

Archaeopteryx



Archaeopteryx. Vue artiste en 2012

Archaeopteryx (en français Archæoptéryx ou Archéoptéryx) est un genre de **dinosaures à plumes** disparus.

Ces dinosaures-oiseaux, d'une longueur inférieure à 60 cm, ont vécu à la fin du Jurassique, il y a 156 à 150 millions d'années dans un environnement alors insulaire, qui se situe actuellement en Allemagne (David Lambert, *The Ultimate Dinosaur Book*, Dorling Kindersley, 1993)

Archaeopteryx ne doit pas être confondu avec Archaeopteris, qui est considéré, par de nombreux scientifiques, comme le premier arbre moderne (1)

Le genre *Archaeopteris* possède plus de caractéristiques communes avec les plantes à graines que tout autre plante fossile connue et les analyses récentes le placent en groupe-frère des plantes à graines (2)

(1) Meyer-Berthaud, B., Scheckler, S. E., et Wendt, J. 1999. *Archaeopteris is the earliest known modern tree*, Nature 398

(2) Rothwell, G. W., et Serbet, R. 1994. *Lygnophyte Phylogeny and the Evolution of Spermatophytes: A Numerical Cladistic Analysis*. Syst. Bot. 19



Archaeopteris hibernica

Considéré comme cosmopolite, de nombreux fossiles ont été retrouvés en Afrique du Sud, Allemagne, Australie, Belgique, Canada, Chine, Colombie, États-Unis, Irlande, Kazakhstan, Maroc, Russie, Ukraine, Venezuela.

Les Dinosaures à plumes

constituent une fraction importante des dinosaures actuellement connus. La constatation que des dinosaures sont étroitement apparentés aux oiseaux actuels a suggéré la possibilité qu'il ait pu exister des dinosaures à plumes.

On sait depuis longtemps que les **Archaeopteryx** avaient des plumes, mais ce n'est qu'au début des années 1990 que des fossiles de dinosaures clairement non-aviaires ont été découverts avec des plumes.

Aujourd'hui, plus de vingt genres de dinosaures, pour la plupart des **Théropodes**, sont connus pour avoir eu des plumes.

La plupart de ces fossiles proviennent de la formation Jehol en Chine. Les plumes fossiles d'un spécimen, *Shuvuuia deserti*, ont été testées immunologiquement positives à la bêta-kératine, la principale protéine trouvée dans les plumes d'oiseaux.



Œuvre d'artiste d'un *Anchiornis*, montrant la disposition et la couleur des plumes



Fossile de *Sinornithosaurus millenii*, la première preuve de la présence de plumes chez les dromaeosauridés.

Des preuves fossiles. Après un siècle d'hypothèses sans preuves concluantes, des dinosaures à plumes particulièrement bien conservés ont été découverts dans les années 1990 et continuent d'être trouvés. Les fossiles étaient conservés dans un *lagerstätte* (un dépôt sédimentaire présentant une remarquable richesse et variété de fossiles) dans le [Liaoning](#), en Chine. Il y a 124 millions d'années, au Crétacé inférieur, la région avait à plusieurs reprises été recouverte par les cendres produites par les éruptions de volcans situés en [Mongolie-Intérieure](#). Les organismes vivants ont été enterrés et conservés dans les moindres détails. La région grouillait de vie, avec des millions de feuilles, d'[angiospermes](#) (les plus anciens connus), d'insectes, de poissons, de grenouilles, de salamandres, de mammifères, de tortues, de lézards et de crocodiles découverts à ce jour.

Norell et collaborateurs (2007) ont décrit des saillies de plumes sur un cubitus de *Velociraptor mongoliensis* et celles-ci sont très proches de celles laissées par les grandes rémiges des oiseaux actuels (1)

Une autre preuve, comportementale, sous la forme d'un fossile d'*Oviraptorosaure* sur son nid, montre un autre point commun avec les oiseaux. L'animal est assis sur son nid, les avant-bras repliés, comme ceux d'un oiseau. Bien que les plumes n'aient pas été conservées, il est probable que celles-ci devaient être présentes pour protéger les œufs et les jeunes.

De vraies plumes ? Il a été prétendu que les supposées plumes de fossiles chinois étaient un *artefact* (un phénomène créé de toutes pièces par les conditions expérimentales, un effet indésirable...) de conservation (2)

Même si on peut avoir des doutes, les plumes fossiles ont à peu près le même aspect que celles des oiseaux fossilisés du même gisement, il n'y a donc aucune raison sérieuse de penser qu'elles soient de nature différente. D'ailleurs, aucun fossile non-théropode provenant du même site ne montre un tel artefact, alors qu'ils possèdent parfois sans ambiguïté des poils (certains mammifères) ou des écailles (certaines espèces de reptiles).

