

# LES ÉTRANGES GÉANTS DU PERMIEN

Stephen GINER

Le Permien est la dernière période de l'Ère Paléozoïque. Elle se termine par la plus grande extinction de masse que la Terre ait connue avec environ 95% des espèces qui disparaissent suite à un enchaînement d'événements géologiques qui se révèlent catastrophiques pour la biodiversité de l'ensemble de la planète.

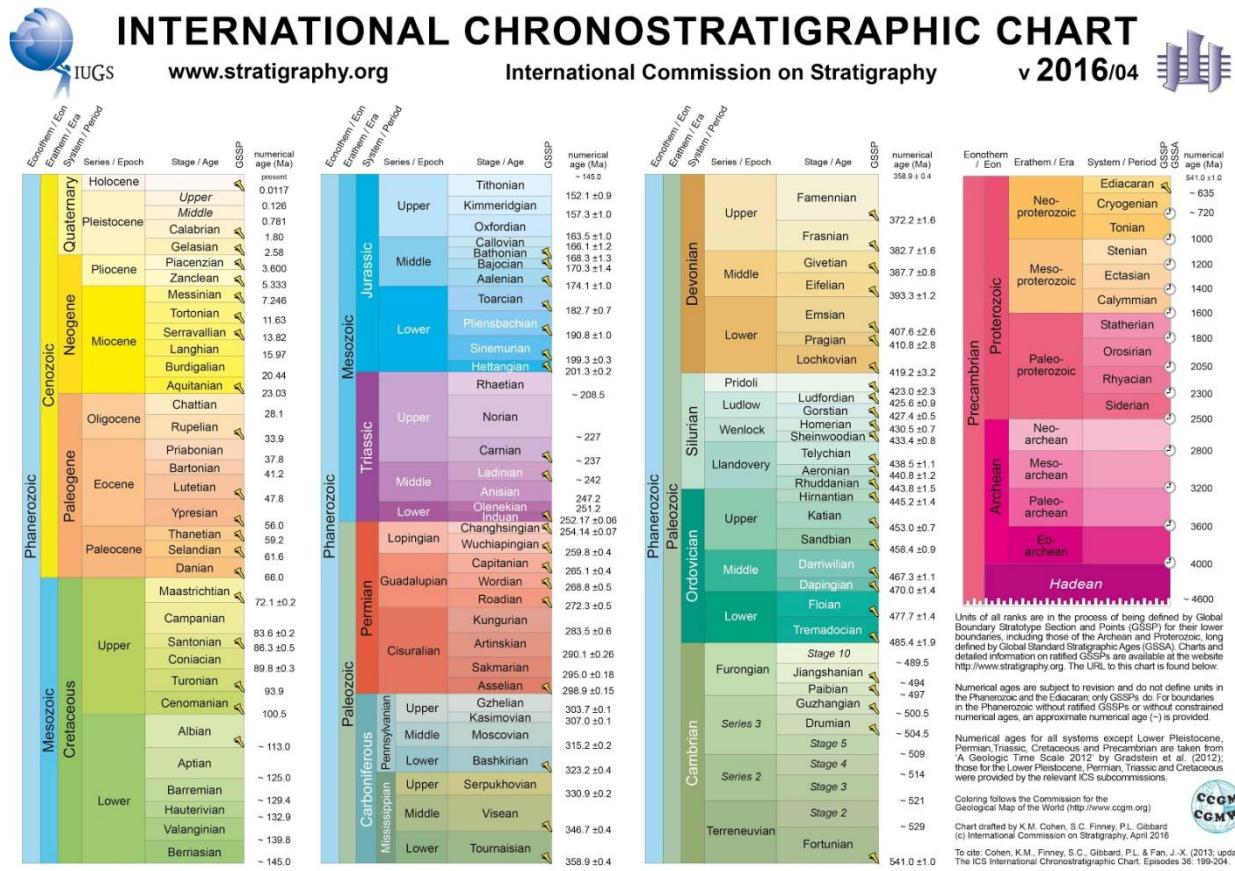


Figure 1 : Échelle stratigraphique. © IUGS & ICS

Cela commença tout d'abord par la constitution de la Pangée, dernier supercontinent qu'a connu la planète. Il existe un cycle, que l'on appelle « cycle de Wilson », qui se déroule sur une période de 500 millions d'années environ. Au cours de ce cycle, un supercontinent va se fragmenter et les plaques vont se déplacer au cours d'un événement appelé « expansion océanique ».

