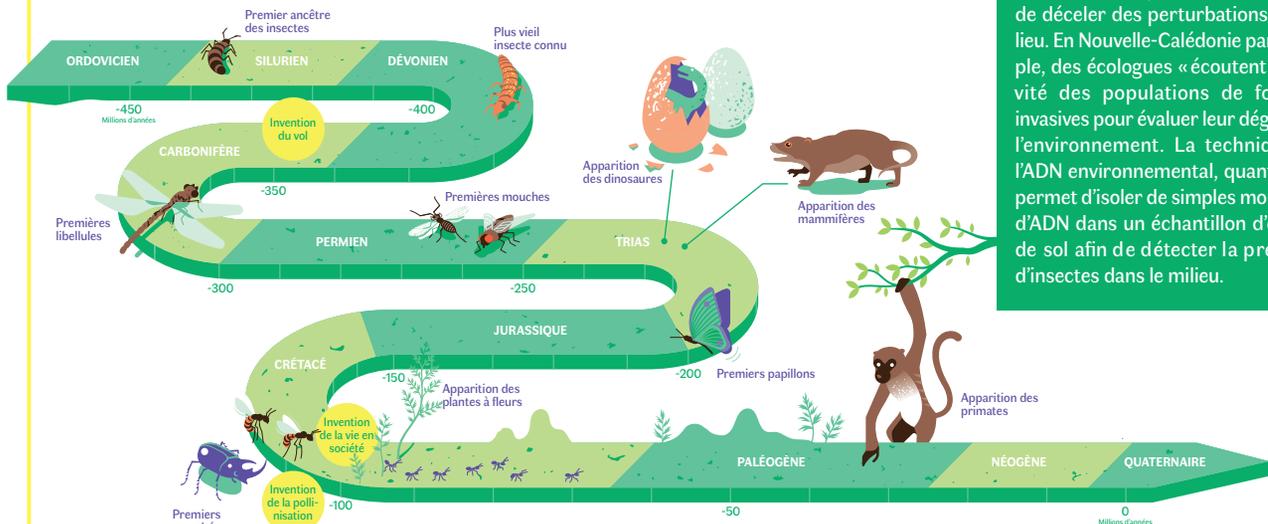
« Grâce à de nouvelles techniques, qui croisent des informations à la fois morphologiques et génétiques, les connaissances sur la biodiversité ont beaucoup progressé au cours de ces 15 dernières années. On a ainsi découvert que certains insectes, que l'on pensait appartenir à une unique espèce, en rassemblent en fait plusieurs, morphologiquement très proches mais génétiquement différentes. Le moustique tigre est par exemple apparenté à 11 autres espèces ! Elles lui ressemblent comme deux gouttes d'eau mais présentent des caractéristiques physiologiques distinctes et ne semblent pas vivre au contact des humains. »

LA BIODIVERSITÉ ANIMALE



AU FIL DU TEMPS

Les insectes font partie des plus anciens représentants du règne animal sur Terre. Dérivés des crustacés, ils n'ont jamais cessé d'évoluer au fil du temps. Si les *Meganeura*, sorte de libellules géantes de 70 cm d'envergure, sont apparues et ont disparu il y a quelque 300 millions d'années, nous côtoyons toujours les « éphémères » qui vivaient déjà à cette période.



EST-CE VRAI... QU'IL EST POSSIBLE D'ÉTUDIER LES INSECTES SANS LES PIÉGER ?

Même si les chercheurs ont souvent besoin de prélever les insectes, il existe aussi des techniques indirectes. C'est le cas de l'éco-acoustique qui consiste à enregistrer durant plusieurs mois les sons produits dans un environnement. Cette méthode permet d'identifier des espèces précises, d'étudier leur cycle de vie, et même de détecter des perturbations du milieu. En Nouvelle-Calédonie par exemple, des écologues « écoutent » l'activité des populations de fourmis invasives pour évaluer leur dégâts sur l'environnement. La technique de l'ADN environnemental, quant à elle, permet d'isoler de simples molécules d'ADN dans un échantillon d'eau ou de sol afin de détecter la présence d'insectes dans le milieu.



...ET PRINCES DES TROPIQUES MÉCONNUS

Les insectes peuplent tous les milieux terrestres et aquatiques, mêmes les pôles et les océans. Certaines espèces sont adaptées aux conditions les plus inhospitalières, comme les fourmis sprinteuses du Sahara, dont la course rapide permet de limiter le contact avec le sable brûlant. Mais la diversité la plus importante d'insectes s'observe dans les régions tropicales, zones du globe parmi les moins explorées par les chercheurs. C'est donc là que se trouvent la majorité des espèces encore inconnues.

Du côté de la recherche

FORMER DES NATURALISTES

« En France métropolitaine, on décrit chaque année en moyenne quelques dizaines d'espèces nouvelles ; dans le même temps en Guyane, ce sont des centaines d'espèces qui sont découvertes ! Des régions immenses et des familles d'insectes sont encore mal connues, faute de spécialistes. Au Cameroun par exemple, où la biodiversité est importante, seule une poignée de chercheurs se consacre à la description des espèces. La recherche a vraiment besoin de plus de naturalistes engagés sur le terrain pour faire progresser notre connaissance de la biodiversité. »



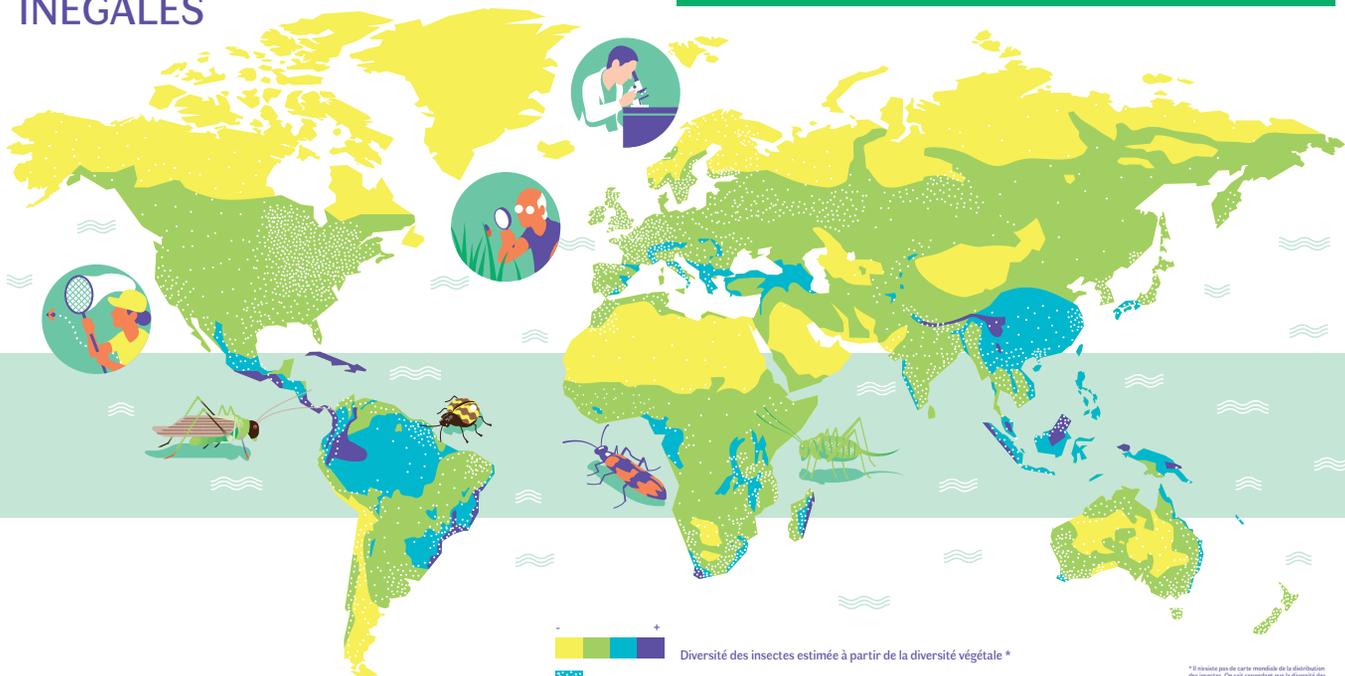
MAIS POURQUOI... LES INSECTES SE PLAISENT-ILS AUTANT DANS LES RÉGIONS CHAUDES ?