Divers indices laissent penser que les plumes de dinosaures étaient souvent colorées (3). En 2011 (au Canada), onze fragments de plumes de dinosaures, colorées (du brun au noir) ont été retrouvées dans de l'[ambre](#) daté de 78 à 79 millions d'années (fin crétacé). Des poils, barbes et barbules sont visibles, semblables à ceux d'oiseaux contemporain, avec des indices d'imperméabilité pouvant laisser penser qu'il s'agissait (dans ce cas) d'animaux semi-aquatiques (4).

L'Archéopteryx a été le tout premier fossile découvert avec des plumes bien conservées, longtemps considéré comme le plus ancien oiseau fossile. Sa position phylogénétique reste controversée, même 150 ans après sa découverte. Une publication de 2011 (5) place par exemple l'Archéopteryx et les autres *Archaeopterygidae* plus proches des **Deinonychosaures** que des oiseaux.

(1) A.H. Turner, « *Feather quill knobs in the dinosaur Velociraptor* », *Science*, vol. 317, n° 5845, 2007.

(2) A. Feduccia, T. Lingham-Soliar and J.R. Hinchliffe, (2005). "*Do feathered dinosaurs exist? Testing the hypothesis on neontological and paleontological evidence.*" *Journal of Morphology*.

(3) R. A. Wogelius, P. L. Manning, H. E. Barden, N. P. Edwards, S. M. Webb, W. I. Sellers, K. G. Taylor, P. L. Larson, P. Dodson, H. You, L. Da-qing et U. Bergmann, *Trace Metals as Biomarkers for Eumelanin Pigment in the Fossil Record* ; *Science* 2011-09-16

(4) Ryan C. McKellar, Brian D. E. Chatterton, Alexander P. Wolfe et Philip J. Currie , *A Diverse Assemblage of Late Cretaceous Dinosaur and Bird Feathers from Canadian Amber* ; *Science* 16 September 2011.

(5) X. Xu & al, *An Archaeopteryx-like theropod of China and the origin of Avialae*, *Nature* 467, 28 juillet 2011.

Les Deinonychosaures (les « lézards à griffe terrible ») sont un clade (*) de théropodes du Crétacé. Ces carnivores sont reconnus pour la griffe de leurs seconds orteils des pattes postérieures, en forme de faucille. Ce clade se subdivise en deux familles, les *dromaeosauridés* et les *troodontidés*.

Les dromaeosauridés comptent différents types de prédateurs comme *Dromaeosaurus*, *Deinonychus* ou *Velociraptor*. Ils étaient spécialisés : si le massif *Utahraptor* pouvait s'en prendre à de grosses proies, *Microraptor*, d'une quarantaine de centimètres, chassait probablement surtout des lézards, des mammifères et des insectes. Les griffes rétractiles pouvaient servir à blesser et affaiblir de grandes proies ou bien simplement gratter le sol pour déterrer des pontes d'autres dinosaures, des mammifères, des tortues ou des amphibiens.



Deinonychosaurus Microvenator

(*) Un clade est un groupe monophylétique –la monophylie étant la caractéristique d'un groupe qui contient l'espèce souche dont descendent tous ses membres– d'organismes vivants ou ayant vécu comprenant un organisme particulier et l'entière descendance de ses descendants.

La morphologie de l'Archéoptéryx

Hormis les proportions des ailes très similaires à celles des oiseaux modernes, les squelettes d'Archéoptéryx ressemblent de façon étonnante à ceux d'un petit dinosaure bipède comme le Cœlurosaur *Compsognathus*, et la plupart des paléontologues pensent ainsi qu'ils dériveraient de ce type de dinosaure théropode, comme les *Dromaeosauridae*, les célèbres dinosaures à griffes. La ressemblance de leur squelette est telle que le « premier » spécimen d'*Archaeopteryx* découvert en Allemagne, en 1861, fut confondu avec celui de *Compsognathus*, jusqu'à ce que l'on remarque ultérieurement l'empreinte des plumes. Les Archéoptéryx possèdent à la fois des caractéristiques de dinosauriens archaïques et d'oiseaux actuels.

