

## PARTIEL DE MAI 2015 DE SVT DES CLASSES DE SECONDES DU LMA

### DUREE DEUX HEURES. DOCUMENTS ET CALCULATRICES INTERDITS

Vérifier dès réception que le sujet comporte bien 6 pages.

De nombreuses espèces à respiration aérienne pratiquent la plongée y compris chez les vertébrés, où l'on trouve des animaux plongeurs dans tous les groupes, des batraciens aux mammifères. En plongée ces animaux sont privés d'accès au dioxygène et un état hypoxique (peu de dioxygène) puis anoxique (plus de dioxygène) devrait s'installer rapidement. Ils peuvent cependant rester actifs sous l'eau pendant des temps relativement longs, plus longs en tout cas que ne pourraient le laisser supposer leurs possibilités thoraciques de stockage du dioxygène. Ces animaux vont avoir à résoudre deux problèmes en rapport avec la plongée. Le premier est de rester actif un maximum de temps avec au départ une réserve de dioxygène limitée. Il concerne en fait l'économie de dioxygène. Le second est d'éviter les embolies gazeuses (aéroembolisme - mal des caissons) que pourraient provoquer les remontées trop rapides suite à des plongées de longue durée à grande profondeur. Dans ce devoir nous nous contenterons d'apporter des éléments de réponse à la première problématique c'est-à-dire l'économie du dioxygène puis nous essaierons de discuter l'origine phylogénétique de ces mammifères marins aujourd'hui largement menacés par la pollution et la pêche.

En premier lieu existe-t-il des compartiments de l'organisme de ces mammifères marins dans lesquels le dioxygène peut être stocké ?

On dispose du **document 1** sur le stockage du dioxygène chez l'homme et le phoque

	O <sub>2</sub> (ml)	O <sub>2</sub> (ml/kg)	% du total
<b>HOMME (70 kg)</b>			
Poumons (4,5 l, 16% O <sub>2</sub> )	720	10,3	33,5
Sang (5 l, 200 ml O <sub>2</sub> /l)	1000	14,3	46,0
Muscle (16 kg, 15 ml O <sub>2</sub> /kg)	240	3,4	11,5
Eau tissulaire (40 l, 5 ml O <sub>2</sub> /l)	200	2,8	9,0
<b>Total</b>	<b>2160</b>	<b>30,8</b>	
<b>PHOQUE (30 kg)</b>			
Poumons (350 ml, 16% O <sub>2</sub> )	55	1,8	3,5
Sang (4,5 l, 250 ml O <sub>2</sub> /l)	1125	37,5	72,5
Muscle (6 kg, 45 ml O <sub>2</sub> /kg)	270	9,0	17,5
Eau tissulaire (20 l, 5 ml O <sub>2</sub> /l)	100	3,3	6,5
<b>Total</b>	<b>1550</b>	<b>51,6</b>	

On peut constater qu'avec 51,6 ml d'O<sub>2</sub> par kilo au lieu de 30,8 ml/kg le phoque est capable proportionnellement de mettre en réserve une plus grande quantité de dioxygène que l'homme.

**Question 1 :** A partir de l'étude du document 1 identifiez chez le phoque les deux principaux compartiments de stockage du dioxygène et justifiez de leur capacité supérieure de stockage par rapport à ces mêmes compartiments chez l'homme.

