



BVP Newsletter

N°5
Déc. 2024

Félicitations à Asma et Mickaël !!

pour avoir tous les deux brillamment soutenu leur thèse en novembre dernier.



Des bactéries nageuses...

Le saviez-vous ? Les bactéries se déplacent dans leur environnement spécialement en fonction de certains paramètres physico-chimiques et, chose surprenante, semblent s'organiser collectivement. La thèse d'**Asma Braham** réalisée sous la direction de Laurence Lemelle consistait à lever une partie du mystère de ce monde microscopique. Une étude expérimentale a été menée au cours de laquelle les bactéries ont été soumises à des gradients Ni^{2+} et Zn^{2+} . Leur déplacement et mouvements de répulsion ont été observés et modélisés mathématiquement. L'hypothèse retenue est que les bactéries mettent probablement en oeuvre une stratégie survie en réponse à des environnements toxiques. Les implications de ce travail concernent notamment la distribution des biofilms contenus dans des roches parfois très anciennes, laquelle ne serait sans doute pas aléatoire mais résulterait de la redistribution des bactéries en fonction d'interactions avec le substrat minéral.

*"Dissémination de bactéries motiles sur des surfaces minérales modèles dans des environnements chimiques hétérogènes",
thèse soutenue le jeudi 7 novembre 2024.*

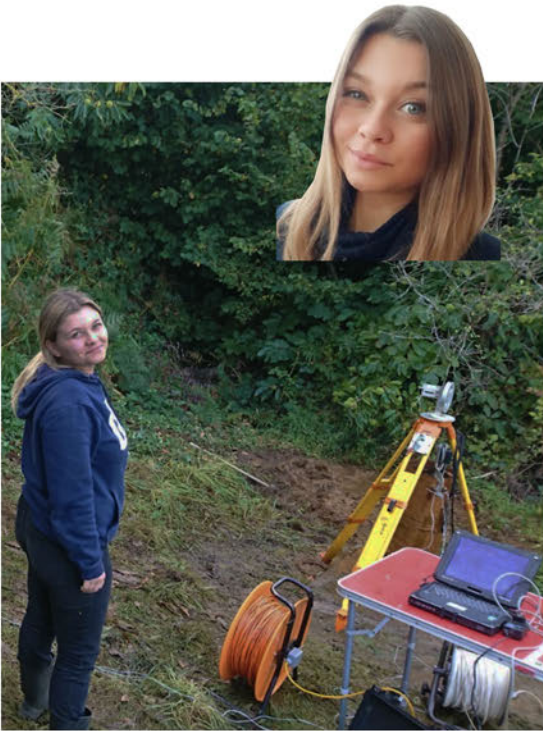
... aux mille-pattes géants

La thèse de **Mickaël Lhéritier**, co-dirigée par Vincent Perrier, Gilles Escarguel et Jean Vannier, avait pour objet des fossiles à préservation exceptionnelle provenant de nodules récoltés à Montceau-les-Mines. Ce gisement d'âge Carbonifère est une véritable fenêtre évolutive sur un événement clé de l'évolution biologique, la terrestrialisation, en d'autres termes l'adaptation de la vie à des environnements non-aquatiques. Le sujet portait sur un groupe phare de cette colonisation pionnière, les myriapodes (mille-pattes). L'utilisation de la microtomographie aux rayons X a permis de reconstituer avec une précision inégalée l'anatomie et le mode de vie de ces arthropodes très diversifiés et vivant au sein de milieux forestiers. Leurs liens de parenté avec les lignées actuelles ont été établis grâce à l'analyse cladistique. L'un de ces myriapodes *Arthropleura* a retenu l'attention de Mickaël. Ce géant du Carbonifère dont les adultes dépassaient les deux mètres de long est présent à Montceau sous forme de juvéniles qui ont révélé pour la première fois l'organisation anatomique de cet animal terrifiant (plus de détails en page 4)

