



MYSTERES SUR LA PLAGE AUX PTEROSAURES

Jean-Michel MAZIN, paléontologue, membre du Conseil scientifique et de prospective

Introduction

Qu'est-ce qui est le plus difficile, les maths ou la philosophie, les lettres classiques ou l'anatomie fonctionnelle, l'archéologie ou la chimie organique ? Bien sûr, nul ne peut répondre tant ce débat est subjectif. Alors, dans notre constant désir de classer, de comparer, nous avons dérivé vers la notion d'utilité. Les mathématiques sont utiles, elles sont partout. L'archéologie est utile, elle reconstruit les sociétés humaines du passé. La philosophie est utile, car elle nous pose des questions fondamentales. Pour finir par s'apercevoir que tout ce qui concourt à l'élévation de la connaissance est éminemment utile. C'est-à-dire... TOUT.

La plupart, si ce ne sont toutes les disciplines, aussi bien que notre vie quotidienne, s'appuient sur le raisonnement scientifique, lui-même basé sur des faits, des observations, des expérimentations et des interprétations. Cette démarche scientifique, bien qu'ayant bourgeonné dans l'Antiquité gréco-latine, est arrivée dans notre Occident balbutiant, à l'articulation du premier et du deuxième millénaire, avec les invasions arabomusulmanes. Avicenne (980-1037), médecin astronome persan, Alhazen (965-1039), mathématicien et philosophe persan, Averroès (1128-1198), philosophe, théologien, médecin, juriste de Cordoue, introduisirent en Occident cette fameuse démarche scientifique faite d'observations, d'hypothèses et d'interprétations rationnelles. Se confrontant clairement aux textes révélés, l'esprit scientifique, passé au filtre de la Renaissance et des Lumières, finit par s'imposer au XIX^{ème} siècle. De l'hypothèse, de la thèse et de la synthèse, nous sommes les héritiers. Ce n'est donc pas dans l'utilité ou la difficulté d'une discipline qu'il faut chercher les différences, mais bien dans sa capacité à résister aux dérives et interprétations abusives. L'observation, la description d'un phénomène, d'un objet, d'une expérience, peuvent être menées avec la plus grande rigueur, si l'interprétation qui suit est fantaisiste et parfaitement irrationnelle, la démarche n'aura servi à rien. L'une des disciplines les plus spectaculaires à cet égard est sans doute l'astrophysique. Ses bases ne peuvent être plus factuelles, car les objets célestes sont observables par tous (ou presque !) et ne peuvent être modifiés. Les calculs et interprétations des astrophysiciens, que l'on sait rigoureux, nous emmènent ensuite rêver jusqu'aux tréfonds de l'espace. Et pourtant, les mêmes objets, les mêmes observations, les mêmes résultats fournis par ces astrophysiciens conduisent d'autres esprits vers des interprétations profondément irrationnelles, faites d'analyses et de prédictions.

Les exemples pourraient être multipliés à l'envi, toutes les disciplines ayant leurs propres limites, leurs propres frontières entre le rationnel et l'irrationnel, entre la rigueur et l'imaginaire, entre l'austérité et la rêverie...

Ces quelques lignes étaient nécessaires à ce qui suit.

La paléontologie est l'une de ces sciences factuelles et rigoureuses, aux principes solides, mais facilement perméables aux interprétations abusives. L'un des rôles principaux de cette discipline consiste à reconstruire l'histoire de la vie sur notre planète. Elle dispose pour cela des archives de la Terre que sont les fossiles et les roches qui les contiennent.

Exploitant tous les moyens d'investigation accessibles, la paléontologie remplit parfaitement sa mission, les paléontologues du monde entier faisant très efficacement progresser la connaissance au travers de nombreux résultats et découvertes. Mais quelles en sont les limites ?

