



Paléo- bio-inspiration

Les fossiles inspirent le futur

Introduction

Le vivant évolue depuis presque quatre milliards d'années dans des environnements divers, très contraignants, souvent même avec des contraintes contradictoires. L'évolution a donc fait émerger un ensemble de solutions adaptées aux contextes de notre planète. Le biomimétisme propose d'étudier ces solutions pour répondre à des problèmes humains tout en respectant le reste des êtres vivants.

Les espèces éteintes représenteraient 99% de la diversité biologique ayant existé sur Terre...

Se cantonner aux espèces vivantes est donc très restrictif et s'intéresser aux espèces disparues ouvre un vivier de sources d'inspirations absolument phénoménal ! C'est le principe de la paléo-bioinspiration.

Conscient de ce potentiel, le Muséum national d'Histoire naturelle a d'ailleurs été à l'origine du premier colloque international sur ce thème en 2023. Fort de son succès, le deuxième colloque international portant sur cette thématique se tiendra à Edinbourg en juin 2025.



En effet, contrairement aux idées reçues qui voudraient que ces espèces disparues aient « perdu » le jeu de l'évolution et ne soient donc pas de bonnes sources d'inspiration, elles sont tout aussi inspirantes que les espèces actuelles, voire parfois plus !

Augmenter le vivier d'inspirations

En effet, une espèce ayant disparu s'est éteinte car elle n'était plus adaptée à l'ensemble des contraintes auxquelles elle faisait face au moment de sa disparition, compromettant de ce fait sa survie.

Néanmoins, cela ne veut pas dire que, pour certaines contraintes, les fonctions remplies par l'organisme n'étaient pas parfaitement adaptées ! Il est donc judicieux d'étudier ces dernières.

Par ailleurs, même pour les contraintes auxquelles l'espèce n'a pas ou plus réussi à faire face, les stratégies mises en œuvre peuvent rester intéressantes. En effet, il n'existe pas de "bonne" stratégie universelle, mais des stratégies qui conviennent à des contextes particuliers. Si le contexte de notre étude diffère de celui ayant mené à l'extinction de l'espèce, mais se rapproche de celui qui a prévalu pendant la majeure partie de son existence, alors s'en inspirer est tout à fait pertinent !

Chris Broeckhoven, de l'Université d'Anvers en collaboration avec l'ESA a mené des recherches sur les armures et protections externes ou superficielles des glyptodonts, des animaux ressemblant à nos tatous mais pesant jusqu'à 1,4 tonne et qui serait apparu il y a environ 30 millions d'années avant de disparaître il y a environ 11 000 ans, après l'arrivée de l'Homme moderne sur le continent américain.

Leurs armures leur servaient de protection contre les attaques de prédateurs. Selon lui, ces structures protectrices ayant émergé au cours de l'évolution pourraient nous inspirer pour concevoir de nouvelles structures dans le domaine de l'aérospatial.



Fig. 1 / Image extraite de *Du Plessis, A. et al. (2018)* représentant une reconstitution du fossile d'un glyptodont et une reconstitution 3D de la structure interne de l'armure de l'animal.

Valentina Perricone et Natasha Heil, de l'Université d'Irvine aux États-Unis et de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-La Villette, elles, étudient d'autres organismes pour des applications dans le domaine de l'architecture.

Etudier des conditions extrêmes

Il est parfois difficile de comprendre comment le vivant peut nous inspirer pour des fonctions quand ses performances ne semblent pas suffisantes pour répondre à des contextes industriels. Etudier des espèces disparues, adaptées aux contextes durant lesquels elles ont existé, permet d'étudier comment le vivant répond à des conditions qui n'existent plus forcément aujourd'hui.

A titre d'exemple, Alexandra Houssaye, du Muséum national d'Histoire naturelle, étudie des fossiles d'espèces aujourd'hui disparues qui étaient particulièrement massives. Elle se pose la question de comment les os et les articulations des rhinocéros géants ou des dinosaures étaient conçus pour ne pas rompre sous une telle masse

pour imaginer de nouvelles structures légères et capables de supporter de fortes charges, pour des applications en architecture ou en robotique. En effet, le vivant doit souvent faire face à une multitude de contraintes. Ici, les os doivent être résistants mais ne peuvent pas être trop lourds sinon le coût énergétique pour les mettre en mouvement serait trop important.