*"Une fenêtre évolutive sur la terrestrialisation des arthropodes: étude des myriapodes du gisement à préservation exceptionnelle de Montceau-les-Mines (Carbonifère, 305 Ma)",
thèse soutenue le jeudi 14 novembre 2024.*



Post-doctorant(e)s



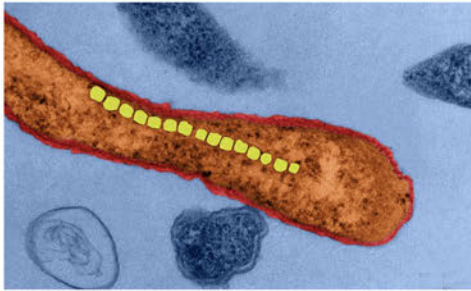
Depuis septembre 2024, **Mélissa Garry** est post-doctorante en géomicrobiologie dans le cadre du projet ANR BIOMAG (*Reconstruire l'émergence et l'évolution des bactéries magnétotactiques à partir de la magnétite fossile*) et sous la supervision de Matthieu Amor. Ce projet étudie la bioaccumulation de cofacteurs enzymatiques clés, tels que le molybdène, indispensable au fonctionnement de la nitrate réductase, enzyme impliquée dans la dénitrification (respiration anaérobie), ou le sélénium pour la glutathione peroxydase impliquée dans la détoxification des espèces réactives de l'oxygène en cas de stress oxydant, dans les magnétosomes intracellulaires formés par les bactéries magnétotactiques. Cette démarche permettra d'identifier des biosignatures spécifiques, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de l'émergence et de l'évolution des bactéries magnétotactiques.

Shu Chai de l'Université Northwest de Xi'an (Chine) a séjourné au laboratoire pendant 6 mois. Son projet post-doctoral de recherche avec Jean Vannier avait pour but de caractériser un fossile emblématique de la fin du Précambrien, aux affinités très floues. On sait maintenant que *Cloudina* est probablement une annélide tubicole (la plus ancienne connue à ce jour) comme le montre les fibres chitineuses typiques exceptionnellement bien préservées de son tube, en tout point semblables à celle des représentants actuels du groupe vivant au large de la Papouasie-Nouvelle Guinée. Cette étude a pu être réalisée grâce à la Zoothèque du Muséum de Paris. Un grand merci à Laure Corbari !

Pendant la même période (juin-novembre), **Cédric Aria** s'est lui concentré sur la phylogénie des arthropodes, sa spécialité, et a actualisé leur arbre phylogénétique via des analyses cladistiques qui intègrent les données anatomiques les plus récentes concernant les formes cambriennes.



Cette peluche assez réaliste se trouve dans mon bureau (cadeau de Shu Chai).



La fonction des magnétochromes élucidée

Les bactéries magnétotactiques sont capables de former des nanoparticules magnétiques (magnétite) intracellulaires de façon génétiquement contrôlée. Cette biominéralisation nécessite l'action de nombreuses protéines dédiées, certaines étant spécifiques à ces bactéries. C'est le cas des magnétochromes, des domaines protéiques semblables aux cytochromes c, qui sont essentiels à la formation de magnétite mais dont la fonction

restait à élucider. **Matthieu Amor** vient de publier un article dans **PNAS**, fruit de la collaboration entre le LGL-TPE et plusieurs centres de recherche français et européens. Il montre le rôle des magnétochromes qui oxydent partiellement le fer intracellulaire et l'incorporent aux nanoparticules déjà présentes pour assurer une croissance anisotrope de la magnétite et maximiser les propriétés magnétiques des bactéries. Cette étude ouvre de nombreuses perspectives passionnantes et souligne le rôle potentiel des magnétochromes dans la génération des fractionnements indépendants de la masse des isotopes du fer utilisés pour identifier des fossiles de bactéries vieux de plusieurs milliards d'années.

