

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

Chapitre 14 : plan complet

# L'expression du génome

Objectifs : extraits du programme

Introduction : un transfert d'information

## I. Les gènes et leur transcription en ARN suivie d'une fréquente maturation

### A. Nature et organisation des gènes

#### 1. Notion de gène : un concept qui s'est forgé au cours du temps

- La génétique mendélienne (1866 et débuts du XXe siècle) : le facteur mendélien, une unité transmissible codant un « trait » (unité de fonction)
- La variation possible du facteur mendélien : la notion de mutation (DE VRIES, 1901) (unité de mutation)
- La théorie chromosomique de l'hérédité de SUTTON (1903) et MORGAN (1913) : le gène comme portion de chromosome et unité de recombinaison
- La protéine (initialement l'enzyme) comme résultat d'expression du gène : l'expérience décisive de BEADLE & TATUM (1941) (unité d'expression)
- Le dogme central de la biologie moléculaire (CRICK, 1958) et sa démonstration (années 1960-1970)
- La complexification de la notion de gène au cours des dernières décennies

#### 2. Notion actuelle de gène : une unité de transcription à l'origine d'un ARN sous la dépendance de séquences régulatrices

- De l'unité d'ADN codant une protéine (gène protéique)...
  - ... à toute unité transcribable en ARN et contrôlée par des séquences régulatrices identifiables
- #### 3. Organisation des gènes bactériens : un regroupement fréquent en opérons polycistroniques
- #### 4. Organisation des gènes eucaryotes : des gènes monocistroniques et morcelés (= gènes mosaïques) avec des régions non codantes (introns) séparant les portions codantes (exons)
- Mise en évidence des introns par hybridation ARN-ADN monobrin (1977)
  - Organisation des gènes eucaryotes

### B. Les ARN et leur diversité

#### 1. Les ARN, des acides nucléiques plutôt monocaténaire constituant des copies de petites portions d'ADN

#### 2. La diversité des ARN : un panorama des types principaux

- Les ARN messagers (ARNm) et ARN pré-messagers (ARNpm), des copies de l'ADN comportant les informations nécessaires à la synthèse d'une protéine
- Les ARN ribosomiques (ARNr), éléments constitutifs des ribosomes en association avec des protéines
- Les ARN de transfert (ARNt), des ARN se liant à des acides aminés dont ils assurent l'acheminement vers le ribosome lors de la traduction
  - Nature des ARNt : des ARN en forme de feuille de trèfle présentant, à des extrémités opposées, un anticodon et un site de liaison à un acide aminé
  - Un complexe acide aminé-ARNt (= amino-acyl ARNt) produit par une amino-acyl ARNt synthétase cytosolique
- D'autres ARN aux rôles variés
  - Les petits ARN nucléaires (pARNn), ARN associés à des protéines formant des petites ribonucléoprotéines nucléaires (pRNPN) intervenant dans le spliceosome
  - Les ARN interférents (ARNi) [miARN et pARNi], ARN antisens induisant l'arrêt de la traduction et la dégradation des ARNm
  - Les petits ARN nucléolaires (pARNno), ARN aidant à la maturation des ARNr

#### e. Bilan : panorama des ARN

### C. De l'ADN à l'ARN : le processus de transcription

#### 1. Notion de transcription

#### 2. Un processus conforme qui repose sur une polymérisation de ribonucléotides par une ARN polymérase

- Principe fondamental : une polymérisation nucléaire de ribonucléotides en vis-à-vis du brin matrice de l'ADN qui permet la reproduction de la séquence du brin codant
  - Un dénouement et un enroulement de l'ADN lors du processus
  - Un processus conforme toutefois caractérisé par l'absence (peu gênante) de mécanismes de correction d'erreurs
  - Une diversité d'ARN polymérases [pour information ?]
- #### 3. Un processus séquentiel composé de plusieurs étapes et supposant l'intervention d'acteurs variés [cas de l'ARN pol II eucaryote]
- Une initiation permise par un complexe d'initiation aboutissant à la fixation de l'ARN polymérase au niveau du promoteur
  - Une élongation assurée par l'ARN polymérase seule, assurant la production d'un ARN complémentaire du brin matrice d'ADN
  - Une terminaison intervenant lorsque l'ARN polymérase rencontre une séquence terminatrice

#### 4. Une transcription du gène généralement assurée de manière synchrone par plusieurs ARN polymérases

### D. Une maturation fréquente des transcrits primaires assurant la fonctionnalité des ARN et pouvant autoriser leur diversification

#### 1. Un processus subi par la plupart des petits ARN (Eucaryotes + Bactéries)

#### 2. Un processus non subi par les ARNm bactériens qui s'engagent immédiatement dans une traduction co-transcriptionnelle

#### 3. Un processus important dans le cas des ARNpm eucaryotes qui mûrissent en ARNm ensuite exportés vers le cytoplasme

