

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITE
ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES TRONCS COMMUNS

Module : Biologie Cellulaire

Cours 7
Les ribosomes

2023-2024

1. Définition et localisation

- ❖ Les **ribosomes** sont de petites particules compactes **présentes dans toutes les cellules**, en très grand nombre ;
- ❖ Ce sont des **complexes ribonucléoprotéïques** majeurs de la cellule aussi bien procaryote qu'eucaryote ;
- ❖ Se retrouvent également dans les **mitochondries** et quelques **plastés**, de structure procaryote ;
- ❖ Les ribosomes sont soit **libres** dans le **hyaloplasme**, soit **attachés** aux membranes du **réticulum endoplasmique** ;
- ❖ L'association des ribosomes en **chapelets** de 5 à 20 ribosomes a reçu le nom de **polysome** ou **polyribosomes** ;
- ❖ Responsables de la **synthèse des protéines** en assemblant les acides aminés (AA) dans un ordre prédéterminé.

2. Structure des ribosomes

- ✓ Les **procaryotes** possèdent un **ribosome de 70S** (50S pour la grande sous unité et 30S pour la petite). **Trois ARNr** sont impliqués dans sa structure (**23S, 16S** et **5S**) ainsi que **55 protéines**.
- ✓ Le ribosome des **eucaryotes** est appelé **80S** (60S pour la grande sous unité et 40S pour la petite). **Quatre ARNr** (**28S, 18S, 5,8S** et **5S**) constituent sa structure avec plus de **80 protéines**.

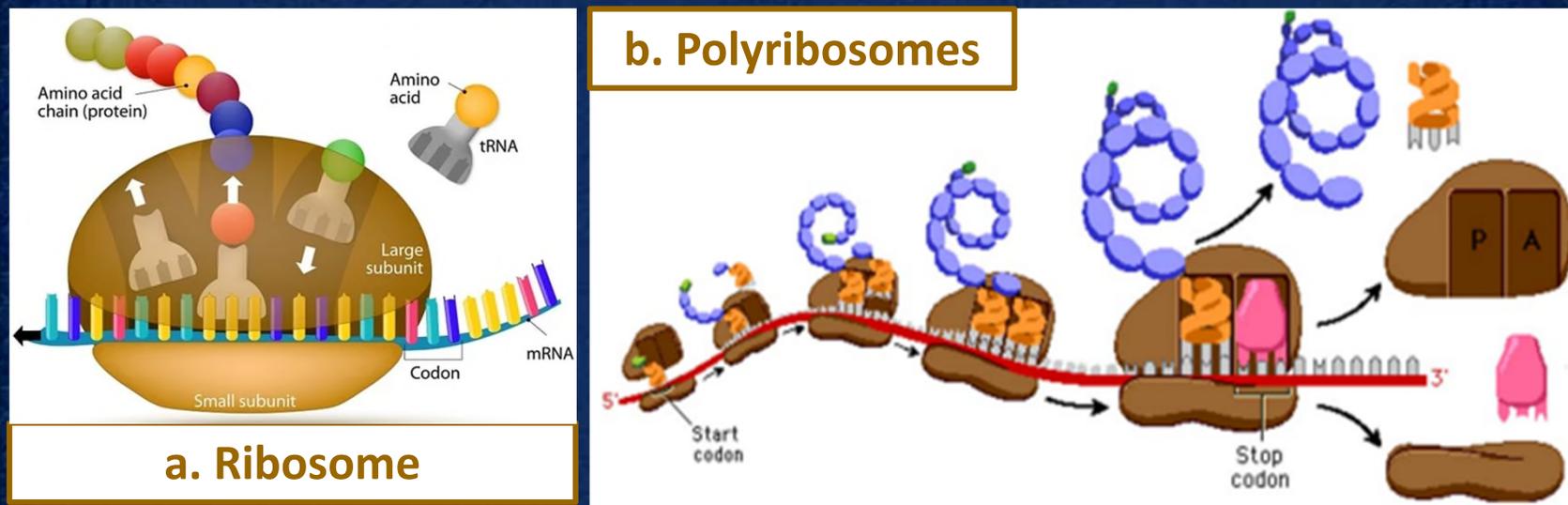


Figure 1 : Organisation structurale des ribosomes.