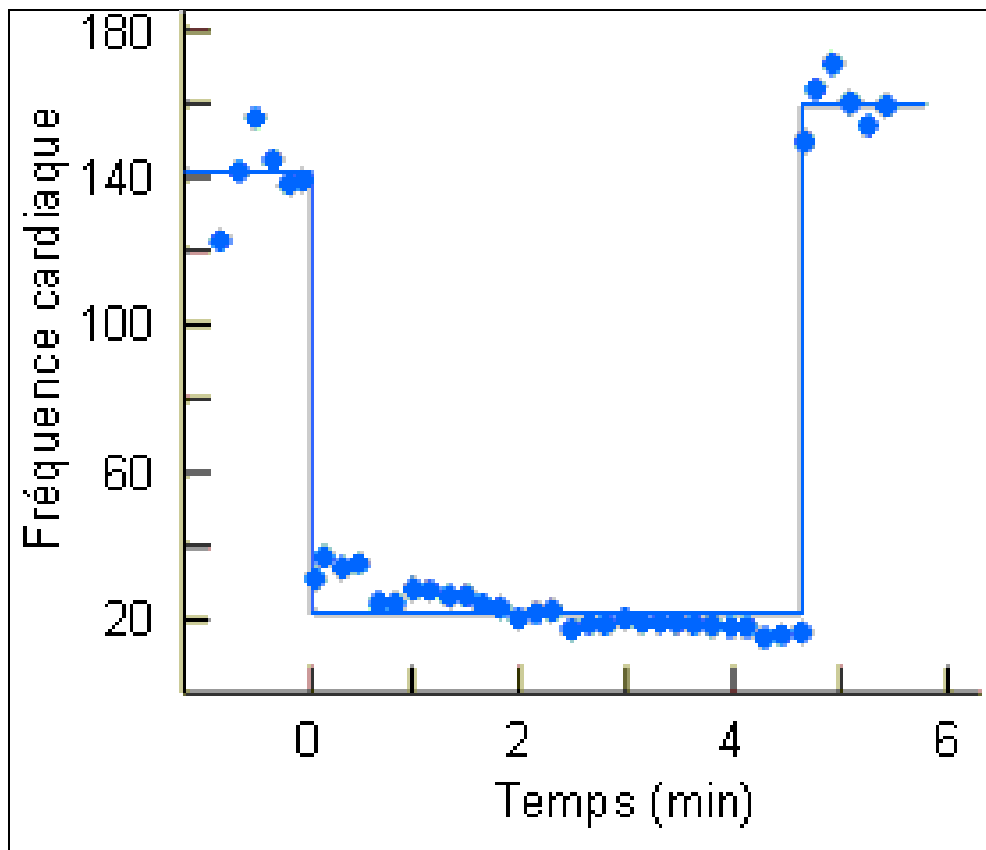
**Document 2 :** La myoglobine est une protéine des vertébrés. Elle est le transporteur intracellulaire principal du dioxygène dans les cellules musculaires auxquelles elle donne une couleur rouge. Le tableau suivant montre la concentration en myoglobine des muscles et la capacité de fixation du dioxygène des muscles squelettiques de divers animaux (source: *Physiologie animale* - Knut Schmidt-Nielsen)

		Myoglobine (g.Kg <sup>-1</sup> muscle)	Capacité de fixation du dioxygène (ml O <sub>2</sub> .Kg <sup>-1</sup> muscle)
Mammifères terrestres	Homme	6,0	8,0
	Rat	3,0	4,0
	Chien	6,7	9,0
Mammifères marins	Grand dauphin	32,5	43,6
	Phoque veau-marin	52,1	69,8
	Cachalot	56,7	76,0