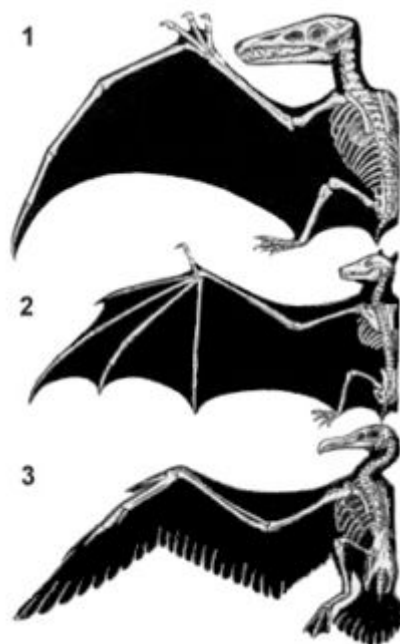
On ne connaît pas bien le mode de vie de l'Archéoptéryx. Sa puissance musculaire était nettement plus faible que celle des oiseaux actuels. Il vivait probablement dans les arbres, se nourrissant des insectes qu'il y trouvait, se déplaçant d'arbre en arbre à la fois en battant des ailes et en planant. Les paléontologues sont divisés sur la question de son envol : était-il capable de s'envoler à partir du sol en courant ou devait-il au préalable grimper sur un arbre ? On pencherait actuellement plutôt vers la deuxième solution, car ses muscles thoraciques étaient insuffisamment développés (faute d'un bréchet développé), et ses griffes ressortant des ailes devaient l'aider à s'agripper lors de son escalade. En 2004, on a établi que son cerveau était plus volumineux que celui de la plupart des dinosaures. On suppose qu'il se nourrissait d'insectes, de carcasses de poissons ou de vers. Il devait être capable de saisir ses plus grosses proies avec ses pattes. L'environnement indique qu'il devait être semi-arboricole, se déplaçant à la fois sur terre et dans les arbres. Sa taille suggère qu'il aurait pu être la proie des prédateurs efficaces que sont les ptérosaures, selon certains auteurs ; cela peut expliquer pourquoi il ne volait pas haut. En effet, il serait devenu une proie facile pour les **Ptérosaures** (*)

(*) **Les Ptérosaures sont des vertébrés volants** apparus au Trias supérieur, il y a 230 millions d'années, et disparus au Crétacé supérieur, il y a 65 millions d'années. Ils ne sont ni des « reptiles » au sens actuel du terme, ni des dinosaures, et ne sont donc pas des oiseaux.

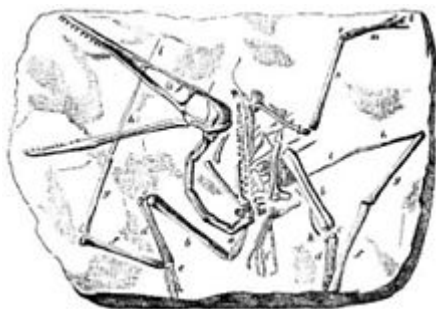
Plusieurs espèces au moins étaient couvertes de duvet et le premier spécimen fossile à le révéler a été le *Sordes pilosus*.

Le plus petit fossile connu en 2008 est celui de *Nemicolopterus*, une espèce de la taille d'un Moineau. Les plus grandes n'ont pas d'équivalent en taille dans le monde contemporain puisque des spécimens de *Quetzalcoatlus* et *Hatzegopteryx* de plus de 12 mètres d'envergure d'aile ont été découverts.

Les ptérosaures se sont adaptés pour occuper de nombreuses niches évolutives, aussi bien terrestres que marines, actuellement prises par les oiseaux ou les chauves-souris