S : correspond à l'unité de sédimentation de **Sverdberg**

ARNr : ARN ribosomique

3. Biogenèse des ribosomes

- La biogenèse des ribosomes a lieu dans le **nucléole** (l'appareil de production des ribosomes) et se poursuit dans le **cytoplasme**.
- Les sous-unités 60 et 40S formées sont **exportées** dans un état **dissocié** vers le cytoplasme à travers les **pores nucléaires**.

- La synthèse des ARN ribosomiaux 28, 18 et 5,8S se fait à partir de **l'ADN nucléolaire**.
- La synthèse de l'ARN ribosomal 5S se fait à partir de **l'ADN nucléaire**.

Remarque : le rôle du nucléole est de permettre l'association des **ARNr** à des **protéines** importées du cytoplasme.

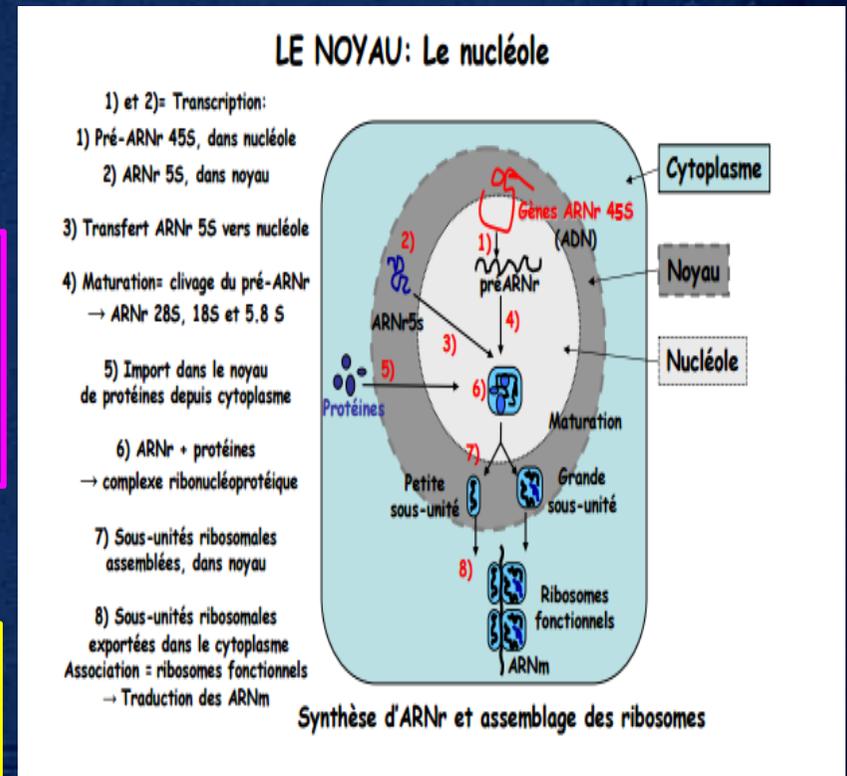


Figure 2 : Nucléole et synthèse des ARN ribosomiaux.

La formation des ribosomes dans le nucléole s'effectue en plusieurs étapes qui se déroulent dans les zones **fibrillaires** et **granulaires**.

Étape 1 : **L'ADN codant les ARNr** est transcrit en un pré-ARNr 45 S, cette étape se passe dans la **zone fibrillaire du nucléole**.

Étape 2 : Le pré-ARNr est ensuite **découpé en trois ARNr 5,8 S ; 18 S et 28 S**

Étape 3 : Simultanément dans le nucléoplasme, de l'ADN codant les protéines constitutives des ribosomes (ribonucléoprotéines) est transcrit en **ARN messager**.

Étape 4 : **L'ARN messager** est traduit en protéines dans le cytoplasme.

Étape 5 : Les **protéines** traduites rentrent dans le noyau et dans le nucléole, elles s'associent avec les ARN ribosomiques pour former des **pré-ribosomes**.

Étape 6 : Les **pré-ribosomes** sont exportés dans le cytoplasme, dans lequel ils terminent leur maturation, avant de s'associer et de former un **ribosome mature**.

Le nucléole évolue pendant le cycle cellulaire. En effet lors de la mitose le nucléole disparaît.

De plus, le nucléole étant le centre de la synthèse des ribosomes, qui sont des éléments indispensables à la synthèse des protéines, son activité et sa taille vont varier en fonction de l'intensité de la synthèse des protéines dans la cellule.

4. Fonction des ribosomes

- Lecture du **code génétique** sur l'ARNm ;
- Synthèse de la **chaîne protéique** à partir d'acides aminés chargés sur les ARNt.