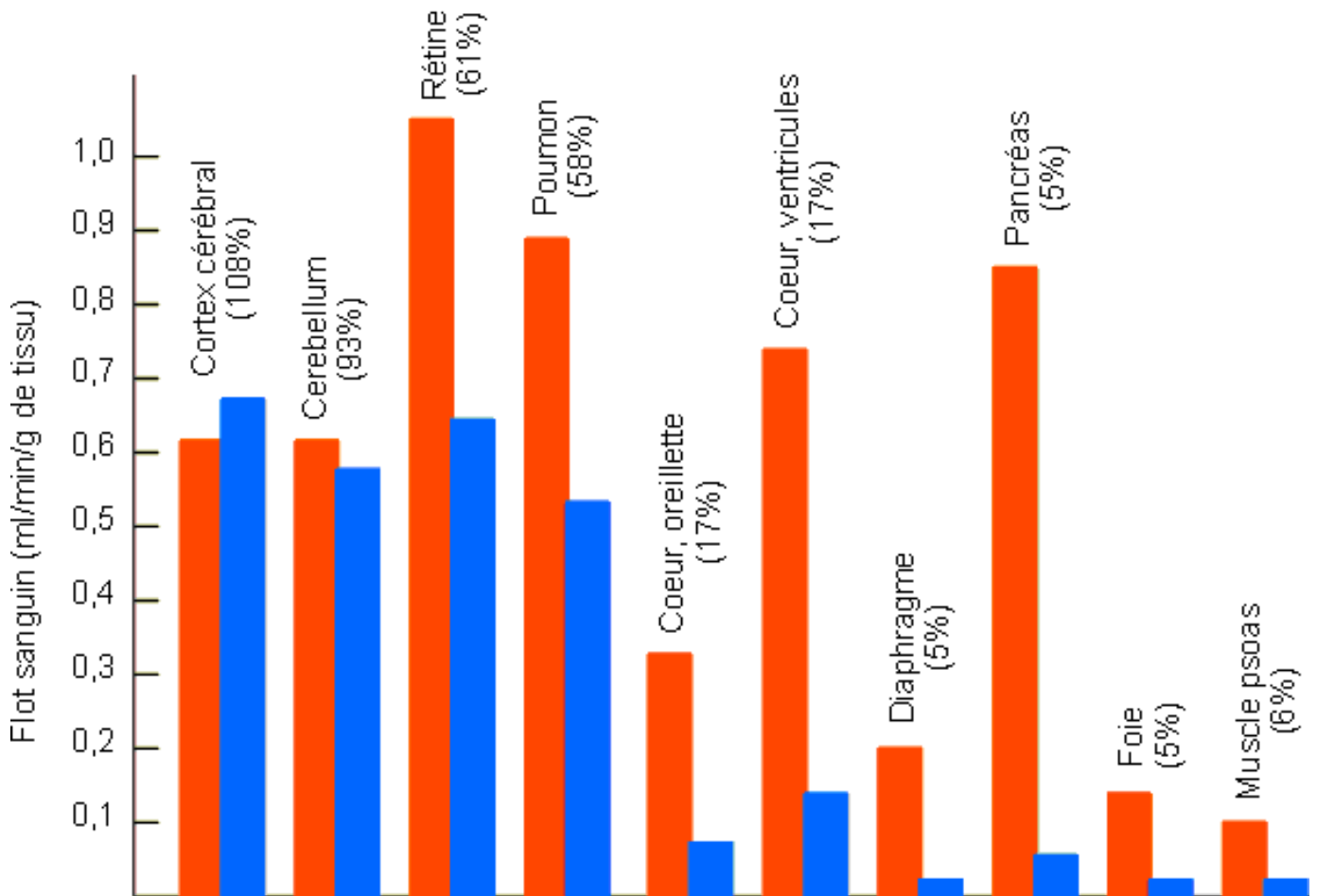
**Question 2 :** A l'aide du document 2 expliquez comment les muscles des mammifères marins peuvent stocker beaucoup plus de dioxygène que ceux des mammifères terrestres.

Cependant ces réserves de dioxygène ne pourraient pas permettre à ces mammifères marins de tenir plus de quelques minutes en plongée en considérant une dépense énergétique normale de repos. Or l'animal peut être très actif sous l'eau puisqu'il y cherche sa nourriture, et les temps de plongée peuvent aller jusqu'à 90 minutes chez le grand cachalot.