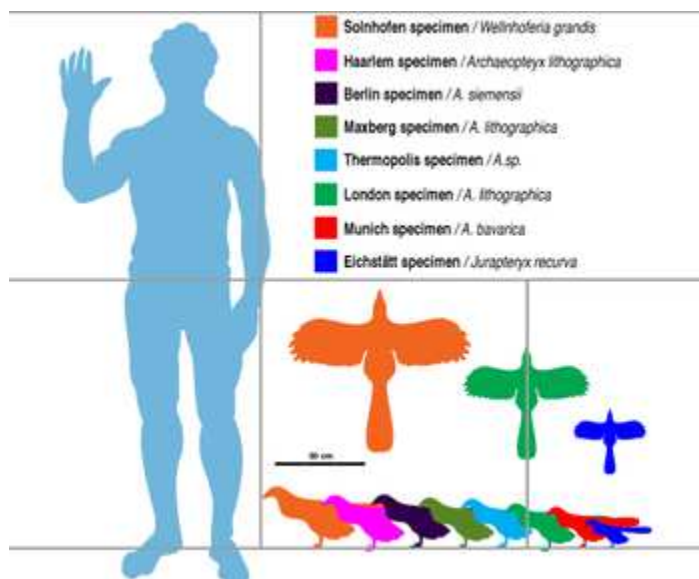


Ailes de : 1. Ptérosaure
2. Chauve-souris 3. Oiseau



Reproduction du fossile de *Pterodactylus* étudié par Collini

Les découvertes des différents spécimens d'Archéoptéryx ont largement contribué à la construction de la théorie la plus courante de l'histoire évolutive des oiseaux, à savoir que les oiseaux descendent des dinosaures de l'ordre des **Théropodes** (*) (on sait actuellement que ce sont des théropodes du Jurassique qui ont donné naissance aux oiseaux et non les *ornithopodes*)



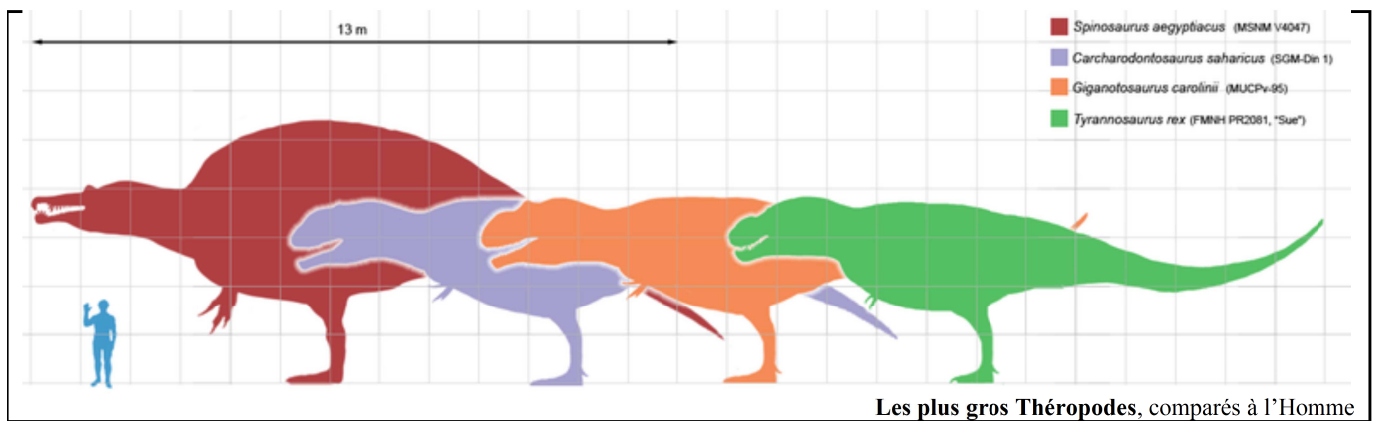
Tailles comparées des spécimens d'Archéoptéryx.

(*) **Les Theropoda ou Théropodes** (en français), forment un clade de tétrapodes bipèdes comprenant la quasi-totalité des dinosaures prédateurs et l'unique clade actuel des oiseaux. En incluant les oiseaux, les théropodes forment un des groupes de vertébrés les plus florissants et le clade de dinosaures le plus diversifié morphologiquement. Si l'on ne prend pas en considération les oiseaux (*Avialae*), les Théropodes (dit non-aviens) sont aisément reconnaissables par leur posture bipède et leurs membres antérieurs et postérieurs pourvus de griffes acérées.

Il existe une grande variabilité de taille parmi les théropodes non-aviens puisque certaines estimations donnent à des genres tels que *Spinosaurus* (en brun rouge schéma ci-dessous) et *Giganotosaurus* (orangé) une longueur de plus de 12 m pour un poids excédant 14 tonnes alors que d'autres théropodes non-aviens comme *Epidexipteryx* et *Anchiornis* ne devaient pas dépasser 40 centimètres de long pour un poids de quelque 150 grammes.



Thérozinaure *Beipiaosaurus* pourvu de longues griffes aux membres antérieurs et d'un duvet pileux sur le corps.



L'histoire de l'apparition des oiseaux n'est pas complètement établie.