Les insectes, contrairement aux mammifères, ne régulent pas leur température interne qui dépend de celle de l'environnement. De plus, leur développement est optimal entre 20 et 30 °C. Le milieu tropical leur convient donc parfaitement et ils y ont proliféré. Les milieux tropicaux offrent aussi, par leur richesse

végétale exceptionnelle, le plus d'habitats différents et de ressources. De plus, les diverses espèces d'insectes qui vivent dans ces environnements sont souvent spécialisées : chacune a son habitat et son régime alimentaire, elles se font ainsi moins concurrence et cohabitent plus aisément.

DES CONNAISSANCES INÉGALES



Diversité des insectes estimée à partir de la diversité végétale *

Terrains d'études et d'observations d'insectes par des scientifiques

* Il s'agit pas de carte mondiale de la distribution des insectes. On voit cependant que la diversité des milieux, qui sont majoritairement tropicaux, est corrélée à celle des plantes.



...FACE À UN DÉCLIN ANNONCÉ

Les scientifiques tirent depuis quelques années la sonnette d'alarme : partout dans le monde, nous assistons à un déclin rapide de certaines populations d'insectes. La destruction et l'altération des habitats naturels ainsi que la contamination des milieux par les pesticides en sont les premières causes. La mondialisation des échanges, responsable de l'arrivée d'insectes envahissants, et le changement climatique, qui favorise leur implantation et modifie les aires de distribution des espèces, accentuent ce phénomène.

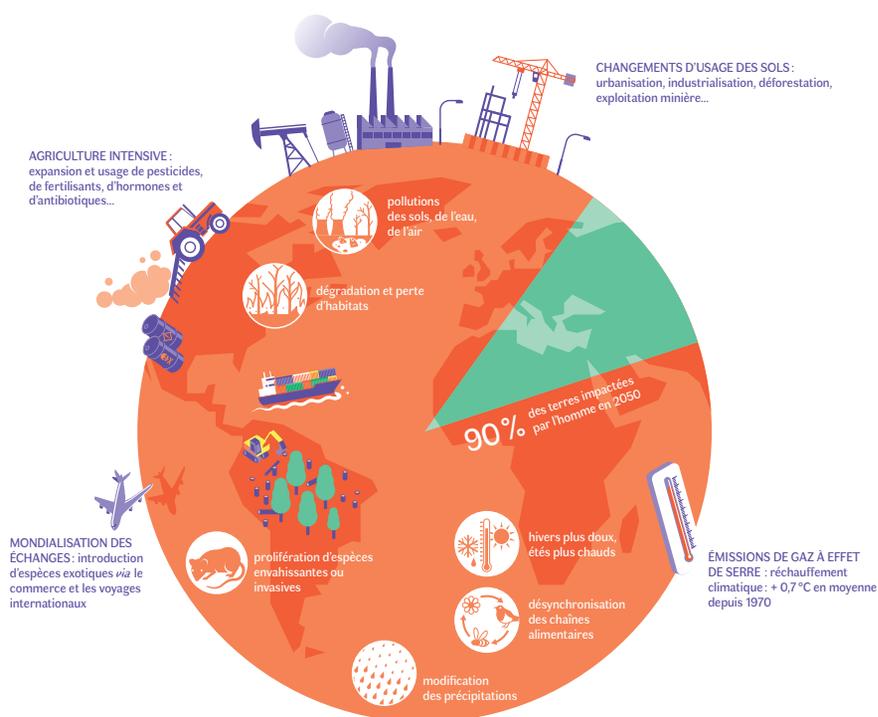
Du côté de la recherche



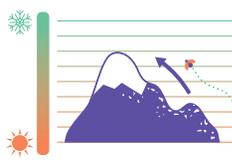
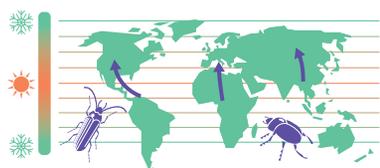
EXTINCTION OU DÉCLIN ?

« Il est trop tôt pour parler d'une extinction massive. Mais ce dont on est sûr, c'est que partout où il existe un suivi scientifique sur le long terme, on constate que de nombreuses populations d'insectes s'effondrent. Quelles soient rares ou communes, généralistes ou spécialisées, toutes les espèces sont concernées, à l'exception de certaines populations très liées aux plantes cultivées ou aux plantations d'arbres. Cette crise de la biodiversité confirme l'impact négatif des activités humaines sur l'environnement. Elle peut conduire à des extinctions d'espèces mais surtout à des perturbations profondes du fonctionnement des écosystèmes. Pour autant, il est difficile d'estimer précisément l'ampleur du phénomène sans incertitude. Nous devons poursuivre le suivi des populations et comprendre leurs dynamiques. »

LES ACTIVITÉS HUMAINES...



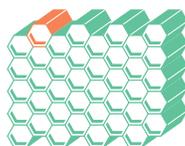
...ENTRAÎNENT LA REDISTRIBUTION ET UN EFFONDREMENT DES POPULATIONS D'INSECTES



Déplacement et expansion depuis les zones chaudes vers les zones plus froides et remontée en altitude.



Les papillons, les abeilles et les coléoptères sont les plus touchés.



Depuis 30 ans, la biomasse totale des insectes baisse chaque année de 2,5%.

