

Accueil ▶ Tous les numéros ▶ Volume 191 (2020) ▶ BSGF - Earth Sci. Bull., 191 (2020) 31 ▶ HTML complet

## Numéro spécial L'Ambre

Accès libre

Problème	BSGF - Earth Sci. Taureau. Volume 191, 2020 Numéro spécial L'Ambre
Numéro de l'article	31
Nombre de pages)	4
EST CE QUE JE	<a href="https://doi.org/10.1051/bsgf/2020014">https://doi.org/10.1051/bsgf/2020014</a>
Publié en ligne	09 octobre 2020

BSGF - Bulletin des sciences de la Terre 2020, 191, 31

## Synopsis des spermatozoïdes rares d'animaux fossiles dans les dépôts ambrés et sédimentaires

### Synopsis de rares spermatozoïdes animaux dans l'ambre ou d'autres roches sédimentaires

Gérard Breton<sup>1, 2\*</sup> et George Poinar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 6 rue des Réservoirs, 76600 Le Havre, France

<sup>2</sup> UMR, CNRS 6118, géosciences, université de Rennes I, 35042 Rennes cedex, France

<sup>3</sup> Department of Integrative Biology, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97330, USA

\* Correspondance: [gerard-breton@orange.fr](mailto:gerard-breton@orange.fr)

Reçu: 25 mars 2019 Accepté: 22 avril 2020

#### Abstrait

Les spermatozoïdes fossiles sont extrêmement rares. Parmi les huit cas rapportés ici, dont deux cas de spermatophores sans spermatozoïdes visibles, six sont des fossiles conservés dans l'ambre. Tous les six concernent des animaux avec transfert indirect de spermatozoïdes au moyen de spermatophores ou de spermatodesmides. La préservation des organites subcellulaires montre une fois de plus que l'ambre est un milieu de conservation extraordinaire.

#### Reprendre

Les spermatozoïdes fossiles sont très rares. Parmi les huit cas que nous rapportons ici, dont deux cas de spermatophores sans spermatozoïdes visibles, six sont des fossiles conservés dans l'ambre. Les six concernent des animaux pratiquant un transfert indirect des spermatozoïdes par le biais de spermatophores ou de spermatodesmes. La préservation d'organites subcellulaires montre une fois de plus que l'ambre est un milieu de conservation exceptionnel.

**Mots clés:** spermatozoïdes / spermatophore / spermatodesmide / fossile / préservation de la structure cellulaire / ambre

**Mots clés:** spermatozoïdes / spermatophore / spermatodesm / fossile / préservation de la structure cellulaire / ambre

© G. Breton et G. Poinar, Publié par EDP Sciences 2020

## Table des matières

## Article

Abstrait

HTML complet

PDF (864,9 Ko)

ePUB (2,420 Mo)

Les références

## Métrique

Afficher les statistiques de l'article

## Prestations de service

## Mêmes auteurs

- Google Scholar

- Base de données EDP Sciences

- PubMed

Recommander cet article

Envoyer sur mon Kindle

Télécharger la citation

## Articles Liés

Une nouvelle espèce d'Ampulicomorpha Ashmead de l'ambre français de l'Éocène, avec une liste des Embolemidae fossiles et existants (Insecta: Hymenoptera) du monde  
BSGF - Earth Sciences Bulletin 2020, 191, 20

Un examen des occurrences de l'ambre et du copal en Afrique et leur importance paléontologique  
BSGF - Earth Sciences Bulletin 2020, 191, 17

Une nouvelle espèce de Myrmecarchaea (Araneae: Arachaeidae) de l'ambre de l'Oise (premier Eocène, France)  
BSGF - Earth Sciences Bulletin 2020, 191, 24

Plus

## Bookmarking



Services aux lecteurs

Alerte email

Haut  
Abstrait



Il s'agit d'un article en libre accès distribué sous les termes de la licence d'attribution Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), qui permet une utilisation, une distribution et une reproduction sans restriction sur tout support, à condition que l'œuvre originale soit correctement citée.