M. Amor, D. M., Chevrier, M. I., Siponen, R., Egli, E., Scoppola, L., Marcano, C. Li, F. Choueikani and D. Faivre (2024). Magnetochrome-catalyzed oxidation of ferrous iron enables magnetite crystal growth in the magnetotactic bacterium AMB-1. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.**

Réponse adaptative des bactéries au stress

Les lipides contenus dans la membrane des cellules eucaryotes et bactériennes sont au cœur des interactions avec l'environnement et jouent un rôle crucial dans la survie et la fonctionnalité de ces organismes. En réponse au stress, ceux-ci sont capables de développer différents mécanismes en modifiant la structure de leur lipidome. C'est précisément le sujet de cet article co-signé par **Vincent Grossi** et publié dans la revue **PNAS**.

L'étude porte sur une bactérie sulfato-réductrice répondant au joli nom de *Desulfatibacillum alkenivorans*, qui a été soumise, lors d'expériences en laboratoire à des variations de paramètres environnementaux tels que la température, le pH, la salinité, ou encore la teneur en ammonium et phosphore. Son lipidome riche de presque 400 molécules différentes a montré des réponses étonnantes au stress y compris l'apparition de nouveaux lipides, lors par exemple d'une carence en phosphore. Il s'agit donc d'un exemple très bien documenté de stratégie adaptative chez des hétérotrophes anaérobiques qui ont survécu en s'adaptant sans cesse depuis une nuit des temps.



Ding, S., Grossi, V., Hopmans, E. C., Balea, N. J., Cravo-Laureau and Sinninghe Damsté, J. S. (2024). Nitrogen and sulfur for phosphorus: Lipidome adaptation of anaerobic sulfate-reducing bacteria in phosphorus-deprived. Conditions. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.** 121, 24, e2400711121.

Vincent poursuit sa carrière à Marseille et nous dira prochainement s'il y a des bactéries sulfato-réductrices dans la calanque de Sormiou.

Vincent, les primitifs de BVP t'adressent leur amitié ! Bon courage dans le sud !

N'allez jamais seul(e) dans une forêt

Dans le sillage de sa thèse (voir page 1), **Mickaël** et ses co-auteurs viennent de publier dans **Science Advances** un article qui révèle l'anatomie et l'arbre généalogique de l'un des plus gros arthropodes terrestres qui aient jamais existé. Au Carbonifère, *Arthropleura* tel est son nom, vivait dans les luxuriantes forêts équatoriales de la Saône-et-Loire actuelle. C'est la microtomographie aux rayons X appliquée à des fossiles préservés en 3D dans des nodules, principalement des formes juvéniles de taille assez modeste, qui a permis cette exploration hors norme. Les myriapodes (mille-pattes) auxquels est affilié *Arthropleura* étaient déjà très diversifiés il y a 305 millions d'années et avaient colonisé la terre ferme en grand nombre. Ce gisement exceptionnel de Montceau livre les restes de nombreux autres organismes dont une riche faune de chélicérates (scorpions, limules, etc..) encore non étudiée. En bref, il s'agit d'une fenêtre évolutive exceptionnelle ouverte sur un écosystème complexe grouillant de vie.