**Document 3 :** Variation du rythme cardiaque d'un phoque au cours d'une plongée (en battements par minute).



**Document 4 :** Modifications de l'irrigation au niveau de différents organes d'un phoque de Weddell pendant la plongée (Cortex cérébral, cerebellum et rétine appartiennent ou dérivent du système nerveux central, le pancréas et le foie font partie du système digestif, les poumons appartiennent à l'appareil respiratoire et les autres organes –cœur, diaphragme, psoas- sont des muscles). *N.B. En bleu c'est le flot sanguin en plongée. Les pourcentages expriment la fraction du flux sanguin en plongée par rapport à ce même flux en surface.*



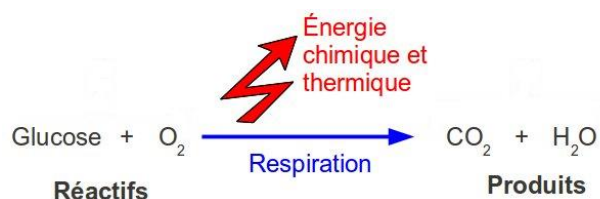
**Question 3 :** Exploitez le document 3, le document 4 et vos connaissances pour expliquer comment en plongée le phoque de Weddell peut économiser le dioxygène transporté par le sang.

**Question 4 :** Illustrez votre explication de la question précédente par un schéma fonctionnel légendé.

*N.B. on se limitera à la représentation schématique de deux organes judicieusement choisis en plus du cœur (pompe) et des poumons.*

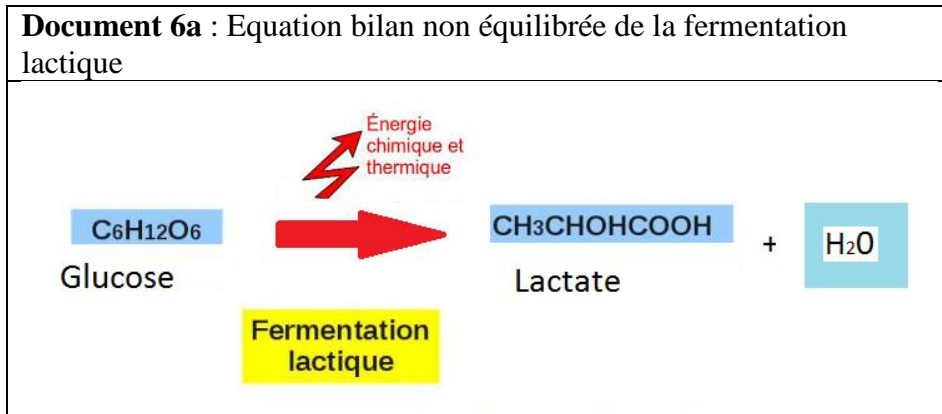
Nous avons déjà signalé que le mammifère marin est actif en plongée en particulier s'il doit poursuivre une proie. Nous avons vu de manière à priori contradictoire qu'en plongée le débit sanguin musculaire était réduit à 5%. Les muscles sont donc pendant la plongée quasiment isolés du compartiment sanguin qui contient la plus grosse réserve de dioxygène.

