

Comment les Chiroptères se sont-ils adaptés au vol ?

VLAHOVITCH Laura et JOUVE Marine

Classe de Première scientifique - Lycée Emile Peytavin - Avenue du 11 novembre - 48001 MENDE - Contact : colloque.lyceepeytavin@outlook.fr

Introduction - problématique

Dans la mythologie grecque, Icare (en grec ancien Ἰκαρος / Ikaros) est le fils de l'architecte Dédale et d'une esclave crétoise, Naupacté. Il est connu principalement pour être mort après avoir volé trop près du Soleil.



Le mythe d'Icare est réellement la preuve, que depuis toujours, l'homme cherche un moyen de voler cependant, même en s'inspirant du seul mammifère ayant la capacité de voler, il n'y parvient toujours pas.

Les chiroptères sont les seuls mammifères capables de voler de manière soutenue.



Quelles est la diversité des chiroptères ?

Quelles sont les adaptations morphologiques qui permettent le vol ?

Quelles sont les mutations qui ont permis l'apparition de l'aile des Chiroptères ?

Caractéristiques

On a approché la diversité des chauves-souris en réalisant un inventaire à la grotte des Blanquets le 5 février 2015. Nous avons trouvé 24 individus de 5 espèces différentes !

On distingue classiquement deux sous ordres des chiroptères.

Les **microchiroptères** sont un sous ordre qui comprend 19 familles. Ces chauves-souris sont nocturnes, essentiellement de petites tailles et elles pratiquent l'écholocation. La plupart des microchiroptères sont insectivores cependant, certaines ne le sont pas.



Les **mégachiroptères** sont un sous ordre qui comprend des chauves-souris de grande taille et elles possèdent un régime alimentaire frugivore-nectarivore. Ces chauves-souris sont dépourvues de capacité d'écholocation. Le groupe se compose d'une unique famille et sa répartition se limite à l'Afrique et à l'Asie subéquatoriale.

Cependant, depuis quelques années, l'apport des phylogénies moléculaires a profondément remis en cause les sous-ordres des microchiroptères. Ces études soutiennent une nouvelle division basale regroupant d'un côté les **Yinpterochiroptera** (incluant les rhinolophes avec les mégachiroptères) et de l'autre les **Yangochiroptera** (regroupant tout les autres microchiroptères).