- Une modification des extrémités des ARNpm : ajout d'une coiffe en 5' [protection] et d'une queue poly-A en 3' [contrôle de la demi-vie]
- L'excision des introns et l'épissage des exons
  - Mise en évidence de l'épissage par hybridation ARNm – ADN monobrin
  - Mécanismes de l'excision-épissage : intervention du spliceosome (= complexe d'épissage)
- Un gène, plusieurs protéines : des mécanismes post-transcriptionnels permettant l'obtention d'ARNm variés à partir d'un même transcrit primaire
  - L'épissage alternatif (= épissage différentiel) : un réarrangement variable des exons lors de l'épissage
  - L'édition (en angl. *editing*) des ARNm : des modifications post-transcriptionnelles de la séquence des ARNm par « mutation » de nucléotides [pour information]

4. Bilan : une vue d'ensemble de l'expression génétique sur un gène protéique eucaryote
- E. L'ensemble des transcrits matures d'une cellule : le transcriptome**
1. Un transcriptome variable qui peut être mise en évidence par des techniques de biologie moléculaire (*Northern Blot*, puce à ADN, hybridation *in situ*)
  2. Un transcriptome possible plus large que le génome grâce aux mécanismes de diversification des transcrits
- F. L'export des ARNm vers le cytosol et les liens noyau-cytosol : un transport filtrant par les pores nucléaires**
1. Les pores nucléaires, interfaces d'échanges entre noyau et cytosol
  2. Une sortie de l'ARNm par le pore nucléaire (et médiée par de très nombreuses protéines)
- II. Les protéines : biosynthèse par traduction, maturation, adressage**
- A. De l'ARNm à la protéine : la traduction**
1. La traduction, un processus cytosolique chez les Eucaryotes et co-transcriptionnel chez les Bactéries
  2. Une correspondance (quasi) universelle entre les codons de l'ARNm et les acides aminés protéinogènes : le code génétique
    - a. L'élucidation du code génétique dans les années 1960
      - α. Principe des manipulations : l'emploi d'extraits bactériens sans ADN
      - β. Les travaux de NIRENBERG & MATTHAEI (1961) et continuateurs sur des ARNm monotones
      - γ. Les travaux ultérieurs sur des ARNm répétitifs synthétiques plus complexes (KHORANA, 1966-1968)
    - b. Le code génétique et ses caractéristiques
      - α. Un code déchiffré au moyen d'ARN de transfert
      - β. Un système de correspondance (quasi-) universel entre séquence nucléotidique et séquence peptidique
      - γ. Un code ponctué : des codons initiateurs et terminateurs de la traduction
      - δ. Un code univoque : une signification par codon
      - ε. Un code redondant ou dégénéré : plusieurs codons avec la même signification
      - ζ. Un code contigu (codons subséquents) et non chevauchant (pas de superposition de codons)
  3. Les principaux acteurs coopérant fonctionnellement lors de la traduction : ARNm, sous-unités ribosomiques (incluant des ARNr) et amino-acyl-ARNt
  4. Mécanismes de la traduction
    - a. Principe général : une lecture progressive de l'ARNm (sens 5' → 3') par le ribosome où des amino-acyl-ARNt se succèdent en apportant les acides aminés incorporés par transpeptidation
    - b. Un processus séquentiel : initiation, élongation, terminaison
      - α. L'initiation
      - β. L'élongation
      - γ. La terminaison
      - δ. Bilan : une vision simplifiée
    - c. Une traduction simultanée par plusieurs ribosomes de chaque ARNm : notion de polyribosome (= polysome)
- B. Maturation et adressage des protéines**
1. Une maturation des polypeptides chez les tous les organismes
    - a. Un repliement de la chaîne polypeptidique qui acquière sa conformation native
      - α. Mise en évidence de l'importance de la séquence primaire dans l'établissement des structures secondaire et tertiaire : l'expérience d'ANFINSEN (1961)
      - β. La nécessaire intervention de protéines chaperonnes aidant au repliement (ATP-dépendant) de la protéine
      - γ. L'importance des liaisons non peptidiques, faibles ou covalentes (ponts disulfures), dans l'établissement de la conformation spatiale des protéines
    - b. Une possible modification covalente post-traductionnelle d'acides aminés (ex. clivage, glycosylations, phosphorylations...)
    - c. Association (généralement non covalente) des sous-unités des protéines de structure quaternaire
  2. Un adressage co- ou post-traductionnel des protéines chez les Eucaryotes grâce à des séquence signal
    - a. Une mise en évidence possible par le *pulse-chase* dans le cas de protéines membranaires et sécrétées
    - b. Un adressage qui suppose des séquences signal, des protéines de transports et des complexes protéiques de translocation (= translocons)

**Bilan 1 : les grandes idées**

**Bilan 2 : une vision plus détaillée**

**Pour faire une fiche de révision : quelques pistes**

**Références**

**Plan du chapitre**

**Plan simplifié (3 niveaux de plan)**

**Plan très simplifié (2 niveaux de plan)**



T. JEAN (2024)