

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGiques



Michel CROUSILLES (SHHNNH)



LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Les champignons ont une histoire évolutive fascinante, qui remonte à plusieurs⁺ centaines de millions d'années. À travers les âges géologiques, ils ont joué des rôles écologiques cruciaux, notamment dans la décomposition de la matière organique et la formation des sols, ainsi que dans les premières symbioses avec les plantes. Voici un aperçu de leur évolution à travers les grandes ères géologiques.

○

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

La fossilisation

Un fossile (du latin *fossilis*, « tiré de la terre ») est la trace plus ou moins minéralisée d'un ⁺ancien organisme vivant ou de son activité passée, ou bien son simple moulage, conservés dans une roche sédimentaire. Il peut s'agir de restes plus ou moins bien conservés de l'organisme lui-même (ossements, dents, feuilles, mycélium, biofilms, etc.) ou d'empreintes laissées par ce dernier (empreintes de pas, de peaux ou de téguments), moulages externes naturels (ambre, par exemple), terriers, stromatolithes, coprolithes, etc.

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Comparativement au nombre des êtres vivants, peu d'entre eux après leur mort sont fossilisés. Le processus de fossilisation reste rare car les conditions de la fossilisation sont rarement réunies. De ce fait, les témoignages qu'apportent les fossiles sur l'évolution de la vie sur Terre sont lacunaires.

On estime entre 0,01 et 0,1 % la proportion d'organismes qui sont fossilisés. En effet, une grande partie de ce qui compose un être vivant a tendance à se décomposer relativement rapidement après la mort. Pour qu'un organisme soit fossilisé, les restes doivent normalement être recouverts par les sédiments dans les plus brefs délais.

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



Squelette de baleine

○



Un poisson

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



Ammonites et rostre de Bélemnite



Etoiles de mer

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



Une libellule

○



Une feuille d'arbre

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Les origines de la vie

Premières formes de vie

Les premières cellules vivantes, probablement des procaryotes (sans noyau), seraient apparues il y a environ 3,8 milliards d'années. Il s'agissait de bactéries anaérobies (vivant sans oxygène).

Apparition de la photosynthèse

Il y a environ 2,5 milliards d'années, des cyanobactéries ont commencé à produire de l'oxygène. Cela a causé la grande oxydation de l'atmosphère, permettant l'émergence de formes de vie utilisant l'oxygène.

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Étapes-clés de l'évolution

Cellules eucaryotes (avec noyau) : il y a ≈ 2 milliards d'années.

Pluricellularité : il y a $\approx 1,5$ milliard d'années.

Explosion cambrienne (≈ 540 millions d'années) : apparition rapide de nombreux groupes d'animaux, végétaux et bactéries.

Sortie des eaux : premiers animaux terrestres (≈ 400 millions d'années).

Apparition des mammifères, puis des primates.

Hominidés et Homo sapiens : Australopithèques : ≈ 4 millions d'années. Homo habilis, erectus, neanderthalensis... Homo sapiens : il y a environ 300 000 ans.

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Qu'en est-il pour les champignons ?

Précambrien (avant 541 millions d'années)

Fossiles très rares, mais ⁺des indices moléculaires suggèrent que les champignons auraient émergé à cette époque.

Des analyses génétiques récentes estiment l'origine des champignons à environ 1 milliard d'années.

Les premiers champignons étaient probablement aquatiques et unicellulaires, proches des chytridiomycètes actuels (champignons saprophytes majoritairement aquatiques).

○

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Paléozoïque (541 – 252 millions d'années)

Ordovicien (485 – 444 Ma), donc post « explosion cambrienne »

Apparition probable des premiers champignons terrestres.

Les fossiles de spores fongiques apparaissent dans les roches de cette époque.

Début des symbioses mycorhiziennes avec les premières plantes terrestres.

Dévonien (419 – 359 Ma)

Fossile célèbre : *Prototaxites*, une structure géante pouvant atteindre 8 mètres de haut. Son appartenance aux champignons est débattue, mais il pourrait s'agir d'un champignon géant (?).

Expansion des écosystèmes terrestres avec l'aide des champignons dans la décomposition et le recyclage des nutriments.

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Vue d'artiste de *Prototaxites*

Il s'agit d'une espèce fossilisée retrouvée pour la première fois par le géologue canadien John William Dawson en 1859. •

En réalité, aucune étude ne permet d'avoir de certitudes concernant la nature de *prototaxites*, et ceux-ci seront qualifiés d'organismes faisant partie des plus étranges ayant jamais vécu sur notre planète. Ainsi, l'image de forêts de champignons géants tapissant la surface terrestre – bien que séduisante – restera bel et bien un mythe tant que l'absence de preuves se fera sentir.

○



LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Mésozoïque (252 – 66 millions d'années)

Les champignons continuent de se diversifier avec les plantes à graines.

Preuves de champignons parasites sur des plantes et des insectes fossiles.

Apparition probable de formes modernes de champignons tels que les **ascomycètes** et **basidiomycètes**.

Ce qui caractérise les ascomycètes est la formation d'ascospores (spores endogènes) qui se développent à l'intérieur des cellules reproductrices semblables à de petits sacs ou sachets appelés asques. Leurs structures sont constituées de filaments appelés hyphes : ceux-ci forment ensemble le mycélium de type septal simple, c'est-à-dire qu'ils ont des septa ou des cloisons entre les compartiments cellulaires).

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Cénozoïque (66 Ma – aujourd'hui)

Explosion de la diversité des champignons, notamment les champignons à chapeau (basidiomycètes où la production de basidiospores est réalisée à l'extérieur des cellules fertiles appelées basides).

Évolution de relations complexes avec les plantes et animaux (symbioses, parasitisme, saprophytisme, ...).

Fossiles de truffes et autres structures modernes dans des dépôts anciens.

À suivre quelques exemples.

