

**Première partie : Restitution des connaissances (5 pts)**

**I-** Pour chacune des propositions numérotées de 1 à 4, il y a une seule suggestion correcte.

Recopiez les couples (1,...) ; (2,...) ; (3,...) ; (4,...), et adressez à chaque numéro la lettre qui correspond à la suggestion correcte. **(2 pts)**

<p><b>1 – Les myofilaments de myosine sont présents uniquement au niveau des :</b></p> <p>a- bandes claires du sarcomère;</p> <p>b- bandes sombres du sarcomère;</p> <p>c- bandes sombres et une partie des bandes claires;</p> <p>d- bandes claires et une partie des bandes sombres.</p>	<p><b>2 – Les étapes de la contraction musculaire sont les suivantes :</b> 1- fixation de l'ATP sur les têtes de la myosine ; 2- hydrolyse d'ATP ; 3- rotation des têtes de la myosine ; 4- libération du Ca<sup>++</sup> ; 5- formation du complexe acto-myosine ; 6- glissement des filaments d'actine vers le centre du sarcomère.</p> <p>La succession de ces étapes selon l'ordre chronologique est la suivante :</p> <p>a- 3 → 6 → 4 → 1 → 2 → 5</p> <p>b- 6 → 4 → 1 → 5 → 2 → 3</p> <p>c- 4 → 5 → 2 → 3 → 6 → 1</p> <p>d- 1 → 2 → 3 → 6 → 4 → 5</p>
<p><b>3- Les filaments fins de la myofibrille sont formés de :</b></p> <p>a- L'actine, la myosine et la troponine;</p> <p>b- L'actine, la myosine et la tropomyosine;</p> <p>c- L'actine, la troponine et la tropomyosine;</p> <p>d- La myosine, la troponine et la tropomyosine.</p>	<p><b>4- La contraction musculaire :</b></p> <p>a- Se produit en absence de l'ATP, et de l'O<sub>2</sub>;</p> <p>b- Nécessite toujours la présence des ions calcium et de l'ATP;</p> <p>c- Se produit en absence des ions calcium et de l'ATP;</p> <p>d- Se produit en absence des ions calcium et de l'O<sub>2</sub>.</p>

**II-** Reliez chaque myogramme enregistré (groupe 1) à l'état des deux stimulations appliquées sur le muscle (groupe 2). Recopiez les couples (1, ...) ; (2, ...) ; (3, ...) ; (4, ...) et adressez à chaque numéro la lettre correspondante. **(1 pt)**

<b>Groupe 1 : Myogramme enregistré</b>	<b>Groupe 2 : application des 2 stimulations efficaces sur le muscle</b>
1- Fusion complète des deux secousses musculaires.	a- La seconde stimulation est appliquée après l'achèvement de la première secousse musculaire.
2- Fusion incomplète des deux secousses musculaires.	b- La seconde stimulation est appliquée pendant la phase de latence de la première secousse musculaire.
3- Deux secousses musculaires isolées.	c- La seconde stimulation est appliquée pendant la phase de contraction de la première secousse musculaire.
4- Une secousse musculaires isolée.	d- La seconde stimulation est appliquée pendant la phase de relâchement de la première secousse musculaire.

**II- Définissez : - Sarcomère - Secousse musculaire (1pt)**

**III-** Pour chacune des propositions 1 et 2, recopiez la lettre de chaque suggestion, et écrivez devant chacune d'elles « vrai » ou « faux » :

**- Lors de la contraction musculaire, on assiste à un: (1 pt)**

<b>a</b>	Raccourcissement des bandes sombres sans changement de la longueur des bandes claires.
<b>b</b>	Raccourcissement des bandes claires sans changement de la longueur des bandes sombres.
<b>c</b>	Rapprochement des deux stries Z avec raccourcissement de la zone H du sarcomère.
<b>d</b>	Raccourcissement des bandes claires sans changement de la longueur de la zone H du sarcomère.