La première phase, dite « embryonnaire » est actuellement en cours dans la vallée du grand rift africain. Les plaques s'écartent et la croûte se déchire progressivement en donnant un immense fossé d'effondrement.

Lorsque le stade passe d'embryonnaire à juvénile, un jeune océan se forme. C'est ce qui se passe dans la Mer Rouge entre l'Afrique de l'Est et la Péninsule Arabique.

Lorsque le cycle passe au stade mature, l'océan est créé et en son milieu, la zone de déchirure et de séparation des plaques, se trouve une immense chaîne de reliefs assimilable aux lèvres d'une plaie. Cette chaîne se forme au fur et à mesure que le magma remonte des profondeurs de la terre à sa surface. C'est ce qui se passe actuellement au sein de l'océan Atlantique par exemple avec une immense dorsale océanique qui le parcourt intégralement du nord au sud.

Les plaques s'écartant les unes des autres et la Terre étant une sphère, elles finissent forcément par se rencontrer du côté opposé et la plaque la plus dense s'enfonce sous celle qui l'est moins. C'est la phase déclinante et une chaîne de montagnes commence à surgir là où les plaques se rencontrent. L'exemple qui illustre le mieux cette phase est celui de la Cordillère des Andes qui subit une surrection là où la plaque de Nazca, poussée par la plaque Pacifique, s'enfonce sous la plaque Sud-Américaine.

Progressivement, les continents qui se trouvent sur ces plaques finissent par se rencontrer et l'océan qui se trouve coincé entre les deux finit par disparaître tandis que tout son fond, plissé et forcé, remonte à la surface pour former un immense réseau montagneux. Ceci est le cycle dit « terminal ». C'est ce qui se passe actuellement en Méditerranée avec la plaque Africaine qui, tout en se dirigeant vers la plaque Eurasienne depuis une quarantaine de millions d'années, ferme progressivement la Téthys. Il reste de cet immense océan la mer Méditerranée dont le nom est impropre avec sa condition géologique. En effet, géologiquement parlant elle est plus un océan moribond qu'une mer au sens propre du terme.

Une fois que les deux plaques continentales se sont percutées, la chaîne montagneuse continue à s'élèver jusqu'à des hauteurs pouvant approcher 9 000 mètres et qui s'étale sur des milliers de kilomètres. C'est la phase de suturation qui correspond aujourd'hui, vous l'avez deviné, à la chaîne Himalayenne.

Nous sommes actuellement en plein milieu d'un cycle de Wilson qui a débuté à la fin du Trias et qui donne la conformation actuelle de notre planète. Celui-ci prendra fin dans 270 millions d'années environ (avec une semaine de marge probablement...) avec la création d'une nouvelle Pangée.

