

Chapitre 03 : Hydratation des biopolymères

1. Introduction

Les biopolymères à savoir les protéines et les acides nucléiques (ADN, ARN) interagissent fortement avec l'eau, ce phénomène est appelé hydratation. Cette dernière est considérée comme l'ensemble des interactions entre les molécules d'eau et les groupes chimiques présents dans les biopolymères ce qui va influencer sur la **structure**, la **stabilité** et donc la **fonction biologique** des biopolymères.

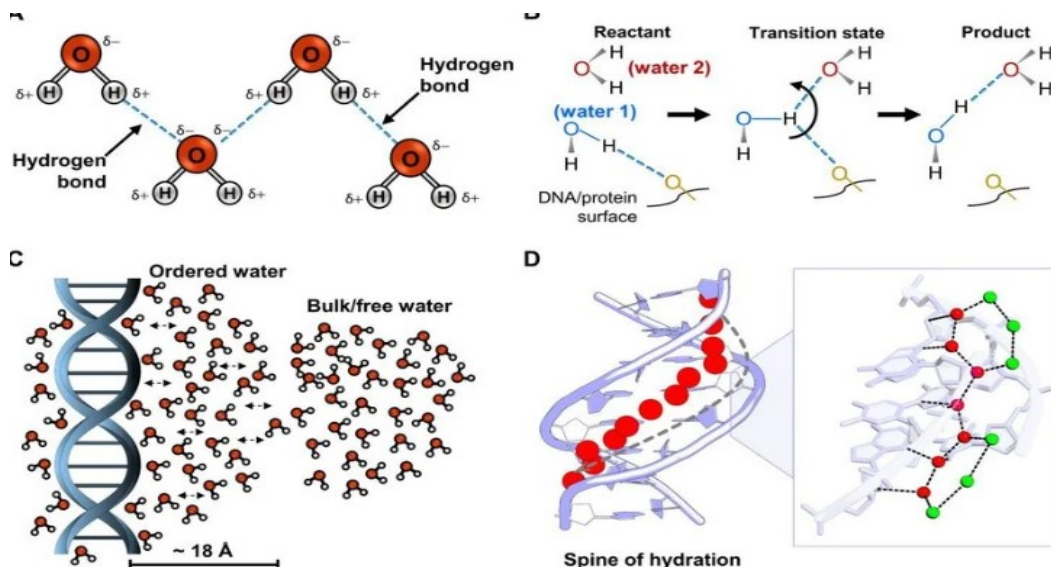
2. Molécules hydrophiles et hydrophobes

2.1 Molécules hydrophiles

Ce sont des molécules qui ont une affinité avec l'eau et qui possèdent des groupes polaires ou chargés capables de former des liaisons hydrogène avec l'eau ce qui forme une **couche d'hydratation**.

. Exemples:

- groupe **hydroxyle (-OH)**
- groupe **carboxyle (-COOH)** (protéines)
- groupe **amine (-NH₂)** (protéines)
- groupe **phosphate (-PO₄²⁻)** (ADN et ARN)



2.2 Molécules hydrophobes

Ce sont des molécules qui n'ont pas d'affinité avec l'eau. Elles sont généralement non polaires et ne peuvent pas former de liaisons hydrogène avec l'eau et donc, ils ont tendance à s'assembler entre elles pour réduire leur contact avec l'eau. Cet effet est appelé interaction hydrophobe.

Exemples de groupes hydrophobes :

- chaînes **hydrocarbonées**
- groupes **méthyle (-CH₃)** (certaines régions des protéines)

3. Hydratation des protéines

Les protéines sont des polymères d'acides aminés. Chaque acide aminé possède :

- un **groupement amine (-NH₂)**
- un **groupement carboxyle (-COOH)**
- une **chaîne latérale R** qui peut être soit **hydrophile** ou bien **hydrophobe**

Lorsqu'une protéine est dans l'eau, les molécules d'eau s'organisent autour d'elle pour former une couche d'hydratation qui est constituée de molécules d'eau liées par des liaisons hydrogène, des interactions électrostatiques et des interactions dipôle-dipôle. Cette couche d'eau est essentielle pour maintenir la structure tridimensionnelle de ces biopolymères. Pour cela, les résidus hydrophobes se trouvent généralement **à l'intérieur** de la protéine et les résidus hydrophiles sont exposés **à la surface** et qui participe au repliement des protéines (protein folding). Cela permet :