Le site paléoichnologique de Crayssac (Lot), également connu sous son surnom de Plage aux Ptérosaures, est l'une de ces découvertes hors du commun, intégrée à la Réserve naturelle nationale d'intérêt géologique du Lot. Il s'agit d'une vasière littorale fossilisée datant de la fin du Jurassique, voici 150 millions d'années. Comme le font les oiseaux de nos jours, des animaux venaient à marée basse dans cette vasière, pour s'y reposer ou chercher leur pitance. A cette époque, il ne s'agissait bien sûr pas de goélands ou autres mouettes, mais de dinosaures, de crocodiliens, de tortues, de crustacés et surtout, de ptérosaures. Tous ont piétiné dans la vase, nous laissant leurs empreintes de pas, fixées pour l'éternité dans cette boue devenue calcaire. Des milliers d'empreintes, très finement conservées, le plus souvent organisées en pistes que l'on peut suivre sur plusieurs mètres. Un instantané de la vie au Jurassique, une fenêtre ouverte sur les profondeurs du temps. Tout un monde que les paléontologues reconstruisent patiemment.

Ici, une tortue est passée, laissant derrière elle la trace de ses pattes griffues. Là, un petit dinosaure nous a laissé ses empreintes de pieds à trois doigts. Plus loin, un crocodile a marqué la boue de ses pattes et de sa queue ondulante. Beaucoup de travail, de longues observations, des calculs et des résultats rigoureux ne laissant guère de place aux interprétations douteuses. Et pourtant !

Et pourtant cette Plage aux Ptérosaures réserve bien des surprises et soulève des questions poussant les scientifiques vers la frontière entre le rationnel et l'onirique. Des questions qui, ne trouvent guère de réponse immédiate et acquièrent rapidement le statut d'énigmes, voire de mystères. Elles échappent donc au rationnel. Jusqu'à ce que l'esprit scientifique ne reprenne le dessus. Quelques exemples.



© P. Cabrol

Photo 1 : Piste dinosaure

1 – Nains ou bébés

Les crocodiliens sont de vieux habitants de notre planète. Proches parents des dinosaures, ils sont apparus voici environ 230 millions d'années et sont toujours parmi nous, habitant des environnements chauds et humides du globe. Au Jurassique, ils étaient plus diversifiés que de nos jours, occupant un grand nombre de niches écologiques. Une de ces lignées, aujourd'hui éteinte, est celle des Thalattosuchiens, ce qui signifie "crocodiles de mer". De véritables crocodiles marins, passant l'essentiel de leur temps en pleine eau où ils chassaient les poissons grâce à leurs longues mâchoires dentées rappelant celles de nos actuels gavials.

Or, parmi les rares ossements fossilisés trouvés à Crayssac, quelques-uns révèlent la présence de ces thalattosuchiens, et plus particulièrement de *Steneosaurus*, un crocodile thalattosuchien de 2,5 à 3 mètres bien connu au Jurassique en Europe. Et bien sûr, des crocodiles ont laissé la trace de leur passage dans la boue de Crayssac. Des empreintes caractéristiques, faites d'une main (patte avant) à cinq doigts en étoile et d'un pied (patte arrière) triangulaire à quatre doigts. On ne peut se tromper. Tous les éléments sont donc réunis pour tirer la conclusion suivante : la vasière de Crayssac, voici 150 millions d'années était fréquentée, entre autres, par des crocodiliens thalattosuchiens, de type *Steneosaurus*. C'est déjà un résultat intéressant.

Pourtant, cette simple affirmation est incomplète. En effet, les fouilles paléontologiques ont jusqu'à présent mis au jour une vingtaine de pistes de crocodiliens à Crayssac, toutes laissées par des individus de petite taille. En effet, un *Steneosaurus* de 3 m de long devrait laisser des empreintes de pieds d'une dizaine de centimètres.

Or aucune empreinte crocodylienne de cette taille n'a été trouvée. Les traces de pieds de crocodyliens de Crayssac ne dépassent guère 3 à 4 cm. On peut dès lors se demander si les petits crocodyliens de Crayssac étaient des représentants d'une espèce naine ou bien des individus juvéniles d'une espèce plus grande taille, de type *Steneosaurus*. En d'autres termes, la vasière de Crayssac hébergeait-elle une espèce naine inconnue de thalattosuchiens ou bien abritait-elle une pouponnière de crocodyliens.