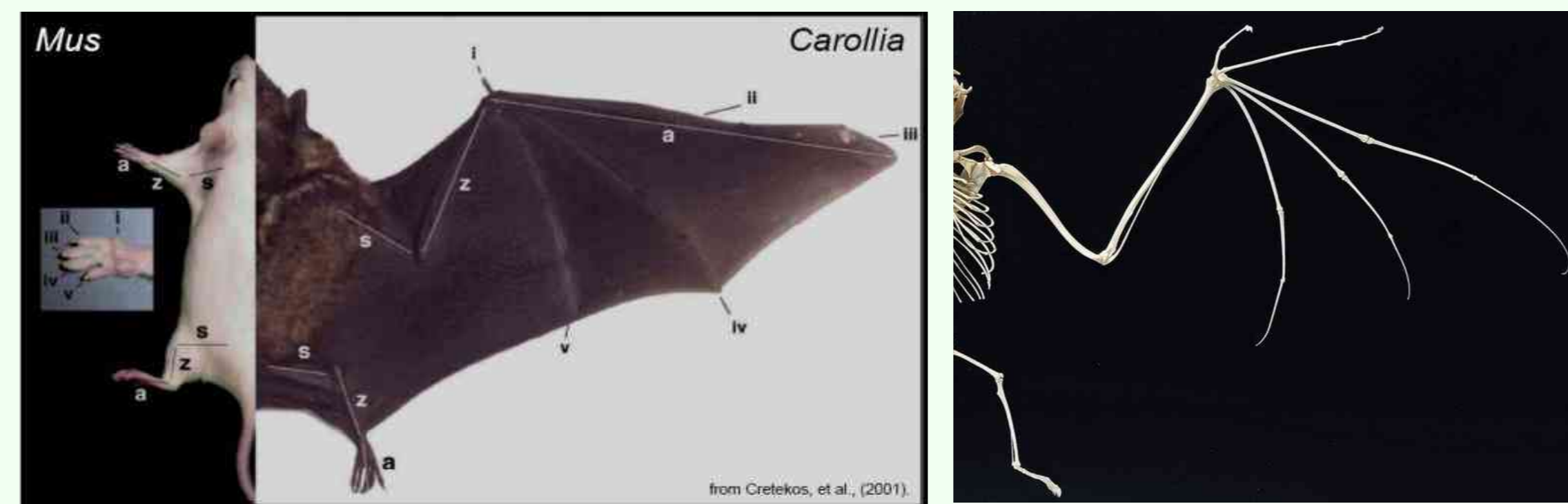
Du fossile à nos jours

L'ancêtre des chauves souris était un mammifère petit, quadrupède, avec une morphologie de membre semblable à celui de la souris. Les plus anciens fossiles de chauves souris trouvés datent de 50 millions d'années et celles ci apparaissent déjà avec des aptitudes de vol battu :

s = Stylopoide et correspond au bras pour le membre antérieur ;

z = Zeugopode et correspond à l'avant-bras pour le membre antérieur ;

a = Autopode et correspond à la main avec les doigts pour le membre antérieur. I, II, III, IV et V correspondent aux doigts. Le doigt I correspond au pouce.



Les fossiles suggèrent que cette évolution s'est faite juste en quelques millions d'années, ce qui fait un court laps de temps au niveau géologique, il y a 50 millions d'années, et depuis l'aile des chiroptères n'a pas évoluée.

Qu'est-ce qui a déterminé l'allongement « brusque » des phalanges et l'apparition de la membrane alaire ?

Les mutations étant à l'origine de l'évolution des espèces, quelles sont ou quelle est la mutation à l'origine de l'acquisition de l'aile chez les mammifères ?

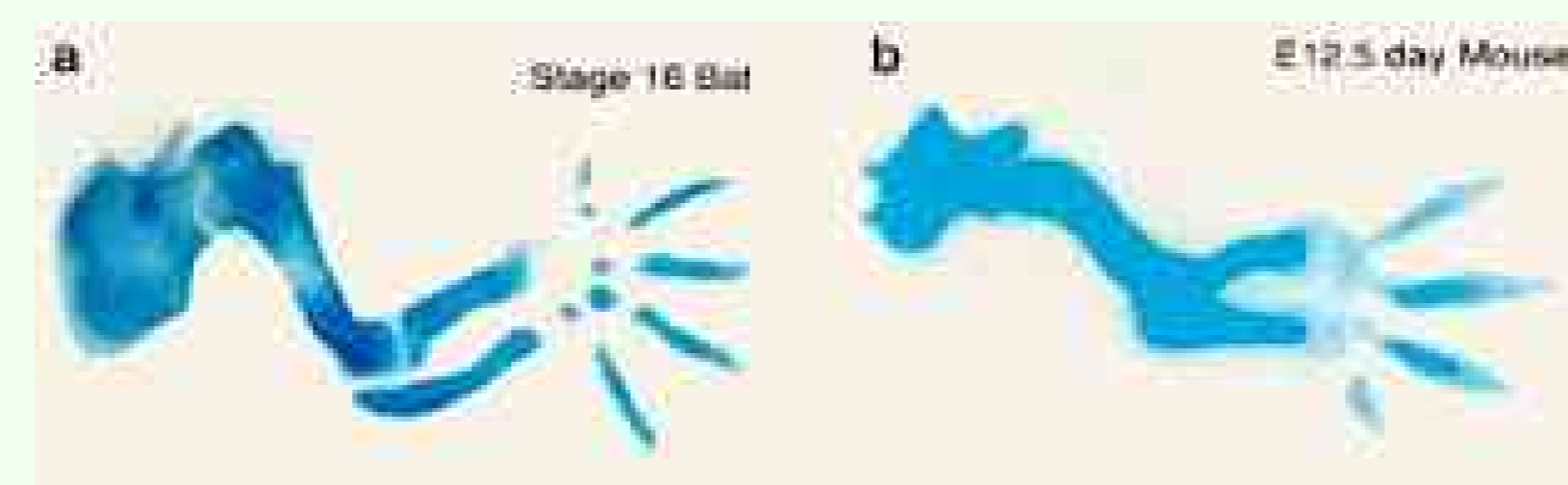
L'évolution génétique

Les transitions morphologiques sont en lien avec des changements de développement génétiques. Le développement des phalanges a lieu grâce à la prolifération et la différenciation du cartilage, plus précisément des chondrocytes qui sont les cellules composant le cartilage. Cette prolifération et cette différenciation se fait en plusieurs étapes : premièrement la phase de repos, puis la prolifération, ensuite la différenciation précoce et enfin la différenciation terminale suite à laquelle la division cellulaire chondrocyte stoppe.