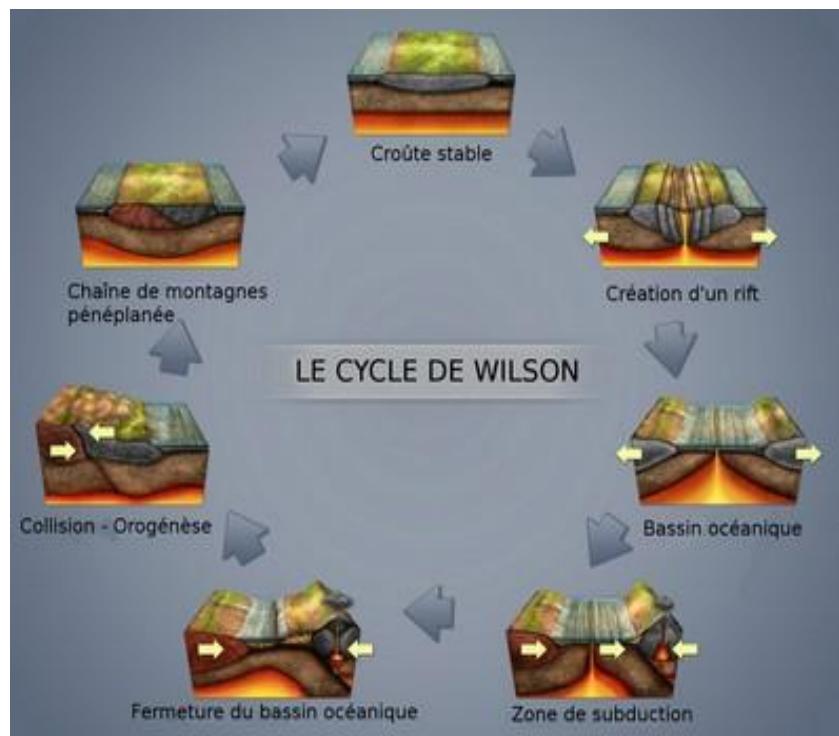


Figure 2 : Cycle de Wilson

Donc, au cours du Permien, se forma la Pangée mettant ainsi fin au cycle de Wilson débuté il y a 750 millions d'années depuis la fragmentation du supercontinent Rodinia. La création de ce nouveau supercontinent eut pour effet de stopper l'expansion océanique et de faire disparaître les dorsales sous-marines, ce qui eut pour conséquence une gigantesque régression marine.

Actuellement les dorsales s'étalent sur 64 000 kilomètres, ont une largeur comprise entre 1 000 et 2 000 kilomètres, pour une hauteur moyenne de 1 500 mètres. Cela donne une idée du volume de roches présent sous la surface des océans. Lors de la fin du Permien, la disparition de ce volume entraîna une baisse du niveau marin mondial de plus de 250 mètres et la position centrale de la Pangée perturba considérablement, voire stoppa, la circulation océanique.

Ceci provoqua la première phase de l'extinction et un changement radical dans l'équilibre climatique de la planète qui commença à entrer en phase de continentalisation du climat. La majeure partie du continent se trouvant au niveau des latitudes intertropicales, le sol se réchauffa ainsi que le climat.

Pour ne pas arranger les choses, de gigantesques épanchements de lave eurent lieu en Chine mais surtout en Sibérie avec un dégagement massif de CO<sub>2</sub>. Le réchauffement climatique connut alors un emballement comme jamais et la planète commença littéralement à étouffer et à se transformer en un immense désert pour les millions d'années à suivre provoquant ainsi la plus grande extinction de l'histoire de la Terre.

La ténuité de la description de cette extinction ne doit pas faire oublier que ces phénomènes se sont déroulés sur des millions d'années ce qui fait que le réchauffement commença dès 270 millions d'années environ et atteignit son niveau critique 20 millions d'années après.

Les affleurements permiens sont essentiellement océaniques mais le Permien continental peut se trouver dans de grandes zones comme l'Afrique du Sud, le Niger, la Russie et l'Australie.

Cependant le Var, dans la plaine des Maures, possède des affleurements du Permien supérieur. Caractéristiques avec leur couleur rouge brun, on les trouve sous la forme de pélites, d'anciennes argiles solidifiées, de grès et de rhyolite, roche volcanique qui constitue le massif de l'Estérel. Pendant très longtemps, on fut persuadé que ces affleurements étaient azoïques et cela ne fait que quelques années que l'on sait que l'on peut y trouver des pistes de vertébrés mais également d'arthropodes.

Les pistes que l'on retrouve se situent dans les zones pélitiques qui sont également de très bons enregistreurs des conditions climatiques de l'époque. Par exemple les figures 3, 4 et 5 sont des témoignages précieux nous renseignant sur les environnements permiens il y a 270 millions d'années.



**Figures 3 : Impact de gouttes de pluie**

La figure 3 montre une surface constellée de petits cratères. Il s'agit d'impacts de gouttes d'une pluie passagère dans une argile molle qui a durci. Les impacts se sont conservés car la couche dure a été très rapidement enfouie sous des sédiments meubles apportés par le vent ce qui fait que certains d'entre eux ont pu être conservés aussi longtemps. Nous avons donc la preuve qu'il y a 270 millions d'années, le Var qui se trouvait pourtant en zone aride quoi-qu'équatoriale, en plein supercontinent, pouvait malgré cela connaître des épisodes pluvieux.

