

ABONNEZ-VOUS À POUR LA SCIENCE

OFFRE NOËL

1 AN

3 FORMULES
AU CHOIX

	FORMULE DÉCOUVERTE	FORMULE PAPIER + HORS-SÉRIE	FORMULE INTÉGRALE
Le magazine papier (12 numéros par an)	✓	✓	✓
Le hors-série papier (4 numéros par an)		✓	✓
L'accès en ligne illimité à pourlascience.fr			✓
L'édition numérique du magazine (12 numéros par an)			✓
L'édition numérique du hors-série (4 numéros par an)			✓
L'accès aux archives numériques depuis 1996			✓
Votre cadeau : le livre <i>Le temps des algorithmes</i> de Gilles Dowek & Serge Abiteboul (74651175)	✓	✓	✓
VOTRE TARIF D'ABONNEMENT	59€ Au lieu de 99,80€	79€ Au lieu de 131,40€	99€ Au lieu de 191,40€

41 %
de réduction *

40 %
de réduction *

48 %
de réduction *

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service abonnements – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email: pourlascience@abopress.fr

PAG18NOE



**OUI, je m'abonne
pour 1 an à**
POUR LA SCIENCE

1 / Je choisis ma formule (merci de cocher)

☐ **FORMULE
DÉCOUVERTE**
• 12 n° du magazine papier

59€
Au lieu de 99,80€

DIA59EK3

☐ **FORMULE PAPIER
+ HORS SÉRIE**
• 12 n° du magazine papier
• 4 Hors-série papier

79€
Au lieu de 131,40€

PIA79EK3

☐ **FORMULE
INTÉGRALE**
• 12 n° du magazine papier
• 4 Hors-série papier
• Accès illimité aux contenus en ligne

99€
Au lieu de 191,40€

IIA99EK5

2 / J'indique mes coordonnées

☐ M. ☐ Mme

Nom: Prénom:

Adresse:

Code postal [] [] [] [] [] [] Ville:

Téléphone [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

Email : (indispensable pour la formule intégrale)

.....@.....

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science

☐ OUI ☐ NON

3 / Je choisis mon mode de règlement

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N° [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

Date d'expiration [] [] [] [] Clé (Les 3 chiffres au dos de votre CB) [] [] []

Signature obligatoire :

* Réduction par rapport au prix de vente en kiosque et l'accès aux archives numériques. Durée d'abonnement: 1 an. Délai de livraison: dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/03/2019 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site <https://boutique.pourlascience.fr>. Photos non contractuelles.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante: <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit «RGPD») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

LES AUTEURS



ROLAND LEHOUCQ
chercheur
au Service
d'astrophysique
du CEA à Saclay



J.-SÉBASTIEN STEYER
paléontologue
du CNRS au Muséum
national d'histoire
naturelle, à Paris

QUAND LES ARTHROPODES ATTAQUENT

Araignées, fourmis et criquets ont inspiré de nombreuses œuvres de fiction. Pourquoi? Parce qu'ils réveillent des peurs ancestrales. Mais aussi parce que beaucoup de ces petites bêtes sont des spécialistes de l'invasion.

Beaucoup d'extraterrestres de la science-fiction ou de monstres du fantastique sont des envahisseurs. Sauvages, désordonnés ou au contraire capables de coloniser une ville ou une planète tout entière, ces espèces belliqueuses débarquent en nombre et disposent d'une stratégie, voire d'une technologie, meurtrière qui nous échappe.

Pour jouer sur nos peurs, les auteurs et les réalisateurs attribuent souvent à ces extraterrestres des caractéristiques propres aux arthropodes. Ces derniers grouillent, nagent, rampent et résistent à tout – ou presque. Pas étonnant alors qu'ils suscitent aversion, dégoût et peurs irraisonnées (comme l'arachnophobie, titre du film de Frank Marshall, 1990). Ce choix des arthropodes est d'autant plus pertinent que nombre de ces animaux sont passés maîtres dans l'art de l'invasion. Un rôle plus vrai que nature!

Mais qui sont les arthropodes? Ces animaux bilatériens (ayant un plan de

symétrie séparant un côté gauche et un côté droit) présentent à la fois un corps segmenté, des membres articulés (souvent plus de deux paires) et un squelette externe (exosquelette) généralement constitué de chitine, un polymère glucidique naturel et très résistant.

Ils regroupent notamment les crustacés, les insectes, les arachnides (araignées, scorpions et acariens) et les myriapodes, l'ensemble formant un clade, c'est-à-dire un groupe naturel descendant d'un unique ancêtre commun. Le terme *arthropoda* (du grec *arthron*, articulation et *podos*, le pied) a été créé en 1829 par Pierre-André Latreille, ancien diacre royaliste devenu naturaliste et entomologiste au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.