## 1. Introduction

Les structures de reproduction végétale sont courantes dans les archives fossiles: les spores, les kystes, les grains de pollen, les graines et les fruits sont fréquemment rencontrés dans de nombreux types de sédiments. Cependant, les structures reproductrices des métazoaires fossiles se limitent presque aux coquilles d'œufs minéralisées ou chitineuses et à certains nids ou à diverses traces de fossiles, dont le potentiel de fossilisation est élevé. Les spermatozoïdes, en raison de leur taille microscopique et du manque de parties dures, sont parmi les structures les plus rares préservées sous forme de fossiles. [Kojeta \(1998\)](#) a décrit des «inclusions en action» dans l'ambre, *c'est-à-dire* des événements fossilisés d'importance biologique. Il a illustré cette notion, entre autres exemples, par des cochenilles qui éjectaient des spermatozoïdes enterrés dans la résine, avec plusieurs cas de spermatophores, mais très peu de cas de spermatozoïdes (discutables). Seuls six cas de spermatozoïdes fossiles incontestés ont été publiés; ils sont présentés ici par ordre chronologique.

## 2 Spermatophores et spermatozoïdes douteux produits par des coccidés conservés dans l'ambre [Kojeta \(1998\)](#)

Il a été démontré que les margarodides de l'ambre de la Baltique présentent des spermatophores et un cas discutable de spermatozoïdes. Les monophlébides de l'ambre de la Baltique et de l'ambre du New Jersey présentent des spermatophores et d'éventuels spermatozoïdes. Les coelostomidiidés, *Matsucoccus* sp. et les pytiococcidés de l'ambre de la Baltique ou de Bitterfield ne présentent que des spermatophores. On pensait que l'éjection des spermatozoïdes était une réponse à la mise au tombeau dans la résine.

## 3 Spermatozoïdes de collemboles et spermatophores dans l'ambre de l'Éocène baltique de Pologne

[Poinar \(2000\)](#) a décrit, dans un morceau d'ambre originaire de Pologne et authentifié comme ambre de la Baltique (Éocène tardif), deux spermatophores pédonculés et seize spermatozoïdes. La conservation était assez bonne pour montrer des détails cellulaires: acrosome, tête contenant le corps nucléaire, qui s'étend sur une courte distance dans la queue. La queue est longue, droite et contient un axonème sombre et fin. Un collembole femelle, *Sminthurus longicornis* Kock et Berendt 1854, est adjacent au spermatophore. Son point d'appui, ses pattes, ses antennes et son lobe anal sont visibles. Un œuf est attaché à la partie postérieure du corps de la femelle. Un autre œuf se trouve derrière la femelle. [Poinar \(2000\)](#) a identifié les spermatophores et les spermatozoïdes comme appartenant à des collemboles, sur la base de données provenant de collemboles vivants et par la présence du collembole femelle à côté du spermatophore. Il a commenté la méthode de transfert indirect de spermatozoïdes au moyen de spermatophores pédonculés.

## 4 Spermatophore de guêpe Mymarommatid du Crétacé inférieur ambre d'Espagne

[Martínez-Delclòs et coll. \(2004\)](#) ont montré une image de spermatophores à l'apex d'une guêpe mymarommatidé, mais sans spermatozoïdes. Comme leur article traite de la taphonomie comparée des insectes dans les carbonates et l'ambre, ils ne commentent pas davantage cette observation.

## 5 Spermatozoïdes géants dans les Ostracodes fossiles (Crétacé du Brésil, Miocène d'Australie)

[Matzke-Karasz et coll. \(2009\)](#) ont démontré des organes Zenker (♂) ou des réceptacles séminaux post-accouplement (♀) chez des ostracodes cyprididés du Crétacé du Brésil, en utilisant une microscopie tomographique synchrotron à rayons X de phase. Ils ont identifié les organes de Zenker et les vésicules séminales qui, dans ce groupe, dénotent indirectement la présence de spermatozoïdes géants caractéristiques, aflagellés et filiformes. [Matzke-Karasz et coll. \(2014\)](#) ont décrit, dans un gisement de grottes du début du Miocène d'Australie, des ostracodes cypridoïdes avec des spermatozoïdes géants préservés. La nanotomographie a révélé des organites intracellulaires préservés sous forme de noyaux hélicoïdaux et de monorails. Cette conservation exceptionnelle est due à une minéralisation très précoce des parties molles des ostracodes facilitée par une forte teneur en phosphate liée au guano de chauve-souris. [Matzke-Karasz et coll. \(2014\)](#) ont noté que «les spermatozoïdes fossilisés sont généralement exceptionnellement rares; le seul

