

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

Chapitre 9 : plan complet

Métabolisme 1

# L'approvisionnement en matière organique

Objectifs : extraits du programme

Introduction générale au métabolisme

Introduction du chapitre

- I. **Vue d'ensemble sur le fonctionnement énergétique et métabolique des cellules et l'origine de la matière organique**
- A. **La diversité des formes d'énergie mises en jeu chez les êtres vivants**
  - B. **L'énergie de GIBBS et le caractère endergonique ou exergonique d'une réaction chimique**
  - C. **La nécessité de couplages énergétiques dans les cellules**
  - D. **L'origine environnementale – organique ou minérale – de l'énergie employée par les êtres vivants**
    - 1. L'environnement, un ensemble de ressources... pas forcément biodisponibles
    - 2. **Les grands types métaboliques (= types trophiques)**
      - a. En fonction de la source d'énergie : phototrophes (source : lumière) vs. chimiotrophes (source : oxydation de matière)
      - b. En fonction de la source de carbone : autotrophes au carbone (source : CO<sub>2</sub>) vs. hétérotrophes au carbone (source : matière organique pré-existante)
      - c. En fonction du donneur initial d'électrons : lithotrophes (donneur minéral) vs. organotrophes (donneur organique)
  - E. **Le rôle central des enzymes dans la réalisation et le contrôle des réactions chimiques du vivant**
  - F. **L'importance métabolique de la compartimentation cellulaire**
    - 1. La compartimentation, une caractéristique permettant la séparation des milieux réactionnels et ainsi la spécialisation métabolique des volumes cellulaires
    - 2. Panorama des principales réactions de catabolisme et d'anabolisme dans les cellules eucaryotes
    - 3. Un métabolisme en « réseau » (notion de carte métabolique) où les voies sont interconnectées
    - 4. La présence de molécules carrefours, des points de convergence de plusieurs voies métaboliques (exemples du pyruvate et de l'acétyl-CoA)
  - G. **Les trois principales formes d'énergie directement utilisables dans les activités cellulaires**
    - 1. L'emploi de pouvoir réducteur (énergie chimique) : réactions d'oxydoréduction et importance des coenzymes d'oxydoréduction
    - 2. L'utilisation de gradients chimiques ou électrochimiques membranaires (énergie osmotique)
    - 3. L'utilisation de nucléosides triphosphates, notamment l'ATP (énergie chimique)
    - 4. Proposition de bilan
  - H. **Un positionnement métabolique central de l'ATP**
    - 1. L'ATP, molécule dont l'hydrolyse est fortement exergonique
      - a. Un nucléoside triphosphate
      - b. Une molécule à haut potentiel d'hydrolyse des liaisons anhydride phosphorique, libérant plus de 30 kJ • mol<sup>-1</sup> en conditions standard
      - c. Un potentiel d'hydrolyse néanmoins intermédiaire parmi les molécules de transfert de groupement phosphate
    - 2. L'ATP, molécule régénérable par divers processus
      - a. **Trois modalités de régénération**
        - α. La phosphorylation oxydative, un couplage globalement chimiochimique permis par la chaîne respiratoire et l'ATP synthase
        - β. La photophosphorylation, un couplage globalement photochimique permis par la chaîne photosynthétique et l'ATP synthase
        - γ. La phosphorylation au niveau du substrat (= transphosphorylation), un couplage chimiochimique où le phosphate est transféré d'une molécule phosphorylée vers l'ADP
        - δ. Bilan
      - b. **Les voies métaboliques impliquant la régénération d'ATP**
      - c. **Le rôle central des ATP synthases (= sphères pédonculées)**
        - α. Un complexe enzymatique très répandu dans le monde vivant et comprenant de multiples sous-unités
        - β. Localisation des sphères pédonculées dans les organites semi-autonomes
        - γ. Mise en évidence de l'importance de la force proton-motrice dans le fonctionnement de l'ATP synthase : expérience du « bain acide » de JAGENDORF & URIBE (1966)
        - δ. Le fonctionnement séquentiel de l'ATP synthase
        - ε. L'essentiel : que retenir au minimum ?
    - 3. **L'ATP, une molécule aux multiples usages dans la cellule**
      - a. **Une molécule source d'énergie de nombreuses activités cellulaires**
        - α. La synthèse de molécules organiques variées et de polymères : travaux chimiques (couplage chimio-chimique)
        - β. Le déplacement de compartiments et le mouvement : travaux mécaniques (couplage chimio-mécanique)
        - γ. Le déplacement transmembranaire d'une substance contre son gradient chimique ou électrochimique : travaux osmotiques (couplage chimio-osmotique)
      - a. **Autres usages cellulaires de l'ATP**
        - α. Un nucléotide polymérisable en ARN (voire ADN)
        - β. Un précurseur de l'AMPc, un second messenger
        - γ. Une molécule de contrôle du métabolisme
          - i. Un contrôle direct inhibiteur ou activateur de l'activité enzymatique
          - ii. Une participation au contrôle par modification covalente des enzymes