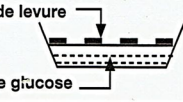

**Deuxième partie : Raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 pts)**

**Exercice 1 (9.5pts)**

Pour étudier quelques phénomènes biologiques responsables de la production d'énergie, on propose les données suivantes :

**Donnée 1 :**

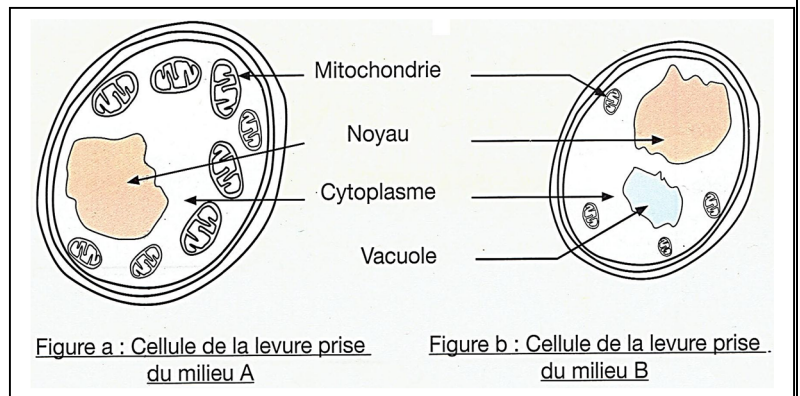
- On prépare deux milieux de culture de levures de bière (champignon microscopique unicellulaire), les conditions expérimentales et les résultats obtenus figurant sur le document 1.

Milieu	Les conditions expérimentales			Les résultats obtenus	
		La quantité initiale de glucose en g	Temps en jours	La quantité de glucose consommée en g	Evolution de la biomasse des levures
A	 Couche de levure Solution de glucose	150	9	150	1,97
B	 Bouchon Levure + Solution de glucose	150	90	45	0,255

**Document 1**

- Le document 2 présente une observation microscopique de deux cellules de levures prises de deux milieux A et B.

**1- En exploitant les documents 1 et 2, déduire, en justifiant, le phénomène biologique responsable de la production d'énergie dans chacun des deux milieux A et B.....(1.5pt)**



- Après introduction du glucose radioactif dans deux milieux A et B, les analyses ont relevé l'apparition de certaines substances radioactives. Les mesures de ces substances radioactives de  $t_0$  à  $t_4$  donnent les résultats du document 3.

Temps	milieu extracellulaire	milieu intracellulaire A		milieu intracellulaire B
		Hyaloplasme	mitochondrie	Hyaloplasme
$t_0$	G <sup>+++</sup>			
$t_1$	G <sup>+</sup>	G <sup>++</sup>		G <sup>++</sup>
$t_2$		a.P <sup>++</sup>	a.P <sup>+</sup>	a.P <sup>++</sup>
$t_3$			a.P <sup>+++</sup> ; a.K <sup>+</sup>	
$t_4$	CO <sub>2</sub> <sup>+</sup>		a.K <sup>+++</sup>	