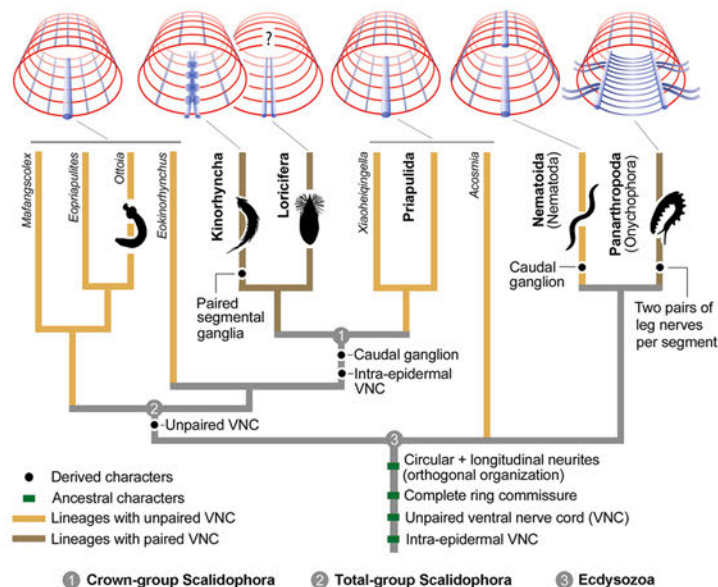
Lhéritier, M., Edgecombe, G. D., Garwood, R. J., Buisson, A., Gerbe, A., Koch, N. M., Vannier, J., Escarguel, G., Adrien, J., Fernandez, V., Bergeret-Medina, A. and Perrier, V. (2024). Head anatomy and phylogenomics show the Carboniferous giant *Arthropleura* belonged to a millipede-centipede group. **Science Advances** 10, eadp6362 (2024);

Vous pourrez lire également: Lamsdell, J. C. (2024). Bring me the head of *Arthropleura*. *Science Advances Focus*.

Crise de nerfs au Cambrien

La diversification des premiers animaux au cours de la transition Précambrien-Cambrien s'accompagne d'innovations anatomiques et fonctionnelles cruciales comme l'apparition de systèmes nerveux de plus en plus sophistiqués et performants. **Deng Wang** (ancien doctorant au LGL), **Jean Vannier** et leurs co-auteurs ont tenté de reconstituer les étapes de cette complexification au sein du groupe des ecdysozoaires (tous les animaux effectuant leur croissance par mues successives, dont les arthropodes) grâce notamment à des vers du Cambrien basal dont la corde nerveuse ventrale est préservée. Il s'agit du système nerveux le simple du groupe qui évolue ultérieurement chez les premiers animaux possédant des pattes, précurseurs des arthropodes. La complexification du système nerveux apparaît comme un élément moteur de l'évolution animale, ouvrant des perspectives nouvelles à la motricité et aux capacités sensorielles et ayant boosté la radiation cambrienne.

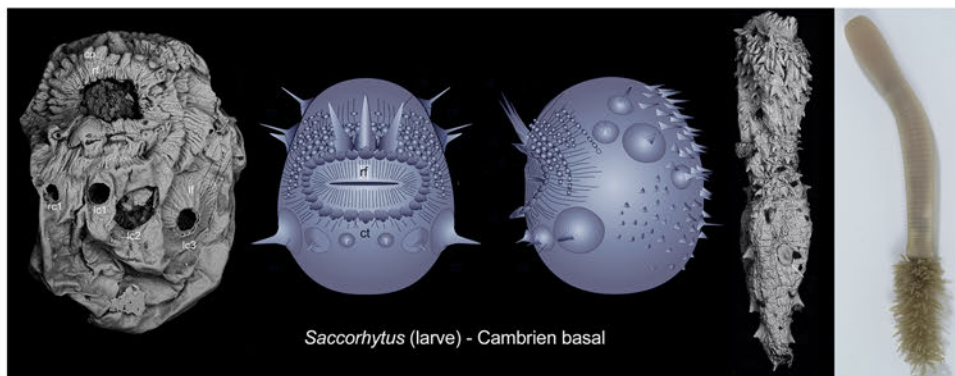
Wang, D., Vannier, J., Martin-Duran, J. M., Herranz, M., Yu, Chiyang and Han, J. (2024, in press). Preservation and early evolution of cycloneurialian ventral nerve cord. **Science Advances**.



Vous avez dit *Saccorhytus* ?