## II. Le métabolisme autotrophe des cellules végétales : réduction du carbone d'origine minérale à la lumière

### A. La plante, organisme constitué de tissus autotrophes et hétérotrophes, ce qui suppose des corrélations trophiques entre cellules

### B. La réduction du CO<sub>2</sub> et la synthèse glucidique en présence de lumière : la photosynthèse en C3

1. Mise en évidence d'une synthèse de matière organique à la lumière en présence de dioxyde de carbone
    - a. Dégagement de dioxygène à la lumière et en présence de CO<sub>2</sub>
    - b. Production de matière organique carbonée à la lumière
    - c. L'importance d'un composé oxydé subissant une réduction lors des réactions à la lumière : l'expérience de HILL (1937)
    - d. La lumière et le CO<sub>2</sub> comme facteurs limitants de la photosynthèse et la notion de point de compensation
  2. La photosynthèse, une réduction du CO<sub>2</sub> en matière organique au moyen de l'énergie lumineuse qui a lieu dans les chloroplastes
  3. La phase photochimique de la photosynthèse : captation et conversion d'énergie lumineuse en ATP et pouvoir réducteur (couplage photochimique) au niveau des thylakoïdes
    - a. Des structures favorisant la captation de lumière : localisation du processus aux différentes échelles
      - α. À l'échelle de l'organe : la feuille, organe aplati et fin favorisant la captation de lumière
      - β. À l'échelle du tissu : la feuille, un organe riche en parenchyme chlorophyllien
      - γ. À l'échelle de la cellule, de l'organe et des molécules : des cellules dont les chloroplastes présentent des thylakoïdes riches en pigments assimilateurs
      - δ. Des pigments riches en liaisons conjuguées dont le spectre d'absorption correspond au spectre d'action de la photosynthèse (incl. expérience d'ENGELMANN)
    - b. Des mécanismes permettant la conversion de l'énergie lumineuse en ATP et pouvoir réducteur (couplage globalement photochimique)
      - α. Une conversion photochimique assurée par des photosystèmes (PS)
        - i. Les photosystèmes, complexes protéopigmentaires transmembranaires thylakoïdiens qui convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique au moyen d'une antenne collectrice et d'un centre réactionnel
        - ii. L'effet EMERSON (1957), une mise en évidence de l'existence de deux photosystèmes qui peuvent fonctionner isolément mais fonctionnent davantage en synergie
      - β. Une chaîne photosynthétique qui permet d'aboutir à la formation de pouvoir réducteur (NADPH, H<sup>+</sup>) (couplage chimio-chimique) et d'un gradient de protons (couplage chimio-osmotique)
        - i. Diversité des composants de la chaîne photosynthétique et diagrammes énergétiques : notions de trajet acyclique (= schéma en Z) et de trajet cyclique
        - ii. Une répartition des composés transmembranaires thylakoïdiens qui varie entre zones granaires et agraires
        - iii. Résultat du fonctionnement de la chaîne photosynthétique : production de pouvoir réducteur et d'un gradient de protons
      - γ. Un gradient de protons utilisé dans la synthèse d'ATP par l'ATP synthase : la photophosphorylation (couplage osmo-chimique)
    - c. Bilan de la phase photochimique
  4. La phase chimique de la photosynthèse : utilisation du pouvoir réducteur et de l'ATP dans la réduction du CO<sub>2</sub> en matière organique (couplage chimio-chimique)
    - a. Les expériences de CALVIN (avec BENSON et BASSHAM) et la mise en évidence des réactions de la phase chimique
    - b. Le cycle de CALVIN-BENSON, des réactions en C3 utilisant de l'ATP et du pouvoir réducteur où la fixation du CO<sub>2</sub> est assurée par l'activité carboxylase de la RuBisCO
    - c. La dualité carboxylase-oxydase de la RuBisCO et la photorespiration
      - α. Mise en évidence de la compétition entre dioxygène et dioxyde de carbone sur la rubisco : l'effet WARBURG (1919-1920)
      - β. Mécanismes de la photorespiration : une coopération chloroplaste-péroxydosome-mitochondrie
      - γ. Bilan et conséquences biologiques de la photorespiration
  5. Vision synthétique de la photosynthèse et couplage des phases photochimique et chimique
- ### C. Des modalités particulières de fixation du CO<sub>2</sub> chez les plantes à photosynthèse en C4 et photosynthèse de type CAM [pour information]
- ### D. Importance écosystémique de la photosynthèse : quelques remarques