Nous pourrions (nous devrions) nous arrêter là, en signalant cette donnée purement factuelle et en attendant la démonstration absolue, par exemple un de ces petits crocodyliens mort et fossilisé au bout de sa piste. Mais notre curiosité, notre envie d'en savoir plus et notre devoir de mieux comprendre, sont irrépessibles. Nous entrons donc dans le domaine des hypothèses et des interprétations.

Les crocodiles actuels pondent dans des nids pas trop éloignés de l'eau, mais non inondables. Les femelles surveillent leur ponte pendant toute l'incubation et protègent les petits à la naissance. En était-il de même chez les crocodiles thalattosuchiens du Jurassique ? Un raisonnement actualiste nous pousse à dire oui. L'actualisme, ce principe philosophique qui lie étroitement le présent au passé, consiste en paléontologie à prendre le présent comme modèle pour interpréter le passé. En d'autres termes, dans notre cas précis, conférer aux crocodiles thalattosuchiens du Jurassique le même comportement reproducteur que nos actuels crocodyliens. Raisonnement facile, qui appelle bien sûr à la plus grande prudence. On peut donc avancer que les crocodyliens femelles de Crayssac devaient s'éloigner de la zone de battement des marées pour venir creuser un nid sur la terre ferme, le protéger jusqu'à l'éclosion, puis les surveiller quelque temps. Plutôt nombreux, restant dans la zone de battement des marées, ils ont laissé leurs traces alors que les adultes sont retournés en pleine eau.



© P. Cabrol

Photo 2 : Piste tortue

Ce scénario est cohérent et permet d'expliquer pourquoi on trouve tant de traces de petits crocodiles à Crayssac. Mais cela reste une hypothèse parmi d'autres, certes appuyée sur des faits, mais nous promenant dans le champ des possibles, sans démonstration solide. Nous sommes passés de l'autre côté de la limite, et pourtant cette reconstitution est plausible et probablement pas très éloignée de ce que fut la réalité. Il est assez probable en effet que la vasière de Crayssac ait été une zone de reproduction pour les crocodiles marins. C'est une déduction logique, mais encore une fois, cela reste une hypothèse.

Curieusement, l'hypothèse de la zone de reproduction trouve du renfort du côté des tortues. En effet, plus de 40 pistes de tortues aquatiques ont été mises au jour par les fouilles. Attention, pas des tortues marines telles que nous les connaissons aujourd'hui, vivant en haute mer et nageant grâce à leurs grandes palettes natatoires.

Ces tortues marines sont apparues vers -100 millions d'années, soit 50 millions d'années après Crayssac. Non, il s'agit de tortues aquatiques du type de notre cistude ou de la tortue de Floride, avec des pattes palmées à fortes griffes. A l'époque, certaines espèces de ces tortues fréquentaient le littoral partageant leur temps entre la terre et l'eau certainement pour s'y nourrir. De très beaux fossiles de ces tortues ont été trouvés en Europe, attestant que les adultes mesuraient 20, 30 ou 40 cm de longueur.

Or, comme pour les crocodyliens, les empreintes de pattes de tortues à Crayssac sont très petites, dépassent rarement 1 cm de longueur et révèlent de petits individus. Là encore, pourquoi pas des jeunes ? Après tout, il faisait chaud, les eaux étaient peu profondes, montaient et descendaient calmement, sans agitation, couvrant et découvrant une immense plage de boue. Un lieu presque idéal pour de jeunes individus voyant arriver les prédateurs de loin.