G : glucose  
Radioactivité : + faible, ++ moyenne, +++ forte

a.P : acide pyruvique  
a.K : acides du cycle de Krebs

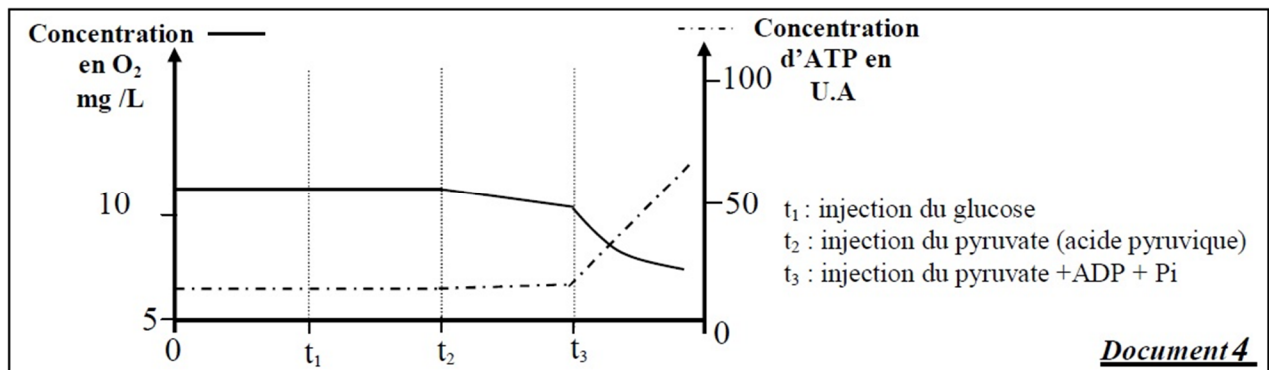
**Document 3**

**2- Expliquez les résultats détenus au document 3.....(2pts)**

**Donnée 2 :**

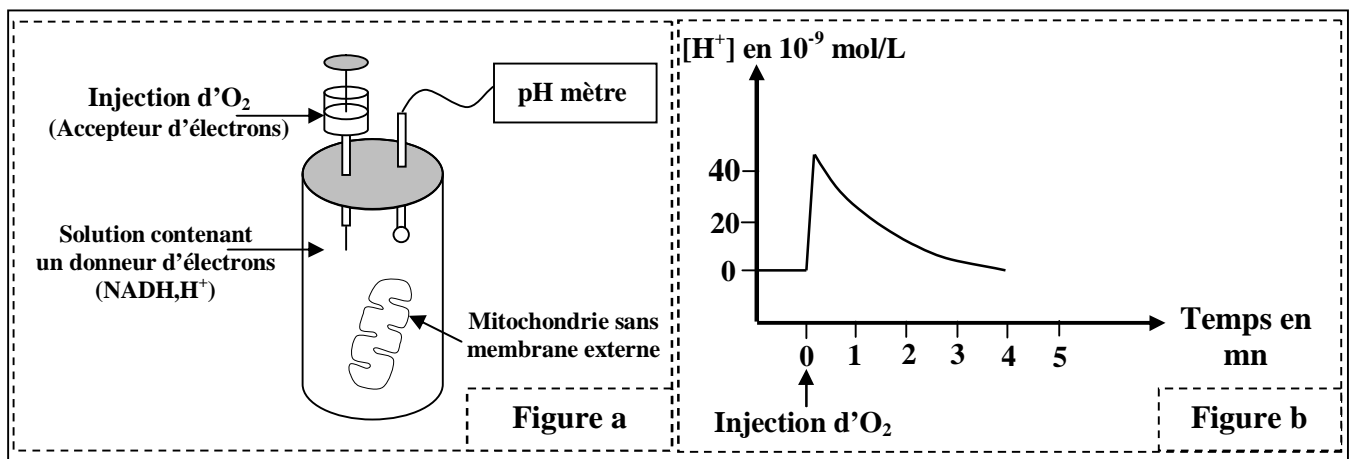
- Pour déterminer la relation entre les réactions qui aboutissent à la consommation du dioxygène et à la production de l'ATP au niveau de la mitochondrie, on propose les données expérimentales suivantes :

- ✓ **Expérience 1** : après l'isolement des mitochondries de cellules vivantes, on les place dans un milieu convenable riche en dioxygène ( $O_2$ ), puis on suit l'évolution de la concentration du dioxygène consommé et de l'ATP produit dans ce milieu. Le document 4 montre les conditions expérimentales et les résultats obtenus.



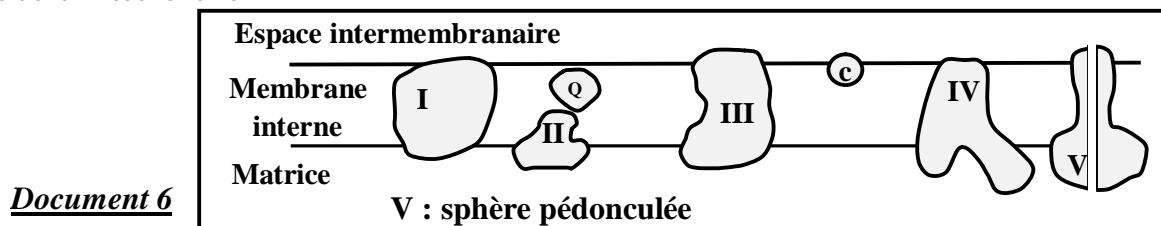
3- Décrivez les données du document 4, puis déduisez la relation entre la consommation du dioxygène et la production d'ATP au niveau de la mitochondrie.....(1pt)

- ✓ **Expérience 2** : après l'élimination des membranes externes de mitochondries isolées de cellules vivantes, on les place dans une solution dépourvue du dioxygène et enrichie de donneurs d'électrons ( $NADH, H^+$ ). On suit la variation de la concentration des protons  $H^+$  avant et après l'addition du dioxygène ( $O_2$ ). Le document 5 donne les conditions et les résultats de cette expérience.