-

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Premières traces

Jusqu'à présent, les champignons fossiles avérés dataient du milieu du Paléozoïque, vers 450-400 millions d'années. De nouvelles recherches, menées dans le Nord-Ouest du Canada viennent repousser ce record de plusieurs centaines de millions d'années

Avec des collaborateurs du service géologique du Canada, de l'Université Laurentienne (Canada) et du CNRS (France), les chercheurs de l'Université de Liège ont, en effet, découvert de nombreux spécimens du microfossile à paroi organique *Ourasphaira giraldae* conservés dans des schistes estuariens de la Formation Grassy Bay, au sud de l'île Victoria, dans les Territoires du Nord-Ouest du Canada.

Ces microfossiles multicellulaires sont datés entre 1000 et 900 millions d'années

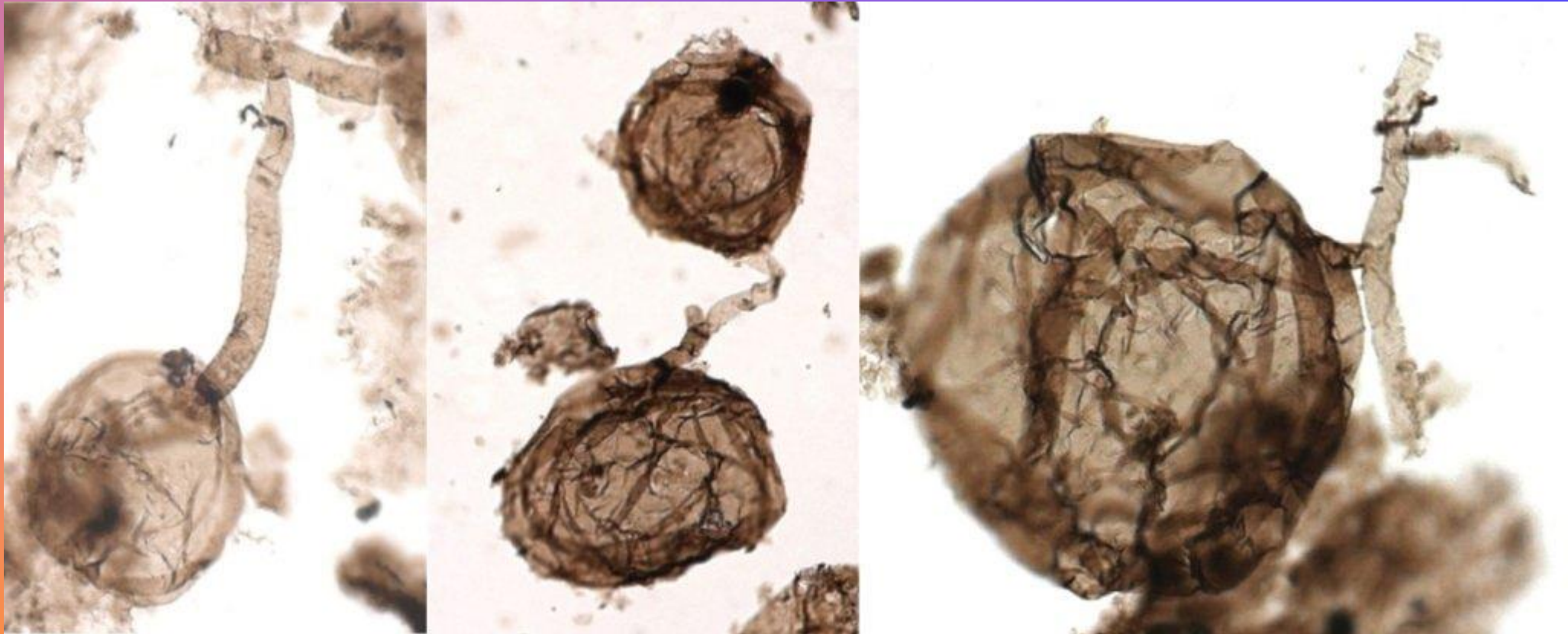
○

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Le champignon microscopique multicellulaire fossile à paroi organique *Ourasphaira giraldæ* composé de filaments en forme de “T” et segmentés (hyphes), et connectés à une vésicule sphérique (spore). Taille : de 30 à 80 microns de diamètre (0,03 à 0,08 mm). © Loron et al., 2019.



LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



Ourasphaira giraldae © Loron et al., 2019.

