

Chapitre IV : LES PROTÉINES

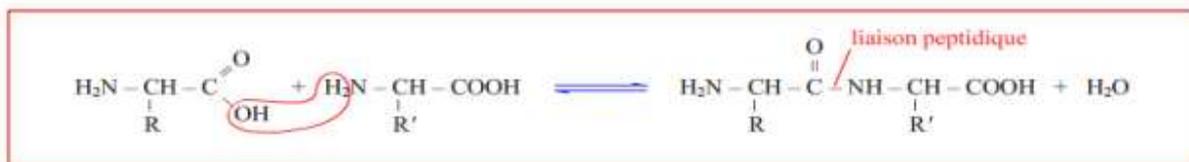
1. Objectifs :

- Maîtriser la structure d'un peptide
- Connaître la nomenclature d'un peptide
- Connaître les différentes classes de protéines.

II. Les peptides :

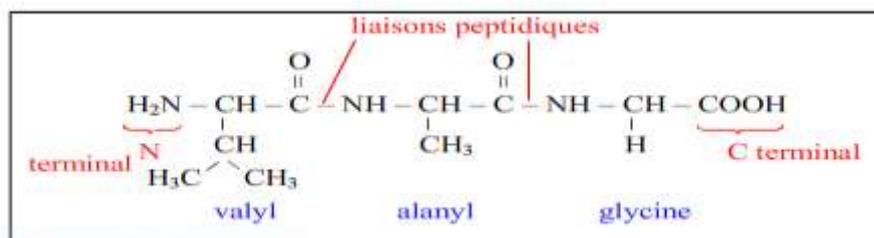
II.1. Définition :

Un peptide est une molécule constituée d'acides aminés enchaînés par un lien peptidique. La réaction d'un groupe COOH d'un acide aminé avec un groupe NH₂ d'un autre acide aminé donne un amide. La liaison formée est une liaison peptidique, cette liaison, une fois formée, est très stable.



II.2. Les chaînes peptidiques et leur nomenclature :

- **Les chaînes peptidiques sont vectorisées** : les liaisons peptidiques attachent les acides aminés dans un ordre spécifique.
- Les aminoacides engagés dans une chaîne peptidique sont appelés **résidus**. Leur nom est celui de l'acide aminé auquel on ajoute le suffixe « yl ».
- Les deux aminoacides aux extrémités de la chaîne sont appelés : **N-terminal** pour celui qui a sa fonction aminée libre et **C-terminal** pour celui qui a sa fonction COOH libre.
- On numérote les aminoacides en écrivant l'enchaînement de gauche à droite à partir de l'extrémité **N-terminal**.



III. Définition et rôle des protéines :

III.1. Définition :

Les protéines sont des macromolécules biologiques, formées par l'union d' α -aminoacides, qui se lient les uns avec les autres par des liaisons covalentes, appelées liaisons peptidiques. Dans la nature il existe un nombre très important de protéines qui sont différentes selon la taille, la structure et la fonction.

III.2. Fonction biologique :

Les protéines interviennent presque dans tous les processus biologiques, elles jouent le rôle de :

- **Catalyseurs biochimiques** : Les enzymes sont des protéines qui catalysent les réactions biochimiques.
- **Transporteurs** : L'hémoglobine transporte les molécules de dioxygène et de dioxyde de carbone ; la sérumalbumine transporte les acides gras.
- **Régulateur** : Les facteurs de transcription, sont des protéines régulatrices de l'expression génique.
- **Communication** : Les hormones peptidiques et les récepteurs.
- **Protection** : Les immunoglobulines.
- **Structure** : Le collagène des os et la kératine des cheveux sont deux protéines qui jouent le rôle de structure et de rigidité.

III.3. Formation de la liaison peptique :

Les α -aminoacides peuvent se lier les uns avec les autres par des liaisons **covalentes**, appelées des **liaisons peptidiques** ou liaisons amides substituées (Figure 1). Selon le nombre des acides aminés liés, on peut distinguer :

Les oligopeptides : qui sont formés par l'union de deux à quelques α -aminoacides, comme les dipeptides (2 α -aminoacides), les tripeptides (3 α - aminoacides), les tetrapeptides (4 α - aminoacides) les pentapeptides (5 α - aminoacides).

Les polypeptides : qui sont formés par l'union de plusieurs α -aminoacides, et ont un poids moléculaire inférieur à 10 000.

Les protéines : qui sont formées par l'union de plusieurs α -aminoacides, avec un poids moléculaires supérieur à 10 000.