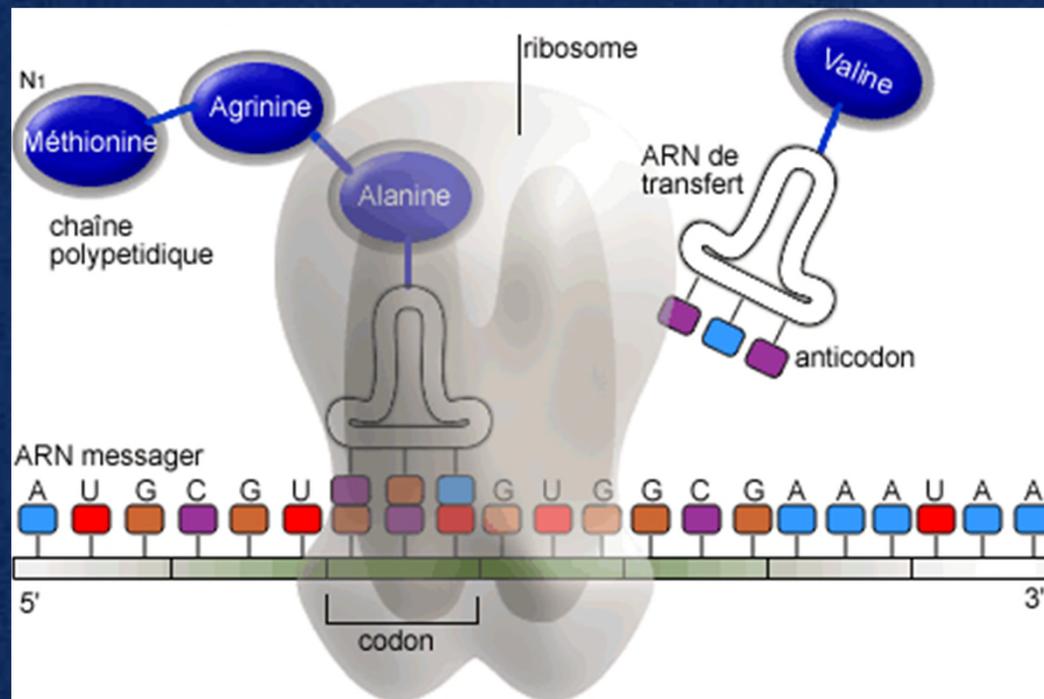


Figure 3 : Fonction des ribosomes.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITE
ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES TRONCS COMMUNS

Module : Biologie Cellulaire

Cours 8
La synthèse des protéines

2022 / 2023

1. Introduction

❖ Rappels sur les acides nucléiques

Les acides nucléiques sont des macromolécules présentes dans toutes les cellules vivantes et également chez les virus. On distingue les 2 types : l'**ADN** et les **ARN**.

(1) L'**ADN** ou **acide désoxyribonucléique** est le support de l'information génétique. Il est présent essentiellement dans le noyau des cellules eucaryotes, associés à des protéines pour former les **chromosomes**.

(2) Les **ARN** ou **acide ribonucléique** ont soit un rôle de support de l'information afin d'être traduit en protéines (**ARN messenger**), ou bien un rôle structurale (**ARN ribosomiques, ARN de transferts** et autres petits ARN).

1. Introduction

❖ Rappels sur les acides nucléiques

- L'ADN a la forme d'une échelle enroulée (**double hélice**).
- Elle est composée de séquences de **nucléotides** (unité de base de l'ADN).

