

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°
>> Cours <<

Chapitre 8 : plan complet

Les constituants chimiques du vivant

Objectifs : extraits du programme
Introduction

I. Organisation atomique et moléculaire du vivant

A. Le vivant : une composition atomique originale sur le globe terrestre

1. Une prédominance de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote : les macroéléments
2. D'autres atomes moins nombreux : les oligoéléments et les microéléments
 - a. Notions d'oligoéléments et de microéléments
 - b. Des éléments dissous ou complexés aux molécules organiques

B. Composition moléculaire du vivant

1. De l'eau et des molécules organiques essentiellement
2. L'eau, molécule indispensable à la vie
 - a. Une molécule dominante
 - b. L'eau, solvant du vivant
 - α. Une molécule polaire (un « dipôle électrique »)
 - β. Une polarité qui permet la solvataion
 - γ. Composés hydrophiles (polaires ou chargés) et composés hydrophobes (apolaires)
 - c. Des propriétés physiques biologiquement importantes
 - α. L'eau, un fluide cohésif et à tension superficielle élevée
 - β. L'eau, un tampon thermique (chaleur de vaporisation et chaleur spécifique élevées)
 - γ. L'eau, un fluide incompressible
 - d. Un rôle central dans le métabolisme en lien avec ses propriétés chimiques
 - α. Une ionisabilité à l'origine du contexte et de la réactivité acido-basiques
 - β. Un réactif ou produit de nombreuses réactions, y compris un rôle dans les polymérisations-dépolymérisations
3. Principales catégories de molécules organiques

C. Importance biologique des liaisons chimiques

1. Les liaisons covalentes (liaisons fortes), des liaisons courtes et stables produites ou détruites par réaction chimique
 - a. Une mise en commun d'électrons à haute énergie
 - b. Une grande importance biologique
 - α. Des liaisons stables en conditions biologiques
 - β. Des liaisons issues ou à l'origine de réactions chimiques
 - γ. Des liaisons à l'origine de la polarité et donc du caractère hydrophile ou hydrophobe des molécules
 - δ. Des liaisons autorisant la mésomérie
2. Les liaisons faibles, des liaisons plus distantes et plus labiles
 - α. Diversité des liaisons faibles
 - β. Des liaisons importantes chez les êtres vivants
3. Quelques exemples d'implication biologique des liaisons

D. Les principales fonctions organiques biologiques et leurs propriétés

1. Quelques fonctions organiques d'importance biologique
2. Des fonctions déterminant la réactivité des molécules
 - a. Réactions acido-basiques
 - b. Réactions d'estérification
 - c. Réactions de phosphorylation
 - d. Réactions d'oxydoréduction
 - e. Équilibres céto-énoliques
 - f. Vision d'ensemble des principales réactions
3. Des fonctions déterminant les propriétés chimiques des molécules (hydrophilie, solubilité, ionisation)
 - a. Hydrophilie ou hydrophobicité : l'importance des groupement polaires ou ionisés vs. apolaires
 - b. La solubilité, conséquence de l'hydrophilie, de l'hydrophobie ou de l'amphiphilie
 - c. L'ionisation, état dépendant de la nature de la fonction organique et du pH de la solution
4. Bilan

II. Les lipides

A. Les lipides, un ensemble hétérogène de molécules de faible masse moléculaire totalement ou partiellement hydrophobes

B. Diversité structurale et fonctionnelle des lipides

1. Les acides gras, constituants élémentaires de nombreux lipides
 - a. Nature des acides gras
 - b. Propriétés physiques des acides gras
 - c. Les acides gras, des substrats énergétiques
 - d. Les acides gras, précurseurs d'autres lipides
2. Les triglycérides, des réserves énergétiques (et un rôle protecteur)
 - a. Nature biochimique et formation
 - b. Des molécules hydrophobes à rôle de réserve
 - c. Un rôle protecteur (mécanique et thermique)
3. Les cérides, des revêtements protecteurs et imperméabilisants [pour information]
4. Les phospholipides (glycérophospholipides et sphingophospholipides), des lipides amphiphiles constituant l'essentiel des membranes

- a. Deux types de phospholipides
 - b. Les glycérophospholipides, lipides amphiphiles à base de glycérol
 - c. Les sphingophospholipides, lipides amphiphiles à base de sphingosine [pour information]
 - d. Agencement des phospholipides en milieu aqueux
 - e. Les phospholipides (+ cholestérol + glycolipides...) dans les membranes
 - f. Des dérivés ayant un rôle d'information et de communication
 - α. Le PIP2 et la transduction de messages extracellulaires
 - β. La formation de glycolipides à rôle essentiellement de reconnaissance intercellulaire
 - 5. Les stéroïdes : des lipides à rôle structural ou informatif
 - a. Une combinaison de quatre cycles hydrogénéocarbonés
 - b. Les stéroïdes, des lipides membranaires
 - c. Le cas du cholestérol, une molécule souvent estérifiée par un AG (→ stéride) lors de son transport ou son stockage
 - α. Un stockage et un transport non directement possibles en milieu aqueux
 - β. Un stockage sous forme de gouttelettes lipidiques
 - γ. Un transport dans des lipoprotéines (en association avec des apolipoprotéines)
 - d. Le cholestérol, un précurseur d'hormones stéroïdes (rôle informatif) et d'autres composés
 - 6. Les terpénoïdes ou isoprénoïdes [pour information]
 - a. La notion d'isoprénoïde
 - b. Des composés variés
- C. Bilan structural et fonctionnel**