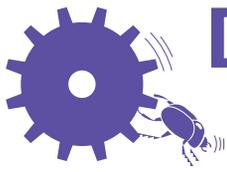


Le déclin est particulièrement important dans les milieux isolés comme les îles. Porto Rico, dans les Caraïbes, a perdu 60% de ses insectes en 50 ans.

EST-CE VRAI... QUE LES ABEILLES VONT DISPARAÎTRE ?



Il faut bien différencier l'abeille mellifère des abeilles sauvages. La première, employée en apiculture, accuse des surmortalités importantes mais le nombre global de ruches augmente chaque année. Les surmortalités sont encore mal comprises, mais elles résulteraient d'une combinaison de plusieurs facteurs : exposition aux pesticides, manque de ressource florale et augmentation des pathogènes et parasites. Les abeilles sauvages accusent quant à elles un déclin important causé avant tout par l'altération et la destruction des habitats (disparition des haies, raréfaction des fleurs...), sans que l'on puisse négliger, là encore, l'incidence négative des pesticides.



DES SUPER-INGÉNIEURS...

Du fait de leur nombre et leur diversité, les insectes sont impliqués dans tous les écosystèmes et participent de manière indispensable au bon équilibre de la planète. Nous profitons, sans toujours nous en rendre compte, de leurs activités comme la pollinisation des plantes ou le recyclage de la matière organique.

LES INSECTES SONT INDISPENSABLES...

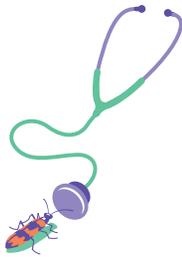
ILS NOUS FOURNISSENT DES AVANTAGES MATÉRIELS

Ils représentent une ressource alimentaire importante.



2,5 milliards de personnes mangent des insectes dans le monde

En 2023, le marché des insectes comestibles est estimé à 1,2 milliards \$



Ils ont aussi un intérêt médical et sont un modèle biologique pour la recherche.

ILS FONT PARTIE DE NOS CULTURES

Les humains entretiennent depuis toujours des liens particuliers avec les insectes : nous les admirons, les collectionnons, leur prêtons des valeurs et des pouvoirs. Ils inspirent les artistes, mais aussi les ingénieurs, et jouent un rôle important dans l'éducation à l'environnement.



Du côté de la recherche



QUE VALENT LES INSECTES ?

« Dans les années 1990, des écologues ont voulu rallier les décideurs à la conservation de la nature en adoptant le langage économique et ont proposé d'attribuer des valeurs aux services environnementaux. D'aucuns refusent, pour des raisons éthiques, d'associer une valeur marchande à la nature ; d'autres discutent sa méthodologie, qui s'appuie sur des hypothèses hasardeuses et des représentations forcément simplifiées de la biodiversité, ne prenant en compte que ce qui est utile aux humains. Appliquée aux insectes, la démarche est particulièrement complexe, car les services environnementaux qu'ils rendent sont souvent invisibles et n'ont pas de réalité marchande. »

ILS GARANTISSENT LE FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES

La pollinisation est réalisée à 90 % par les insectes. 90 % des plantes sauvages et 3/4 des cultures dépendent de leur action.

Valeur estimée du service : entre 250 et 500 milliards \$ / an



Les insectes herbivores assurent une régulation de la végétation et permettent à l'eau de s'infiltrer à travers les feuillages.

10% de la valeur de la production agricole alimentaire repose sur les insectes

Tous les insectes sont impliqués dans des chaînes alimentaires. Oiseaux, reptiles, amphibiens et petits mammifères insectivores, en dépendant directement.

De nombreux insectes sont des prédateurs ou des parasites d'autres insectes. Ils jouent donc un rôle important dans la régulation d'espèces envahissantes qui peuvent être extrêmement nuisibles pour les humains.

Le service rendu par le bousier est estimé à 380 millions \$ / an, aux États-Unis

De très nombreux insectes participent à la décomposition et au recyclage de la matière organique animale et végétale. Ils modifient et entretiennent aussi la structure et la fertilité des sols.





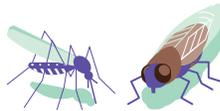
...ET DES MÉGA-NUISIBLES POUR L'ÊTRE HUMAIN

Vectrice de maladies ou ravageuse de cultures agricoles, de denrées entreposées et plus généralement de tout type de végétaux, une minorité d'espèces d'insectes envahissantes cause d'importants dégâts. Par la globalisation des échanges, l'utilisation de pesticides ou le changement climatique, nous créons souvent les conditions qui rendent possible leur multiplication et leurs migrations.

D'ici à 2030, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) vise une réduction d'au moins 75% de la mortalité humaine due aux maladies transmises par des insectes vecteurs. Pour réaliser cet objectif, une approche globale impliquant tous les acteurs de la société est impérative.

LES VECTEURS DE MALADIE

Moustiques, phlébotomes, mouches... : parmi ces familles d'insectes, quelques espèces transmettent des maladies qui représentent 20% des pathologies infectieuses.



Ils causent plus d'un million de décès par an dans le monde

Le coût estimé de leurs dégâts s'élève au moins à 70 milliards \$/an



LES RAVAGEURS

Nous qualifions de ravageurs les insectes avec qui nous sommes en concurrence pour une même ressource. Ils nous nuisent lorsque leur population devient trop importante.

LA MENACE MOUSTIQUE

Deux fois plus meurtriers que les guerres, les moustiques tuent chaque année près d'un million de personnes, essentiellement dans les pays tropicaux. Sur les 3 500 espèces connues, une centaine pique les humains et seule une dizaine nous transmet des maladies. Ces quelques espèces ont une

formidable capacité d'adaptation ; leur expansion géographique, facilitée par la globalisation des transports et le réchauffement climatique, est inexorable. Alors que la plupart des maladies qu'elles véhiculent continuent à s'étendre, de nouvelles pistes de lutte durable contre les moustiques se dessinent.

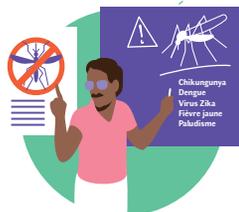


PRÉVENTION ACCRUE

- Surveillance des populations d'insectes vecteurs
- Surveillance épidémiologique : mobilisation sociale, intervention autour des cas...
- Surveillance et contrôle aux points d'entrée : ports, aéroports...

MEILLEUR CONTRÔLE DES VECTEURS

Recours à de nouvelles techniques, comme celle du moustique stérile, en complément des méthodes de lutte traditionnelles (pièges, protection personnelle, insecticides en cas d'urgence...).



RENFORCEMENT DE LA SENSIBILISATION ET DE LA MOBILISATION DES POPULATIONS

Programmes éducatifs et campagnes de communication.