Cependant, il faut préciser que les *Archaeopterygidea* (dont fait partie l'*Archaeopteryx*) sont (actuellement) considérés comme les "premiers" oiseaux. On ne peut affirmer que ces quelques spécimens de cette (ou ces) espèce(s), très localisée(s), soient les ancêtres directs des oiseaux. Ils sont plutôt un reste de l'évolution de lignées de **Théropodes à plumes** vers ce qui a conduit aux oiseaux modernes.

Quelques caractères d'oiseau volant de l'Archéoptéryx

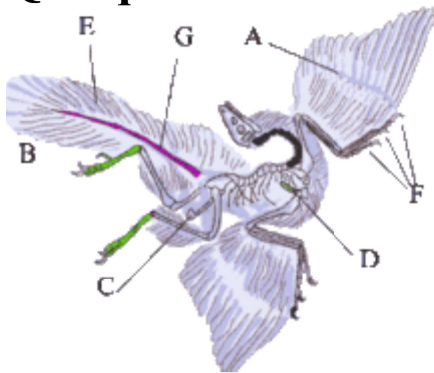


Illustration du squelette basée sur le spécimen de Berlin.

- Ses ailes remarquablement développées, équipées de **plumes aptes pour le vol** (une plume, ou plume de contour, est une plume longue, rigide et asymétrique, paire, qui joue un rôle primordial dans le vol des oiseaux ; le terme sert à désigner tant les rémiges, au niveau des ailes, que les rectrices, au niveau de la queue), similaires à celles des oiseaux volants modernes [A].
- Le découpage asymétrique typique des plumes démontre la spécialisation et l'aptitude des Archéoptéryx pour le vol battu alors que celles retrouvées chez les autres dinosaures à plumes sont symétriques (et donc probablement impropres au vol battu, quoique certaines de ces espèces, telles que *Microraptor* ou *Sinornithosaurus*, étaient certainement aptes au vol plané).
- La position basse de son orteil retourné [B].
- Bassin dont l'ischion et le pubis sont orientés vers l'arrière. Au cours de l'évolution des ancêtres des Archéoptéryx, des vertèbres s'ajoutent à la ceinture pelvienne, et l'orientation du pubis change, le pubis pointe vers l'avant et vers le bas ; puis il recule et, chez les oiseaux, il devient parallèle à l'ischion, conférant aux Archéoptéryx un caractère aviaire. Le partage de ces caractéristiques par les oiseaux et par d'autres maniraptorien témoigne de leur origine commune [C].
- Une *fourchette* ou furcula robuste, en forme de boomerang, formée par la jonction des 2 clavicules sur laquelle venaient s'insérer les muscles de vol [D]

Ses caractères d'intermédiaire structural

- Absence de bréchet véritable, mais peut-être en « ébauche », avec un simple sternum.
- L'alignement des rectrices à raison d'une paire par vertèbre (et non pas en éventail comme chez les oiseaux actuels)

Ses caractères « archaïques » de dinosaurien théropode

- Les pattes à 3 doigts opposés à l'orteil retourné (dirigé vers l'arrière) [B]. Il n'y a pas de tarsométatarsien complexe, mais les trois métatarsiens centraux sont libres les uns par rapport aux autres sur presque toute leur longueur, n'étant probablement soudés qu'à leur extrémité proximale. La fusion avec les éléments du tarse était aussi imparfaite.
 - Les ailes pourvues de 3 doigts griffus, chacun bien séparé des autres [F] (contrairement aux oiseaux actuels chez qui ils sont partiellement soudés).
 - Les mâchoires aux petites dents pointues placées dans des alvéoles (remplacées chez les oiseaux par un bec corné et édenté)
 - Une longue queue osseuse : 25 vertèbres présacrées libres, 6 vertèbres dans la région du sacrum et une vingtaine non soudées dans la queue (la queue des oiseaux modernes est réduite à un « moignon », le pygostyle) [G]. La queue ne peut pratiquement qu'avoir des mouvements à sa base de bas en haut du fait de la morphologie des ligaments et des tendons qui la fixent. Il n'y a aucune preuve d'un contrôle musculaire significatif des rectrices de l'animal.
 - Museau, comparable à ceux d'*Ornithomimidae* comme le *Gallimimus*, comportant des narines moins allongées, et placées plus en avant que chez l'oiseau.
 - Fosse préorbitaire du crâne plus grande et présence d'un postorbitaire et d'un postfrontal.
 - Mandibule placée assez haut en arrière.
 - On pense que les Archéoptéryx possédaient de petits muscles de vol. Ces muscles, s'ils sont comparables à ceux des reptiles, sont alors puissants mais sûrement moins durables que ceux des oiseaux.
 - Présence de *gastralia*, des plaques osseuses dermiques ventrales.
- Les fossiles trouvés ont la taille d'un Pigeon.