Le développement des phalanges se produit après que les condensations du cartilage se soient formées.

La taille de l'hypertrophie est initialement comparable à celle de la souris.

L'intérêt s'est porté sur les gènes PRX1 et BMP2 connus pour agir sur la croissance des os longs des membres au cours du développement embryonnaire. Les embryons de chauves-souris et de souris sont initialement comparables ; ce n'est qu'à partir du vingtième jour que l'élongation des phalanges à l'origine de l'aile commence.



Le vol battu est possible grâce à l'élongation des phalanges qui soutiennent l'aile.

« Voler comme une chauve-souris »

En quoi ces innovations génétiques permettent-elles un réel vol ?

Les ailes de chauves-souris sont composées d'une membrane de peau qui s'étend entre la troisième, la quatrième et la cinquième phalanges. Certaines grandes chauves-souris sont capables de planer comme des oiseaux, et d'autres de battre les ailes avec une rapidité comparable aux insectes. Les pattes arrière et la queue participent à la stabilisation dynamique du vol, mais aussi à sa manœuvrabilité.

La Portance

Le vol des chauves-souris s'adapte en fonction du poids, de la taille et de la surface de l'aile de celle-ci. La portance entre donc ici en jeu.

Formule de la Portance :
$$\text{portance} = C_z \cdot \rho \cdot S \cdot \frac{V^2}{2}$$

La portance s'exprime en Newton.

Le C_z correspond au coefficient de la portance, il est déterminé expérimentalement dans une soufflerie par méthode numérique.

P est la masse volumique du fluide en KG/m^3

S est la surface alaire en m^2

V est la vitesse relative du fluide en m/s .

La forme en arc de cercle de l'aile de la chauve-souris génère une augmentation de sa vitesse avec une diminution de la pression du fluide sur celle-ci.

Plus la taille et le poids de la chauve-souris sont importants, plus la portance est importante ; c'est pourquoi il est assez difficile de définir la portance chez la chauve-souris en général.



Conclusions

Les chauves-souris ont acquis la capacité de vol il y a environ cinquante millions d'années par une évolution génétique, probablement une mutation des gènes de développement PRX1 et BMP2. Il y a de nombreux facteurs qui rentrent en compte pour que les chauves-souris puissent acquérir la capacité de vol ; tel le développement de gènes au stade embryonnaire et la portance.

Notre étude reste à compléter : nous pourrions nous questionner plus globalement sur l'évolution du vol chez les Mammifères, notamment ceux qui n'ont pas acquis un vol battu, comme l'écureuil « volant ».



Bibliographie

- Introduction et conclusion de la thèse de Anthony Ravel sur les chauves-souris et échanges avec lui.
 - Article « Voler comme une chauve-souris de Dimitriadis Grigorios de l'Université de Liège et échanges avec lui.
 - A Potential Role for Bat Tail Membranes in Flight Control, James D.Gardiner, Dimitriadis Grigorio.
 - Development of bat flight : Morphologic and molecular evolution of bat wing digits », Karen E.Sears, Richard R.Behringer
 - http://www.iletaitunehistoire.com/genres/contes-legendes/lire/icare-biblicon_066
 - <http://www.bioone.org/doi/abs/10.3161/150811008X414782>
 - Remerciements aux chercheurs de l'expédition Lengguru 2014 de l'IRD.
 - Remerciements à Anthony Ravel et aux chiroptérologues Jean-Pierre Malafosse et Rémi Destre
 - Remerciements aux spéléologues du comité départemental qui nous encadrent et notamment Pierre Lemaitre et Laurent Calmels.
- TPE, travaux personnels encadrés par M. Grosroyat (professeur de sciences physiques), M. Diverny (professeur de mathématiques) et M. Jacquet (professeur de SVT).

Ce travail a été réalisé de septembre 2014 à mars 2015 dans le cadre des TPE, épreuve du baccalauréat et en lien avec le suivi pédagogique de l'expédition scientifique internationale de l'IRD

LENGGURU 2014



Avec les partenaires :