4- En se basant sur les données du document 5 et sur vos connaissances, décrivez l'évolution de la concentration des ions  $H^+$  observée au niveau de la figure b du document 5, puis expliquez la variation de la concentration des ions  $H^+$  enregistrée directement après l'addition du dioxygène.....(1 pt)

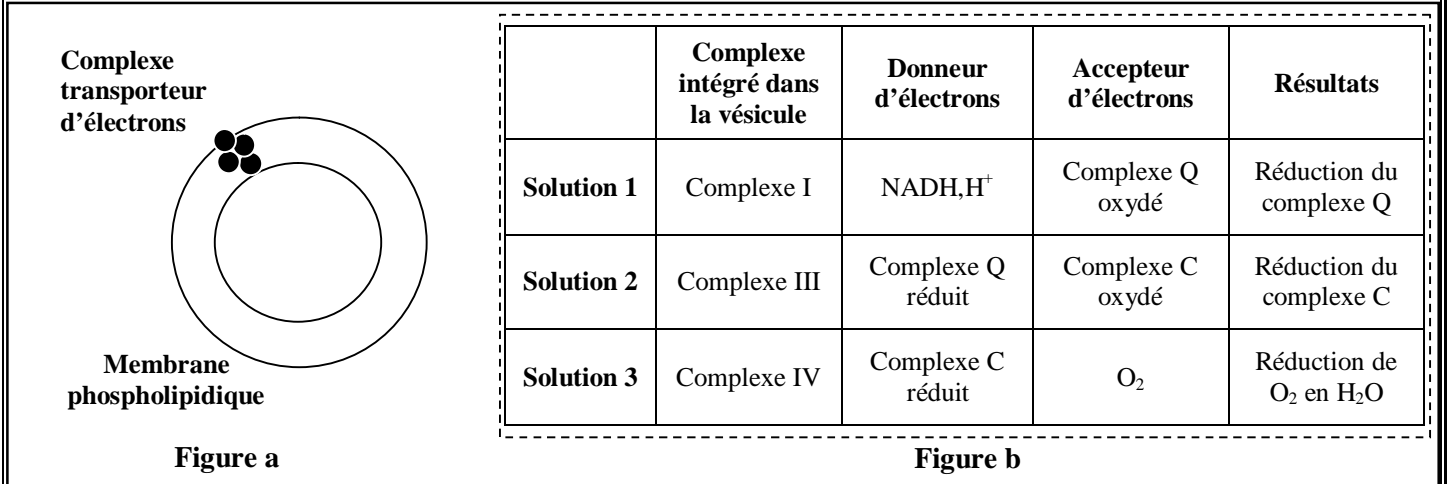
- On trouve au niveau de la membrane interne de la mitochondrie, plusieurs complexes transporteurs d'électrons (complexe I, II, III, IV, Q et C). Le document 6 montre l'emplacement de ces complexes au niveau de la membrane interne de la mitochondrie.



✓ **Expérience 3** : réalisée selon les étapes suivantes :

- On isole les complexes protéiques I, III et IV (représentés sur le document 6) de la membrane interne d'une mitochondrie ;
- On intègre chaque complexe protéique isolé dans une vésicule fermée semblable à la membrane interne de la mitochondrie mais dépourvues de protéines. La **figure a** du document 7 représente une vésicule obtenue après traitement.
- On met chaque vésicule traitée dans une solution riche en donneur d'électrons propre au complexe protéique intégré dans la vésicule utilisée.

La **figure b** du document 7 résume les résultats obtenus après l'addition d'accepteur d'électrons propre à chaque complexe protéique intégré.