**Document 5 :** Equation bilan non équilibrée de la respiration cellulaire

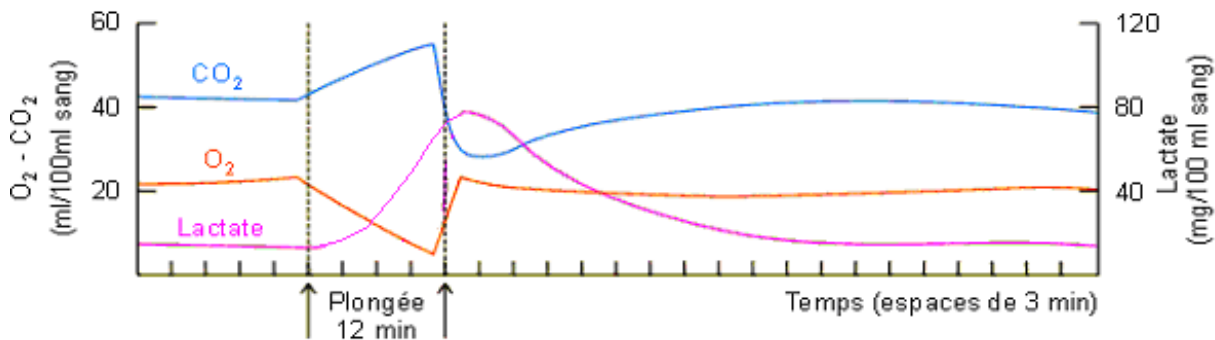


**Question 5 :** Quasiment privés du dioxygène du sang pendant la plongée les muscles d'un mammifère marin peuvent-ils malgré tout utiliser la respiration cellulaire comme source d'énergie sachant que les muscles contiennent du glycogène qui est une forme de réserve de glucose ? Justifiez votre réponse à l'aide du document 5 et de vos réponses aux deux premières questions.

On se demande (hypothèse) si lors de ses plongées le phoque n'est pas capable d'utiliser dans ses organes quasiment privés de circulation sanguine comme son appareil digestif et ses muscles une autre source d'énergie que la respiration lui permettant ainsi de réaliser une économie supplémentaire de dioxygène.



**Document 6b** : Enregistrement de différents paramètres sanguins lors d'une plongée de 12 minutes chez le phoque de Weddell.

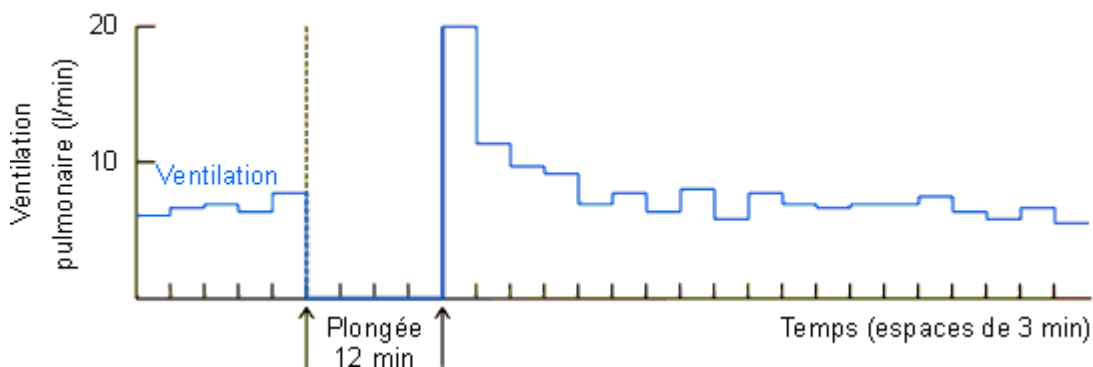


**Question 6** : Exploitez le document 6 de façon non exhaustive mais pertinente pour vérifier et préciser cette hypothèse.

A la fin d'une plongée le mammifère marin a contracté une triple dette.

**Question 7** : A l'aide du document 6b et de vos connaissances identifiez deux des trois éléments de cette dette en vous limitant aux échanges gazeux respiratoires et justifiez l'idée de dette.

**Document 7**: Variation du débit ventilatoire lors d'une plongée chez le phoque de Weddell.



**Question 8** : Exploitez les documents 3 et 7, l'explication de la question 3, vos connaissances sur le débit cardiaque pour proposer un ensemble de mécanismes permettant au phoque de rembourser sa dette en dioxygène à l'issue de sa plongée.

D'aucuns affirment que "Les dauphins sont des vaches qui ont pris la mer". Peut-on trouver un fondement scientifique à cette surprenante parenté ?