Le climat étant visiblement à saisons alternées, de longues périodes de pluie favorisaient la création de mares temporaires plus ou moins profondes. Du moins suffisamment pour que des phénomènes de clapotis se déclenchent en permettant de créer ce que l'on appelle des rides d'oscillations au fond de la cuvette.

Certaines de ces rides se sont conservées à leur tour et il est fréquent d'en retrouver un peu partout dans la plaine des Maures, là où les pélites sont assez fines pour avoir pu les conserver (Figure 4).



**Figure 4 : Rides d'oscillations**

Lorsque que la pellicule d'eau finissait par s'assécher, la boue en surface se craquelait et formait des fentes de dessiccation comme nous en trouvons aujourd'hui. Là encore, un climat chaud et sec avec la dose de vent suffisante pour permettre un enfouissement rapide sans être destructeur permit la conservation de ces polygones que l'on retrouve aujourd'hui comme s'ils dataient des dernières intempéries alors qu'ils se sont constitués 40 millions d'années avant l'apparition des dinosaures...



**Figures 5.1 et 5.2 : Polygones et fentes de dessiccation**

Après ces épisodes pluvieux, les animaux laissèrent leurs empreintes dans la boue d'autant plus facilement que certains d'entre eux étaient gros et lourds. C'est ainsi que dans le Var il est possible de retrouver assez facilement de nombreuses pistes. Cependant, à Saint-Raphaël, ce fut une dalle de 900 m<sup>2</sup> recouverte de pistes diverses qui fut trouvée.

Située en pleine ville, la dalle a été découverte lors de la construction d'un îlot urbain et devant l'intérêt patrimonial et scientifique immense de cette trouvaille, elle a été conservée et protégée par des barrières empêchant l'accès aux véhicules mais non aux promeneurs. Elle donne un instantané d'un épisode de vie dans le Permien du Var il y a 270 millions d'années.

Après un épisode pluvieux, le sol se transforma en boue et de nombreux animaux, en marchant dedans, y laissèrent leurs empreintes. Peu de temps après le passage de ces animaux, cette boue fut recouverte de cendres volcaniques (des cinérites) qui fossilisèrent les empreintes avant qu'elles ne soient recouvertes par d'autres coulées boueuses. De très nombreuses pistes ont ainsi été découvertes et décrites, de même qu'inventées pour certaines, dont une en particulier qui permit créer les ichnogenre et ichnoespèce *Planipes caudatus* (Figure 6 et 7).

Le nom du genre, *Planipes*, correspond au mode de locomotion plantigrade (sur la plante des pieds ou des pattes) de l'animal qui a laissé ses empreintes, et le nom d'espèce *caudatus*, est dû au fait que la queue de celui-ci a laissé un gros sillon entre ses pattes.



**Figure 6 : Moulage d'un fragment de piste appelée *Planipes caudatus***  
Collections du musée de Saint-Raphaël



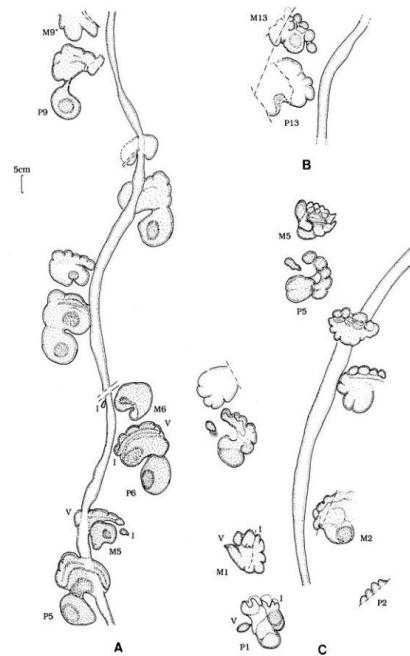
**Figure 7 : Autre *Planipes caudatus* sur son lieu de découverte à Saint-Raphaël**

Sur ce site, comme les autres sites du Permien du Var, aucun os n'a été retrouvé mais seulement des pistes. Là aussi, ce sont les études comparatives qui ont permis d'établir avec certitude qui étaient les auteurs de ces traces.

