

# Étude des fréquences cardiaques au repos et en activité chez les mammifères : comparaison entre l'Homme et la baleine bleue.

Classe Terminale Spécialités EPPCS / SVT

Éducation Physique, Pratiques et Culture Sportives / Science de la Vie et de la Terre, lycée du Diadème, Te Tara O Maiao, -Tahiti-

## INTRODUCTION

La baleine bleue (*Balænoptera musculus*) est un mammifère marin de l'ordre des cétacés (Serralheiro-O'Neill, 2021). Ce géant des mers de 30 mètres de long et de 150 tonnes est le plus grand animal ayant jamais vécu sur Terre. Elle se nourrit essentiellement de krills, de petites crevettes qui peuvent vivre à jusqu'à 200 mètres de profondeur.

Ces cétacés ont donc la capacité de descendre à des profondeurs que l'homme n'a encore jamais atteintes en apnée. Pourtant, tout comme nous, les cétacés sont des mammifères. Une première question nous traverse donc l'esprit : partageons-nous des caractéristiques physiologiques communes ? Dans le cadre de la Fête de la science 2023, nous nous sommes penchés sur l'étude de la fréquence cardiaque au repos et en activité chez les mammifères. Dans cette exploration des secrets du cœur de la baleine bleue, nous plongerons dans l'univers de la physiologie pour comprendre comment ces créatures majestueuses gèrent leur rythme cardiaque dans les profondeurs océaniques en fonction de leur activité. Est-ce que cela diffère de nos homologues terrestres confrontés à des défis bien différents ?

Notre problématique sera donc la suivante : la fréquence cardiaque chez les mammifères marins et les mammifères terrestres varie-t-elle de la même manière en fonction de l'effort ?

Nous nous présentons ici comme ces homologues terrestres chargés de répondre à ces différentes questions. Nous, élèves de terminale du lycée Diadème en spécialités EPPCS (Éducation Physique, Pratiques et Cultures Sportives) et SVT (Sciences de la Vie et de la Terre), serons donc le sujet d'étude et l'élément de comparaison avec la baleine bleue. Lors de nos activités en EPPCS, nous avons procédé à deux activités physiques (Natation et Course à pied). Les relevés des résultats ont été étudiés et comparés avec ceux des baleines en spécialité SVT, où nous avons pu étudier le comportement de ces mammifères.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Tout d'abord, nous avons calculé la fréquence cardiaque au repos de chaque élève en comptant le nombre de battements par minute.

Pour réaliser la course, nous nous sommes équipés de cardio-fréquence mètres (CFM), de montres connectées aux CFM, et de chronomètres. Nous avons pour objectif de courir à une allure modérée (70% de la VMA) pendant six minutes (effort aérobie) sur la piste d'athlétisme de Pater. Nous avons commencé à courir puis au bout de 30 secondes d'effort nous avons relevé une première prise de pouls.

Ensuite, nous avons continué à courir jusqu'à la fin des 6 minutes et nous avons fait une prise de pouls directement après, puis 30 secondes après et

1 minutes après. Enfin, nous avons noté la distance parcourue. Pour finir nous avons réalisé un sprint de 50 mètres (effort anaérobie) et une prise de pouls à l'arrivée et après 30 secondes de récupération.



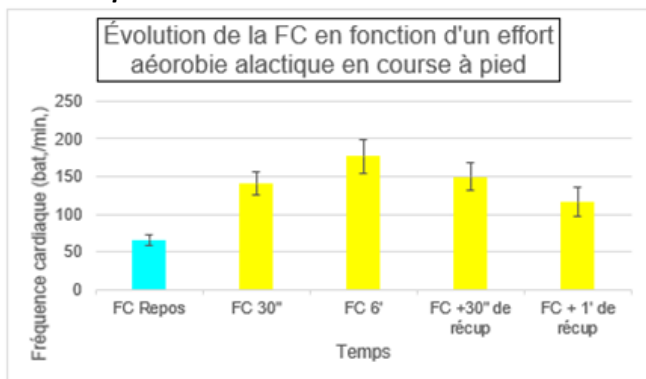
En natation, nous avons appliqué un protocole similaire : nous nous sommes équipés de chronomètres. Nous avons pour objectif de nager à une allure modérée pendant 6 minutes (effort aérobie) à la piscine de Pater. Nous avons commencé à nager puis au bout de 30 secondes d'effort nous nous sommes arrêtés pour faire une première

prise de pouls (pendant 10 secondes, avant de multiplier par 6 afin d'obtenir une valeur en battements par minutes). Ensuite nous avons continué à nager jusqu'à la fin des 6 minutes et nous avons fait une prise de pouls directement après, puis 30 secondes après et 1 minute après. Enfin, on a noté la distance parcourue. Pour finir on a réalisé un sprint de 25 mètres (effort anaérobie) et prise de pouls à l'arrivée et 30 secondes après l'effort.