## III. Le métabolisme autotrophe de *Nitrobacter*, Bactérie nitrifiante puisant dans le milieu énergie chimique et matière minérale

### A. La nitrification, un processus qui s'inscrit dans le cycle de l'azote

1. Un cycle de l'azote simplifié
  - a. Un cycle largement dû à des réactions d'oxydoréduction
  - b. Transferts et réservoirs du cycle de l'azote
2. La nitrification, une étape de la nitrification (= nitrification + nitrification) dans les sols ou les milieux aquatiques

### B. Modalités et mécanismes de la nitrification chez *Nitrobacter*

- a. Une chaîne de transport d'électrons qui produit, d'un côté de l'ATP, et de l'autre du pouvoir réducteur (NADH, H<sup>+</sup>)
  - α. Une oxydation des nitrites en nitrates qui libère des électrons et de l'énergie
  - β. Devenir 1 : des électrons qui finissent acceptés par le dioxygène (O<sub>2</sub> réduit en eau H<sub>2</sub>O par la cytochrome oxydase), assurant la mise en place d'un gradient de protons assurant le fonctionnement des ATP synthases
  - γ. Devenir 2 : des électrons qui finissent acceptés par le NAD<sup>+</sup> réduit en NADH, H<sup>+</sup> dans le cadre d'une chaîne électronique « inversée »
- b. Aspects énergétiques
- c. De l'ATP et du pouvoir réducteur essentiels au cycle de CALVIN où le CO<sub>2</sub> est réduit en matière organique

### C. Comparaison de la photo-autotrophie des Angiospermes et la chimio-autotrophie de *Nitrobacter*

## IV. Un prélèvement de matière organique déjà existante dans le milieu : l'hétérotrophie

### A. Deux modalités principales : l'absorbotrophie (ex. 'champignons') et la phagotrophie (ex. Métazoaires)

### B. L'exemple des Mammifères, organismes phagotrophes

1. Une matière organique simplifiée par la digestion à partir de portions d'organismes vivants ingérés
2. Une matière organique typiquement prélevée au niveau intestinal (ou au niveau d'autres tronçons) après digestion
3. Une matière organique transportée par les systèmes circulatoires (sanguin et lymphatique)
4. Une matière organique entrant dans les cellules consommatrices par des transporteurs spécifiques (ou une endocytose)
5. Bilan

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes

Références

Plan du chapitre

Plan simplifié du chapitre (3 niveaux)

Plan très simplifié du chapitre (2 niveaux)



T. JEAN (2024)