Les pistes ont été étudiées par des spécialistes de la paléoichnologie qui ont ainsi relevé les distances entre chaque empreinte, la largeur de la voie, l'angle du pas, le parallélisme des mains et des pieds par rapport à la piste ainsi que les diverses zones de pressions entre les talons et les doigts par rapport à la paume des membres antérieurs et à la plante des membres postérieurs.

C'est ainsi qu'il a été déterminé que l'animal était totalement plantigrade, quadrupède, de démarche semi-érigée (un peu comme les crocodiles et les varans lorsqu'ils veulent se déplacer sur la terre ferme) avec une queue lourde et suffisamment longue pour traîner au sol et imprimer nettement sa marque. L'animal ondulait son corps horizontalement lors de sa marche, il était relativement pesant et avait une démarche plutôt lente.

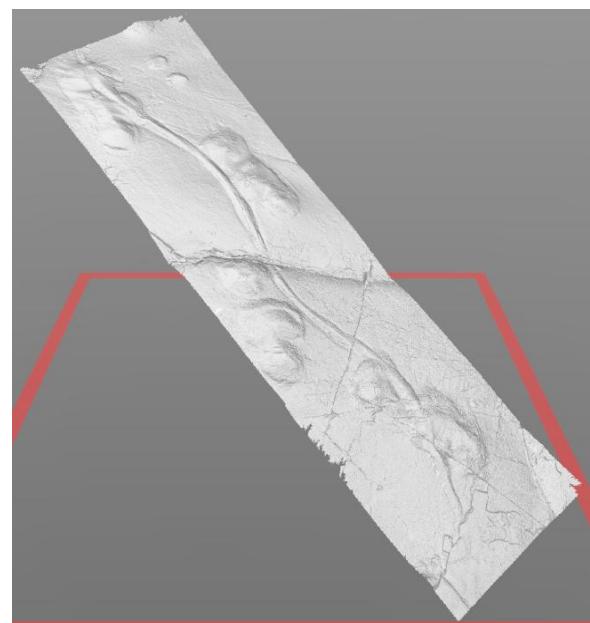
En relevant un schéma des pistes (Figure 8), on peut aisément imaginer l'animal se déplaçant comme un Varan de Komodo avec une démarche sinusoïdale sur une posture semi-érigée. Une campagne de scans des pistes (Figure 9) a permis de les étudier plus en détail et les résultats du relevé sont beaucoup plus précis et valident les premières interprétations tout en les complétant (Figure 10). Des moulings de ces pistes ont été réalisés et certains présentés au cours d'expositions de paléontologie consacrées à la Provence et au Var (Figure 11).



**Figure 8 : Schéma de *Planipes caudatus***  
In Gand & al. 1995



**Figure 9 : Scan de la piste**



**Figure 10 : Résultat du scan**



**Figure 11 : Moulage de *Planipes caudatus***

Collections du musée de Saint-Raphaël

Quel était donc l'animal, ou plutôt l'ichnopoïète si l'on veut utiliser le vrai terme, qui a bien pu laisser ces pistes ? Au vu des études, tout laisse à penser qu'il pourrait s'agir d'un thérapside du clade des antéosaures appelé *Titanophoneus*.