Les plumes.

Les plumes des Archéoptéryx ont été très étudiées, notamment grâce au spécimen bien conservé de Berlin. Cependant, comme nous ne savons pas formellement si tous les fossiles trouvés sont de la même espèce, il importe que chaque étude précise sur quel spécimen elle porte. Les plumes du corps du spécimen de Berlin sont moins bien conservées que les plumes des ailes. L'Archéoptéryx de Berlin possède de longues plumes qui recouvrent ses pattes comme un pantalon. Certaines de ses plumes semblent avoir une structure habituelle, mais sont en partie décomposées (i.e. en barbicelles comme les Ratites –Autruche, Nandou, Émeu, Kiwi... – groupe ancien d'oiseaux coureurs dont la caractéristique morphologique est que leur sternum est dépourvu de bréchet ; ils sont donc par conséquent inaptes au vol), le restant étant ferme et donc permettant le vol

Le vol.

Comme il manque à l'Archéoptéryx une articulation spéciale dans les ailes, qui aurait permis une rotation humérale nécessaire au mouvement ascendant, on sait qu'il ne pouvait pas décoller comme les oiseaux modernes. De plus, les chercheurs ont remarqué l'absence de système d'emboîtement pour exécuter un battement d'aile rapide durant l'atterrissage. La surface alaire est aussi controversée. Cependant, s'il ne pouvait pas mettre en œuvre l'effet de sol (phénomène aérodynamique qui concerne la portance et la traînée d'une surface en mouvement à proximité du sol) des oiseaux, cela n'implique pas nécessairement qu'il ne puisse décoller à la manière des Albatros (*)

(*) Comme tous les albatros, l'Albatros de Laysan vole très bien, mais les mouvements rapides ne sont guère faciles. De la même façon, **le décollage nécessite un peu de course au sol tout en battant des ailes**, et l'atterrissage est souvent hasardeux à cause de la queue courte qui ne permet pas de manœuvrer. Il arrive souvent que l'oiseau se couche sur le côté ou fasse une sorte de roulé-boulé en touchant le sol. Avec une envergure comme la sienne, l'Albatros hurleur devrait déployer une énergie tout à fait considérable pour effectuer un simple vol battu. Il se contente donc de planer sans effort en mettant en œuvre une technique particulièrement originale. **Se laissant glisser d'une hauteur de 10 à 20 m, vent arrière, l'Albatros parvient au ras des vagues. Au dernier moment, il vire de bord pour se placer face au flux aérien et reprend donc aussitôt de la hauteur, avant de recommencer le même manège. Plus le vent est fort, plus le déplacement est rapide**, mais, s'il devient trop puissant ou, au contraire, s'il tombe, l'Albatros n'a plus qu'une solution : se poser pour attendre des conditions plus favorables.



Cette question fait toujours débat, certains scientifiques pensant que l'Archéoptéryx pouvait soutenir le vol battu, d'autres qu'il pouvait planer. Des découvertes récentes suggèrent par exemple que l'effet de sol n'est pas nécessairement exclu.

S'il pouvait voler et qu'il était **poïkilotherme** (*), il devait être capable de voler vigoureusement, mais probablement sur une distance courte.

S'il était **homéotherme** (*), il devait manquer de puissance musculaire et avoir besoin de décoller depuis un promontoire.

(*) Dans le règne animal, le terme **homéotherme** s'applique à des organismes dont le milieu intérieur conserve une température corporelle constante (dans de larges limites), indépendamment du milieu extérieur (on parle d'homéostasie thermique). Il comprend également le groupe des hétérothermes.

Par abus de langage, les homéothermes sont dits *à sang chaud*, par opposition aux animaux *à sang froid* ou **poïkilothermes**, alors que ce dernier terme désigne plus précisément des animaux dont la température interne n'est pas régulée, et donc pas forcément "froid".

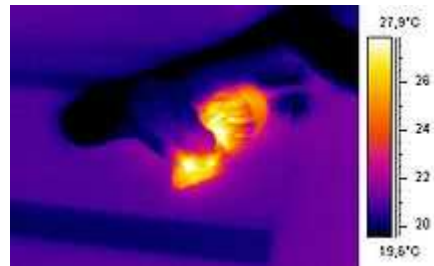


Image thermographique
d'un serpent mangeant une souris (homéotherme)