

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 monocaténaires 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)