Du côté de la recherche

LA TECHNIQUE DE L'INSECTE STÉRILE

« L'une des pistes les plus prometteuses et les plus écologiques pour combattre les espèces *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* (ou moustique tigre), principales vectrices de la dengue, du virus Zika, du Chikungunya et de la fièvre jaune, repose sur des lâchers de moustiques mâles stériles. En nombre suffisant, ils entrent en compétition avec les mâles sauvages et

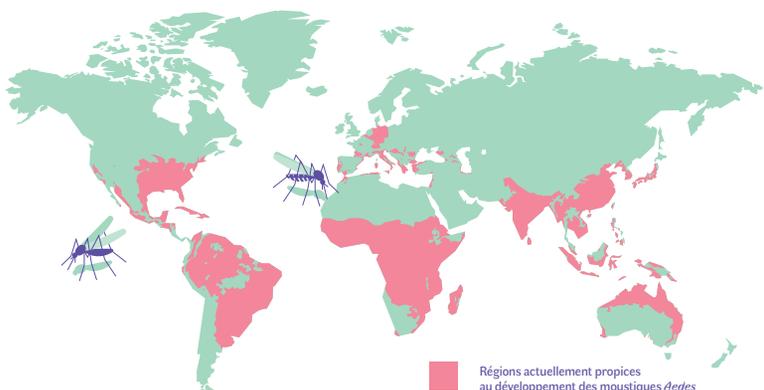
s'accouplent avec les femelles qui pondent alors des œufs non fécondés. Ainsi, le nombre de moustiques diminue à la génération suivante. La population peut être totalement éliminée ou être maintenue à un niveau suffisamment bas pour réduire considérablement le risque de transmission des maladies. »



MAIS POURQUOI... ON NE TUE PAS TOUS LES MOUSTIQUES ?



Comme tous les insectes, les moustiques ont leur place dans les écosystèmes et font partie de la biodiversité. Maillons des chaînes alimentaires, ils sont une source abondante de nourriture pour les animaux insectivores. Fonction moins connue : les moustiques sont aussi des pollinisateurs car ils se nourrissent de nectar. Enfin, les larves des moustiques, en filtrant l'eau et rendant l'azote disponible pour les plantes, préservent la qualité des milieux aquatiques qu'elles occupent.



Régions actuellement propices au développement des moustiques *Aedes*

source : Samson-Lata et al., 2018



PLUS DURABLES QUE LES PESTICIDES ...

En agriculture, le recours généralisé et excessif aux pesticides chimiques crée des résistances chez les insectes nuisibles et tue dans le même temps leurs prédateurs naturels ainsi que nombre d'autres insectes non ciblés. Ces substances n'empêchent donc pas le retour des ravageurs dans les cultures. Alternative aux pesticides, la lutte biologique s'inspire du fonctionnement naturel des écosystèmes et vise à rétablir les équilibres que les pratiques agricoles modernes ont perturbé. Pour contrôler les insectes nuisibles, elle fait appel à leurs ennemis naturels qui peuvent être des champignons, des bactéries... mais aussi d'autres insectes.



Dans l'Est africain, les cultures de maïs et de sorgho sont attaquées par les larves du papillon *Chilo partellus*.

Originaire d'Inde, il a été introduit en Afrique dans les années 1920.

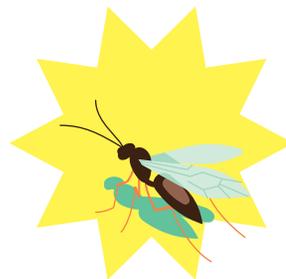
Par sa faute, 15% des récoltes sont perdues chaque année.



Dans les années 1990, un vaste programme de lutte biologique est lancé au Kenya, au Mozambique et en Zambie.



Différents ennemis naturels du papillon, élevés en laboratoire, sont introduits dans les cultures.



L'un des plus efficaces est la petite guêpe parasitoïde *Cotesia falvipes*, originaire elle aussi d'Inde.



Cotesia se reproduit en pondant ses œufs dans la larve du *Chilo* qui sera dévorée de l'intérieur.



Introduite en grand nombre dans les cultures, *Cotesia* s'est bien acclimatée.



Depuis 20 ans, chaque année, de nombreux agriculteurs voient leurs revenus augmenter.

Du côté de la recherche



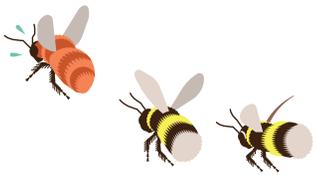
INTERACTIONS COMPLEXES

« La recherche sur la lutte biologique étudie les relations entre les plantes cultivées, les ravageurs et leurs ennemis naturels. Également appelé auxiliaire, cet ennemi est soit un prédateur : il tue et mange le ravageur, soit un parasitoïde : il pond à l'intérieur du ravageur. Lorsque des ennemis du ravageur sont présents dans l'environnement, la lutte biologique consiste à favoriser leur multiplication. Pour lutter contre des ravageurs exotiques, les auxiliaires doivent être introduits dans le milieu. Comprendre les effets secondaires de cette introduction nécessite des années de recherche. Grâce aux nouvelles technologies, tels les drones et les capteurs qui collectent de nombreuses données, on peut mieux prévoir une invasion et optimiser les lâchers d'auxiliaires. »



... ET AGRONOMES HORS PAIR

Les insectes pollinisateurs et ingénieurs du sol sont indispensables à la production alimentaire. Ils transforment le sol, fécondent de nombreuses espèces cultivées et contribuent au maintien de la biodiversité. Trop souvent, nous attendons que ces services se détériorent pour prendre conscience de leur importance. Quand des écosystèmes modifiés par notre action se dégradent, l'agroécologie peut nous aider à les restaurer en favorisant le maintien des insectes ou, plus rarement, en les (ré)introduisant.



LE RETOUR DU BOURDON : UNE AUBAINE POUR LES VERGERS

Le bourdon sud-américain *Bombus pauloensis* a presque disparu du territoire argentin depuis l'introduction de bourdons européens, importés pour polliniser des cultures sous serre. Il a déserté les environnements agricoles et ne s'aventure plus, comme la plupart des pollinisateurs, dans les vergers de pommes traités aux pesticides. Or, ce bourdon natif est un excellent pollinisateur de pommiers. Pour étudier l'impact potentiel de sa disparition, des chercheurs ont réintroduit quelques

colonies de *Bombus pauloensis* dans plusieurs vergers et en ont mesuré les rendements. Comparée à celle obtenue dans des vergers sans bourdons, la production de fruits est nettement améliorée : les pommiers donnent plus de fruits et les pommes portent plus de graines. Pour les agriculteurs, le maintien du bourdon local se traduirait donc par de meilleurs revenus. Mais il ne sera possible que si le recours aux pesticides diminue.

EST-CE VRAI... QUE LES BOUSIERS ONT SAUVÉ L'AUSTRALIE ?