- [1. Introduction](#)
- [2 Spermatophores et ...](#)
- [3 Spermatozoïdes de collemboles ...](#)
- [4 Guêpe Mymarommatid ...](#)
- [5 Sperme géant ...](#)
- [6 Spermatodesmides dans ...](#)
- [7 Moulages de ...](#)
- [8 Orthoptère ensiférien ...](#)
- [9 Mouche Empidid ...](#)
- [10 Conclusions](#)
- [Les références](#)
- [Liste des figures](#)

autre record étant un collembole piégé dans l'ambre baltique de la fin de l'Éocène ». Ils citent [Poinar \(2000\)](#) mais ignorent [Breton \(2012\)](#).

## 6 Spermatozoïdes dans un ambre de l'Éocène inférieur du sud de la France

[Breton \(2012\)](#), ignorant l'article de [Poinar \(2000\)](#), a décrit «le premier enregistrement fossile» de spermatozoïdes animaux, de spermatozoïdes et d'un possible spermatozoïde dans l'ambre yprésien inférieur de Douzens et Caunette-en-Val (département de l'Aude, sud de la France). La résine a été sécrétée dans une eau douce dans un environnement de sol forestier humide. Quatre observations de spermatozoïdes (= spermatozoïdes, = faisceaux de spermatozoïdes) ([Tuzet, 1977](#)) ont été faites, l'un d'un spermatozoïde avec des têtes de spermatozoïdes inclus dans les restes possibles d'un spermatozoïde, d'autres observations de spermatozoïdes isolés sont décrites à partir de plusieurs morceaux d'ambre, dont l'un avait été collecté à 13 km de Douzens dans des dépôts contemporains. Le spermatozoïde isolé et certains spermatozoïdes des spermatozoïdes présentent un acrosome latéral pointu en forme de bec, un noyau sombre, une courte pièce de connexion (= mitochondrie) avec un tour hélicoïdal complet et une queue fine en forme de fouet. Les spermatozoïdes comprennent plusieurs dizaines de spermatozoïdes. Le spermatozoïde éventuel restant est une structure en forme de sac recouvrant les têtes des spermatozoïdes, avec une ouverture laissant un passage pour le faisceau de flagelles.

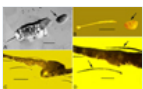
## 7 Moulages de spermatozoïdes dans des cocons annélides clitellés de l'Éocène de l'Antarctique

[Bomfleur et coll. \(2015\)](#) et [McLoughlin et coll. \(2016a, 2016b\)](#) décrivent des spermatozoïdes fossiles incrustés dans les couches de paroi d'un cocon clitellé du début de l'Éocène (= œuf) de l'Antarctique. Surplombant [Breton \(2012\)](#) article qui décrit également les spermatozoïdes du début de l'Éocène (voir ci-dessus), ils affirment que ces fossiles sont «le plus ancien spermatozoïde animal fossile encore connu». Ces spermatozoïdes sont préservés, avec les bactéries et les corps vermiformes, sous forme de moisissures dans les couches internes hirudoïdes du cocon. La conservation est assez bonne pour distinguer, sous SEM, un bouton apical, un acrosome étroitement enroulé, une région nucléaire granulaire ornée qui se rétrécit distalement, une région mitochondriale et un flagelle en forme de fouet. L'excellente conservation permet une comparaison avec les cocons et les spermatozoïdes des annélides clitellés vivants: le matériau fossile appartiendrait peut-être à des branchiobdellidés (= vers d'écrevisses).

