

LC 12 : Globule rouge, hémoglobine, myoglobine...

Annabelle Peyronnet

13 juin 2022

Biblio

- Biochimie, Berg, Stryer 6e édition
- Biochimie Voet

Introduction

Dans le sang, le transport du dioxygène des poumons vers les tissus est assuré par les globules rouges. Les globules rouges contiennent une protéine : l'hémoglobine, une protéine contenant un pigment : l'hème capable de fixer l'oxygène, qui donne sa couleur au sang.

Quel est le rôle de l'oxygène ? Intervient dans la dégradation du glucose, lorsqu'il est présent, permet de dégager 15 fois plus d'énergie.

1 Définitions et structure

Hème Il s'agit d'un groupement prosthétique capable de fixer l'oxygène. C'est une porphyrine de fer. Dans les conditions normales, le fer est au n.o. +II.

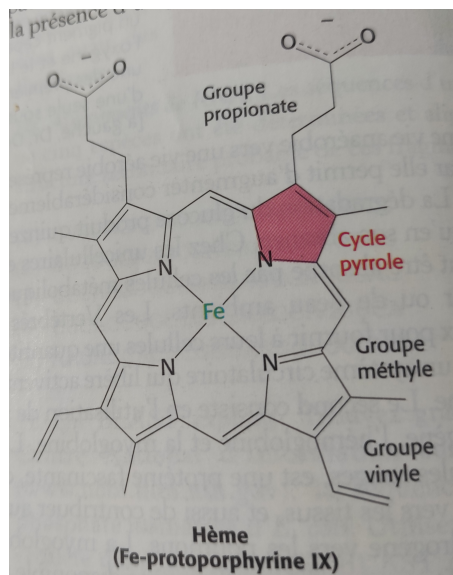


FIGURE 1 – Structure d'un hème (Stryer p.184)

Hémoglobine L'hémoglobine peut contenir plusieurs groupements hèmes (4) donc permettant de transporter plusieurs molécules de dioxygène.

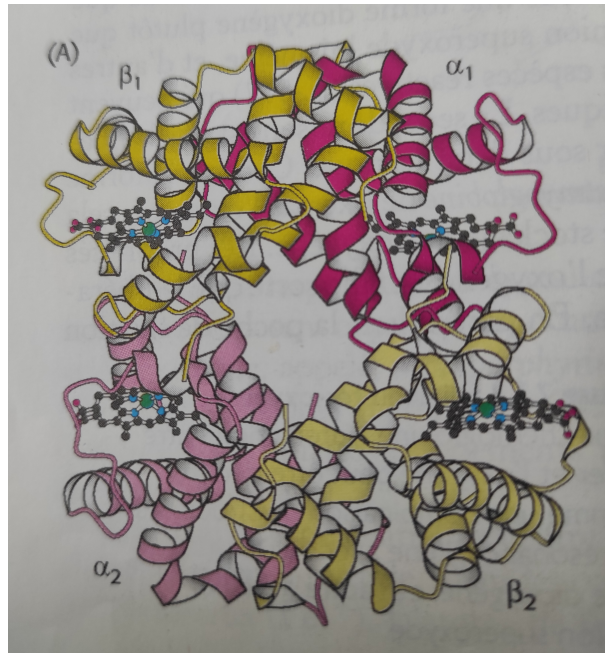


FIGURE 2 – Structure de l'hémoglobine (Stryer p.186)

Myoglobine La myoglobine est une protéine de structure principalement en hélice α . Au centre est niché un groupement hème sur lequel est fixé le fer qui va pouvoir se coordonner avec dioxygène.

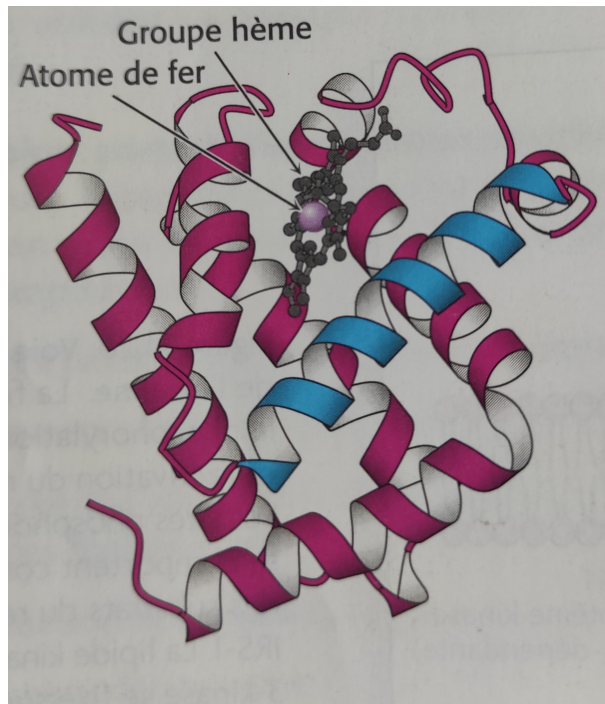


FIGURE 3 – Structure de la Myoglobine (Stryer p.viii)

2 Transport et stockage du dioxygène

Le fer a une coordination de 5 dans la myoglobine désoxygénée, il dispose donc d'un site de coordination où le dioxygène peut se fixer.