Ces coléoptères qui se nourrissent et enfouissent les excréments ont en tout cas sauvé ses pâturages ! Dans les années 1960, des bousiers européens sont en effet importés en Australie pour dégrader les déjections de gros ruminants – eux-mêmes introduits dans l'île au cours du XVIII^e siècle – que les insectes autochtones ne savent pas exploiter. Sans leur aide, les bouses se seraient accumulées et les terres seraient devenues impropres au pâturage.

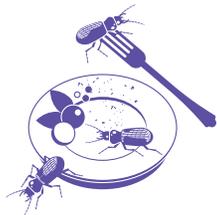


DES TERMITIÈRES OASIS DE BIODIVERSITÉ

Dans la région du Mékong, en Asie du Sud-Est, des termitières de plusieurs mètres cubes affleurent parfois au milieu des rizières. Dans ces paysages de monoculture, ces buttes issues de l'activité passée et actuelle de termites, ressemblent à des « oasis » de biodiversité et de fertilité. Car en construisant leur habitat, les termites aèrent la terre et l'enrichissent de matières organiques décomposées, d'argiles et de sels minéraux puisés en profondeur. Les agriculteurs y prélèvent du sol utilisé comme engrais pour les rizières ou y font directement pousser des légumes. Des

plantes médicinales et des champignons s'y développent aussi spontanément. Pour les populations locales, ces termitières représentent donc une source de diversité alimentaire et de revenus. Dans les régions les plus productivistes, elles sont pourtant détruites au profit des cultures. Pour les scientifiques, leur disparition ne serait pas anodine puisqu'elle entraînerait une augmentation des fertilisants et des pesticides épanchés, une diminution de la résistance des champs à la sécheresse et aux ravageurs... ainsi qu'une baisse de la qualité de vie des familles.



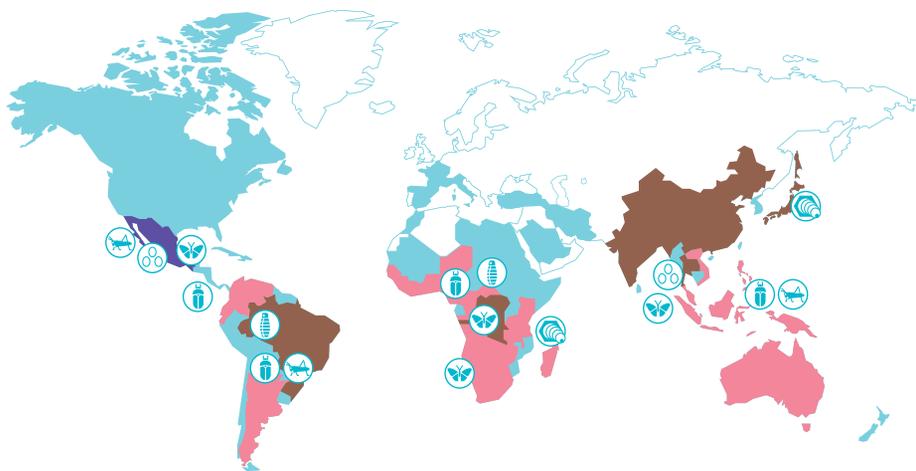


DES INSECTES DANS NOS ASSIETTES

D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production de viande pourrait augmenter de 40 % entre 2020 et 2050. Or, l'élevage intensif du bétail a un coût environnemental et énergétique trop conséquent pour que la planète supporte sa croissance indéfinie. Abondants et riches en protéines, les insectes comestibles ont toujours fait partie des régimes alimentaires des humains et sont de plus en plus souvent envisagés comme une alternative à la viande. Leur récolte et leur élevage font partie des pistes pour lutter contre l'insécurité alimentaire tout en offrant des opportunités d'emplois et de revenus.



QUI MANGE QUOI ?



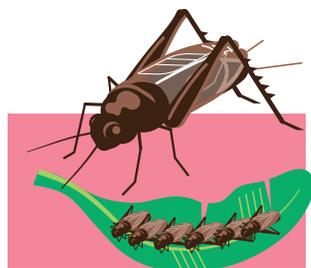
Nombre d'espèces consommées :



Insectes principalement consommés :

- Œufs de fourmis
- Coléoptères (larves et adultes)
- Larves de guêpes
- Lépidoptères (chenilles et papillons)
- Termites
- Orthoptères (criquets, sauterelles, grillons)

Source : *Nir Jangem, 2015*



THAÏLANDE

En Thaïlande, où la demande d'insectes comestibles est croissante, le grillon grillé est un met de plus en plus prisé. Les petites et moyennes fermes de grillons sont légion. Depuis quelques années, le pays héberge aussi ce qui pourrait être le plus gros élevage de grillons du monde. Rassemblant sur un même site 50 millions d'insectes, cet élevage produit chaque mois 3,5 tonnes de farine pour le marché européen.

CAMEROUN

Les larves du charançon du palmier, aussi appelées « foss », sont très appréciées dans plusieurs régions du monde. En Afrique centrale, la demande grandissante entraîne l'abattage de palmiers raphia dont se nourrissent les larves. Pour répondre à cette situation, un projet d'élevage a vu le jour en 2015. L'élevage, huit fois plus productif que la collecte manuelle, est aussi plus durable car il ne requiert que de faibles quantités de fibres de raphia.

ZIMBABWE

En Afrique de l'Est et du Sud, les vers mopane font partie de l'alimentation et représentent un complément de revenu pour de nombreuses familles rurales qui les ramassent. 10 milliards de tonnes sont récoltées chaque année. Considérés comme surexploités, ils sont au cœur d'un projet d'élevage impliquant agriculteurs et chercheurs qui étudient de nouvelles sources de nourriture.

FRANCE

L'élevage d'insectes comestibles est encore rare en Europe. Quelques entreprises se sont lancées dans l'aventure... La première en France, créée en 2011, élève différents insectes dont les vers de farine *Tenebrio molitor*. Entiers et séchés, ils sont par exemple proposés comme des biscuits apéritifs, ou incorporés à des barres énergétiques et des tablettes de chocolat.