- une **bonne interaction avec l'eau**
- une **stabilisation de la structure**

3.1 Importance biologique de l'hydratation des protéines

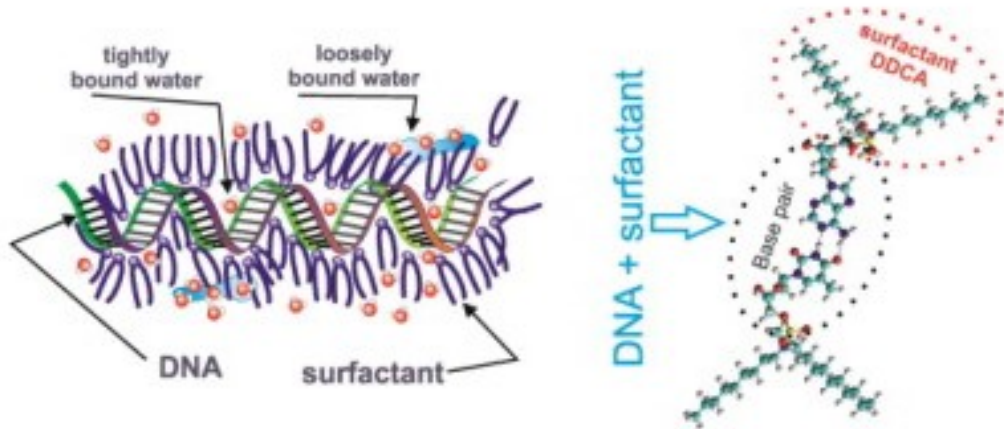
L'hydratation joue un rôle important dans :

- La stabilité structurale où les molécules d'eau stabilisent la structure secondaire et tertiaire.
- L'activité enzymatique dont les enzymes ont besoin d'un environnement hydraté pour fonctionner.
- Les interactions moléculaires c'est-à-dire que L'hydratation facilite la reconnaissance enzyme-substrat, les interactions protéine-protéine et les interactions protéine-ADN.

4. Hydratation des acides nucléiques

Les acides nucléiques (ADN et ARN) sont des macromolécules biologiques constituées de nucléotides. Dans le milieu cellulaire, ils sont fortement hydratés, car ils possèdent de nombreux groupes polaires et chargés capables d'interagir avec les molécules d'eau qui sont **les groupements phosphates (PO_4^{3-})** chargé négativement et attire fortement les molécules d'eau par interactions électrostatiques et liaisons hydrogène, ainsi que **les bases azotées (A, T, G, C, U)** qui possèdent des atomes d'oxygène et d'azote capables de former des liaisons hydrogène avec l'eau et enfin **le sucre (désoxyribose ou ribose)** qui contient des groupes hydroxyles $-\text{OH}$. L'eau joue plusieurs rôles essentiels :

- Stabilisation de la double hélice de l'ADN en formant un réseau de liaisons hydrogène autour de l'ADN, ce qui contribue à maintenir la structure hélicoïdale.
- Protection des charges négatives c'est-à-dire les phosphates étant chargés négativement, l'eau et les ions du milieu (Na^+ , Mg^{2+}) permettent de réduire les répulsions électrostatiques entre les brins.
- Participation à la reconnaissance moléculaire entre ADN et protéines régulatrices, entre ADN et enzymes, entre ARN et ribosomes.