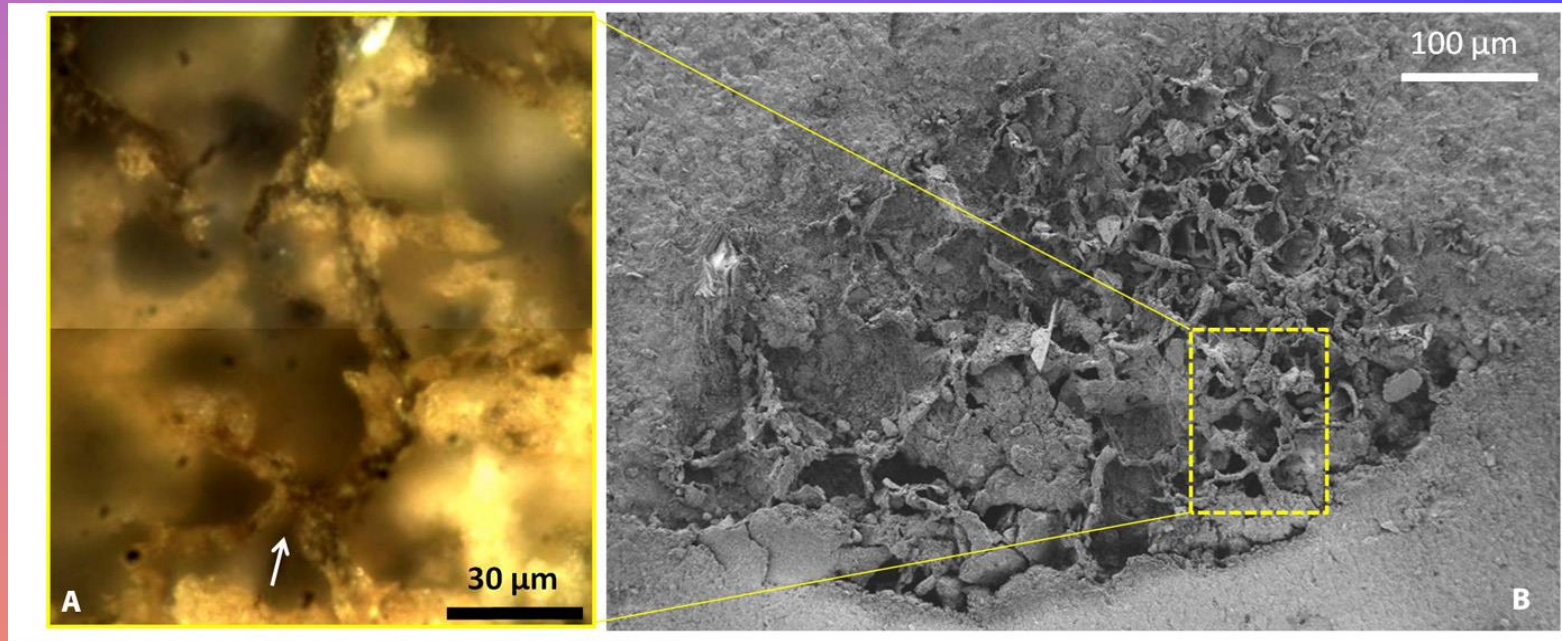
LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Un peu plus tard

Présence de réseaux filamenteux attribués à des champignons dans une roche schisteuse dolomitique du Supergroupe de Mbuji-Mayi dans le bassin de Sankuru-Mbuji-Mayi-Lomami-Lovoy, centre-sud de la République démocratique du Congo. Les fossiles filamenteux ont été identifiés dans une lame mince à partir d'une profondeur de 118,2 m dans la carotte de forage. Les réseaux fongiques ont été trouvés intégrés dans une matrice minérale homogène préservée sous forme de filaments cylindriques. Cette préservation « tridimensionnelle » (3D) résulte d'une cimentation dolomitique précoce (peut-être due à des conditions schizohalines), qui a entravé un compactage important lors de l'enfouissement. L'âge estimé des schistes dolomitiques fossilifères se situe entre environ 810 et 715 Ma (Précambrien).

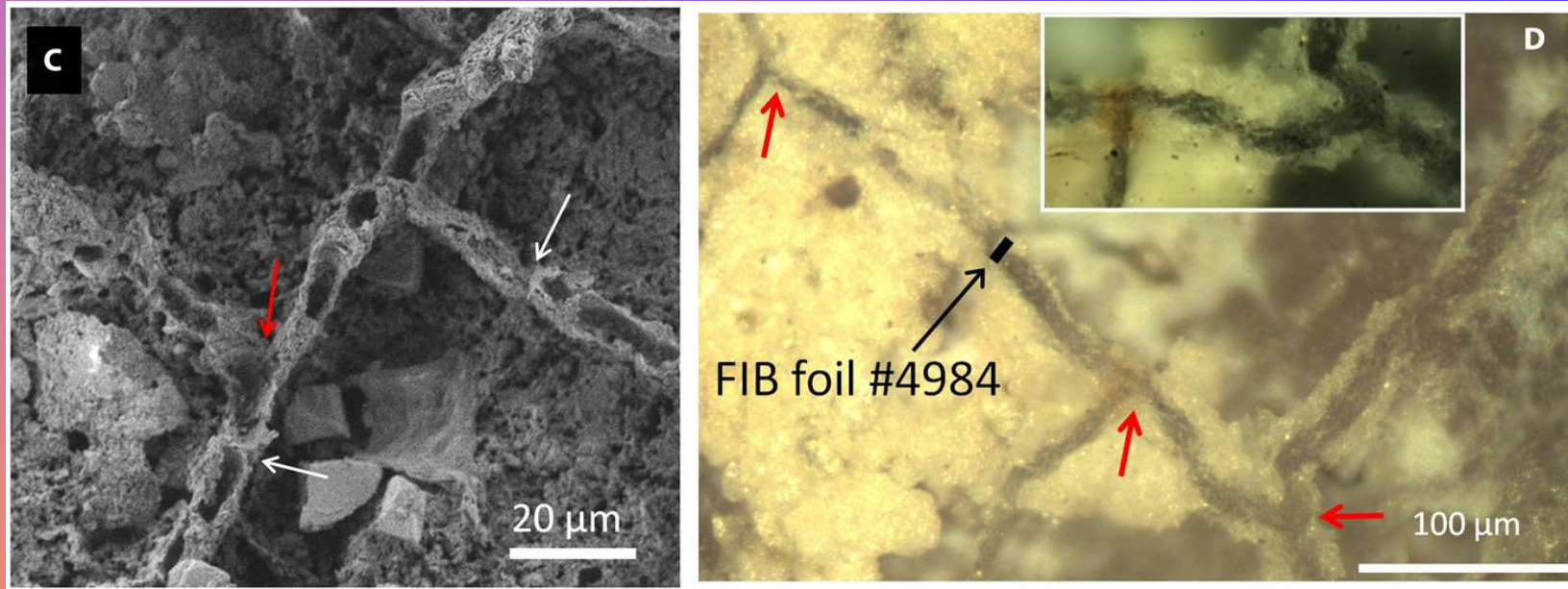


LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



A) Image composite de vues en microscopie optique (LM) de filaments sombres, non translucides et interconnectés faisant partie d'une grande structure semblable à un mycélium couvrant $\sim 0,2 \text{ mm}^2$ (ainsi que d'autres structures semblables au mycélium). Notez que la zone représentée en (B) a été exposée à WGA-FITC (traitement chimique permettant une fluorescence des éléments recherchés).