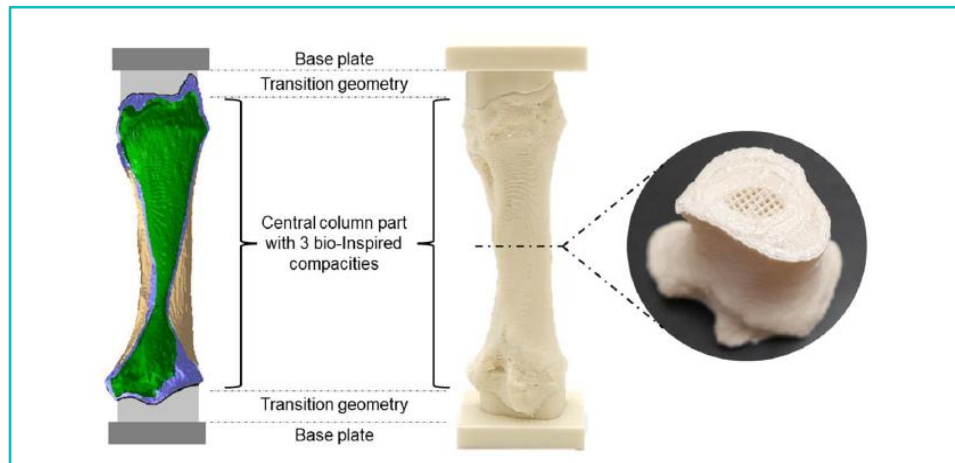


Fig. 2 / Image extraite de A Houssaye, et al., (2024) représentant une colonne bio-inspirée.

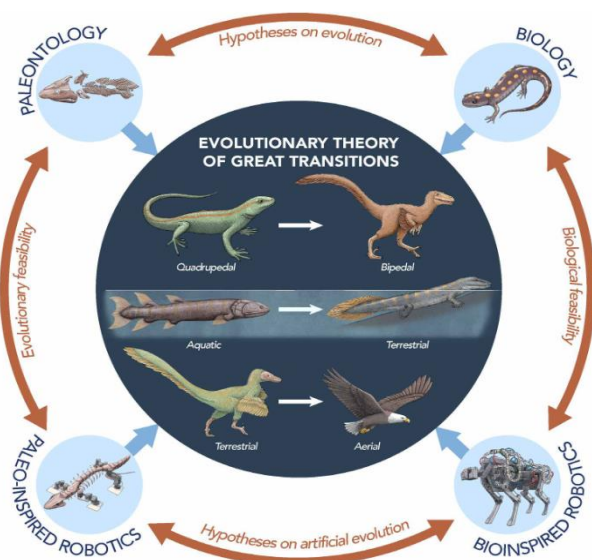
Etudier des trajectoires évolutives

Le fait de ne pas se restreindre aux espèces existant actuellement permet également d'explorer les impacts de certains changements ayant eu lieu au cours de l'évolution.

Cela permet de comparer des solutions présentant un ensemble de traits communs mais variant légèrement ce qui permet, en théorie, de « tester » l'impact de tel ou tel trait sur la stratégie biologique mise en place, ce qui rappelle les « contrôles » négatifs de la recherche expérimentale.

A titre d'exemple, la robotique se renouvelle en s'intéressant à certaines espèces aujourd'hui disparues pour étudier la faisabilité de certains changements anatomiques et mécanismes de locomotion.

Fig. 3 / Image extraite de Ishida, M. et al., (2024) et proposant que l'étude conjointe de la vie naturelle et artificielle, à travers la biologie, la paléontologie, et la robotique bio- et paléo-inspirée, offre des perspectives complémentaires sur l'évolution animale et la faisabilité des morphologies.



Conclusions

La paléo-bioinspiration élargit ainsi le champ des possibles du biomimétisme, en explorant les stratégies de vie des espèces disparues. De plus, elle offre un réservoir de sources d'inspiration unique et souvent insoupçonné pour des conditions extrêmes. Enfin, elle permet d'étudier les trajectoires évolutives et de mieux inférer les avantages conférés par telle ou telle modification de l'organisme vivant.

Cependant, cette approche présente certaines limites : les fossiles, bien que révélateurs de formes et de structures, ne nous fournissent pas toujours d'informations complètes sur les processus biologiques de ces espèces. Nous devons donc nous contenter d'éléments partiels pour interpréter et réutiliser ces modèles issus du passé.

Rédactrice

Claire FRANCOIS-MARTIN, cheffe de projets en R&D&I bio-inspirée Ceebios

Experte matériaux bio-inspirés et formation initiale en biophysique (thèse et post-doctorat)

Références

- <https://leblob.fr/videos/la-paleo-bio-inspiration>
- <https://palaeo-bioinsp.sciencesconf.org/>
- Du Plessis, A., Broeckhoven, C., Yadroitsev, I., Yadroitsava, I., & le Roux, S. G. (2018). Analyzing nature's protective design: The glyptodont body armor. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 82, 218–223
- Houssaye, A., Etienne, C., Gallic, Y., Rocchia, F., Chaves-Jacob, J., How can research on modern and fossil bones help us build more resistant columns?, *Bioinspiration and Biomimetics*, 2024, *Bioinspired and Bio-based living Materials Systems*, 19 (3), pp.036007
- Ishida, M., Berio, F., Di Santo, V., Shubin, N. H., Iida, F., *Sci. Robot.* 9, eadn1125 (2024)
- Chunpeng Xu, C., Chen, J., Muijres, F T., Yu, Y., Jarzembowski, E A., Zhang, H., Wang, B., *Sci. Adv.* 10, eadr2201 (2024)