4.1 Types d'eau associée aux acides nucléiques

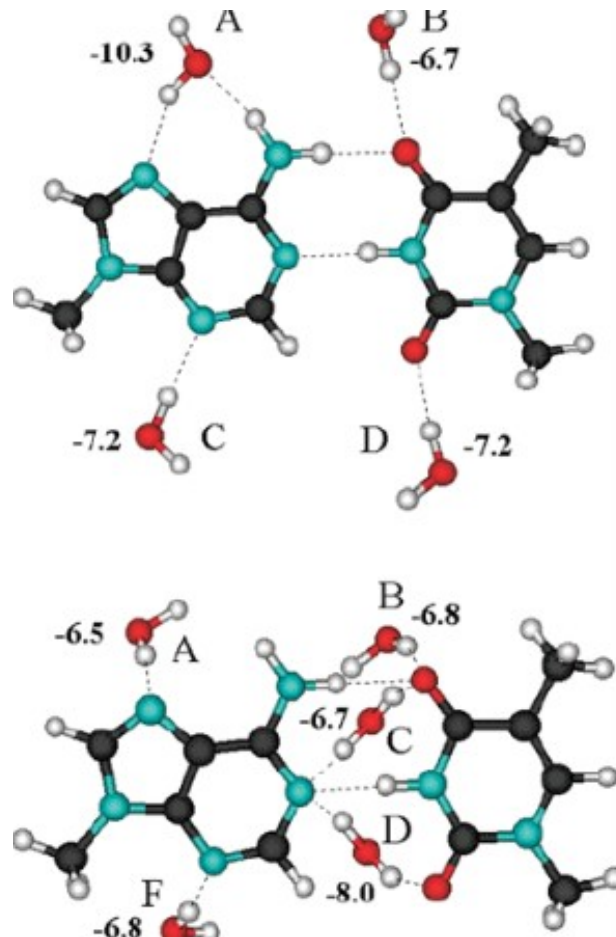
On distingue généralement deux catégories :

1. Eau structurée (eau liée)

- Fixée directement sur la molécule
- Mobilité faible
- Stabilise la structure

2. Eau libre

- Plus mobile
- Circule autour de la macromolécule

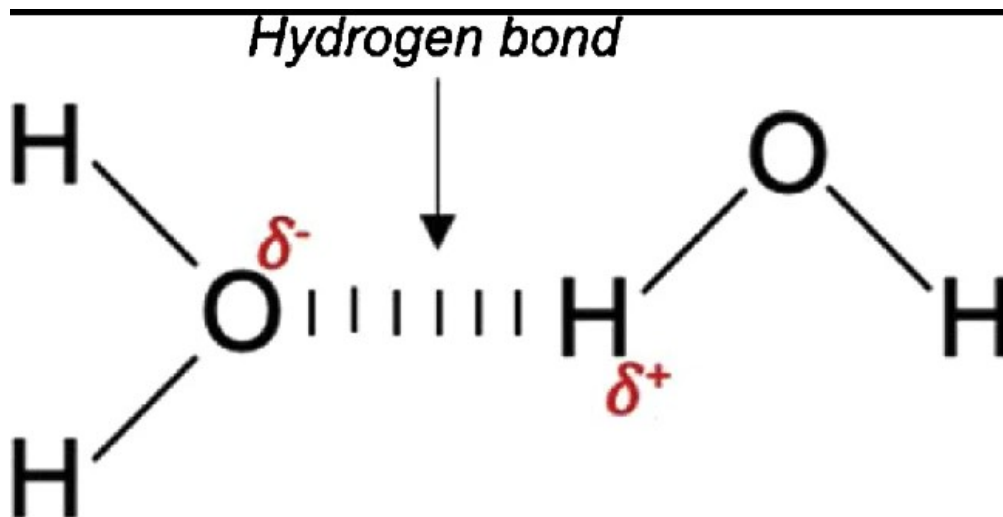
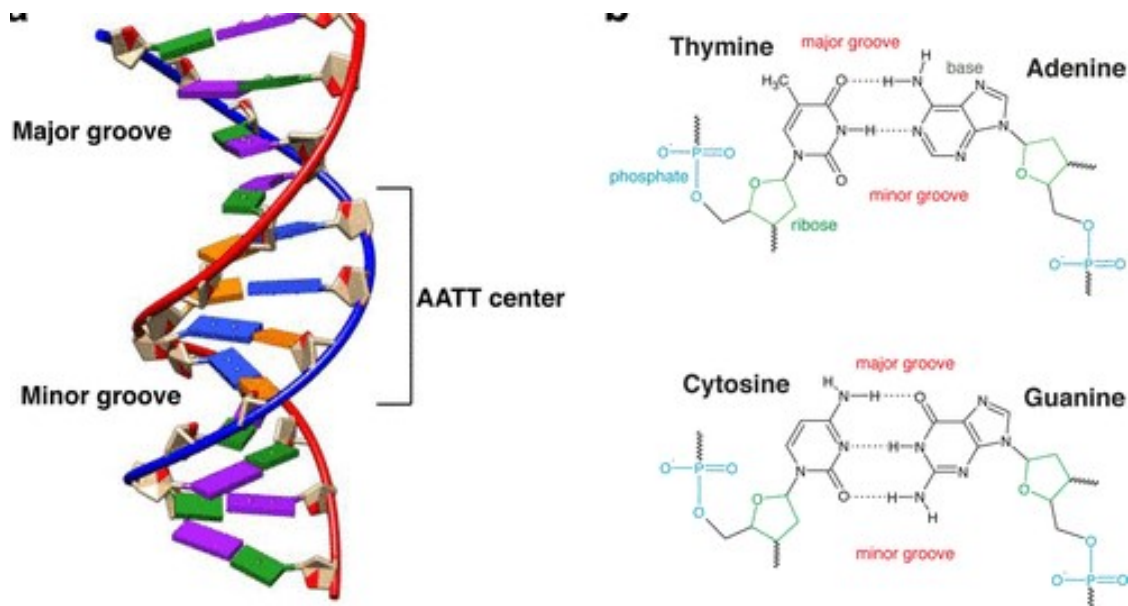