2.1 Le stockage grâce à la myoglobine

La myoglobine sans dioxygène coordonné se nomme désoxyhémoglobine, avec du dioxygène coordonné oxy-myoglobine.

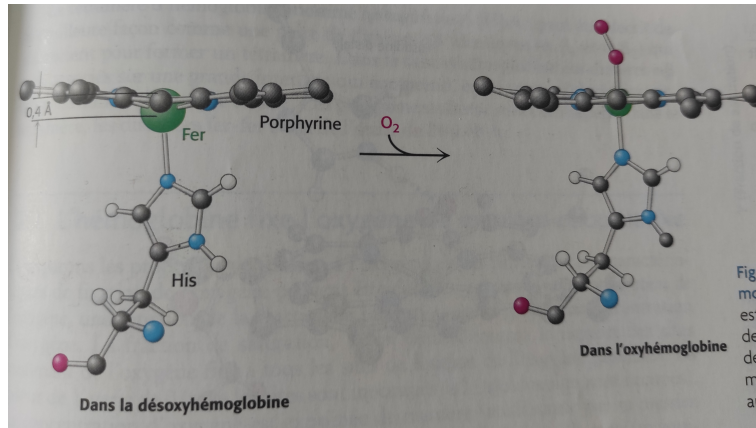


FIGURE 4 – Structure des désoxyhémoglobine et oxyhémoglobine (Stryer p.185)

La structure de la myoglobine permet d'éviter la libération de ROS, oxydants très puissants. En effet, une histidine de la myoglobine établit une liaison H renforçant la fixation du dioxygène.

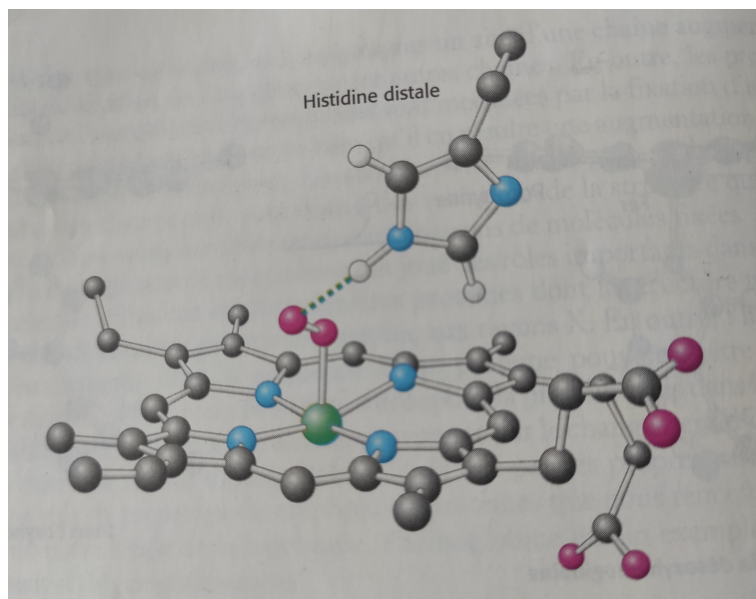


FIGURE 5 – Liaison H entre le dioxygène et l'histidine de la myoglobine (Stryer p.186)

On note aussi que dans la désoxyhémoglobine, le fer(II) est légèrement en dessous du plan moyen de l'hème car trop gros pour rentrer dans l'espace. Lorsque le dioxygène se coordine, il est partiellement oxydé (n.o. entre +II et +III), il est plus petit et peut donc passer au centre de l'hème.

2.2 Le transport grâce à l'hémoglobine

Le même phénomène du fer qui passe au centre de l'hème lorsque le dioxygène se coordine est aussi observé dans l'hémoglobine. Ce changement entraîne en plus un changement de la conformation des chaînes à l'origine d'un mécanisme coopératif de coordination et décoordination : les chaînes tournent légèrement (environ 15°) lors de la coordination ou décoordination : c'est l'interaction allostérique.

3 Comparaison des capacités de fixations

On peut comparer les propriétés de fixation du dioxygène sur la myoglobine et l'hémoglobine. La fraction de saturation est le rapport de sites occupés par une molécule de dioxygène fixé sur le nombre total de site (donc entre 0 et 1). L'unité de la pression torr = mmHg.