## 8 spermatozoïdes orthoptères ensifériens de l'ambre birman moyen du Crétacé

Chez les orthoptères ensifériens, le mâle dépose souvent des spermatozoïdes à l'extrémité de l'abdomen de la femelle sur ou près de l'ouverture génitale féminine. Le spermatozoïde se compose normalement de deux parties, une ampoule avec du sperme et un spermatozoïde. Seul le premier contient du sperme réel tandis que le spermatozoïde contient des substances nutritives qui sont ingérées par la femelle pendant ou après l'accouplement. Ce comportement a été documenté avec une femelle courtilière pygmée, *Cascogryllus lobiferus* Poinar, dans l'ambre birman du milieu du Crétacé ([Poinar, 2018](#)). On suppose que le petit paquet contenant des spermatozoïdes en développement à côté du fossile femelle a été déposé par un mâle peu de temps avant que *C. lobiferus* ne soit enseveli dans la résine. Il n'y avait aucun signe visible de spermatozoïde ou de tout autre type de cadeau nuptial dans l'ambre. Le spermatozoïde adjacent au fossile ([Fig. 1](#)) ressemble à certains figurés par [Bidau \(2014\)](#) dans son article sur la revue Orthoptera.

Fig. 1



*Sminthurus longicornis* Koch et Berendt, 1854 en ambre de la Baltique. A. *Sminthurus longicornis* déposant un œuf. La flèche montre l'œuf précédemment déposé. Barre d'échelle = 750 µm. B. Spermatozoïde de *Sminthurus longicornis* avec gouttelette de sperme terminale. La flèche montre un œuf récemment déposé. Barre d'échelle = 675 µm. C. Plusieurs spermatozoïdes allongés de *Sminthurus longicornis* adjacents à un spermatozoïde. Barre d'échelle = 50 µm. D. Deux spermatozoïdes (flèches) de *Sminthurus longicornis*. Barre d'échelle = 24 µm.

## 9 Spermatozoïdes de mouche Empidid de l'ambre dominicain oligo-miocène

Il est plus facile de découvrir des spermatozoïdes d'insectes dans l'ambre plutôt que dans des spermatozoïdes réels. Parfois, les spermatozoïdes peuvent être observés à travers la paroi du

spermatophore si elle n'est pas trop épaisse. Lors de l'étude des fossiles de nématodes dans l'ambre, Poinar (2011) a noté que les spermatophores allongés associés à une mouche empididée adulte ressemblaient étroitement aux stades libres des nématodes. Ces spermatophores émergeaient du système reproducteur ( Fig. 2 ) et certains s'étaient regroupés à côté du diptère ( Fig. 3 ).

Fig. 2

Spermatozoïde, spermatodesmides et spermatophore dans l'ambre yprésien du sud de la France: a: acrosome; b: tête du spermatozoïde contenant le noyau; c: pièce de liaison; d: flagelle; e: coupe optique d'une fissure dans l'ambre, probablement induite par le spermatozoïde; i: spermatozoïdes immatures; s: spermatophore probable en forme de sac recouvrant la tête des spermatozoïdes (D); d: spermatodesmid mal conservé. A. Spermatozoïde isolé, producteur inconnu. B. Spermatodesmid, producteur inconnu. C. Deux spermatodesmides, l'un mal conservé, l'autre avec 214 spermatozoïdes immatures, producteur inconnu. D. Spermatodesmid et spermatophore possible, producteur inconnu.

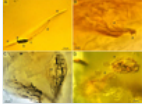


Fig. 3

*Cascogryllus lobiferus* Poinar, 2018 en ambre birman. A. La flèche indique l'emplacement des spermatophores. Barre d'échelle = 1,2 mm. B. La flèche montre un spermatozoïde quittant le sachet de sperme. Barre d'échelle = 98  $\mu$ m.