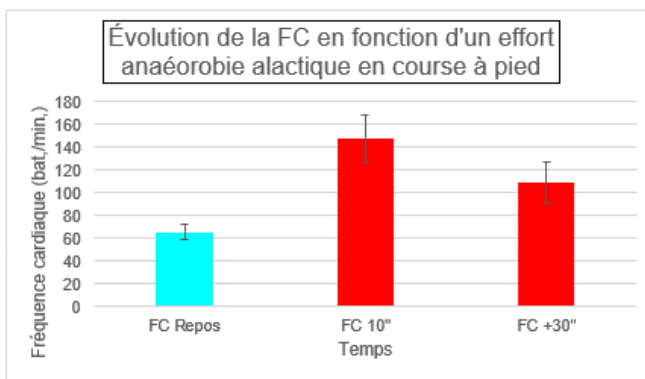
## RÉSULTATS

Les résultats obtenus après les expérimentations en course à pied et en natation ont été rentrés dans un tableau lequel a été traduit sous forme de graphiques à partir des moyennes calculées. Les graphiques 1 et 2 concernent le protocole en course en pied et les graphiques 3 et 4 recensent les données en natation.

### Course à pied

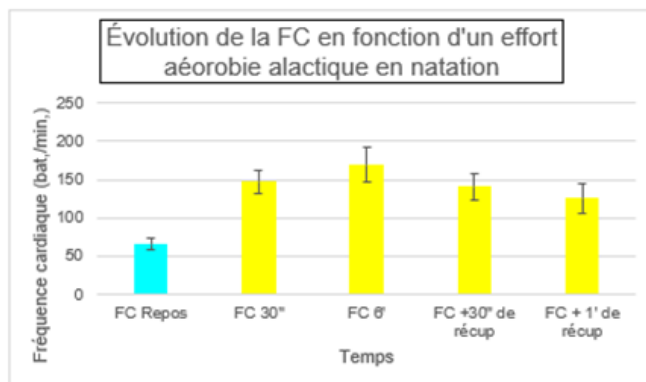


**Graphique 1**

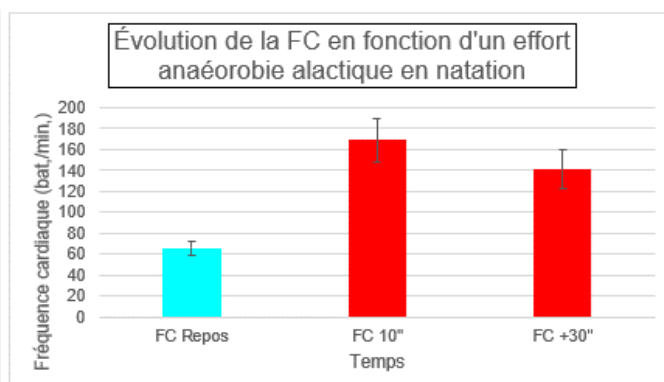


**Graphique 2**

### Natation



**Graphique 3**



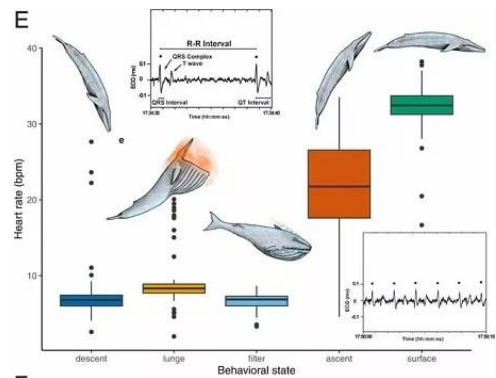
**Graphique 4**



Ces graphiques 1 à 4 représentent la moyenne des fréquences cardiaques (FC) avec leur écart-type relevée sous différents efforts. La moyenne au repos de la FC est  $65 \pm 7$  battements par min (BPM). Après 30s d'effort modéré en course à pied (graphique1), la FC augmente à  $140 \pm 26$  BPM, puis à  $177 \pm 20$  après 6min d'efforts modéré. A la fin de l'exercice, la FC redescend aux alentours des  $150 \pm 25$  BPM après 30s de repos, puis diminue encore à  $116 \pm 32$  BPM après 1 min de repos. Pendant un effort anaérobie (graphique 2), la moyenne de la FC à la suite de 10 sec d'effort est  $148 \pm 20$  BPM, et redescend à  $109 \pm 24$  BPM après 30 sec de repos. Les données de l'exercice prolongé avec effort modéré en natation en condition