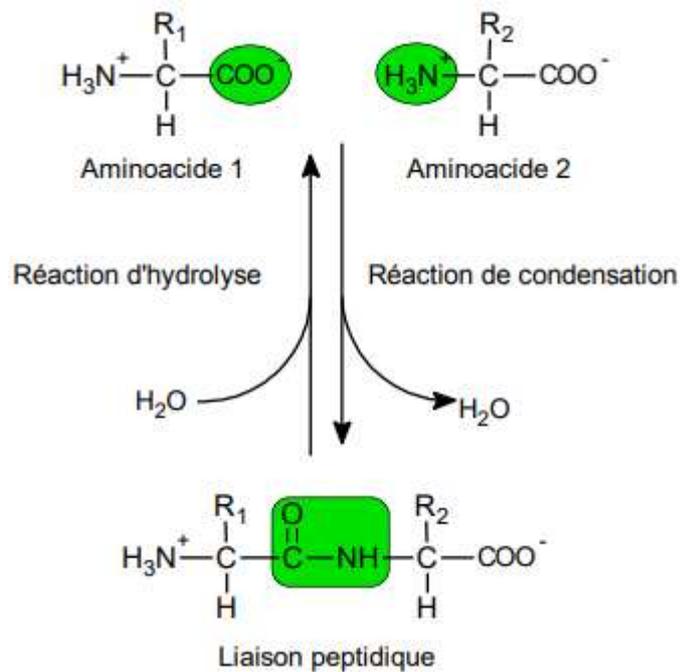


Figure 1: Formation et hydrolyse de la liaison peptidique.

III.4. Niveau d'organisation des protéines :

Une protéine native s'organise en une structure bien déterminée (une structure tridimensionnelle stable et fonctionnelle), il en existe 4 niveaux d'organisations : -Structure primaire -Structure secondaire -Structure tertiaire -Structure quaternaire (Figure 3).

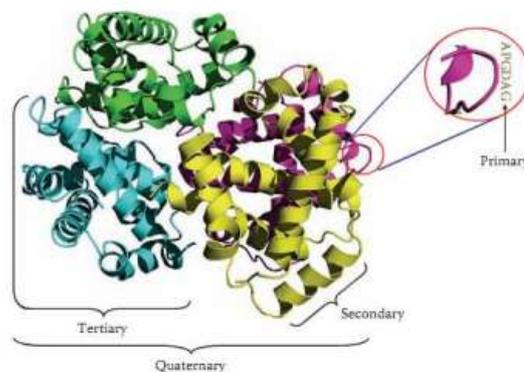


Figure 3 : Structure d'une protéine avec les 4 niveaux (primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire). (D'après Kessel, A., and Ben-Tal, N. Introduction to proteins, structure and motion, 2011).

III.4.1. Structure primaire :

C'est la séquence des résidus α -aminoacides qui constituent la protéine, il existe ainsi pour chaque protéine un nombre et un enchainement en α -aminoacides bien déterminé.

III.4.1.1 Propriété de la liaison peptidique :

En réalité la liaison peptidique, n'est pas une simple liaison, mais elle a un caractère partiel de double liaison, ceci est expliqué par l'existence d'un phénomène de résonance, qui est une répartition partielle de deux paires d'électrons, entre l'atome d'oxygène et l'atome d'azote comme il est montré dans la figure 4.

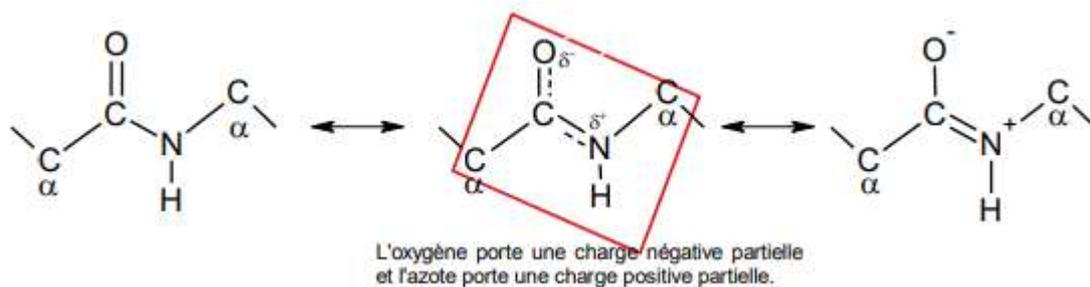


Figure 4: Le caractère partiel de double liaison. La rotation du carbone et de l'azote autour de la liaison est bloquée, ainsi ils se trouvent dans le même plan avec les atomes reliés, Ca, H, O et Ca (l'encadré rouge).

III.4.2. Structure secondaire :

C'est un arrangement de la chaîne polypeptidique, stabilisé par des liaisons hydrogènes. Deux structures stables sont les plus rencontrées dans les protéines l'hélice α et le feuillet β . Le coude β , existe aussi, c'est une structure secondaire nécessaire pour le changement de la direction.

III.4.2.1 Hélice α :

C'est un enroulement de la chaîne polypeptidique, en forme d'une hélice, cette structure est stabilisée par des liaisons hydrogènes qui se forment entre le $-CO$ de la liaison peptidique de l'acide aminé i et le $-NH$ de la liaison peptidique de l'acide aminé $i+4$ (Figure 6). Un tour d'une hélice est composé de 3,6 résidus d'aminoacides, et il est appelé un pas, sa longueur est de 5.4\AA ($0,54\text{nm}$) (Figure 7). Dans une hélice les chaînes latérales de chaque résidu aminoacide sont exposées vers l'extérieur.