## 10 Conclusions

Le potentiel de fossilisation des spermatozoïdes est très faible pour plusieurs raisons. Les spermatozoïdes individuels sont des cellules microscopiques, dépourvues de toute partie sclérotisée, minéralisée ou dure. Chez toutes les espèces (terrestres ou aquatiques) avec fécondation interne par spermatozoïdes libres ou spermatophores, les spermatozoïdes ne sont jamais exposés à des conditions de fossilisation. Pour les espèces aquatiques, principalement marines, dont les gamètes sont dispersés dans l'eau où la fécondation a lieu, les spermatozoïdes sont sujets à la décomposition avant la fossilisation ( Fig.4 ).

C'est pourquoi des conditions exceptionnelles sont nécessaires pour fossiliser des spermatophores animaux ou même de vrais spermatozoïdes. Parmi les cas publiés, deux concernent des spermatozoïdes qui n'avaient pas de vie libre dans l'environnement: les spermatozoïdes géants d'ostracodes fossiles qui avaient bénéficié d'une minéralisation phosphatée précoce et les spermatozoïdes noyés dans la matière organique très résistante des cocons d'annélides clitellés.

Les autres cas sont ceux d'animaux dont le comportement sexuel est un transfert indirect de spermatophores ou de spermatodesmides. Sur le substrat où elles sont déposées par le mâle, si elles ne sont pas récupérées par la femelle, elles sont probablement sujettes à une décomposition rapide et ne se fossilisent pas. A moins qu'un flux de résine ne les intègre! Les spermatozoïdes, les spermatophores ou les spermatodesmides noyés dans l'ambre sont presque aussi bien conservés que sur une lame microscopique moderne: l'ambre se révèle ainsi une fois de plus être un milieu conservateur extraordinaire.

Fig. 4

Spermatophore d'une mouche dansante (Diptera: Empididae) en ambre dominicain. A. Spermatophore (flèche) libéré d'une mouche dansante. Barre d'échelle = 110  $\mu$ m. B. Groupe de spermatophores adjacent à la mouche de danse. Barre d'échelle = 90  $\mu$ m.



## Les références

CJ Bidau. 2014. Modèles dans la biodiversité des orthoptères. 1. Adaptations dans des contextes écologiques et évolutifs. *Journal of Insect Biodiversity* 20: 1–39. [Google Scholar]

Bomfleur B, Mörs T, Ferraguti M, Reguero MA, McLoughlin S. 2015. Spermatozoïdes fossilisés conservés dans un cocon annélide de 50 Myr de l'Antarctique. *Biology Letters* 11: 30150431. [CrossRef] [Google Scholar]

Breton G. 2012. L'ambre des Corbières (Aude-France). Carcassonne: Société d'études scientifiques de l'Aude éditions, 96 p. [[Google Scholar](#)]

Kojeta J. 1998. Essais sur les coccidés (homoptères): mort subite dans l'ambre? *Polskie Pismo Entomologiczne* 67: 185–218. [[Google Scholar](#)]

Matzke-Karasz R, Neil JV, Smith RJ, Symonova R, Mořkovský L, Archer M, *et al.* 2014. Préservation subcellulaire dans le sperme d'ostracodes géant d'un gisement de grotte du début du Miocène en Australie. *Actes de la Royal Society B* 281: 20140394. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Matzke-Karasz R, Smith RJ, Symonova R, Miller CG, Tafforeau P. 2009. Rapports sexuels impliquant du sperme géant dans l'Ostracode du Crétacé. *Science* 324: 1535. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Martínez-Delclòs X, Briggs DEG, Peñalver E. 2004. Taphonomie des insectes dans les carbonates et l'ambre. *Paléogéographie, paléoclimatologie, paléoécologie* 203: 19–64. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

McLoughlin S, Bomfleur B, Mörs T, Reguero M. 2016a. Cocons annélides clitellés fossiles et leurs inclusions microbiologiques de l'Éocène de l'île Seymour, Antarctique. *Palaeontologia Electronica* 19.11.11A: 1–27. [[Google Scholar](#)]

McLoughlin S, Bomfleur B, Mörs T. 2016b. Le monde étrange des cocons de vers fossiles. *Deposits Magazine* 43: 15–17. [[Google Scholar](#)]