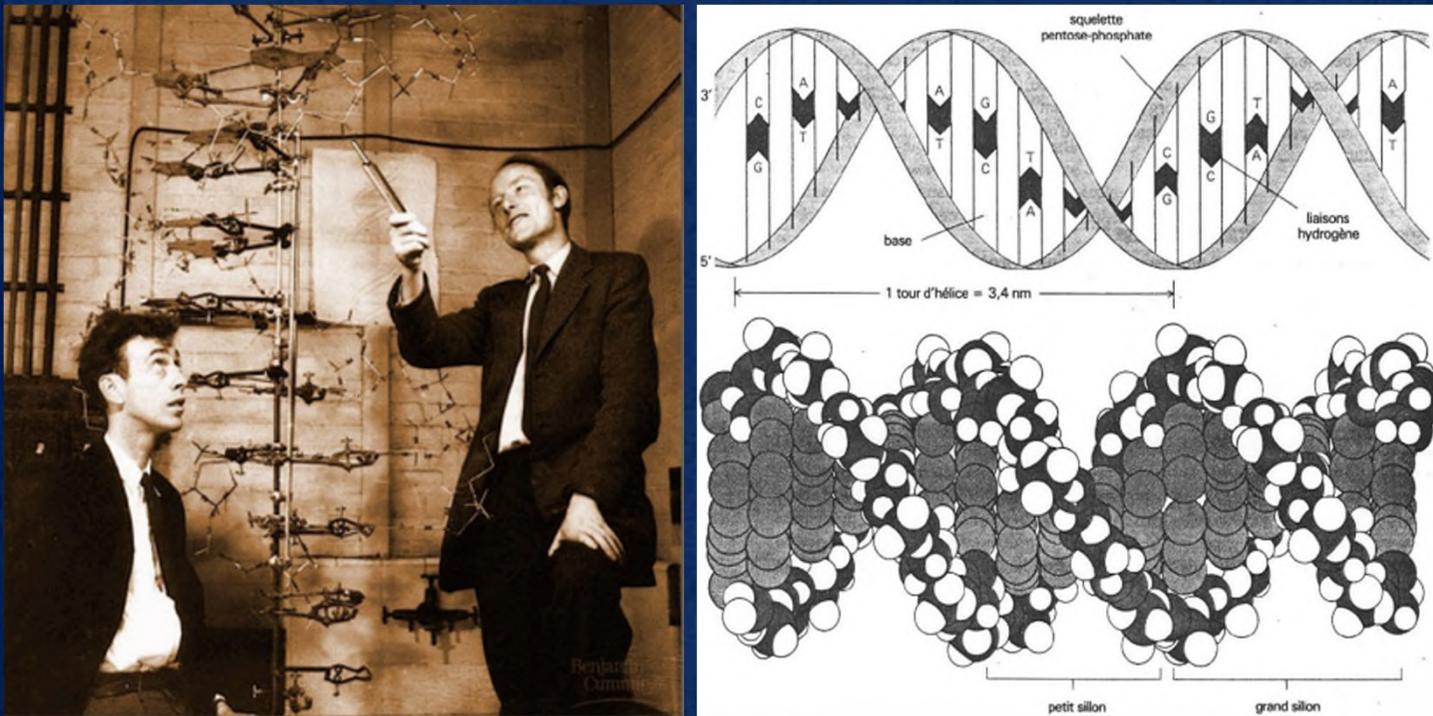


Figure 1: Structure en double hélice proposée par Watson et Crick 1953.

1. Introduction

❖ Rappels sur les acides nucléiques

Chaque **nucléotide** est constitué de trois éléments liés entre eux :

- un groupement phosphate (H_3PO_4).
- un sucre : le désoxyribose.
- une base azotée (adénine (A), thymine (T), guanine (G), cytosine (C)).