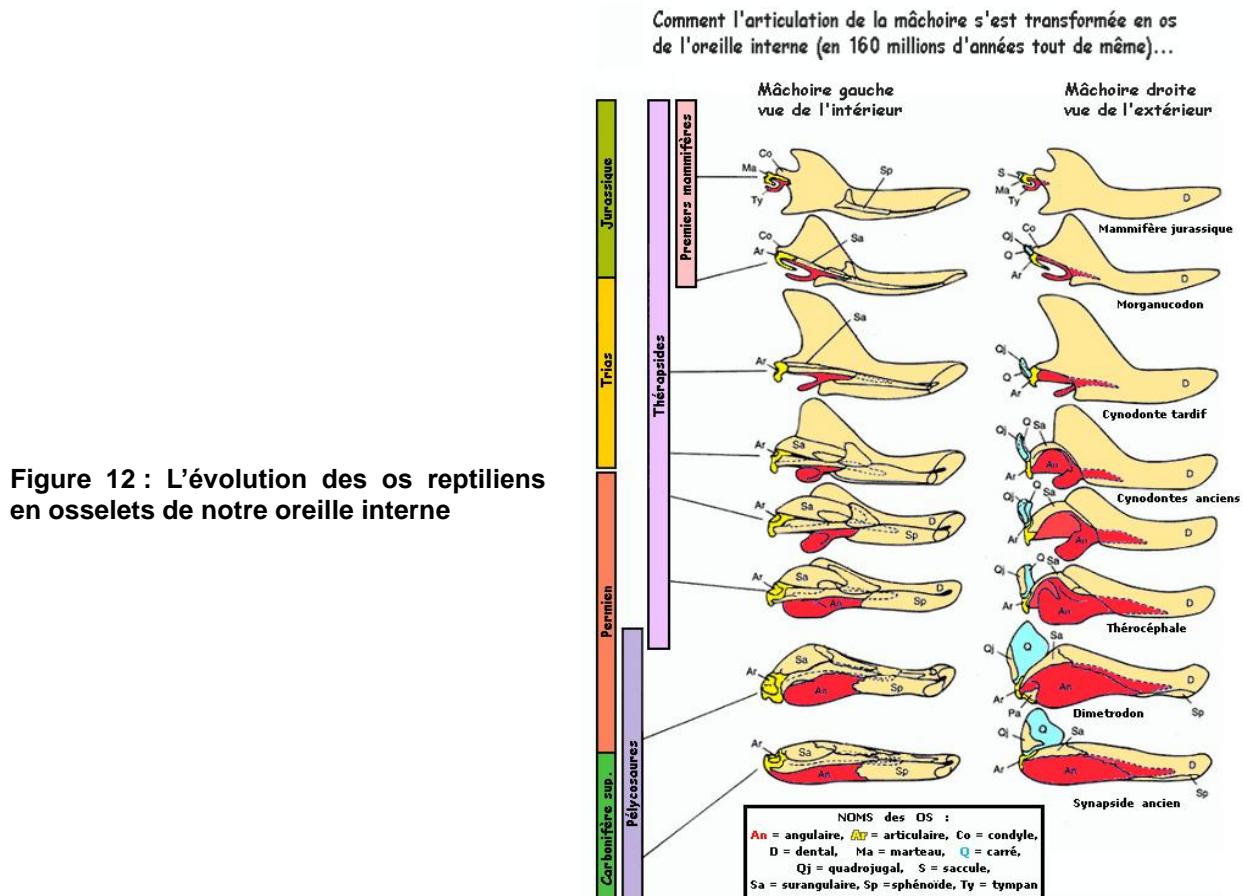
Les thérapsides font partie de ce que l'on appelait avant les reptiles mammaliens, c'est-à-dire des reptiles ayant certaines caractéristiques que possèdent les mammifères. Ces animaux sont en quelque sorte nos ancêtres ainsi que ceux de tous les mammifères actuels. Certains d'entre eux, carnivores de préférence, furent même en compétition avec les premiers dinosaures.

Apparus au cours du Permien à partir d'ancêtres communs avec les reptiles, ils évoluèrent peu à peu pour acquérir toutes les caractéristiques mammaliennes : hétérodontie, poils, homéothermie, dents déciduales (les fameuses dent de lait), allaitement et bien d'autres. Cependant, si ce résumé d'évolution a pris trois lignes dans cette description très raccourcie, cela s'est produit sur une échelle de plusieurs millions d'années entre le Permien et le Trias pour les survivants de l'extinction permo-triasique.

Parmi tous ces changements, celui de la mandibule est intéressant à étudier. Chez les reptiles, la mandibule est constituée de plusieurs os dont le dentaire, le carré, l'angulaire et l'articulaire. Au cours des millions d'années d'évolution, le dentaire est devenu de plus en plus gros chez les thérapsides au détriment des trois autres os qui ont progressivement réduit de taille et migré à l'intérieur du crâne. Ils n'ont pas totalement disparus et nous gardons dans notre tête des vestiges de ce passé reptilien dont nous sommes issus, ce sont les os de l'oreille interne.

Pour remonter à nos origines, l'étude des osselets de l'oreille est phénoménale quand on se penche dessus. En effet, lors de notre stade embryonnaire, leur évolution morphologique reproduit en neuf mois des centaines de millions d'années d'évolution paléontologique.