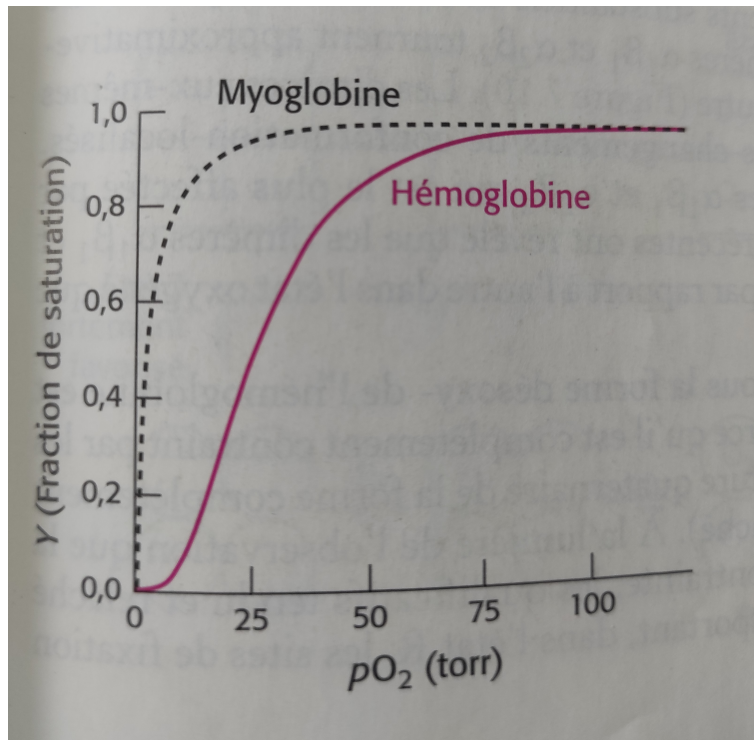
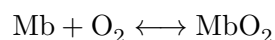


FIGURE 6 – Fixation du dioxygène par la myoglobine et l’hémoglobine (Stryer p.187)

La courbe de fixation de la myoglobine est celle d’un équilibre de fixation classique. Plus il y a de dioxygène, plus il y a de sites coordonnés, jusqu’à atteindre un plateau. Pour l’hémoglobine elle est plus compliquée et caractéristique d’un mécanisme coopératif : la fixation d’un dioxygène augmente la probabilité de fixation tandis que la décoordination augmente la probabilité de décoordination.

Cette différence permet aussi le bon fonctionnement du transport et stockage du dioxygène : Dans les poumons la pression partielle en dioxygène est élevée (de l’ordre de 100 torr) donc il y a une bonne fixation du dioxygène sur l’hémoglobine. Dans les tissus la pression partielle en dioxygène est de l’ordre de 20 torr, donc le dioxygène peut se décoordonner de l’hémoglobine pour se coordonner sur la myoglobine où la fraction de saturation est élevée à cette pression, afin d’être stockée.

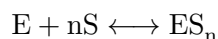
Théorie L’équilibre dans la myoglobine se traduit par la réaction (Voet p.217) :



qui a pour constante $K = \frac{[\text{Mb}][\text{O}_2]}{[\text{MbO}_2]}$, la fraction de saturation est alors, avec la définition donnée :

$$Y = \frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}] + [\text{O}_2]} = \frac{[\text{O}_2]}{K + [\text{O}_2]} = \frac{p\text{O}_2}{K + p\text{O}_2}$$

Pour l’hémoglobine, on peut décrire l’équilibre empiriquement par l’équation de Hill (Voet p.218) :



où S est le dioxygène et E l’hémoglobine. On obtient après calculs (cf Voet) :

$$Y = \frac{p\text{O}_2^n}{K + p\text{O}_2^n}$$

4 Influence du dioxyde de carbone : effet de Bohr

L’hémoglobine a la capacité de libérer du dioxygène là où les tissus en ont le plus besoin. Lorsque la concentration en dioxyde de carbone est élevée, elle libère plus de dioxygène : c’est l’effet de Bohr. On peut le voir sur les courbes de saturation à différents pH : la présence de CO₂ acidifie le milieu et d’après

les courbes, diminue la fraction de saturation pour une même pression, permettant ainsi une libération de dioxygène.

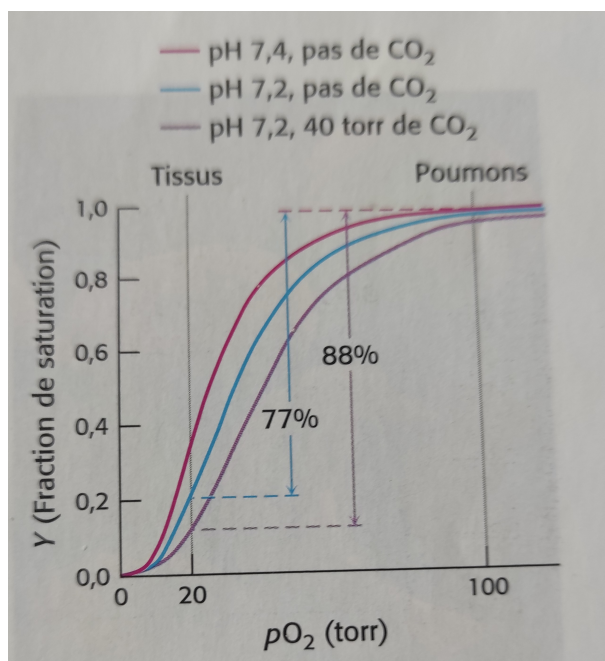


FIGURE 7 – Effet de Bohr (Stryer p.193)

L'effet de Bohr s'explique chimiquement par une liaison hydrogène stabilisant la protéine. Lorsque le pH diminue, il n'y a pas de proton sur l'histidine, donc pas de stabilisation, et donc plus de libération de dioxygène (cf p.193 Stryer).