Appariement des bases azotées complémentaires: A-T / G-C

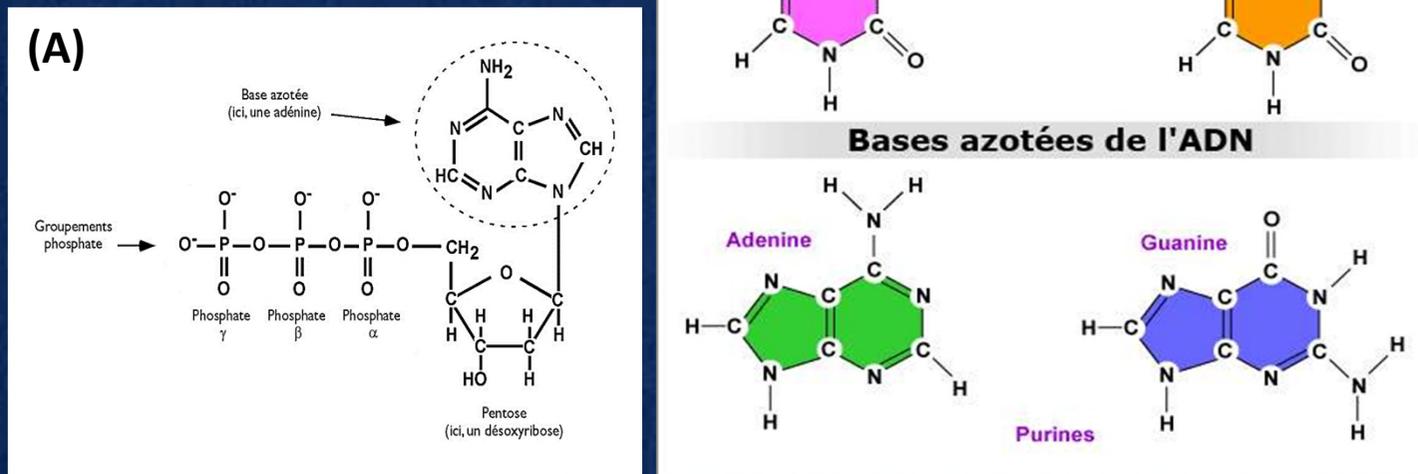


Figure 2: Structure d'un nucléotide (A) et des bases azotées (B).

1. Introduction

1. La **synthèse des protéines** est un processus cellulaire qui se fait en deux étapes : **transcription** et **traduction**.
2. La **transcription** de l'**ADN** produit **trois sortes d'ARN**, tous nécessaires à la synthèse des protéines :
 - L'ARN messenger — ARNm
 - L'ARN de transfert — ARNt
 - L'ARN ribosomique — ARNr
3. La **traduction** est la **synthèse** d'un **polypeptide (protéine)**, elle se fait à partir de l'**ARNm**.
4. Les instructions nécessaires pour fabriquer une protéine sont codées dans un **gène** de l'**ADN**.
5. Le **gène** est une portion d'ADN produisant l'**ARN messenger** nécessaire à la fabrication d'une **protéine** particulière.

1. Introduction

6. Le **gène** est constitué d'un **ensemble de génons (codon)** : des triplets de nucléotides ADN.
7. Le **gène** est délimité des gènes voisins : des **génons de départ** et **d'arrêt**.
8. Seule une **chaîne du gène** sert de matrice pour la production d'un ARN messager (**le brin codant**).
9. **Chaque génon** du **brin codant** détermine la mise en place d'un **acide aminé** dans la chaîne polypeptidique (sauf le génon d'arrêt).

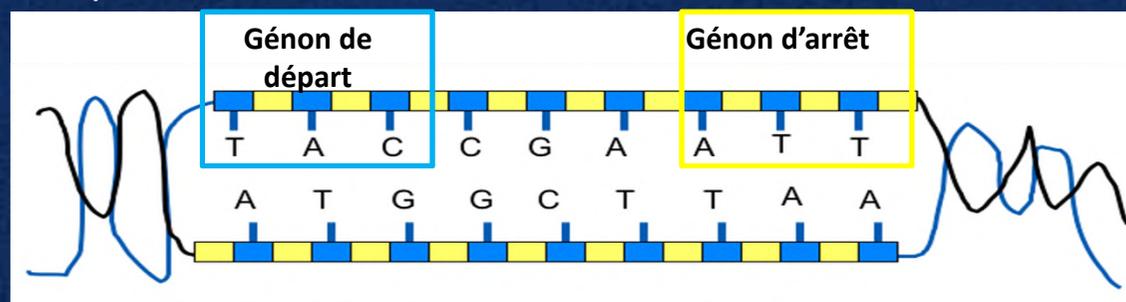


Figure 3 : Représentation d'un gène.