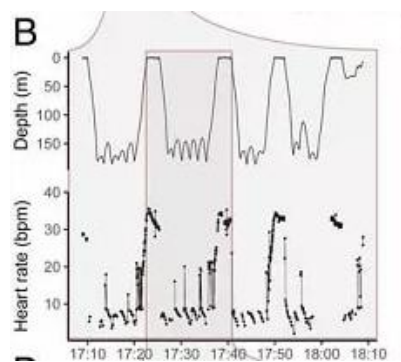
aérobie (graphique 3) semblent suivre la même tendance que les données de la course à pied (graphique 1) avec des FC moyennes de  $147 \pm 15$  BPM après 30 sec d'effort, augmentant à  $169 \pm 22$  BPM après 6min d'effort, puis redescendant à  $140 \pm 17$  BPM après 30 sec de repos et  $125 \pm 19$  BPM après 1 min de repos. De la même manière les FC moyennes pendant un effort intense en condition anaérobie en natation (graphique 4) semblent suivre la même tendance que l'effort intense en condition anaérobie en course à pied (graphique 2). Pendant un effort anaérobie alactique en natation (graphique 4), la FC moyenne est de  $169 \pm 21$  BPM après 10 sec d'effort intense, puis diminue à  $141 \pm 18$  BPM après 30 sec de repos.

Nous savons que la filière aérobie est privilégiée lors d'efforts longs et modérés, alors que la filière anaérobie est la filière énergétique prépondérante lors d'efforts intensifs et brefs pour créer de l'énergie. Cependant, lors de la plongée en apnée, la filière anaérobie se met en place chez l'homme comme chez la baleine bleue. Afin de pouvoir comparer nos résultats, nous avons choisi d'étudier un article de Goldbogen et al. publié dans la revue *Proceedings of the National Academy of Science* en décembre 2019). Dans cet article, les auteurs ont mesuré les FC de la baleine bleue lors de son activité de nourrissage. Les graphiques suivants en sont issus.



**Graphique 5**

Dans le graphique 5, nous pouvons voir qu'une baleine passe par plusieurs étapes pendant sa plongée pour se nourrir. Lorsqu'elle plonge, son rythme cardiaque moyen est d'environ 7 BPM, augmente légèrement aux alentours de 9 BPM lors de la capture du krill et redescend à la valeur initiale de 7 BPM lors de la phase de filtration. Enfin, en remontant à la surface son rythme cardiaque augmente progressivement jusqu'à atteindre une valeur de 33 BPM lorsqu'elle se trouve en phase de repos.



**Graphique 6**

Dans le graphique 6, nous voyons la fréquence cardiaque de la baleine en fonction de la profondeur et du temps. Nous pouvons dire que dès sa première plongée la baleine dépasse les 150 mètres de profondeur et que son rythme cardiaque descend en dessous de 10 BPM. La FC de la baleine bleue descend même jusqu'à 2 BPM seulement en profondeur. Dès qu'elle remonte son rythme cardiaque augmente et revient à 35 BPM.

## DISCUSSION

Lorsque la baleine est en apnée et descend en profondeur elle réduit son rythme cardiaque, jusqu'à l'extrême (2 BPM). D'après Goldbogen et al. (2019), en réduisant son rythme cardiaque, elle consomme moins d'oxygène. Ce qui lui permet de rester en apnée plus longtemps. Tout comme les mammifères marins, les mammifères terrestres sont également capables de diminuer leur rythme cardiaque lorsqu'ils descendent en apnée. Stéphane TOURREAU, un champion d'apnée, raconte dans un article écrit par Fageot M. en 2020 que l'homme est capable de réduire sa fréquence cardiaque jusqu'à 20 BPM lorsqu'il descend à des profondeurs extrêmes (au-delà de 100m). Pour ce faire, les athlètes utilisent des techniques de relaxation avant de plonger, réduisant le rythme cardiaque. Chez la

baleine comme chez l'homme, le sang est alors redirigé vers les organes vitaux comme le cerveau et le cœur pour réduire leur consommation d'oxygène et rester plus longtemps en apnée.