Du côté de la recherche



DES PRATIQUES ÉVOLUTIVES

« La consommation d'insectes n'est pas qu'une pratique ancestrale : certes ancienne, elle reste dynamique et évolutive. L'entomophagie, souvent régionalisée, a gagné du terrain à la faveur de diasporas qui la pratiquent. Ainsi en Thaïlande, les insectes cuisinés, fréquents dans les campagnes, ne sont apparus dans les villes qu'après l'exode rural. De même en Colombie, la consommation des reines de fourmis, autrefois restreinte à une région, s'est diffusée dans les villes du pays où résident des migrants venus de cette localité. Là où la demande a augmenté, la consommation n'est plus uniquement saisonnière : les commerçants n'hésitent pas à congeler les espèces les plus appréciées pour les vendre tout au long de l'année. »



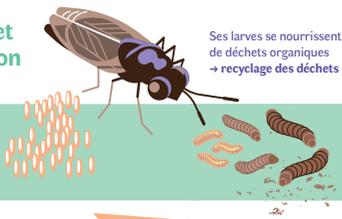
LES NOUVELLES STARS D'UNE INDUSTRIE DURABLE

L'élevage pour la consommation humaine nécessite des quantités importantes de protéines végétale ou animale et génère des montagnes de déchets organiques. La production de farine à partir d'insectes apporte une réponse à ces deux problématiques. Les larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*), dont l'élevage connaît un essor rapide dans le monde, sont les insectes les plus fréquemment utilisés par cette agro-industrie naissante. Leurs atouts ? Un cycle de développement rapide et une haute teneur en protéines. Mais surtout, ces larves voraces se nourrissent de déchets organiques dont nous ne savons que faire. Inoffensive pour l'humain, la mouche soldat noire n'est par ailleurs vectrice d'aucune maladie.

TRANSFORMATION DE DÉCHETS EN PROTÉINES PAR LES LARVES DE LA MOUCHE SOLDAT NOIRE

Unité d'élevage et de transformation

Une mouche soldat noire pond environ 1 000 œufs → reproduction efficace et rapide



Ses larves se nourrissent de déchets organiques → recyclage des déchets

Elles grossissent 5 000 fois en 2 semaines → production de protéines et de lipides (haut rendement et haute qualité nutritionnelle)



D'autres coproduits peuvent être récupérés : huile, chitine...



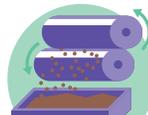
Les excréments des insectes sont récoltés



...ou gardées vivantes



Elles sont séchées et broyées pour produire de la farine...



Production de déchets organiques → alimentation pour les insectes



Production de fertilisants



Élevage de volailles élevées en plein air



Élevage d'animaux (pisciculture, porcs, poulets)

Les larves, en remplaçant les farines de poisson et de soja habituelles, limitent la déforestation et la surpêche

Autres industries
Usines, écoles, supermarchés

Exploitations agricoles et piscicoles

Inspiré du projet Bioconvertit, développé par IRD au Pérou



Du côté de la recherche

ACCÉDER AUX DÉCHETS ORGANIQUES

« Les poissons d'élevage sont aujourd'hui essentiellement nourris de farines de poissons et de soja. Ces deux produits ont un impact environnemental important et gagneraient à être remplacés par de la farine d'insectes, dont le coût de production est de plus en plus compétitif. Les différents projets d'élevages d'insectes pour produire ces farines, bien qu'ils n'en soient qu'à leurs débuts, reposent sur des technologies et des outils de production d'ores et déjà opérationnels. Le

principal problème que rencontre ce domaine réside dans l'approvisionnement des larves en nourriture, car la filière des déchets est insuffisamment organisée et légiférée. Pourtant, plus d'un milliard de tonnes de déchets organiques (excréments d'animaux, aliments périmés, résidus de production d'huile de palme...) pourraient être valorisés chaque année dans le monde grâce au développement de fermes d'insectes adaptées aux particularités locales. »





BIENTÔT DE RETOUR EN PHARMACIE

Les humains se soignent à l'aide d'insectes depuis des millénaires. Même si le développement de la médecine au cours du XX^e siècle a fait reculer leur usage, plus de 500 espèces seraient encore utilisées dans des remèdes traditionnels. Depuis peu, la pharmacologie occidentale manifeste un intérêt croissant pour ces savoirs anciens et se tourne à son tour vers les insectes pour y puiser de nouvelles molécules qui pourraient ouvrir la voie vers des médicaments inédits.



LES INSECTES...

DANS LES MÉDECINES TRADITIONNELLES...

5 000 ANS

c'est l'âge des plus anciennes traces écrites mentionnant l'utilisation d'insectes en Mésopotamie.



Certaines espèces d'insectes sont utilisées depuis des siècles dans différentes cultures pour soigner les mêmes maux.



Les punaises sont un antidouleur en Chine, en Afrique du Sud et au Mexique.



Les blattes soignent les otites en Chine, au Burkina Faso et en Grèce.

300 c'est le nombre d'espèces d'insectes utilisées aujourd'hui en médecine traditionnelle chinoise.



L'usage d'insectes médicinaux a longtemps existé en Europe avant de s'éteindre au cours du XIX^e siècle.



ET LA MÉDECINE MODERNE

PLUS DE 60%

des médicaments commercialisés sont issus de molécules naturelles de plantes ou de micro-organismes.



MOINS DE 1%

des espèces d'insectes connues ont fait l'objet d'études pharmacologiques.



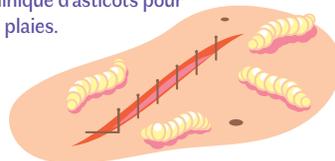
SEULS 2 traitements issus d'insectes existent aujourd'hui sur le marché occidental.



Un anti-verrue, commercialisé en Amérique du Nord (mouche Cantharide).

Un anti-herpès, commercialisé en Russie (mouche).

Depuis quelques années, plusieurs pays, dont la France, autorisent l'utilisation clinique d'asticots pour cicatriser les plaies.



MAIS POURQUOI... CHERCHE-T-ON DES MOLÉCULES MÉDICINALES CHEZ LES INSECTES ?



Le système immunitaire des insectes les protège très efficacement contre les bactéries et les champignons, en déclenchant la production de peptides antimicrobiens (PAM) directement dans leur hémolymphe, qui est l'équivalent de notre sang. Ce type de molécules immunitaires est présent chez tous les animaux, l'être humain y compris. Mais chez les insectes, les PAM sont particulièrement diversifiés : chaque espèce possède sa propre panoplie. Par ailleurs, de nombreux insectes produisent aussi des molécules défensives qui se concentrent dans leur venin ou leur salive et dont on a récemment découvert les propriétés anticancéreuses.

Du côté de la recherche



UN RÉSERVOIR DE MOLÉCULES MÉDICAMENTS

« Les larves de la mouche soldat noire, élevées de manière industrielle à des fins agroalimentaires, sont considérées comme des fournisseuses potentielles d'antibiotiques d'un nouveau genre. Puissantes nettoyeuses de matière organique en décomposition, elles parviennent à dégrader les pathogènes qui s'y développent. Des biologistes ont identifié ainsi plusieurs peptides antimicrobiens présents dans l'hémolymphe des insectes. Ces molécules ont montré leur efficacité notamment contre *Helicobacter pylori*, une bactérie, responsable de certains cancers de l'estomac et qui se montre résistante aux antibiotiques actuels. Un champignon issu du système digestif des larves et qui semble agir contre le staphylocoque doré a également été isolé. »



À NOUS DE JOUER!