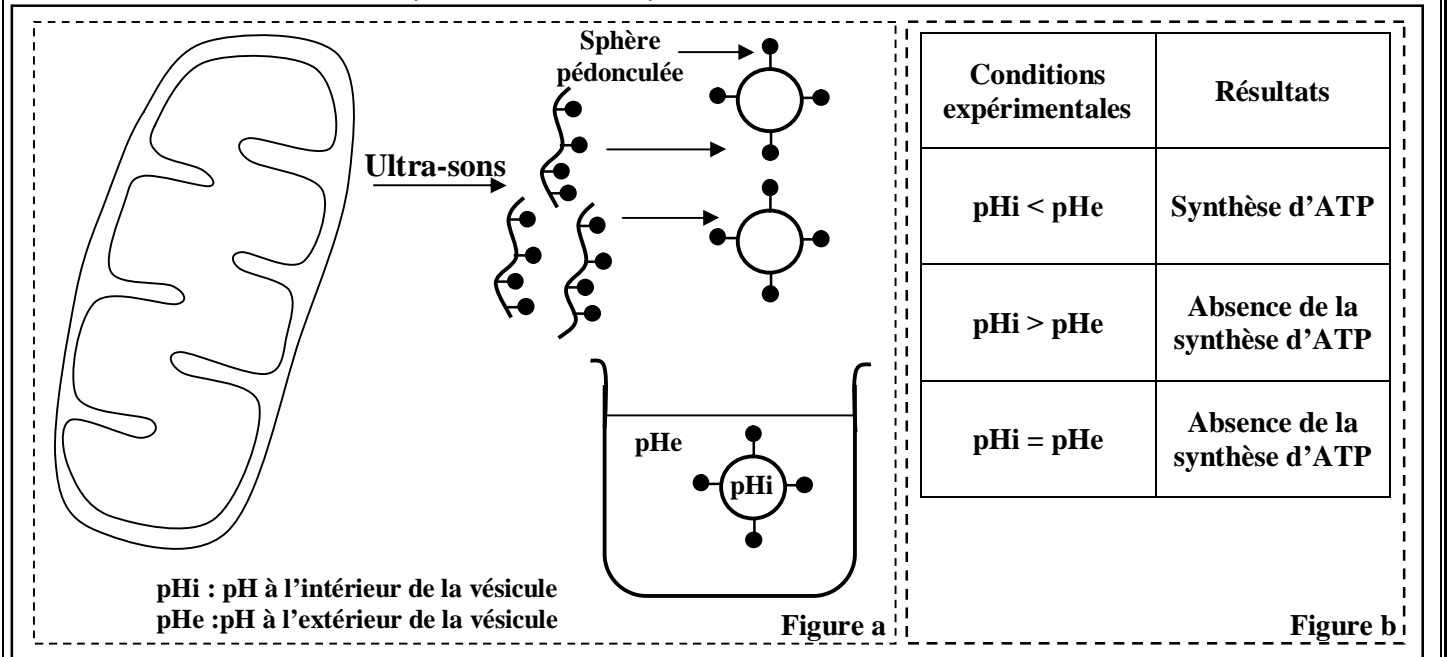
Document 7

5- En utilisant les données des documents 6 et 7 :

a- Décrivez les réactions qui ont eu lieu au niveau des solutions 1, 2 et 3..... (0.75 pt)

b- Déduisez le rôle des complexes protéiques I, III et IV dans les réactions qui aboutissent à la consommation du dioxygène au niveau de la mitochondrie.....(0.75 pt)

✓ **Expérience 4** : on soumet des mitochondries isolées à l'action des ultra-sons pour fragmenter leurs membranes internes et former des vésicules fermées portant des sphères pédonculées dirigées vers l'extérieur (voir figure a du document 8). On place ensuite ces vésicules dans des solutions contenant une quantité convenable d'ADP et de Pi, et qui diffèrent par leur pH. Le tableau de la figure b du document 8 résume les conditions expérimentales ainsi que les résultats obtenus.