1. Introduction

a. Synthèse d'un ARNm à partir du brin codant d'un gène

b. L'ARNm quitte le noyau et entre dans le cytoplasme

c. Synthèse d'un polypeptide à partir de l'ARNm

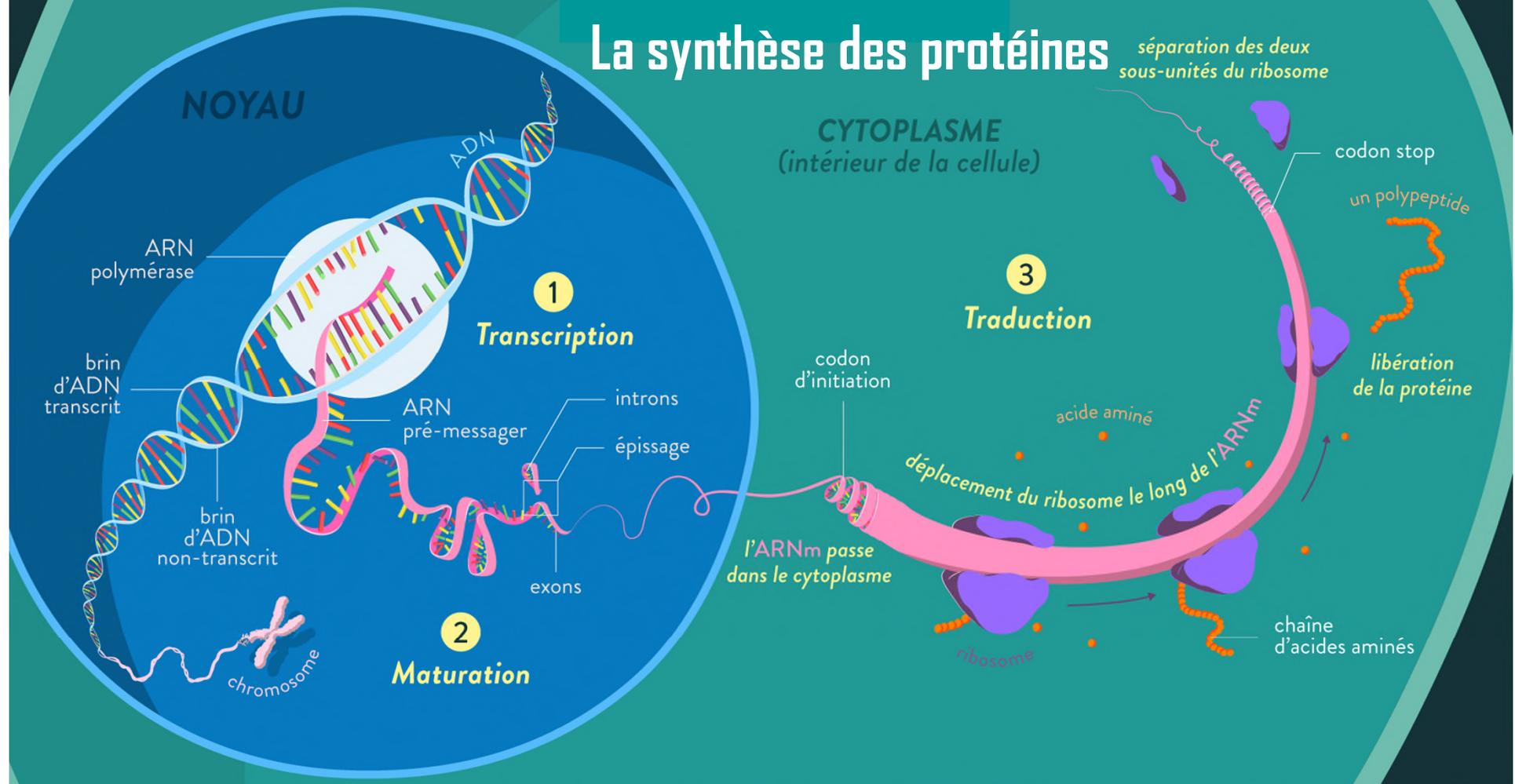


Figure 4 : Un aperçu des 2 étapes de la synthèse des protéines : TRANSCRIPTION (dans le noyau) et TRADUCTION (dans le cytoplasme).

2. Synthèse des protéines

2.1. Transcription : chez les eucaryotes

2.1.1. Définition: Lecture d'un gène par une **ARN-polymérase** qui synthétise un **acide ribonucléique (ARN)** dont la structure primaire reproduit celle du **brin d'ADN**.

2.1.2. Les phases de la transcription

La transcription des gènes se déroule selon trois phases principales :
(1) **initiation**, (2) **élongation** et (3) **terminaison**.