Sans les insectes, le monde ne tournerait pas rond et leur disparition serait une catastrophe pour le bien-être des humains. Si nous voulons les préserver, nous devons reconsidérer notre façon de cohabiter avec eux. Une meilleure (re)connaissance des insectes apparaît indispensable.

QUE FAIRE POUR PROTÉGER LES INSECTES?

AMÉNAGER ET EXPLOITER AUTREMENT

- Encourager l'agroécologie, l'agriculture biologique, réduire les pesticides.
- Exploiter durablement les forêts.
- Réduire la fragmentation des habitats, créer des corridors biologiques.
- Développer des espaces verts et des trames vertes en ville.*

CHANGER NOTRE REGARD SUR LES INSECTES

- Renforcer l'éducation de tous, créer de la curiosité.
- Faire prendre conscience de la richesse et de l'importance des insectes.
- Développer les sciences participatives.
- Donner à voir les insectes dans leur environnement à travers des initiatives récréatives.

POURSUIVRE LA RECHERCHE

- Approfondir les connaissances fondamentales sur les insectes et les écosystèmes.
- Former des entomologistes.
- Inventorier les espèces et suivre les populations.
- Étudier l'impact des activités humaines sur les habitats.
- Évaluer la valeur des services rendus par les écosystèmes.

RENFORCER LES POLITIQUES DE CONSERVATION

- Protéger les espèces et les populations par des lois à toutes les échelles : locale, nationale, internationale.
- Prendre en compte les accords internationaux sur la diversité biologique, la protection et le commerce des espèces menacées...
- Reconnaître une valeur aux services écosystémiques.

SANCTUARISER LES HABITATS LES PLUS FRAGILES

- Préserver les forêts primaires, notamment les forêts tropicales intactes, sur de vastes surfaces.
- Conserver les habitats naturels (prairies, déserts, savanes, zones humides...).
- Maintenir et créer de nouvelles aires protégées et réserves de biosphères.





DES SUPER-POUVOIRS TRÈS INSPIRANTS

En termes d'invention, la nature a quelques millénaires d'avance sur les humains. Elle a trouvé des réponses très performantes à bien des problèmes. Les insectes, par leur capacité à s'adapter aux contraintes, sont un bel exemple de ces réussites. Chercheurs, ingénieurs, designers... les observent et s'en inspirent pour développer de nouveaux concepts, techniques ou technologies au service d'un futur plus durable.

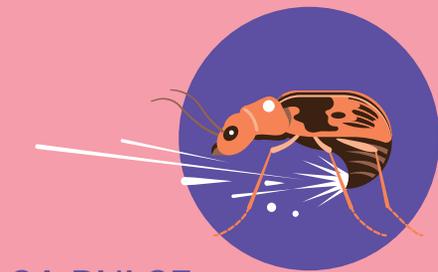
VENTILATION INTÉGRÉE

Les termites peuvent construire des termitières impressionnantes, les plus monumentales atteignant 9 mètres de haut. Mais là n'est pas la seule prouesse de ces bâtisseurs. Leur nid est aussi parfaitement climatisé : la température, l'humidité et la circulation de l'air y sont finement régulées. Le contrôle de ces paramètres est rendu possible grâce à la structure des parois de la termitière, percées de micropores. L'Eastgate Building, construit en 1996 à Harare au Zimbabwe par l'architecte Mick Pearce, s'inspire directement des principes de ventilation observés dans les termitières. Verdict ? Le bâtiment consomme 35% moins d'énergie qu'un bâtiment conventionnel grâce à sa ventilation naturelle.



PAS FRILEUX !

En Alaska, les larves du *Cucujus clavipes* affrontent des hivers où le thermomètre passe régulièrement sous -40°C . Étudiées en laboratoire, elles peuvent même survivre à -70°C . Le secret de leur résistance s'explique par leur capacité à se déshydrater et à produire des molécules antigels qui empêchent la formation de cristaux de glace dans les cellules. Cette stratégie est étudiée de près car elle ouvre des pistes intéressantes dans plusieurs domaines, allant du biomédical (cryoconservation de tissus biologiques) à l'agriculture (plante résistante au gel) en passant par l'industrie agro-alimentaire (congélation d'aliments).



ÇA PULSE

Ni épine ni venin, mais un jet toxique et brûlant. C'est la technique de défense qu'ont développé les coléoptères *Carabidae*, dit « bombardiers ». Le liquide est pulvérisé soit directement sur le prédateur s'il est de petite taille, soit à l'intérieur du prédateur si ce dernier est plus gros et que l'insecte s'est déjà fait gober. Le fonctionnement de ce jet très sophistiqué est étudié de près par les chercheurs et les ingénieurs qui s'en inspirent pour développer des technologies de pulvérisation plus efficaces et plus respectueuses de l'environnement.

FRAÎCHEUR GARANTIE

Le *Morpho* fascine. Sa couleur bleue électrique n'est pourtant qu'une pure illusion, liée à la structure complexe de ses ailes composées d'écaillés en chitine qui réfléchissent sélectivement la lumière. Les ailes du papillon ont une seconde particularité, toujours en lien avec leur structure : elles autorégulent la température du papillon. Ainsi, lorsque l'air est doux, les écaillés absorbent la chaleur, mais dès qu'il fait plus de 40°C , elles l'évacuent. Les concepteurs de panneaux photovoltaïques s'intéressent de près à cette propriété physique et cherchent à s'en inspirer pour stabiliser la température des panneaux solaires. Car l'un des principaux freins de la technologie reste aujourd'hui la surchauffe, qui abîme les panneaux et fait chuter les rendements.





INSECTES MYTHIQUES

Symboles, objets de croyances, héros de mythes ou d'histoires étonnantes : les insectes, dans toutes les cultures du monde, peuplent de nombreux récits. Anciens et récents, fabuleux ou réels, ils témoignent de la diversité et de l'évolution des liens qui nous unissent à ces petites créatures. Les insectes ont, dans une certaine mesure, influencé l'histoire de l'humanité et notre manière de voir le monde.

ET LE COLÉOPTÈRE CRÉA LA TERRE *Amérique du Nord*

Selon la légende Cherokee, au commencement, les animaux vivaient tous ensemble, réunis dans un monde suspendu au-dessus de notre planète, alors recouverte d'eau. La place venant à manquer, ils eurent l'idée de coloniser la Terre. Dayuni'si, un petit coléoptère aquatique, partit en éclaireur et plongea dans les profondeurs des eaux. Il finit par atteindre un sol vaseux et en ramassa autant qu'il put avant de remonter à la surface. Au contact de l'air, la boue poussa et s'étendit tant et si bien qu'elle finit par former des îles que nous appelons aujourd'hui les continents.