Document 8



6- En exploitant le document 8, déterminez la condition principale nécessaire à la synthèse d'ATP au niveau de la mitochondrie. Justifiez votre réponse.....(1 pt)

7- En se basant sur vos réponses précédentes, montrez la relation entre les réactions de consommation du dioxygène et la synthèse d'ATP au niveau de la mitochondrie.....(1.5 pt)

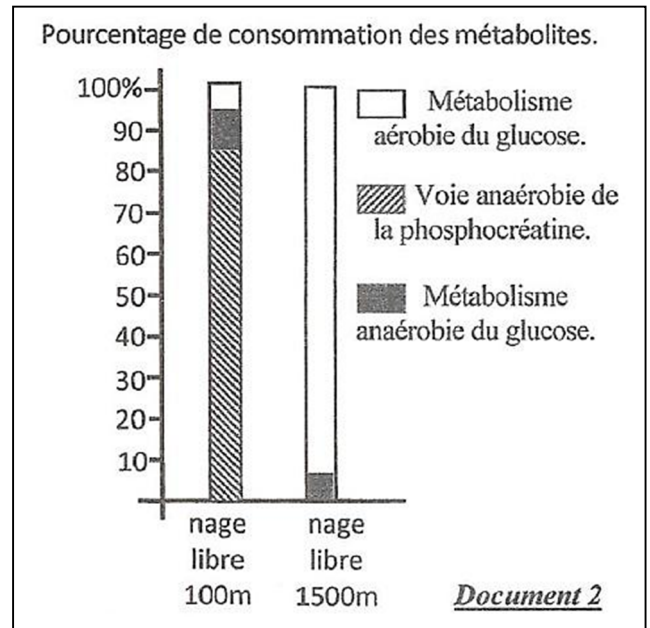
### Exercice 2 (5.5pts)

Certains sportifs trichent lors des compétitions sportives en consommant des produits dopants interdits à l'échelle internationale par la fédération des jeux olympique. Afin d'étudier l'effet de l'entraînement et du dopage sur les voies métaboliques produisant l'énergie au niveau des cellules musculaires chez ces sportifs, on propose les données suivantes :

- La mesure de la concentration de certains métabolites au niveau du muscle strié, et la détermination des pourcentages de consommation du glucose et de la phosphocréatine chez un nageur après une épreuve de 100m et chez un autre après une épreuve de 1500m, ont permis l'obtention des résultats présentés par les documents 1 et 2.

	Concentrations des métabolites en $10^{-6}$ mol/g du muscle			
	Acide lactique	Glycogène	Phosphocréatine	ATP
1- état de repos	1.1	80	17	4.6
2- nage libre 100 m (1min)	30.5	60	10	3.4
3- nage libre 1500 m (15min)	3	38	16	4.7

Document 1



1- a. A partir du document 1, déterminez les variations de la concentration des métabolites chez les deux nageurs après l'effort musculaire.....(1pt)

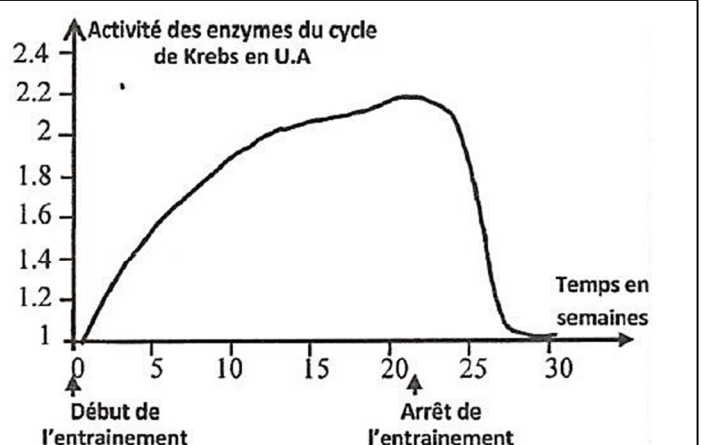
b. En se basant sur le document 2, dégagez les voies métaboliques utilisées par le muscle de chacun des deux nageurs pour produire l'énergie.....(1pt)

- Pour comprendre l'effet de l'effort musculaire de longue durée sur le métabolisme du muscle, on propose les données présentées par les documents 3 et 4.