III. Les glucides

- A. Les oses, petites molécules organiques de type polyalcools solubles dans l'eau avec un groupe carbonyle**
1. Constitution chimique et notions d'aldose vs. cétose
 2. Cyclisation des pentoses et hexoses par formation d'un pont oxydique (hémiacétalisation)
 3. Isomérisation
 4. Dérivés d'oses et notion d'hétéroside
 5. Importance fonctionnelle des oses
- B. Les osides (= holosides), molécules formées par condensation de 2 à un grand nombre d'oses : diosides, oligosides, polysides**
1. Diversité structurale et fonctionnelle des osides
 - a. Les holosides formés uniquement d'oses : diosides, oligosides, polysides
 - b. Les holosides formés d'oses et de dérivés d'oses ou uniquement de dérivés d'oses
 - c. Les holosides associés à d'autres molécules organiques : les holosides conjugués (ou glycoconjugués)
 2. Formation par condensation et hydrolyse des osides (même si ce sont souvent des mécanismes phosphate-dépendants ou nucléotide-dépendants qui sont en réalité à l'œuvre)
- C. Bilan structural et fonctionnel**
1. Diversité fonctionnelle des glucides : un tableau de synthèse
 2. Diversité structurale des glucides : un tableau de synthèse

IV. Les nucléotides et acides nucléiques

- A. Les nucléotides, monomères des acides nucléiques et agents du fonctionnement cellulaire**
1. Nucléosides et nucléotides, de petites molécules solubles
 2. Des nucléotides et dérivés nucléotidiques aux rôles variés
 - a. Des entités polymérisables par édification de liaison phosphoester en 3' : les monomères des acides nucléiques (ARN et ADN)
 - b. Un rôle fondamental dans le métabolisme énergétique
 - α. L'ATP et autres nucléotides (ou nucléosides) triphosphates (NTP), molécules centrales dans les transferts d'énergie au sein de la cellule
 - i. Des molécules à haut potentiel d'hydrolyse de leurs liaisons anhydride phosphorique, libérant plus de $30 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ en conditions standard
 - ii. Des molécules « consommées » dans de nombreux travaux cellulaires endergoniques grâce au transfert de groupements phosphates
 - La synthèse de molécules organiques variées et de polymères : travaux chimiques (couplage chimio-chimique)
 - L'activité des protéines : des cofacteurs de protéines (souvent des coenzymes) agissant par phosphorylation
 - Le déplacement de compartiments et le mouvement : travaux mécaniques (couplage chimio-mécanique)
 - Le déplacement transmembranaire d'une substance contre son gradient chimique ou électrochimique : travaux osmotiques (couplage chimio-osmotique)
 - L'activation d'enzymes : travaux chimiques (couplage chimio-chimiques) et/ou transduction dans les cellules
 - β. Les coenzymes d'oxydoréduction, des dérivés de nucléotides (ou d'autres molécules) associés à des enzymes et transférant des électrons
 - γ. Le coenzyme A (CoA), un dérivé nucléotidique de transfert de groupements acétyl et acyl
 - δ. Les nucléotides (ou nucléosides) diphosphates (UDP, ADP...), des navettes à oses dans le cadre de leur polymérisation
 - c. Les nucléotides (ou nucléosides) monophosphates cycliques (comme l'AMP cyclique), des seconds messagers
- B. Les acides nucléiques, des hétéropolymères séquencés de nucléotides porteurs d'une information**
1. L'ADN, support universel de l'information génétique des êtres vivants
 - a. Une molécule bicaténaire
 - b. Des brins orientables : extrémités 5' et 3'
 - c. Structure secondaire et tertiaire : deux brins antiparallèles organisés en double hélice
 - d. Une molécule qui respecte les règles de CHARGAFF
 - e. L'ADN, une molécule séquencée capable de porter une information
 - α. La capacité de porter une information : approche intuitive
 - β. Le caractère universel du codage de l'information génétique : mise en évidence par la transgénèse
 - f. Un codage par triplets de nucléotides de l'ADN (= codons dans l'ARNm) : le code génétique
 - α. Un système de correspondance (quasi-) universel entre séquence nucléotidique et séquence peptidique
 - β. Un code ponctué : des codons initiateurs et terminateurs de la traduction
 - γ. Un code caractérisé par sa redondance (ou dégénérescence)
 - g. La notion d'ORF, cadre ouvert de lecture
 - h. L'ADN, une molécule en interaction avec des protéines qui s'exprime, se conserve, se transmet et peut varier
 2. Les ARN, des copies plus ou moins transitoires de portions d'ADN concourant à l'expression génétique
 - a. Les ARN, des acides nucléiques plutôt monocaténaires (pouvant se bicaténariser) constituant des copies de petites portions d'ADN
 - b. Des molécules variées participant à l'expression génétique
 - c. Étude sommaire d'un exemple : un ARN de transfert (ARNt)