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



(C) Micrographie de microscopie électronique à balayage illustrant la présence de cellules (~20 à 25 μm de longueur) régulièrement espacées de septa ou de pseudosepta présumés (flèches blanches) et montrant des anastomoses présumées (flèche rouge). (D) image LM d'un réseau de mycélium de filaments de couleur foncée avec des ramifications en Y et en T (flèches rouges) ; la flèche noire marque la position d'une feuille FIB #4984 coupée sur un filament dans la section mince. L'encart montre une partie du réseau mycélien composée de filaments sombres et non translucides se ramifiant à angle droit.

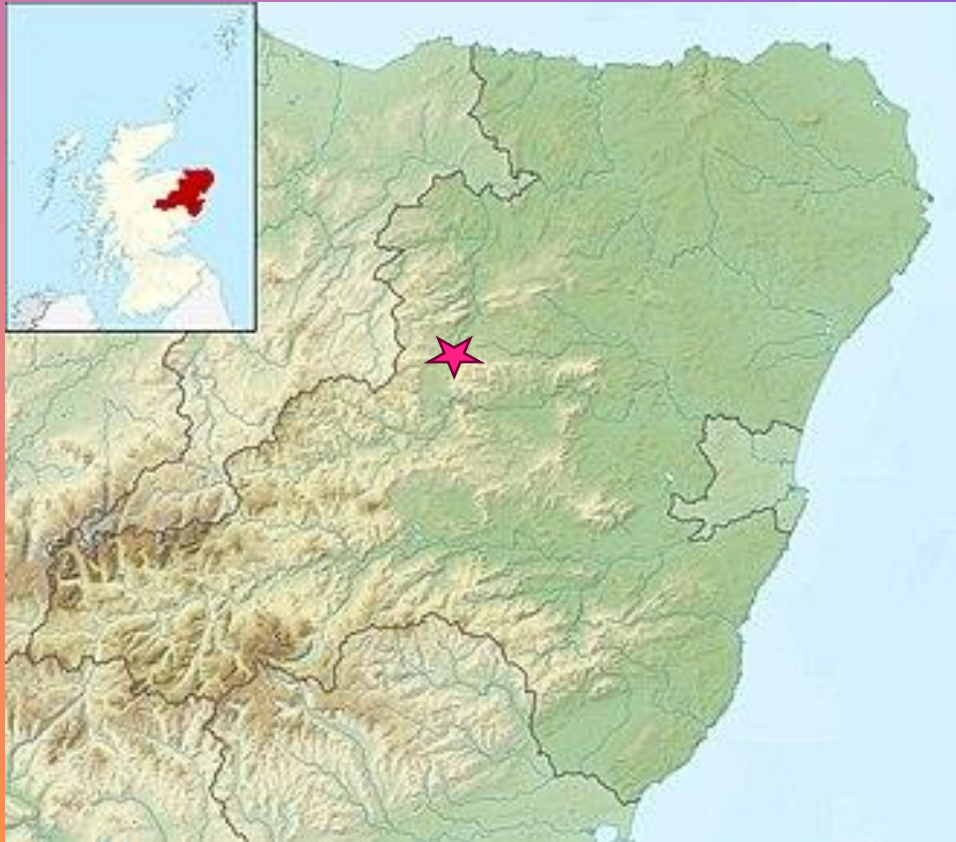
LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Les cherts de Rhynie (Dévonien inférieur – 410 Ma)

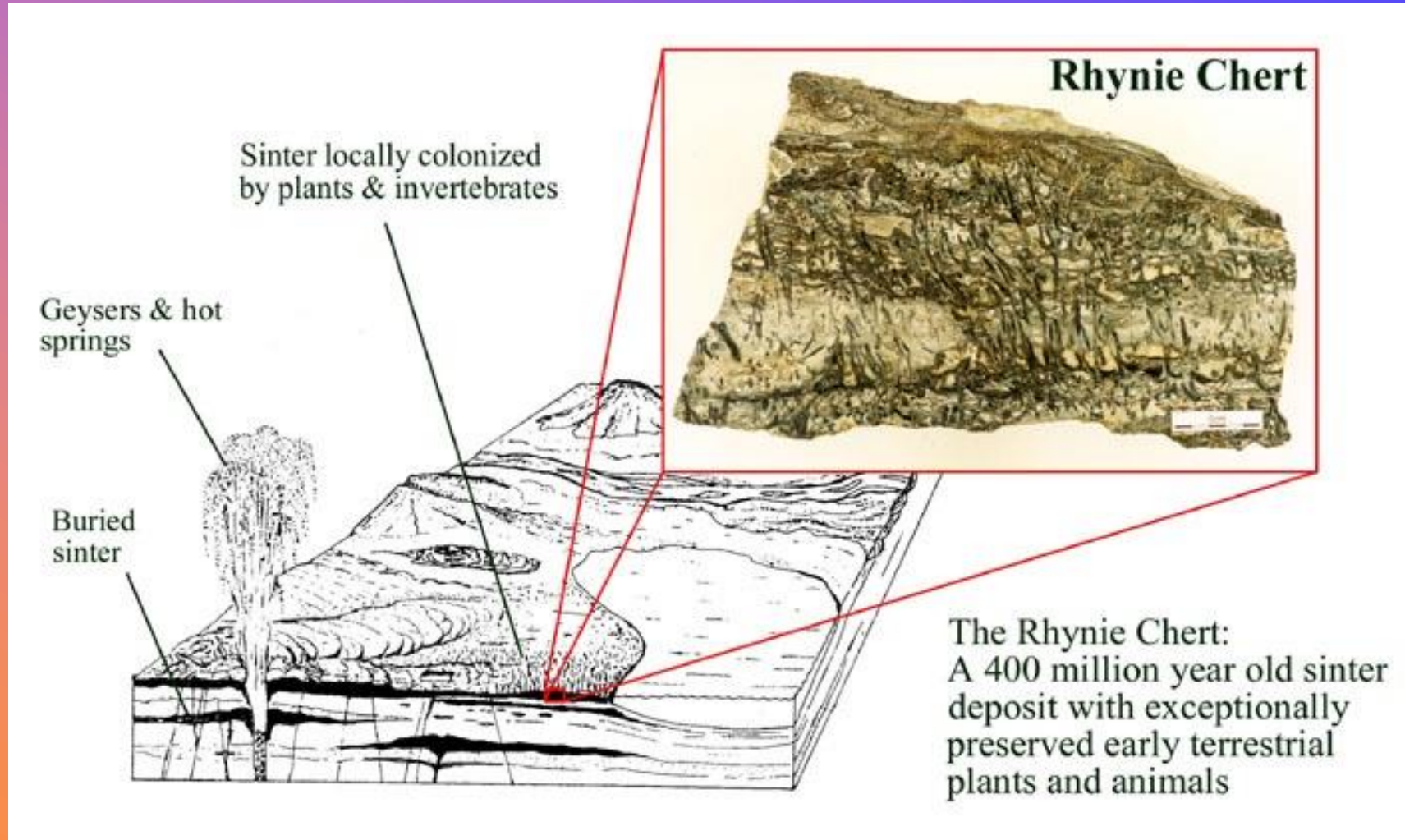
Ce site écossais d'une richesse paléontologique exceptionnelle a été décrit et cartographié pour la première fois en 1878. Depuis, de très nombreux travaux y ont été réalisés dans tous les domaines de la géologie, de la lithostratigraphie à la reconstitution des paléoenvironnements locaux, en passant bien sûr par la paléontologie et la paléoécologie.