2 – Les ptérosaures acrobates

Les ptérosaures marchaient à quatre pattes. Tous, sans exception. On le sait, entre autres, grâce aux nombreuses traces de pas découvertes à Crayssac. Ils marchaient, ils couraient en alternant mains (pattes avant) et pieds (pattes arrière) sur le sol, comme tous les animaux quadrupèdes, bien qu'avec un cycle un peu particulier en raison de leurs longues et encombrantes ailes. Leurs pistes fossilisées sont donc constituées d'une alternance d'empreintes de mains et de pieds. S'ils avaient été bipèdes, comme les oiseaux, ils nous auraient laissé des pistes n'alternant que des traces de pieds. Mais les ptérosaures sont vraiment des bêtes à part. Ils nous ont aussi laissé des pistes sur lesquelles seules des empreintes de mains alternent. Auraient-ils été à ce point espiègles, joueurs et acrobates pour marcher de temps à autre en équilibre sur les mains ? On peut difficilement y croire. Et pourtant, si l'on s'en tient aux seuls faits incontestables, ces pistes fossilisées ne présentent que des empreintes de mains, aussi bien à Crayssac qu'ailleurs dans le monde. Ils devaient donc être capables de marcher sur les mains.

Mais l'esprit scientifique est retors et prêt à discuter les faits avant de s'aventurer sur le terrain des hypothèses. Ces mystérieuses "*manus only trackways*" [pistes que de mains] ont donc un temps nargué l'imaginaire humain, mais après quelques hypothèses plus ou moins audacieuses, l'esprit scientifique a repris le dessus. L'énigme des ptérosaures acrobates n'a pas résisté longtemps à l'analyse scientifique.



© P. Cabrol

Il suffit pour s'en convaincre d'observer un ptérosaure. Une architecture "tout-à-l'avant" : une grande tête, de grandes ailes, une puissante musculature liée au vol, tout est à l'avant, si bien que l'arrière du corps ne semble qu'une simple armature de deux longues jambes articulées sur un bassin étroit. Le centre de masse (centre de gravité) est déplacé vers l'avant, les deux tiers de la masse corporelle étant supportés par les bras pendant la marche.

Photo 3 : Empreinte ptérosaure

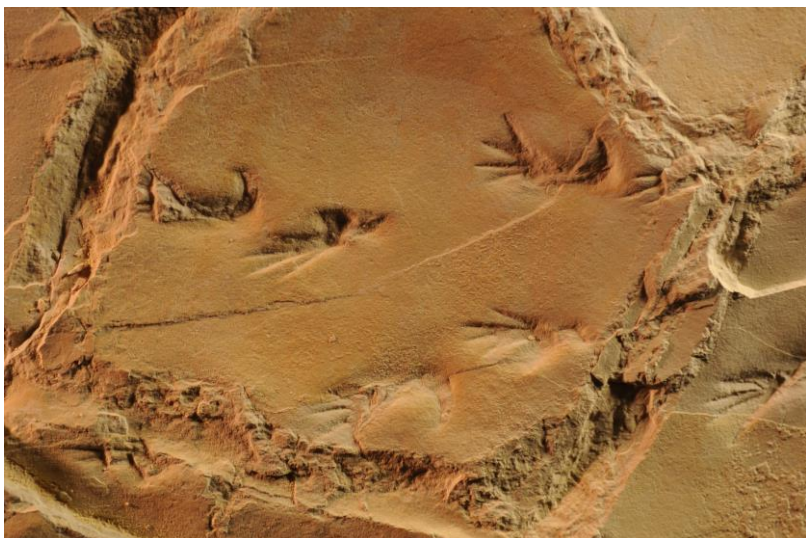
Le train avant, plus lourd, exerce donc une pression sur le sol plus importante que le train arrière. Mieux encore, les mains ne s'appuient que sur trois doigts fins alors que le train arrière s'appuie sur de larges pieds triangulaires, si bien que la pression par unité de surface est cinq à six fois plus élevée sur les mains que sur les pieds. Toute l'explication est là. Dans une boue compactée, les mains perforent le sédiment et s'enfoncent quand les pieds, larges et étalés, ne marquent même pas la surface. Imaginez-vous marchant dans la boue, équipé de palmes aux pieds et de bâtons en main. Ou encore dans la neige, muni de raquettes et de simples bâtons. Cette énigme des pistes de mains nous montre que les faits rationnels peuvent être insuffisants et doivent parfois être dépassés pour aller chercher l'hypothèse ou l'explication inattendue.