V. Les protides : acides aminés, peptides, protéines

A. Les acides aminés (AA), entités fondamentales des protides

1. Constitution biochimique : un carbone α porteur d'un acide carboxylique, d'une amine, d'un hydrogène et d'un radical variable
2. Une diversité permise par la variabilité du radical (= chaîne latérale)
 - a. Ionisation (dépendante du pH de la solution et du pH isoélectrique pH_i de l'acide aminé) et hydrophilie vs. hydrophobicité
 - b. Les vingt acides aminés standard : une classification rapide à pH neutre (apolaires, polaires, chargés positivement = « basiques », chargés négativement = « acides »)
 - c. Quelques acides aminés particuliers
3. Des notions à ne pas confondre : acide aminé biologique, acide aminé protéinogène (standard ou non), acide aminé présent dans les protéines
4. Des fonctions variées
 - a. Des monomères à l'origine de peptides et protéines
 - b. Des intermédiaires métaboliques ou précurseurs de molécules
 - c. Des fonctions propres possibles (exemple des neurotransmetteurs : glutamate, GABA)
5. Des unités associables (polymérisables) par des liaisons peptidiques
 - a. Une formation catalysée par les ribosomes permise par la réaction d'une extrémité $-COOH$ d'un acide aminé et l'extrémité $-NH_2$ d'un autre
 - b. Une liaison à géométrie plane (à conséquences structurales importantes) et à activité mésomère

B. Peptides, oligopeptides, polypeptides, protéines

C. Les protéines, agents principaux des activités biologiques

1. Une structure des protéines à l'origine de leur fonction et de leur fonctionnement
 - a. Les niveaux de structure des protéines
 - α . La structure primaire : le polymère linéaire où s'enchaînent des acides aminés
 - i. Définition : la séquence peptidique de la chaîne polypeptidique
 - ii. Une séquence qui conditionne l'acquisition des niveaux supérieurs de structure lors de la maturation
 - iii. Un repliement en réalité souvent aidé par des protéines chaperonnes
 - iv. Un rôle néanmoins prépondérant de la séquence peptidique dont témoignent les conséquences de certaines mutations sur des sites stratégiques
 - β . Structure secondaire : des repliements locaux du polypeptide (hélices α , feuillets β , boucles, coudes)
 - γ . Structure tertiaire : la chaîne polypeptidique complètement repliée et fonctionnelle grâce à des liaisons variées
 - δ . Structure quaternaire : plusieurs chaînes polypeptidiques (sous-unités = protomères) associées constituant certaines protéines (dites multimériques = oligomériques)
 - i. Un exemple de protéine fibrillaire de structure IV : le collagène
 - ii. Un exemple de protéine globulaire de structure IV : l'hémoglobine
 - b. Une protéine qui peut s'associer à des éléments non protéiques (groupements prosthétiques, lipides, glucides)
 - c. Une protéine qui peut subir des modifications covalentes post-traductionnelles
 - a. Des modifications lors de la maturation de la protéine : modifications d'acides aminés et glycosylations
 - β . Une fonctionnalité de la protéine contrôlable par des modifications covalentes irréversibles (cas du clivage protéolytique) ou réversibles (cas de la phosphorylation-déphosphorylation)
 - d. Une structure des protéines qui peut être étudiée par des méthodes physico-chimiques
 - α . La détermination de la structure primaire ou séquence peptidique : le séquençage protéique
 - β . La détermination des structures secondaire et tertiaire : cristallographie et diffraction des rayons X, RMN
 - γ . L'apport des diagrammes de RAMACHANDRAN à la prédiction des structures secondaires
 - δ . La prédiction des domaines hydrophobes : les profils d'hydropathie
2. Fonctionnalité et dynamisme des protéines
 - a. Une grande diversité de conformations spatiales en lien avec une grande diversité de fonctions
 - b. Une affinité des protéines vis-à-vis de ligands avec lesquels elles interagissent par des liaisons souvent – mais pas exclusivement – faibles, de façon spécifique et de manière transitoire ou durable
 - c. La possibilité, lors du fonctionnement protéique, d'un changement de conformation (= transconformation) permis par la labilité des liaisons faibles qui structurent les protéines
 - d. Une coopérativité entre sous-unités d'une protéine oligomérique où la fixation d'un ligand sur un site de fixation (ou son départ) modifie l'affinité des sites des autres sous-unité [sens 1 historique de l'allostérie]
 - e. Une conformation modifiable et donc une activité modulable par la liaison non-covalente de certains ligands : les effecteurs allostériques [sens 2 moderne de l'allostérie]
3. Une localisation et une fonctionnalité des protéines étudiables par diverses techniques (y compris via l'exploitation des interactions protéine-ligand)
4. Bilan sur les protéines

Annexe. Réactivité biochimique et interdépendance des familles de molécules organiques

Bilan

Références

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes

Plan du chapitre

Plan simplifié

Plan très simplifié



T. JEAN (2023)