Nous savons que les séquences des gènes d'espèces apparentées présentent plus de ressemblances que celles d'espèces plus distantes. Pour déduire ces liens de parenté, on compare donc les gènes ou encore les protéines codées par ces gènes (puisque la séquence peptidique d'une protéine dépend de la séquence nucléotidique du gène correspondant)

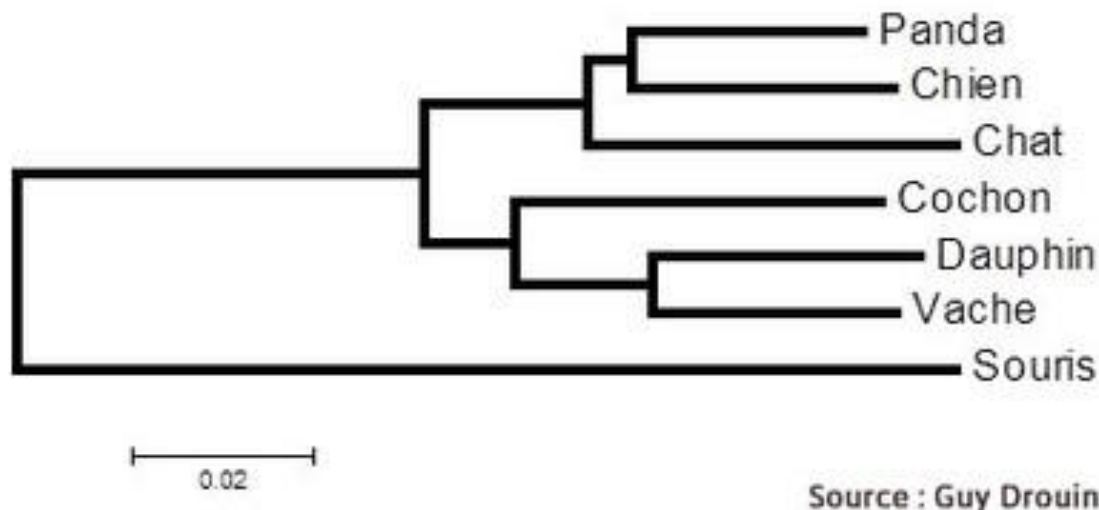
Prenons par exemple la séquence peptidique d'une protéine, une enzyme, codée par la séquence nucléotidique d'un gène présent chez tous les mammifères. Le tableau ci-dessous montre dans 7 espèces de mammifères un fragment de 50 acides aminés de la séquence peptidique de 672 acides aminés de cette protéine.

Vache	REASFSLSEP	QDQEDLEPVK	KRVKALQPCM	HTFCAACYSG	WMERSALCPT
Dauphin	.....	K.....	.....	.....	.....
Cochon	...P.P...S	.....	...I.....	.....	...T....
Panda	...P.....	R.....SR	...M.G....	.....	...T....
Chien	.....	.....IR	...KM.G....	.....	...TW....
Chat	...P...PGS	R.....T	...M.....	.....	...F....
Souris	K.....L.S	K.H.E...A.	...KM.G....	.....	...S....

*N.B. Dans ce tableau une lettre correspond à un acide aminé, tous les acides aminés de la première séquence, celle de la vache, sont indiqués, mais seuls ceux qui diffèrent de ceux de la vache sont indiqués pour les séquences des 6 autres espèces.*

**Question 9 :** Utilisez vos connaissances pour définir le mécanisme à l'origine des différences observées entre les séquences d'acides aminés de cette protéine. (aucune présentation de document n'est attendue)

Les informations du tableau précédent permettent de construire l'arbre phylogénétique ci-dessous.



*L'échelle sous cet arbre indique la longueur correspondant à 2% de différences en acides aminés (la longueur verticale des branches ne compte pas).*

**Question 10** : Exploitez l'arbre phylogénique et vos connaissances pour répondre au QCM suivant.



*N.B. Pour cette question 10 vous reporterez sur la copie la ou les lettres qui correspondent aux affirmations vraies.*

- A** : Plus le nombre de différences entre les séquences d'acides aminés de deux molécules est grand, plus l'ancêtre commun des deux animaux est récent.
- B**. Le Dauphin est plus proche de la souris que du cochon.
- C**: La souris est l'ancêtre commun de toutes les autres espèces de cet arbre.
- D**: La vache est l'animal de l'arbre le plus proche parent du dauphin.