\* Un entraînement de longue durée (1500m nage libre pendant 21 semaines à raison de 5 séances par semaine) permet d'observer dans les cellules musculaires une augmentation:

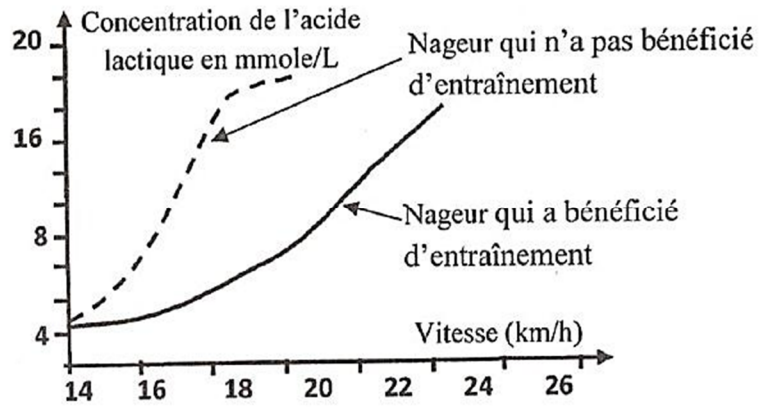
- du nombre de mitochondries de 120% ;
- de la taille des mitochondries de 14 à 40%.

\* Des mesures de l'activité des enzymes du cycle de Krebs sont réalisées à partir d'extraits de muscles prélevés chez différents sportifs (1500m nage libre) avant et après l'entraînement ont permis l'obtention du graphe ci-contre.



Document 3

La mesure de la quantité de l'acide lactique en fonction de la vitesse de la natation chez un nageur qui a bénéficié d'un entraînement et chez un nageur qui n'a pas bénéficié d'entraînement a permis la réalisation du graphe ci-contre.



**Document 4**

2- En utilisant les données des documents 3 et 4, déterminez l'effet de l'entraînement sur le métabolisme musculaire, puis expliquez l'effet de l'effort musculaire de longue durée sur les réactions métaboliques du muscle.....(1pt)

- Malgré les graves effets secondaires des produits dopants sur la santé, pour améliorer leur performance sportive, certains nageurs utilisent différents produits dopants adéquats à leur activité sportive. Pour comprendre le mécanisme d'action des produits dopants, nous proposons les données du document 5.

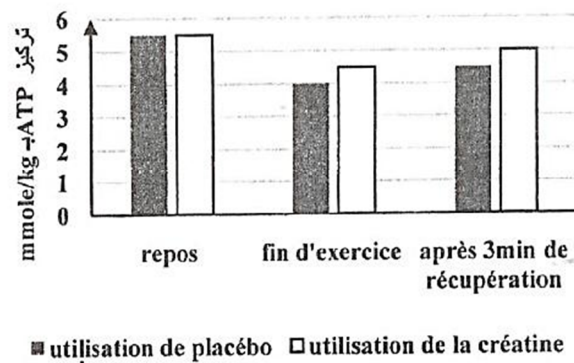
L'EPO ou Erythropoïétine est une hormone sécrétée par le rein. Cette substance se trouve sous forme synthétique que les nageurs de longue distance utilisent comme produit dopant. Le tableau ci-dessous présente les changements enregistrés au niveau du sang d'un individu avant et après l'injection de l'EPO.

	Avant l'injection d'EPO	Après injection d'EPO
Nombre de globule rouge par litre de sang	$4,9 \cdot 10^{12}$	$6 \cdot 10^{12}$
Quantité d'hémoglobine en g/L de sang	150	200

**Figure a**

**Document 5**

La concentration d'ATP est déterminée dans les quadriceps de deux nageurs spécialistes des épreuves de 100 mètre nage libre ; le premier a bénéficié d'un supplément de créatine (pilules de créatine) pendant 5 jours, l'autre nageur a reçu un placebo (pilules ne contient pas de créatine). Cette concentration est évaluée avant le début de l'exercice (repos), juste à la fin d'exercice et après 3 minutes de récupération. Les résultats obtenus sont résumés dans le graphe suivant :



**Figure b**

3- En exploitant le document 5 et vos connaissances, déduisez l'effet de la consommation de l'EPO et de la créatine sur le métabolisme musculaire.....(1pt)

Certains sportifs ont recours à s'entraîner dans des régions montagneuses (Ifrane par exemple) pour améliorer leur ventilation pulmonaire et augmenter le nombre de leurs globules rouges ainsi que la quantité de l'hémoglobine.

4- A partir de vos réponses précédentes, montrez qu'on peut améliorer la performance sportive sans utilisation d'EPO.....(1.5pt)