L'origine de cette roche sédimentaire (roche siliceuse formée essentiellement de calcédoine et / ou d'opale et produite par des sources chaudes, nombreuses en raison des activités volcaniques de la région) et donc les conditions de fossilisation qui lui sont généralement associées font de Rhynie un site exceptionnel.

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Champignons

De nombreuses associations mycorhiziennes ont été observées dans les restes de plantes montrant que ce processus existait dès le début de la colonisation des surfaces terrestres par les plantes.

Les champignons connus du chert de Rhynie comprennent les chytridiomycètes, les ascomycètes, les oomycètes (Peronosporomycètes) et les glomeromycètes ; en effet, les seuls groupes fongiques non encore connus du Rhynie sont les Zygomycota, et les Basidiomycota, ces derniers n'ayant peut-être même pas évolué à l'époque de Rhynie.

Retesporangicus lyonii est le plus ancien champignon qui produit plusieurs sporanges sur un réseau d'hyphe.

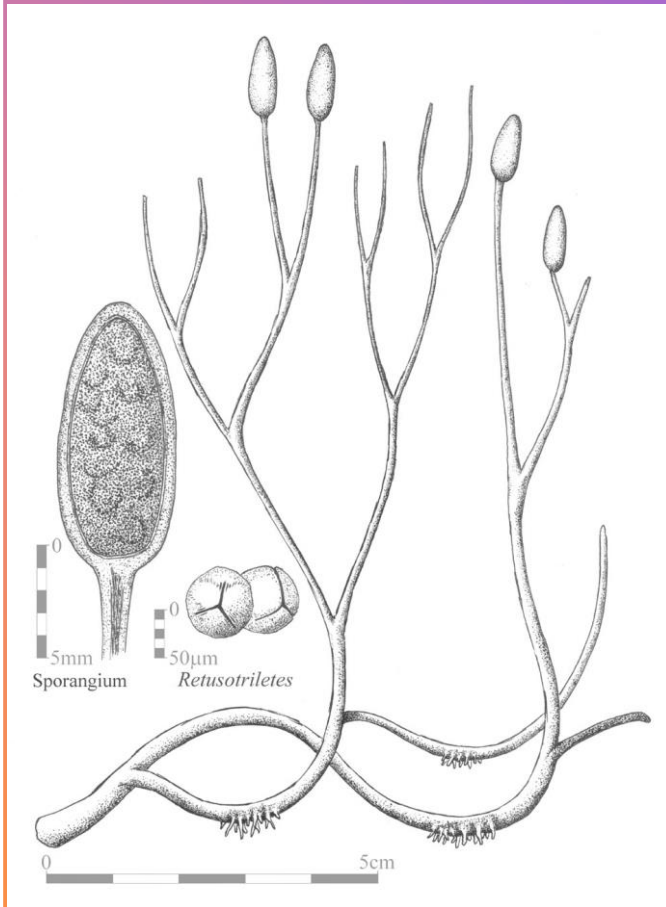
LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



Coupe transversale d'un rhizome d'*Aglaophyton major* de Rhynie (à gauche, trait = 1mm) et détail (à droite, barre = 30 μ m) montrant les hyphes du champignon (f) entre les cellules.