5. Interactions moléculaires dans les biopolymères

Les interactions moléculaires sont les forces qui permettent aux molécules biologiques de se reconnaître, s'assembler et se stabiliser dans les systèmes biologiques. Ces interactions sont généralement faibles individuellement, mais leur combinaison assure la stabilité des structures biologiques.

5.1 Liaisons hydrogène

La liaison hydrogène est une interaction entre un atome d'hydrogène lié à un atome électro-négatif (O, N) un autre atome électro-négatif ce qui permet la stabilisation des structures secondaires des protéines, le maintien de la double hélice de l'ADN et l'interaction avec l'eau (hydratation).



5.2 Interactions ioniques (ponts salins)

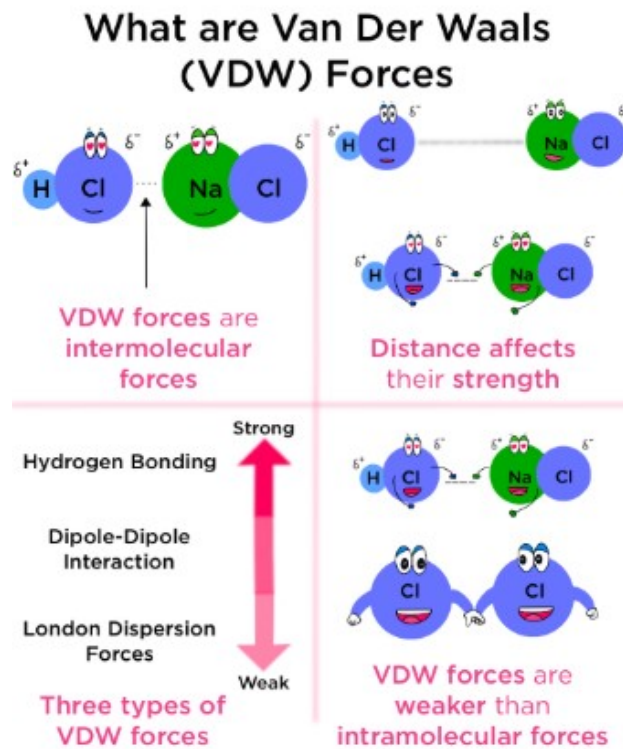
Ce sont des interactions entre groupes chargés positivement et négativement (dans les protéines on trouve les groupes -COO^- et -NH_3^+). Ce ci joue un rôle dans la stabilisation de la structure tertiaire des protéines et donc les interactions protéines-acides nucléiques

5.3 Interactions hydrophobes

Les molécules hydrophobes (non polaires) évitent l'eau et ont tendance à s'associer entre elles (regroupement des acides aminés hydrophobes au cœur de la protéine) ce qui assure la formation du cœur hydrophobe des protéines et donc une stabilisation des membranes biologiques.

5.4 Forces de Van der Waals

Ce sont des interactions très faibles entre molécules proches dues aux fluctuations des charges électroniques caractérisés par une très courte distance, faible énergie et qui sont nombreuses dans les macromolécules. Ils jouent un rôle dans la stabilisation fine des structures tridimensionnelles.



Conclusion

L'hydratation et les interactions moléculaires sont essentielles pour la structure et la fonction des biopolymères c'est-à-dire l'eau stabilise les protéines, l'ADN et l'ARN par des interactions faibles (hydrogène, ioniques, hydrophobes, Van der Waals) ce qui assurent la structure tridimensionnelle, la reconnaissance moléculaire et les processus biologiques.