En systématique, les arthropodes sont importants à plus d'un titre: ils regroupent plus d'un million d'espèces actuelles (soit environ 78% du règne animal connu, voir l'encadré page 90) et sont à la base de nombreux réseaux trophiques (chaînes

alimentaires). Au cours de leur longue histoire, qui remonte à plus de 540 millions d'années, ils ont connu un succès évolutif sans précédent. Ils constituent actuellement la plus grande biomasse animale connue aussi bien dans l'eau (avec les crustacés – krill et copépodes – qui forment le zooplancton) que sur la terre ferme (avec les insectes et notamment les 12500 espèces connues de fourmis, qui représentent des millions de milliards d'individus). Bref, par leur longévité évolutive et leur supériorité numérique, les arthropodes nous dépassent largement!

NUISIBLES OU INVASIVES

Par ailleurs, on constate que beaucoup d'arthropodes sont des espèces nuisibles ou invasives – anglicisme qu'il convient ici de remplacer par « envahissantes ». Ces termes anthropocentriques véhiculent en fait des notions différentes en écologie.

Une espèce nuisible (ou ravageuse) est composée d'individus dont la reproduction est devenue incontrôlable et dont



Dans le film
Starship Troopers
(Paul Verhoeven, 1997),
les humains sont
en guerre contre les
« Arachnides », une espèce
extraterrestre d'insectes
géants et belliqueux.



les effectifs impressionnants font des dégâts considérables dans leur propre environnement. Chez les arthropodes, c'est le cas de certains insectes orthoptères (criquets, sauterelles) qui profitent des cultures souvent intensives de leur plante favorite, la « plante-hôte », pour se développer et proliférer.

Ces orthoptères se répandent très rapidement et forment de véritables armées de mandibules – végétariennes chez les criquets, omnivores ou carnivores chez les sauterelles – dès que les conditions environnementales (hygrométrie, température, etc.) leur sont propices.

Quand la nourriture est disponible en abondance, la population augmente de façon considérable, car la capacité de reproduction dépasse largement la mortalité. Si la densité de population dépasse un seuil critique (environ 2000 individus par hectare, selon les espèces), les individus passent d'une phase (ou forme) solitaire et plutôt inoffensive à une phase grégaire et carrément vorace

– les entomologistes parlent de polymorphisme phasaire.

Ainsi, le criquet migrateur (*Locusta migratoria*) et le criquet puant (*Zonocerus variegatus*) ont vite été classés comme ravageurs par le Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) à cause des dégâts considérables qu'ils infligent aux cultures et donc indirectement aux populations en Afrique, en Inde et en Amérique du Sud notamment. À Madagascar, le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) pullule sous la forme de centaines d'essaims qui déciment régulièrement les cultures.

Un seul essaim contient des dizaines de millions d'individus et forme un nuage de plusieurs kilomètres de long, se déplaçant à environ 20 kilomètres par heure et capable d'engloutir jusqu'à 1000 tonnes de végétation par jour ! Ce fléau n'est pas nouveau et a été décrit en Égypte dès l'Antiquité : « De la fumée sortirent des sauterelles qui se répandirent sur la terre [...]

Ces sauterelles ressemblaient à des chevaux préparés pour le combat ; il y avait sur leurs têtes des couronnes semblables à de l'or [...] Elles avaient des cuirasses comme des cuirasses de fer, et le bruit de leurs ailes était comme un bruit de chars à plusieurs chevaux qui courent au combat. » (Apocalypse 9:1-12). Aujourd'hui encore, ces insectes, que parfois rien n'arrête, peuvent encore marquer les esprits comme dans le film *Locusts, les ailes du chaos* (David Jackson, 2005), où des sauterelles monstrueuses et génétiquement modifiées envahissent les États-Unis.

Au-delà des orthoptères, de nombreux autres arthropodes peuvent aussi représenter de terribles menaces tant >

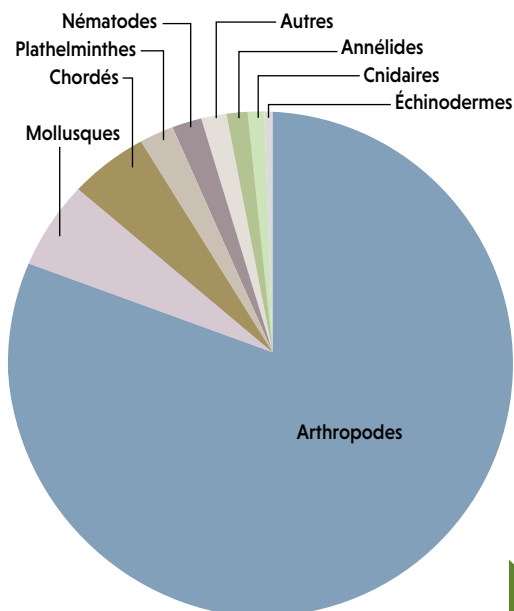
Les auteurs ont publié :
**Combien de doigts
a un extraterrestre ?
une sélection de leurs
chroniques** (Belin, 2016).