○

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

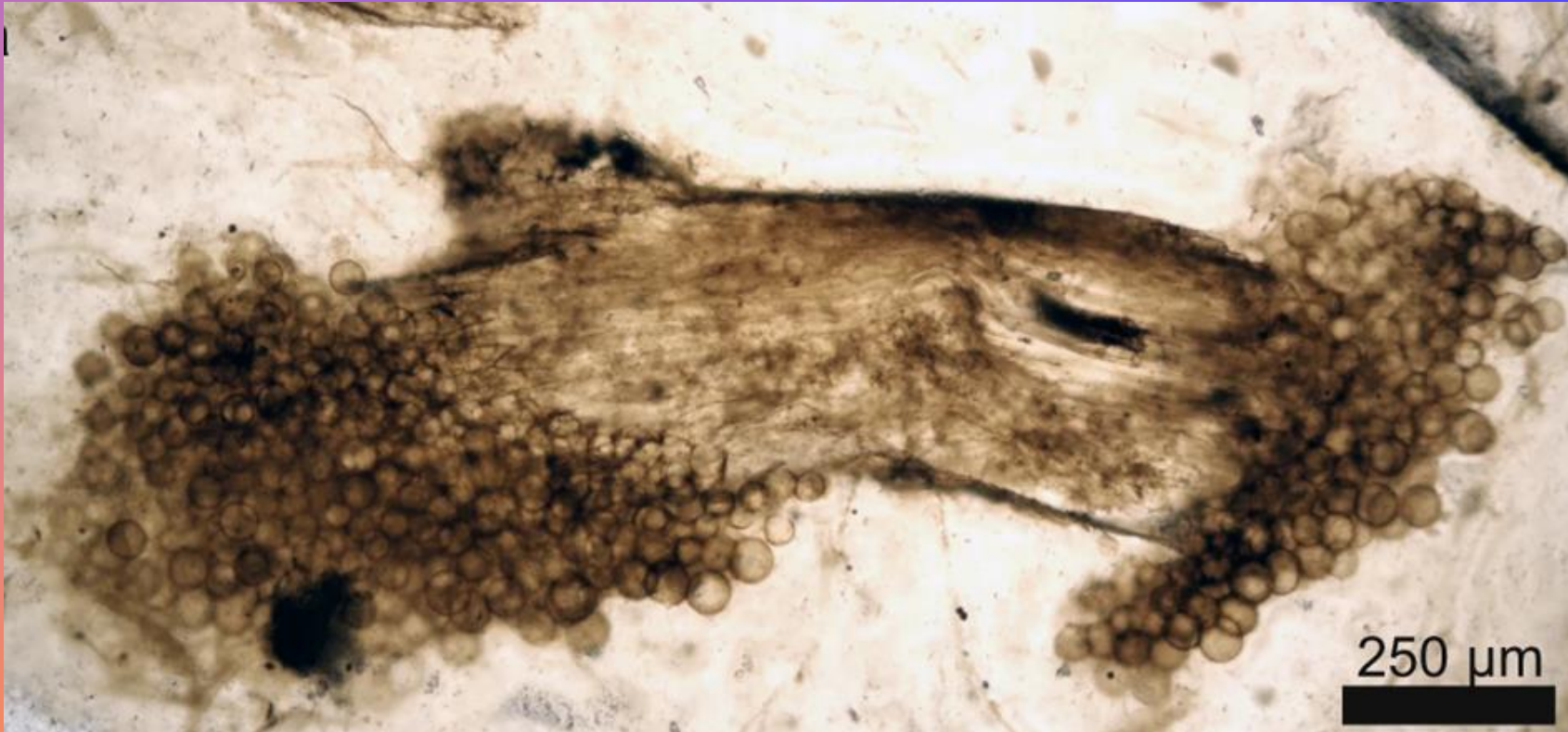


+



○ *Aglaophyton major* (*Rhynia major*)

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



Palaeomyces sp. (champignons) sur la tige d'une plante (chert de Rhynie – Dévonien)