3 – Pas de repos pour les ptéros

Autre surprise, autre question que nous réservent les ptérosaures de Crayssac. Cette vasière, comme toutes les vasières du monde, était investie à marée descendante par de nombreux animaux venant chercher pitance ou bien se reposer. De nos jours et sur nos côtes, ce ne sont presque exclusivement que des oiseaux picorant le sol, fouillant la boue ou faisant de longues siestes au soleil. Un renard ou un phoque peuvent parfois s'inviter.

Et c'est là que l'observation attentive de ces pistes soulève une question, voire, une fois de plus, une énigme. Sur ces pistes fossilisées, les empreintes de mains et de pieds alternent et se succèdent au rythme de l'animal. De même que notre chien, notre chat ou un cheval laissent des pistes où alternent traces de mains et de pieds. Mais lorsque le chien s'arrête, ses quatre pattes s'alignent deux à deux décrivant un rectangle. C'est le quadrilatère (ou polygone) de sustentation au repos, rectangle formé par les quatre pattes sur le sol. On peut donc en déduire que, comme chez presque tous les quadrupèdes, nos ptérosaures laissaient dans la boue la trace de leurs quatre pattes en rectangle lorsqu'ils étaient au repos.

Il s'agit de l'hypothèse la plus parcimonieuse, donc la plus probable, qui aurait dû bien vite être confirmée et validée par la mise au jour de pistes de ptérosaures au repos. Mais sur près de 90 pistes de ptérosaures longuement étudiées et mesurées à Crayssac, aucune, absolument aucune ne se présente sous la forme rectangulaire d'un quadrupède au repos.



© P. Cabrol

Photo 4 : Empreinte ptérosaure primitif

Toutes sont des pistes d'animaux en mouvement, alternant mains et pieds. Comment expliquer l'absence du résultat attendu ? Ou bien les ptérosaures ne se reposaient jamais et étaient constamment en mouvement lorsqu'ils étaient au sol, ce qui est bien difficile à imaginer tant ils dépenseraient d'énergie. Ou bien les fouilles menées jusqu'à présent n'ont pas révélé ce type de piste.

Hypothèse pas plus satisfaisante d'un point de vue statistique, d'autant plus qu'aucune piste de repos n'a été signalée ailleurs dans le monde. Peut-être que la vase boueuse n'était pour eux qu'un terrain de chasse et que les aires de repos étaient ailleurs, en zone moins boueuse.

C'est en tout cas l'hypothèse la plus plausible, bien que non démontrée. Mais la question n'est pas résolue.

4 – Des routes qui se croisent

En prenant l'orientation de toutes ces pistes mises au jour par les fouilles, il apparaît clairement qu'elles ne sont pas positionnées au hasard. Les pistes de crocodiliens et de tortues par exemple s'étirent selon un axe nord-sud. C'est également le cas des petits crustacés appelés *Archaeoniscus*, lointains cousins des cloportes, dont les pistes sont très nombreuses dans cette vase et s'orientent presque toutes sur cet axe nord-sud.

En revanche, les pistes de dinosaures s'étirent sur un axe est-ouest et sont donc perpendiculaires aux autres. Quant aux pistes de ptérosaures, elles sont les seules à ne présenter aucune orientation préférentielle. Il y en a dans tous les sens. Cette organisation cacherait-elle un mystérieux comportement ?

L'explication est simple et dépend à la fois de la géométrie de la plage et du comportement des animaux. L'eau laisse aussi des traces sur le sol boueux. C'est le cas, par exemple, des "rides d'oscillation" et des "rides de courant" qui donnent à la surface un aspect en tôle ondulée, comme on peut encore le voir sur nos plages aujourd'hui.