LE PLUS GRAND GROUPE D'ESPÈCES

Dans le règne animal (métazoaires, environ 1 345 000 espèces connues), les arthropodes constituent l'embranchement qui contient le plus d'espèces. Ils sont notamment caractérisés par un corps segmenté et des pattes articulées. Les arthropodes comprennent quatre grands groupes : les hexapodes (6 pattes, dont les insectes), les chélicérates (8 pattes, dont les arachnides), les crustacés (10 pattes) et les myriapodes (nombreuses pattes).

EMBRANCHEMENT ANIMAL	NOMBRE D'ESPÈCES CONNUES	%
ARTHROPODES	1 088 000	80,8
Hexapodes (insectes, collembolés...)	917 000	68,2
Chélicérates (arachnides, acariens...)	106 000	7,9
Crustacés	51 000	3,8
Myriapodes (mille-pattes, iules...)	14 000	1,0
MOLLUSQUES	72 000	5,4
CHORDÉS (vertébrés, ascidies...)	67 000	5,0
PLATHELMINTHES (vers plats)	30 000	2,2
NÉMATODES (vers ronds)	26 000	1,9
ANNÉLIDES (vers annelés)	19 000	1,4
CNIDAIRES (méduses, anémones...)	13 000	1,0
ÉCHINODERMES (oursins, astéries...)	7 000	0,5
AUTRES (éponges, tardigrades...)	25 000	1,8



Les arthropodes sont le plus grand embranchement animal en termes d'espèces (80,8%) et d'individus. Parmi eux, les insectes représentent près de 1 million d'espèces, et on en découvre encore plusieurs milliers chaque année. En 2015, Nigel Stork, de l'université Griffith, en Australie, et ses collègues ont utilisé plusieurs techniques pour estimer qu'il y aurait au total près de 1,5 million d'espèces de coléoptères (connues et à découvrir). Selon la même approche, l'ensemble des arthropodes représenterait environ 6,8 millions d'espèces.

> physiques que psychologiques. La littérature fantastique et le cinéma de série B exploitent alors le filon en utilisant pratiquement tous les groupes d'arthropodes connus : arachnides (*L'Horrible Invasion*, de John Cardos, 1977, tourné avec de véritables mygales), hyménoptères (*Quand la marabunta gronde*, de Byron Haskin, 1954, avec des fourmis légionnaires), scorpions, mais aussi mantes religieuses, lépidoptères ou encore crustacés.

Le groupe des crustacés comprend d'ailleurs les plus grands arthropodes connus. Le record actuel est détenu par le crabe-araignée géant du Japon, *Macrocheira kaempferi*, de 3,5 mètres d'envergure, dont est peut-être inspiré Onibaba, immense crustacé extraterrestre aperçu dans *Pacific Rim* (Guillermo del Toro, 2013).

Pour faire peur, rien de tel que de multiplier à foison le nombre d'individus ou, mieux encore, de décupler leur taille à la suite de mutations ou d'expériences qui tournent mal, selon les époques : en pleine guerre froide, de nombreux films ont mis en scène des arthropodes démesurés dont les transformations sont causées par la radioactivité, comme c'est le cas des fourmis géantes qui détruisent

Los Angeles dans *Des monstres attaquent la ville* (Gordon Douglas, 1954). Mais le summum de l'horreur réside dans l'arthropode qui nous envahit de l'intérieur et par là même nous transforme : c'est le cas d'un coléoptère dans le roman *La Métamorphose*, de Franz Kafka (1915) ou encore d'un diptère dans le film *La Mouche*, de David Cronenberg (1986).

À LA CONQUÊTE DU MONDE

Une espèce envahissante est différente d'une espèce nuisible. Elle prolifère parce qu'elle a été importée (intentionnellement ou non) dans un nouvel écosystème dépourvu de ses prédateurs ou de ses parasites naturels : contrairement à sa cousine nuisible, elle est exogène. Une fois installée dans son nouvel environnement, l'espèce envahissante se diversifie et se propage très rapidement au détriment des espèces indigènes et cause souvent des ravages en déstabilisant l'écosystème local.

Chez les arthropodes, c'est le cas du moustique-tigre (*Aedes albopictus* ou *Stegomyia albopicta* selon les spécialistes) originaire d'Asie du Sud-Est. Ce diptère, un des plus envahissants du monde selon la base de données GISD (Global Invasive Species Database), est vecteur de la

dengue, du chikungunya et de la fièvre Zika. Depuis son arrivée en France en 2004, il est aujourd'hui présent dans quarante-deux départements (notamment ceux du Midi) et sa population ne cesse de croître. Le réchauffement climatique global favorise son expansion, car le nombre de régions où les conditions lui conviennent augmente. Citons également la pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*), lépidoptère d'Extrême-Orient importé accidentellement en Europe dans les années 2000, ou encore le «rôdeur mortel», alias *Leiurus quinquestriatus*, dangereux scorpion du Moyen-Orient, qui inquiète actuellement la Drôme provençale.