Poinar Jr. GO. 2000. Premier enregistrement fossile de spermatophore pédonculé avec sperme (Collembola: Haxapoda). *Biologie historique* 14: 229-234. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Poinar Jr. GO. 2011. L'histoire évolutive des nématodes. Leiden: Brill, 429 p. [[Google Scholar](#)]

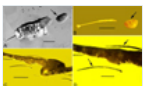
Poinar Jr. GO. 2018. Grillons taupes pygmées (Orthoptera: Tridactylidae) dans l'ambre dominicain et birman. *Biologie historique*. DOI: [10.1080 / 08912963.2018.1483362](https://doi.org/10.1080/08912963.2018.1483362). [[Google Scholar](#)]

Tuzet O. 1977. Les spermatophores des insectes. Dans: Grassé PP, éd. *Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie, tome VII: Insectes, gamétogenèse, fécondation, métamorphoses*. Fasc. VIRGINIE. Paris: Masson, 680 p. [[Google Scholar](#)]

Citez cet article comme suit: Breton G, Poinar G. 2020. Synopsis of rare fossile animal spermatozoa in amber and sedimentaire gisements, *BSGF - Earth Sciences Bulletin* 191: 31.

## Tous les chiffres

Fig. 1



*Sminthurus longicornis* Koch et Berendt, 1854 en ambre de la Baltique. A. *Sminthurus longicornis* déposant un œuf. La flèche montre l'œuf précédemment déposé. Barre d'échelle = 750  $\mu$ m. B. Spermatophore de *Sminthurus longicornis* avec gouttelette de sperme terminale. La flèche montre un œuf récemment déposé. Barre d'échelle = 675  $\mu$ m. C. Plusieurs spermatozoïdes allongés de *Sminthurus longicornis* adjacents à un spermatophore. Barre d'échelle = 50  $\mu$ m. D. Deux spermatozoïdes (flèches) de *Sminthurus longicornis*. Barre d'échelle = 24  $\mu$ m.

[↑ Dans le texte](#)

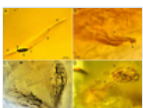


Fig. 2

Spermatozoïde, spermatodesmides et spermatophore dans l'ambre yprésien du sud de la France: a: acrosome; b: tête du spermatozoïde contenant le noyau; c: pièce de liaison; d: flagelle; e: coupe optique d'une fissure dans l'ambre, probablement induite par le spermatozoïde; i: spermatozoïdes immatures; s: spermatophore probable en

forme de sac recouvrant la tête des spermatozoïdes (D); d: spermatodesmid mal conservé. A. Spermatozoïde isolé, producteur inconnu. B. Spermatodesmid, producteur inconnu. C. Deux spermatodesmides, l'un mal conservé, l'autre avec 214 spermatozoïdes immatures, producteur inconnu. D. Spermatodesmid et spermatozophore possible, producteur inconnu.

[↑ Dans le texte](#)

Fig. 3



*Cascogryllus lobiferus* Poinar, 2018 en ambre birman. A. La flèche indique l'emplacement des spermatozophores. Barre d'échelle = 1,2 mm. B. La flèche montre un spermatozoïde quittant le sachet de sperme. Barre d'échelle = 98  $\mu$ m.

[↑ Dans le texte](#)

Fig. 4



Spermatozophore d'une mouche dansante (Diptera: Empididae) en ambre dominicain. A. Spermatozophore (flèche) libéré d'une mouche dansante. Barre d'échelle = 110  $\mu$ m. B. Groupe de spermatozophores adjacent à la mouche de danse. Barre d'échelle = 90  $\mu$ m.

[↑ Dans le texte](#)

## BSGF - Bulletin des sciences de la Terre

Rédacteur en chef: Laurent JOLIVET - [Comité de rédaction](#)

ISSN: 0037-9409 - eISSN: 1777-5817

© SGF ( [Société Géologique de France](#) )



[Mentions légales](#)

[Contacts](#)