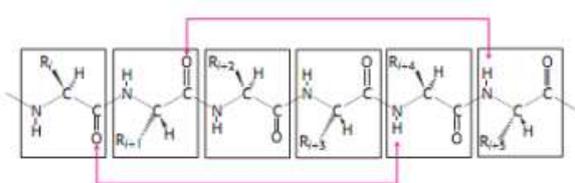


Figure 6 : Formation de liaison hydrogène entre les acides aminés i et $i+4$ (D'après Tymoczko, J.L., et al., *Biochemistry (A short course)*, 2015.)

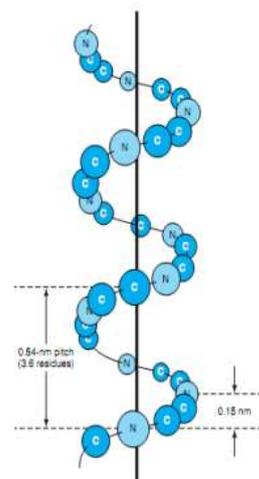


Figure 7 : Hélice α (D'après Murray, R.K., et al., *Harper's Illustrated Biochemistry*, 2003.)

III.4.2.2 Feuille plissé β :

C'est un arrangement de la chaîne polypeptidique en structure en zig-zag, il est stabilisé par la formation de liaisons hydrogènes entre deux brins peptidiques, les atomes qui participent dans les liaisons hydrogènes sont ceux des liaisons peptiques. Les chaînes latérales de chaque résidu se place alternativement de part et d'autre du plan du feuillet (Figure 8).

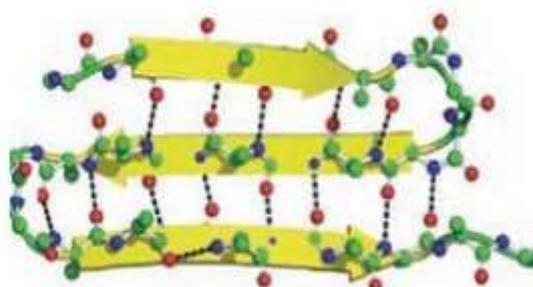


Figure 8 : Feuille Plissé β . (D'après Kessel, A., and Ben-Tal, N. *Introduction to proteins, structure and motion*, 2011.)

III.4.2.3 Coude β :

Le changement de la direction de la chaîne polypeptidique est possible grâce à des coudes ou des boucles. Le coude β est très rencontré (Figure 9), il est composé de 4 résidus d'acides aminés, dont la glycine et la proline sont très souvent rencontrés.

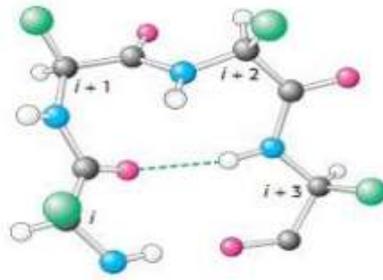


Figure 9 : Le coude β (D'après Tymoczko, J.L., et al., Biochemistry (A short course),2015.)

III.4.3 Structure tertiaire :

C'est l'enroulement de la chaîne polypeptidique en une forme tridimensionnelle plus compacte ; cette structure est stabilisée par des liaisons entre les chaînes latérales des résidus aminoacides, comme les liaisons ioniques, liaisons hydrogènes, les interactions hydrophobes, et les liaisons de Van Der Waals (Figure 9).

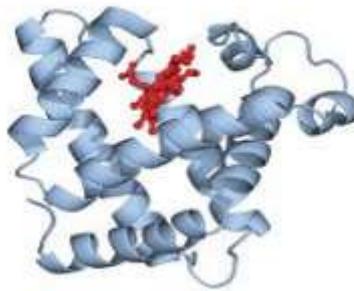


Figure 9 : Structure tertiaire de la myoglobine du cachalot. (D'après Nelson, D.L., and Cox, M.M. Lehninger, Principles of Biochemistry, 2017.)

III.4.4 Structure quaternaire :

Plusieurs protéines sont formées par deux ou plusieurs chaînes polypeptidiques (appelées sous unités), qui s'associent pour donner une structure quaternaire à la protéine (Figure 10).

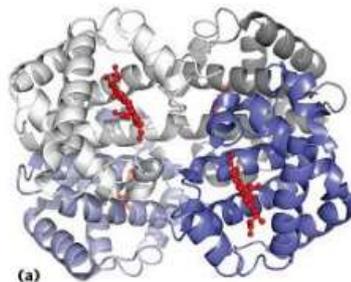


Figure 10 : Structure quaternaire de l'hémoglobine (D'après Nelson, D.L., and Cox,M.M. Lehninger, Principles of Biochemistry, 2017.)