Ces rides d'oscillation sont modelées sur le fond boueux par la houle sous une faible épaisseur d'eau et les rides de courant sont modelées par l'écoulement de l'eau, notamment à marée descendante. Ces rides s'orientent le plus souvent parallèlement au front de mer, donc perpendiculairement à la montée et la descente des marées. Or sur la Plage aux Ptérosaures, elles s'organisent sur un axe est-ouest, indiquant un front de mer lui-même est-ouest et des marées montant et descendant sur un axe nord-sud. Mieux encore, les rides de courant étant asymétriques en raison du sens du courant, on peut préciser que la mer montait vers le nord et descendait vers le sud.



© P. Cabrol

À partir de ce moment, il devient aisé de reconstituer la Plage aux Ptérosaures. Laissant des pistes est-ouest ou ouest-est, c'est-à-dire parallèles au front de mer, les dinosaures, qui venaient des terres émergées voisines, maraudaient sur la plage le long du front de mer, guettant et happant tout ce que la marée descendante abandonnait. De leur côté, les crocodyliens, franchement aquatiques, sortaient de l'eau sur un axe sud-nord et y entraient sur un axe nord-sud.

Photo 5 : Empreinte dinosaure

La même déduction fonctionne pour les tortues entrant et sortant de l'eau et pour les petits crustacés *Archaeoniscus* qui suivaient les marées. Enfin, les ptérosaures, à l'image des oiseaux marins sur nos plages, se déplaçaient dans tous les sens dans cette vasière, nous laissant des pistes sans direction préférentielle.

5 – Allers simples ?

Tout semble donc cohérent et les questions soulevées par l'étude de ce site trouvent progressivement mais sûrement leurs réponses, tout en laissant peu de place à l'énigmatique, à l'irrationnel. Toutefois, une interrogation pouvant en cacher une autre, l'analyse fine du dernier exemple soulève une autre question. Sur les 19 pistes de crocodyliens mises au jour, 14 sortent de l'eau vers le nord et 4 entrent dans l'eau vers le sud (3 sont hors nord-sud). Sur les 43 pistes de tortues, 26 vont vers le nord en sortant de l'eau alors que 14 seulement y entrent (3 sont hors nord-sud). Quant aux petits crustacés c'est encore plus surprenant car pratiquement aucun ne semble revenir à l'eau, quasiment toutes leurs pistes allant du sud vers le nord. Une asymétrie très étonnante, qui peut rapidement prendre le statut d'énigme dans l'incapacité d'expliquer pourquoi ces animaux semblent disparaître dans la vasière. Les ptérosaures venant du ciel et les dinosaures venant des terres émergées proches ne sont pas concernés par ce phénomène.

Là encore, une hypothèse peut être avancée. Les animaux qui sortaient ou entraient dans l'eau à marée descendante marchaient sur une boue récemment découverte par la mer, encore détrempee et molle, dans laquelle ils laissaient des empreintes bien marquées. Les animaux qui sortaient ou retournaient à l'eau à marée montante, marchaient sur une étendue de boue ressuyée, indurée après plusieurs heures d'exposition à l'air libre et au soleil. Leurs empreintes ne marquaient pas cette boue sèche, qui sera ré-imbibée par la marée suivante (ce qui peut représenter un temps très long, car le grand golfe marin au fond duquel se trouvait la Plage aux Ptérosaures subissait à l'époque des marées de type "diurne", c'est-à-dire une seule marée par jour). L'information "bête retournant à l'eau à marée montante" ne nous est donc pas parvenue, puisque non enregistrée. Mais cela reste une hypothèse, certes cohérente et argumentée, mais une hypothèse tout de même.

Comme quoi cette limite entre le fait et l'imaginaire, le rationnel et l'irrationnel, le déductif et l'intuitif, reste une frontière souple et perméable. Car même pour le plus rigoureux des scientifiques, l'imagination reste l'un des piliers de la raison.

© P. Cabrol



Photo 6 : Travail de relevé d'une piste

Regards sur le Parc
Bulletin du Conseil scientifique et de prospective
du Parc naturel régional des Causses du Quercy
Edition du Parc naturel régional des Causses du Quercy
Directrice de publication : Catherine Marlas
Numéro 47, Mai 2022