Chez les poissons à mâchoire (qu'ils soient ostéichthyens, donc osseux, ou chondrichtyens, donc cartilagineux), il existe un os, que l'on appelle hyomandibulaire, qui joue un rôle de support branchial tout en reliant la mâchoire au crâne. Au cours des millions d'années qui se sont écoulés depuis son apparition, cet os a connu plusieurs fonctions : soutien des branchies, puis pièce d'ancrage des mâchoires au crâne pour ensuite devenir os auditif nécessaire à la transmission des sons dans le milieu aérien : l'étrier de notre oreille interne. Il est l'osselet qui transmet les sons à la cochlée, organe interne de notre oreille qui intervient dans la conversion des vibrations mécaniques sonores transmises par le tympan et les autres osselets de l'oreille en signaux reliés au cerveau par le nerf auditif. L'os articulaire du reptile a évolué pour devenir le marteau tandis que le carré est devenu l'enclume de notre oreille interne.



*Titanophoneus*, du grec *titanos*, τίτανος, « titan » et *phoneus*, φονεύς, « meurtrier », littéralement « le meurtrier titanique », était un thérapside carnivore qui est connu par deux espèces retrouvées en Russie : *Titanophoneus potens* et *Titanophoneus adamanteus*. Si les pistes du Var sont attribuées au genre *Titanophoneus*, il est impossible de pouvoir être plus précis en donnant une espèce au vu du manque de restes osseux.

D'une taille pouvant varier entre 3 et 6 mètres de long, il était d'une constitution robuste et trapue et possédait des membres courts avec une longue queue dont les mesures correspondent aux pistes *Planipes caudatus*. Sa tête, très massive, pouvait atteindre 80 centimètres et possédait de nombreuses dents différencierées.

En effet, comme les mammifères, il avait cette particularité d'être hétérodonte avec des incisives, des canines et des post-canines. Ses canines étaient très développées et peuvent être plus apparentées à des dents de sabre qu'à des crocs, ce qui met à mal des conceptions

erronées prétendant que la nature, ou l'Évolution, ne réinvente jamais deux fois la même chose.

Quand on parle de dents de sabre, l'image qui vient spontanément à l'esprit est celle des félins à dents de sabre comme le Smilodon (*Smilodon fatalis*) entre autres. Ces mammifères n'ont pas le monopole des canines hypertrophiées, celles-ci étant apparues au cours du Permien chez certains thérapсидés. Elles disparurent ensuite pour revenir chez d'autres formes au cours de l'histoire de notre planète.

Si malheureusement aucun os n'a encore été découvert dans le Var, grâce à la dalle de Saint-Raphaël nous savons que des millions d'années avant les premiers dinosaures, des prédateurs d'une taille appréciable étaient présents sur notre territoire.



Figure 13 : *Titanophoneus*

*Titanophoneus* ne fut pas le seul grand prédateur du Var au cours du Permien supérieur. Là aussi, l'absence d'os fossilisés ne permet pas de trancher avec certitude mais un autre type de piste a été inventé à Saint-Raphaël (Figure 14).



Figure 14 : *Lunaepes fragilis*. Couple pied-main.

Les études des pistes ont tout d'abord étonné les paléontologues car elles ne correspondaient pas à ce qui était connu jusqu'alors et laissaient supposer que leur auteur n'était ni digitigrade (qui marchait sur les doigts) ni plantigrade mais semi-plantigrade.

Par ailleurs, contrairement aux autres pistes qui étaient somme toute assez régulières, *Lunaepes* présentait des variations au niveau du pas malgré des enjambées assez constantes. La largeur et l'angle des pas étaient également assez variables témoignant d'un animal avec une démarche assez peu assurée et lente. Etait-il blessé ? Toujours est-il que sa position était à lui aussi semi-fléchie et sa démarche assez lourde. Après plusieurs études comparatives avec des pistes similaires trouvées ailleurs dans le monde, *Lunaepes* a été attribué à un thérapside gorgonopsien du genre *Lycaenops*.

Les gorgonopsiens étaient également des thérapsoïdes qui ressemblaient un peu aux antéosaures avec cependant des différences morphologiques suffisantes pour permettre de les classer dans un clade à part qui les rapproche des mammifères : les thériodontes.