○

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

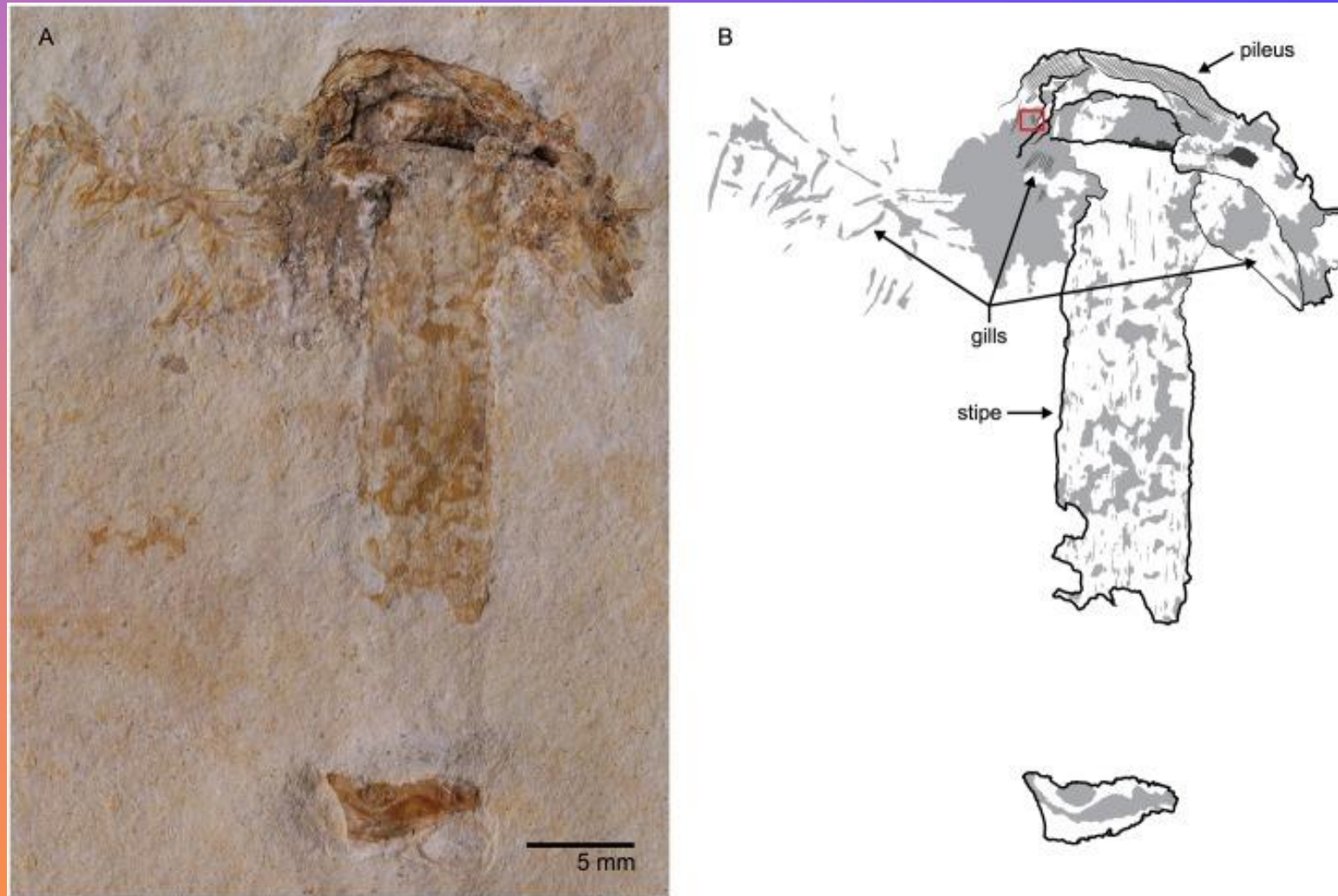
Plus récemment

Champignon *Gondwanagaricites magnificus*, fossilisé dans du calcaire, il y a 115 millions d'années (bassin de Grato au NE du Brésil - Crétacé inférieur).

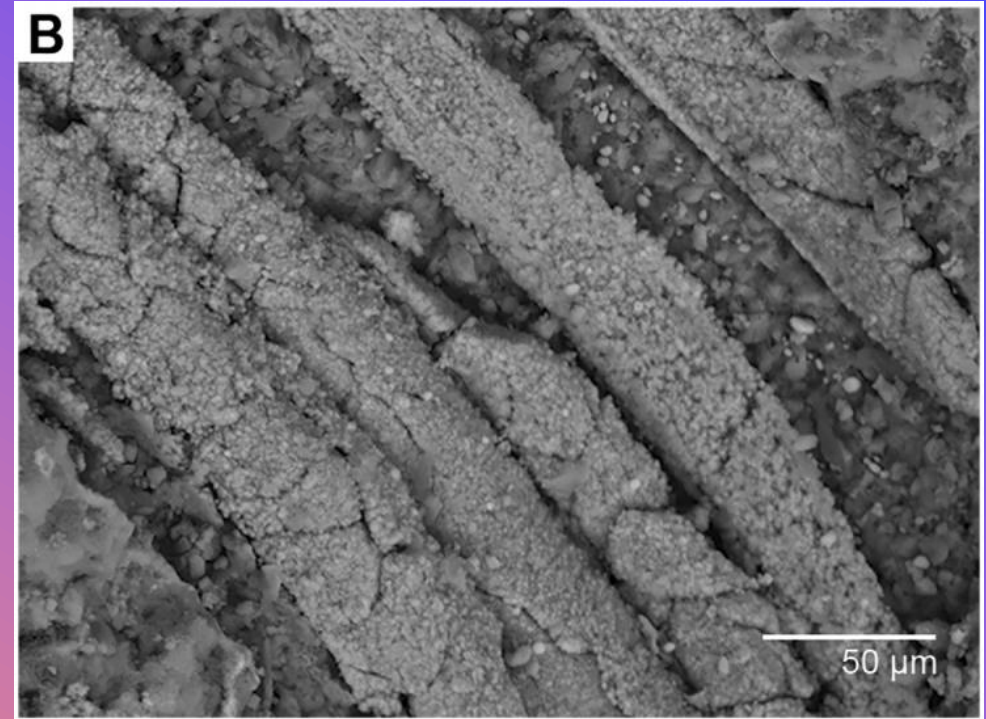
Les chercheurs l'ont classé dans l'ordre des Agaricales (celui des champignons de Paris), et en ont fait une espèce et un genre inconnus, *Gondwanagaricites magnificus*, « le magnifique Agaric fossile du Gondwana ».

Il présente effectivement des similitudes remarquables avec ses descendants contemporains, selon une analyse faite au microscope électronique.