Les espèces envahissantes ne manquent pas : en Europe, la base de données Daisie (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) en dénombre actuellement plus de 12 000. Disponible sur Internet, créée et gérée par des experts internationaux, cette base de données permet de mieux connaître les espèces envahissantes, de sensibiliser les populations et les pouvoirs publics afin de mieux les combattre. Il s'agit aussi de repérer ces espèces aussi rapidement que possible afin de limiter les dégâts – destruction de cultures, de paysages, propagation de maladies et de virus, etc.

Une espèce ne naît pas envahissante, elle le devient quand elle s'implante dans une zone géographique qui lui est favorable – un peu comme une espèce devient nuisible pendant un certain laps de temps. L'envahisseur supplante alors les espèces indigènes par sa capacité de reproduction – foudroyante en l'absence de prédateur – et son comportement parfois agressif, pour ne pas dire vorace.

Un bon exemple est celui du frelon asiatique ou «frelon à pattes jaunes» (*Vespa velutina*), qui décime depuis quelques années les ruchers européens pour nourrir ses larves. Il est beaucoup moins destructeur dans son environnement originel car l'abeille asiatique (*Apis cerana*) développe, contrairement à nos abeilles occidentales (*Apis mellifera*), une stratégie de défense remarquable : dès qu'un frelon s'approche de l'essaim ou de la ruche, les abeilles s'agglutinent sur l'agresseur et battent toutes des ailes jusqu'à ce que celui-ci meure par hyperthermie !

En 2018, Juliette Poidatz, de l'Inra de Bordeaux, et ses collègues ont étudié l'impact de champignons parasites naturels du frelon asiatique pour en contenir l'expansion en Europe. Les résultats de ces travaux ont permis d'esquisser des

stratégies de biocontrôle durable de l'invasion du frelon asiatique et d'évaluer leur efficacité.

ENTRE PROPAGANDE ET HUMANISME

En science-fiction, un extraterrestre est par définition une espèce exogène mais ses intentions ne sont pas forcément mauvaises. Hélas, dès qu'il arbore des traits d'arthropode, l'exogène devient vite envahissant et envahisseur : ce n'est pas pour rien que les pauvres extraterrestres réfugiés et déportés du film *District 9* (Neill Blomkamp, 2009) ressemblent à des crevettes.



Un essaim de criquets regroupe des dizaines de millions d'individus



Nécrophages, prédateurs, parasites, les arthropodes nous fascinent aussi par leurs modes de développement et de communication qui nous échappent – beaucoup sont des animaux sociaux. Dans le film *World Invasion: Battle Los Angeles* (Jonathan Liebesman, 2011), la stratégie d'invasion des aliens est comparée à celle de fourmis, mais héroïquement matée par une armée américaine surpuissante – démonstration de force nommée «cinéma de sûreté nationale» tellement elle frôle la propagande. La même propagande est visible, au deuxième degré fort heureusement, dans *Starship Troopers* (Paul Verhoeven, 1997, adapté du roman éponyme de Robert Heinlein, 1959), où l'armée américaine débarque sur une planète habitée d'arthropodes géants, mais cette fois pour les exterminer.

L'arthropode, aussi repoussant soit-il, peut aussi véhiculer d'autres valeurs : compassion, humanisme... Déjà, dans *Le Voyage dans la Lune* (1902), premier film de science-fiction de l'histoire du cinéma, Georges Méliès dénonçait les méfaits du colonialisme grâce aux Sélénites, extraterrestres lunaires joués par des acrobates du théâtre des Folies Bergère déguisés en arthropodes et attaqués chez eux par une autre espèce envahissante, *Homo sapiens* ! ■

BIBLIOGRAPHIE

J. Poidatz et al., **Indigenous strains of *Beauveria* and *Metharizium* as potential biological control agents against the invasive hornet *Vespa velutina***, *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 153, pp. 180-185, 2018.

D. Strickman, **De nouvelles armes contre les moustiques**, *Pour la Science*, n° 490, pp. 48-55, août 2018.

J.-P. Andrevon, **Des monstres attaquent la ville. Ces bêtes qui nous veulent du mal**, *L'écran fantastique*, Hors-série n° 27, pp. 6-27, 2018.

J.-S. Steyer et R. Lehoucq, **Armures à toute épreuve**, *Pour la Science*, n° 430, pp. 86-87, août 2013.