La morphologie étant sensiblement la même que celle de *Titanophorus* à quelques détails près qui n'ont pas lieu d'être développés dans cet article, nous ne nous attarderons pas dessus. Cependant l'animal qui a laissé ces empreintes était de taille beaucoup plus réduite qui devait plutôt se rapprocher de celle d'un gros chien.

*Lycaenops*, du grec *Lykaon*, λυκαον, « Loup », et *Ops*, ωψ, « Face », littéralement « face de loup », était un gorgonopsien dont la taille ne dépassait pas un mètre de long. Tout comme beaucoup d'autres thérapsoïdes, il possédait un crâne allongé avec des dents puissantes dont des canines en dents de sabre.

À côté de ces prédateurs se trouvaient bien entendu de nombreux herbivores. Cependant il s'agit pour l'ensemble d'animaux de taille réduite allant de celle du lézard à celle de l'iguane actuel. Mais, à côté de ces poids plumes, se trouvaient des animaux beaucoup plus gros et lourds dont l'ichnogenre est appelé *Brontopus* (Figure 16).



**Figure 15 : Empreinte appelée *Brontopus***

L'auteur de ces pistes était un animal extrêmement massif et d'une longueur qui pouvait atteindre au moins 5 mètres. Malheureusement *Brontopus* ne peut être attribué avec certitude à un animal particulier car les prétendants sont nombreux et les données permettant de les départager insuffisantes.

Les seules conclusions que l'on peut tirer de ces empreintes sont que ces animaux étaient presque homopodes (très peu de différences entre les mains et les pieds) avec des extrémités à cinq doigts (pentadactyles) et presque arrondies. La taille des empreintes ainsi que la longueur entre chaque pas en faisait un animal grand et lourd et certains paléontologues pensent qu'elles sont du fait de théрапsidés comme *Moschops*, du grec *Moschos*, μοσχος, « veau » et *Ops*, ωψ, « Face » (Figure 16).



Figure 16 : *Moschops* faisant face à *Lycaenops*

Cependant d'autres paléontologues préfèrent les attribuer à des caséidés qui étaient des reptiles au corps très massif avec une petite tête ou encore à des paréiasauridés, reptiles anapsides proches des tortues actuelles (Figure 17).

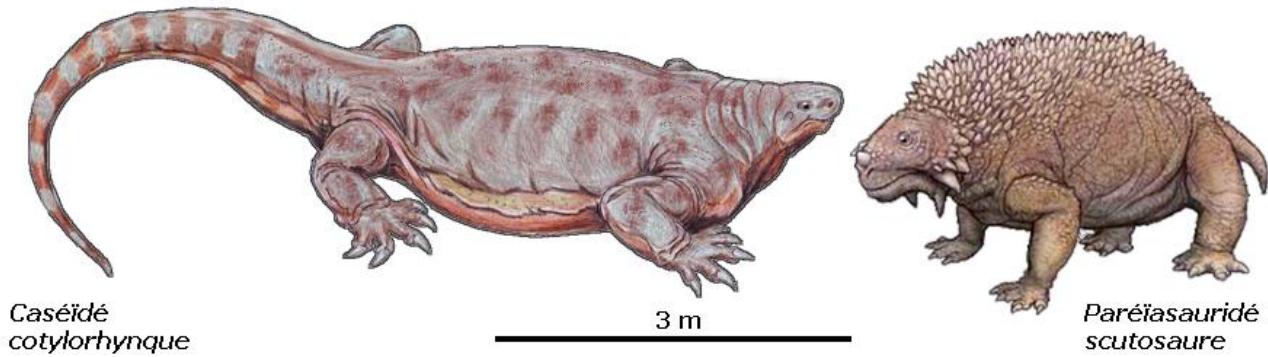


Figure 17 : Un caséidé (à gauche) et un paréiasauridé (à droite)

À l'heure actuelle, il est impossible de trancher et il faut simplement retenir qu'au cours du Permien supérieur, il y a 270 millions d'années, de gros herbivores massifs arpentaient une partie du Var tout en évitant de servir de casse-croûte à des théрапsides aux dents longues.