Saccorhytus est sans conteste l'une des créatures les plus étranges de la base du Cambrien. Imaginez un petit sac vide hérissé d'épines avec une seule ouverture plissée. Rien d'étonnant à ce qu'elle ait fait l'objet d'interprétations les plus diverses, voire farfelues. Ainsi, un article paru dans la revue *Nature* en 2017 considérait *Saccorhytus* comme un deutérostomien primitif (pour simplifier un très lointain ancêtre des poissons). D'autres chercheurs le voyaient plutôt comme un ecdysozoaire des plus ancestraux. Personne toutefois ne parvenait à expliquer son étrange anatomie et son mode de vie. **Jean Vannier** a décidé d'y voir plus clair et a découvert qu'il s'agissait en fait d'une larve de ver priapulien, vers qui existent toujours dans la nature actuelle et qu'il a pu récolter en Suède et en Russie. Les larves de ces animaux sont complètement différentes des formes adultes. De retour aux fossiles, Il a pu également identifier les adultes de *Saccorhytus* dans les mêmes gisements. Enfin une énigme résolue !

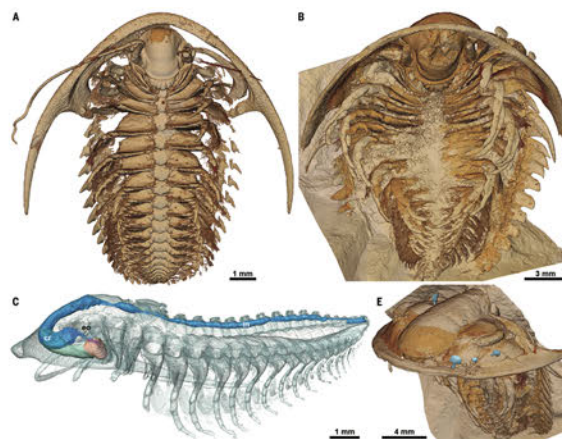
Vannier, J. (2024). The early Cambrian *Saccorhytus* is a non-feeding larva of a scalidophoran worm. *Proceedings of the Royal Society London B*. 291:20241256.



Other Papers

Un autre Pompéï, il y a un demi-milliard d'années

Pour terminer, je ne peux résister au plaisir de vous présenter cet article paru dans **Science** et relatant la découverte de trilobites cambriens parfaitement conservés. Il s'agit d'un cas exceptionnel de préservation des structures anatomiques qui fait intervenir des cendres volcaniques pyroclastiques très fines. Un peu comme à Pompéï. Le gisement est situé dans le synclinal de Lemdad dans la partie sud du Maroc. Ce travail est le fruit d'une équipe de chercheurs, dont plusieurs collègues marocains de l'**Université Cadi Ayyad de Marrakech**, réunie par Abderrazak El Albani, sédimentologue de l'Université de Poitiers. Comme pour les fossiles de Montceau (voir article de Lhéritier et al., page 4), c'est la microtomographie aux rayons X qui a su révéler l'organisation tridimensionnelle de ces trilobites avec une précision inédite. Les résultats présentés nous éclairent non seulement sur l'anatomie fonctionnelle de l'animal le plus emblématique du Paléozoïque mais sur l'évolution des arthropodes en général.



El Albani et al. (2024).
Rapid volcanic ash
entombment
reveals the 3D anatomy
of Cambrian trilobites.
Science 384, 6703.

A L'honneur !



Isabelle Daniel a reçu en 2024 le **SFMC Merit Award 2024** de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie pour ses recherches sur la modélisation des interactions fluides-minéraux dans les domaines de l'hydrothermalisme et de la subduction au moyen d'expériences à haute pression et à haute température et bien d'autres travaux remarquables (voir site SFMC).

La remise du prix a eu lieu lors de L'European Mineralogical Conference 2024 à Dublin le 24 août 2024.

Au cours de cette conférence, Isabelle a également été élue **Présidente de l'European Mineralogical Union**

Chaleureuses félicitations, Isabelle,
au nom de toute l'équipe BVP !

Conférences

**17th International Echinoderm
Conference &
2nd International Hemichordate
Meeting**

15 - 19 July 2024.
Puerto de la Cruz, Tenerife



**BVP
aux
Canaries**



Martina Nohejlová (Prague), Anaïs Travers et **Christophe Dupichaud (BVP)**