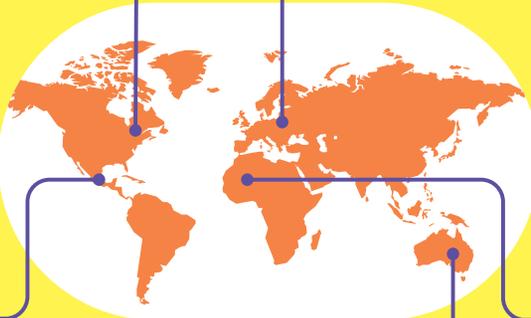
JUGÉS COUPABLES! *Europe*

Étonnant mais vrai : durant plusieurs siècles, les Européens ont traduit devant la justice des insectes dévastateurs de cultures. Les insectes incriminés, considérés comme responsables des dégâts causés, étaient sommés de se présenter devant un tribunal ecclésiastique. L'avocat désigné pour les défendre s'excusait pour leur non-comparution et tentait de modérer la sentence. Le plus souvent excommuniés et priés de déguerpir, les insectes se voyaient parfois offrir un nouveau terrain où vivre à leur aise.



LES FOURMIS CIVILISATRICES *Mésopotamie (du Mexique au Costa-Rica)*

La mythologie préhispanique, toujours vivante, associe les grandes fourmis *Atta* à l'origine du maïs, base de l'alimentation des civilisations précolombiennes. Elle relate que ces fourmis ont extrait le maïs des entrailles d'une montagne en transportant ses graines sur leur dos pour les offrir aux hommes. Dans les croyances locales, elles sont aussi liées à la pluie, car les reines *Atta* sortent toujours de terre aux premiers jours de la saison humide pour s'élancer dans leur vol nuptial. Pour appeler la pluie, les paysans déposent parfois des offrandes de maïs sur les fourmilières, tout en guettant la sortie des reines – dont ils apprécient la saveur.



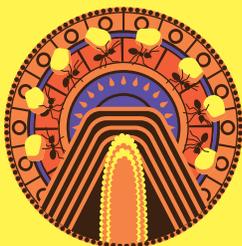
FOURMIS GUERRIÈRES ADORÉES *Nord-Cameroun*

La fourmi Jaglavak, nommée « Prince des insectes », est l'un des insectes les plus estimés du peuple Mofu. Guerrier hors pair, Jaglavak est à leurs yeux le seul qui puisse les débarrasser d'hôtes indésirables, tels les termites, les chenilles ou les serpents. Pour que les fourmis puissent opérer, les Mofu prélèvent avec respect quelques soldats et les déposent dans leur foyer. Des prières sont ensuite prononcées par le chef de famille qui trace également à l'ocre le chemin vers la zone infestée. L'ocre qui guide les fourmis est aussi un moyen de les détourner des humains et du bétail, car Jaglavak est autant craint qu'il est adoré.

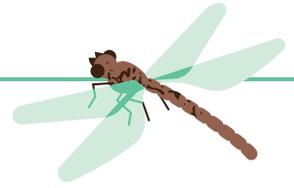


ABEILLE OU MOUCHE ? *Australie*

Si l'abeille est habile et entreprenante, la mouche est paresseuse et opportuniste : les valeurs associées à ces deux insectes ne sont pas loin d'être universelles et s'illustrent notamment dans la mythologie des aborigènes d'Australie. Une fable raconte comment les membres d'une tribu travailleuse qui surent faire des réserves pour l'hiver se trouvèrent transformés en abeilles, tandis que ceux de la tribu voisine, frivoles et fainéants, prirent la forme de mouches. Les premiers survécurent, mais les seconds moururent...



LES INSECTES AU SECOURS DE LA PLANÈTE



COMMISSARIAT

DIRECTION SCIENTIFIQUE

Olivier Dangles, IRD
CEFE – Centre d'Écologie Fonctionnelle
et Évolutive (IRD / CNRS / Université
de Montpellier / Université Paul Valéry
Montpellier / EPHE)

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Catherine Aubertin – IRD
PALOC – Patrimoines locaux,
environnement et globalisation
(IRD / MNHN)

Amandine Gasc – IRD
IMBE – Institut Méditerranéen
de Biodiversité et d'Écologie marine
et continentale (Aix-Marseille Uni-
versité / CNRS / Avignon Université /
IRD)

Pascal Jouquet – IRD
iEES – Institut d'écologie et des
sciences de l'environnement de Paris
(Sorbonne Université / IRD / CNRS /
INRAE / UPEC / Université de Paris)

Laure Kaiser-Arnauld – CNRS
EGCE – Évolution, Génomes,
Comportement et Écologie
(CNRD / IRD / Université Paris Sud)

Esther Katz – IRD
PALOC – Patrimoines locaux
environnement et globalisation
(IRD / MNHN)

Gael Kergoat – INRAE
CBGP – Centre de Biologie pour
la Gestion des Populations (INRAE /
CIRAD / IRD / Montpellier SupAgro)

Philippe Le Gall – IRD
EGCE – Évolution, Génomes,
Comportement et Écologie
(CNRS / IRD / Université Paris Sud)

Roland Lupoli – IRD
iEES Paris – Institut d'écologie et des
sciences de l'environnement de Paris
(Sorbonne Université / IRD / CNRS /
INRAE / UPEC / Université de Paris)

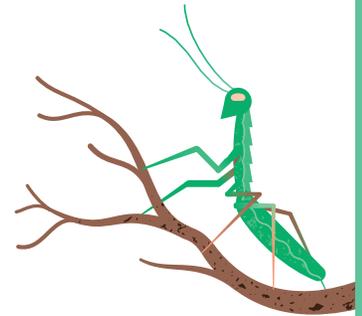
Fabrice Requier – IRD
EGCE – Evolution, génomes,
comportement et écologie
(CNRS / IRD / Université Paris Sud)

David Roiz – IRD
MIVEGEC – Maladies Infectieuses
et Vecteurs : Écologie, Génétique,
Évolution et Contrôle (IRD / CNRS /
Université de Montpellier)

Michel Sauvain – IRD
PHARMADEV – Pharmacochimie
et biologie pour le développement
(Université Toulouse III-Paul
Sabatier / IRD)

Jean-François Silvain – Président
de la Fondation pour la Recherche sur
la Biodiversité (FRB) et Directeur
de recherche IRD

Frédéric Simard – IRD
MIVEGEC – Maladies Infectieuses
et Vecteurs : Écologie, Génétique,
Évolution et Contrôle
(IRD / CNRS / Université de
Montpellier)



L'exposition a été conçue et
réalisée par le Service Médiation
avec les publics – Mission culture
scientifique et technologique
de l'IRD

CONCEPTION-RÉDACTION :
Dora Courbon-Tavcar
sous la direction de Marie-Lise
Sabrié et Caroline Vilatte

GRAPHISME, ILLUSTRATION
ET MISE PAGE :
Lou Rihn et Ondine Pannet

TYPOGRAPHIE :
Faune, Alice Savoie / Cnap