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

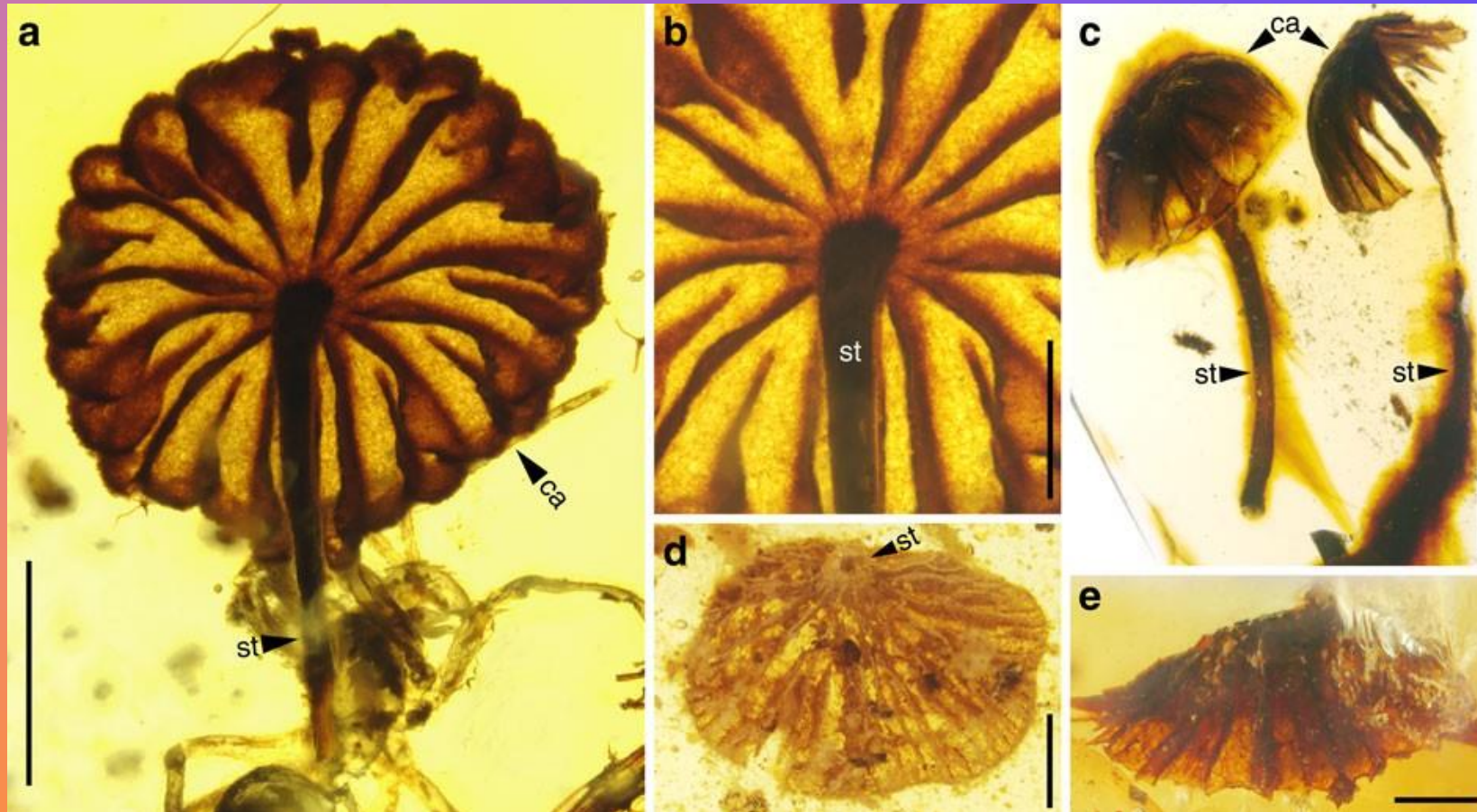


Images au microscope électronique des lamelles de
Gondwanagaricites magnificus

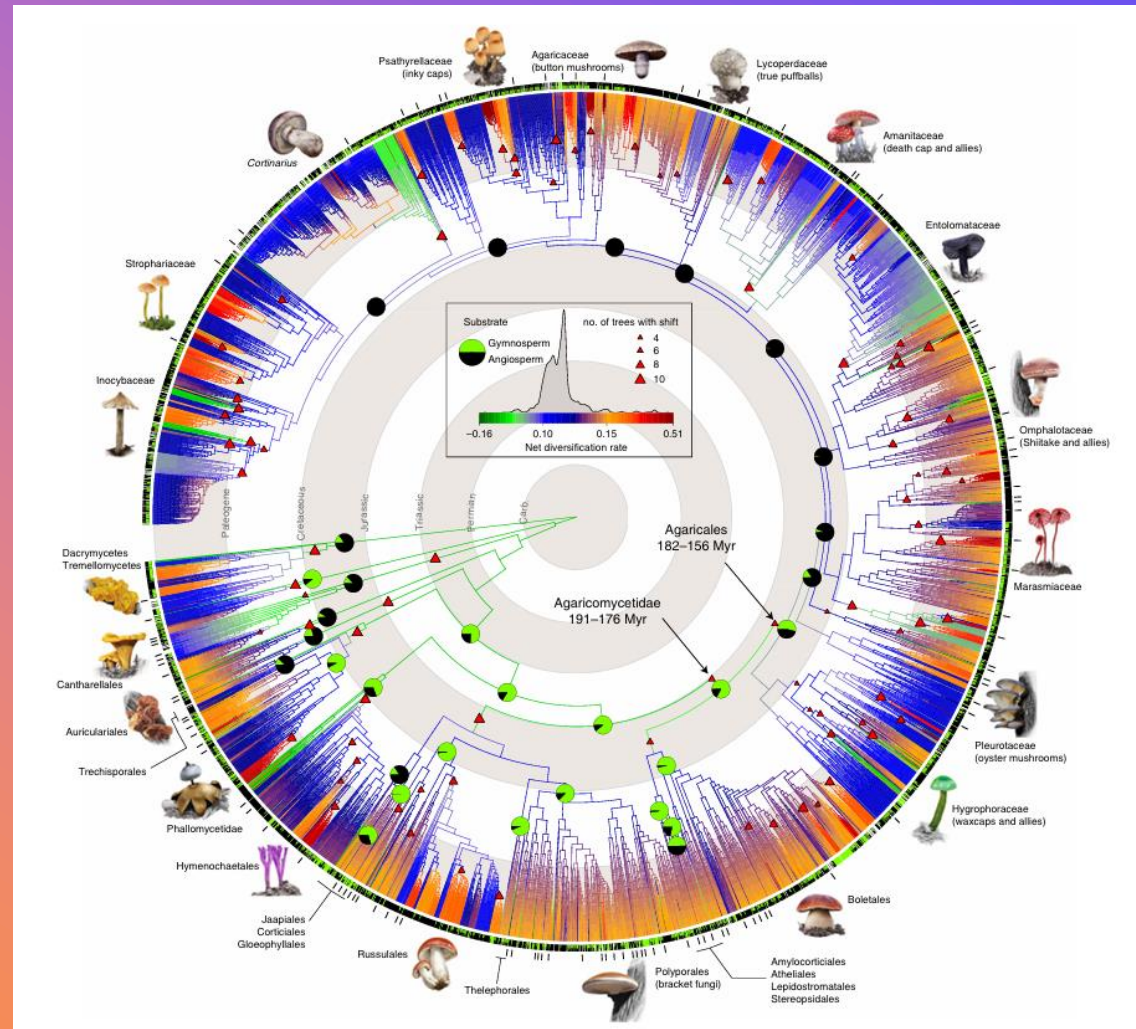
○

LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES

Quelques Agaricomycetes piégés dans de l'ambre du Crétacé(- 90 Ma)



LES CHAMPIGNONS À TRAVERS LES ÂGES GÉOLOGIQUES



MERCI pour votre attention