On peut penser que les cétacés ont réussi à pousser le mécanisme d'adaptation à l'extrême afin d'atteindre un rythme cardiaque à 2 BPM. Cependant chez les mammifères, il existe une relation allométrique entre leurs masses et de nombreux rythmes biologiques telles que les fréquences cardiaques, respiratoires ou l'espérance de vie (Montévil, 2016). Lorsque la baleine remonte à la surface, sa fréquence cardiaque augmente jusqu'à environ 30 BPM (Goldbogen, 2019). Cette augmentation permet à la baleine, lorsqu'elle reprend sa respiration à la surface, de refaire circuler l'oxygène dans le reste de son corps. La différence de fréquence cardiaque au repos entre l'homme (60 BPM) et la baleine bleue (30 BPM) peut s'expliquer par la relation allométrique taille/poids et la fréquence cardiaque chez tous les mammifères. Idéalement, nous aurions dû dans notre étude réaliser des mesures de notre fréquence cardiaque en apnée mais pour des raisons de sécurité nous ne l'avons pas fait.

## CONCLUSION

En conclusion, nous pouvons dire que les cétacés telle que la baleine bleue sont des mammifères marins fascinants qui nous ressemblent finalement. Dans les eaux de Polynésie française, les baleines à bosses viennent pendant l'hiver austral proche de nos côtes pour se reposer et mettre bas. Il aurait été pertinent donc de travailler sur cette espèce. Malheureusement, le manque de données sur la baleine à bosse nous a obligé à choisir une autre espèce. Il est cependant évident qu'il faut les protéger, car elles jouent un rôle important dans l'écosystème marin en maintenant un équilibre écologique, et beaucoup de choses sont encore à découvrir. Elles ont une place également dans le tourisme de notre belle Polynésie, connue pour son lagon et sa faune marine incroyable.

Cependant plusieurs menaces mettant en danger le devenir des cétacés peuvent être relevées telle que la pollution marine par les produits chimiques ou les déchets, les collisions avec les navires ou les pêches excessives.

Il est donc de notre devoir de continuer à protéger ensemble ces espèces emblématiques et à préserver nos eaux polynésiennes, plus grand "sanctuaire" pour la protection et la sauvegarde des mammifères marins qui vient de fêter ses 20 ans l'an dernier.

## BIBLIOGRAPHIE

### Article scientifique :

Goldbogen, J. A., D. E. Cade, J. Calambokidis, M. F. Czapanskiy, J. Fahlbusch, A. S. Friedlaender, W. T. Gough, et al. « Extreme Bradycardia and Tachycardia in the World's Largest Animal ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, n° 50 (10 décembre 2019) : 25329- 32. <https://doi.org/10.1073/pnas.1914273116>.

Montévil, Maël. « Géométrie du temps biologique : rythmes et protension ». In Questions de phrasé, édité par A. Bonnet, F. Nicolas, et T. Paul. Hermann, 2016. <https://hal.science/hal-01450027>.

### Page web :

Fageot, Mathieu. « Apnée : Quels effets sur le corps des plongeurs ? ». redbull.com, 21 octobre 2020. <https://www.redbull.com/fr-fr/effets-plongee-apnee>.

Gozlan, Marc. « La fréquence cardiaque hors normes de la baleine bleue ». lemonde.fr, 26 novembre 2019. <https://www.lemonde.fr/blog/realitesbiomedicales/2019/11/26/la-frequence-cardiaque-hors-normes-de-la-baleine-bleue/>.

Serralheiro-O'Neill, Benjamin. « La Baleine bleue ». L'encyclopédie canadienne, 23 mars 2021. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/orqual-bleu>.

## REMERCIEMENTS

- À l'Association Oceania de Moorea et à Charles Mars pour son aide dans le projet et ses précieuses connaissances sur les cétacés.
- À l'Association Reva Atea et à Vanille Thullier pour son accompagnement dans le projet.
- Au Fare Natura Moorea pour l'organisation de la fête de la science 2023
- À nos enseignants de spécialité, M. Dupèbe (EPPCS) et M. Yvon (SVT), pour la mise en œuvre de ce projet

qui nous servira pour notre Grand Oral du Baccalauréat.