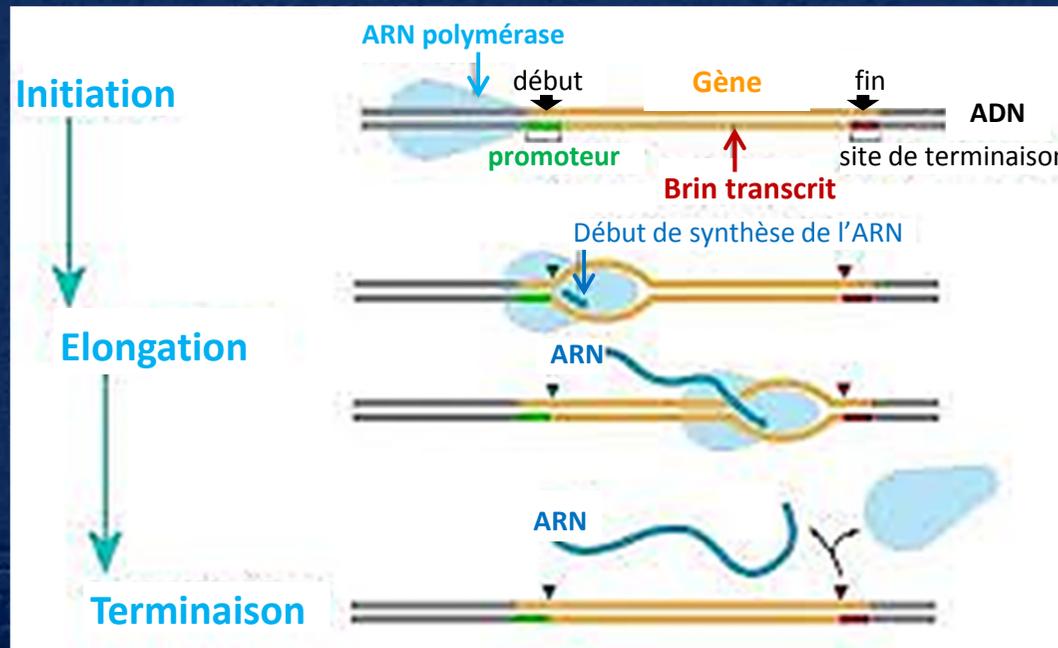


Figure 5 : Les phases de la transcription d'ADN.

2. Synthèse des protéines

2.1. Transcription : chez les eucaryotes

2.1.2. Les phases de la transcription

a. Phase d'initiation

- L'initiation de la transcription par l'**ARN polymérase II** est assurée par des **facteurs de transcription** (protéines) ;
- Ces facteurs s'assemblent sur une région située en amont de l'ADN à transcrire qui porte le nom du **site promoteur** (la boîte TATA située à -25 nucléotides en amont du premier nucléotide transcrit) ;
- Cet assemblage entraîne la formation du complexe d'**initiation de la transcription** ;
- L'ARN polymérase II se déplace ensuite le long de l'ADN en ouvrant une partie de la molécule d'ADN formant une **boucle de transcription**.

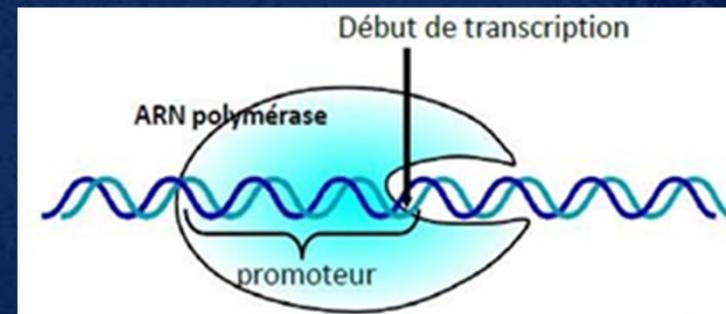


Figure 6 : Phase d'initiation.

2. Synthèse des protéines

2.1. Transcription : chez les eucaryotes

2.1.2. Les phases de la transcription

b. Phase d'élongation

- La **boucle de transcription** se déplace dans le sens **3'-5'** du brin d'ADN et la **chaîne d'ARNm** s'allonge dans le sens **5'-3'** ;
- L'élongation de la molécule d'ARNm se fait par l'appariement des **bases complémentaires** et par l'addition successive de **nucléotides** ;
- L'ADN lu se **rembobine** immédiatement après la lecture.

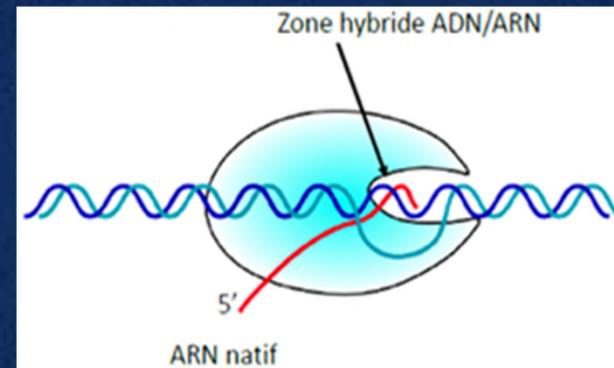
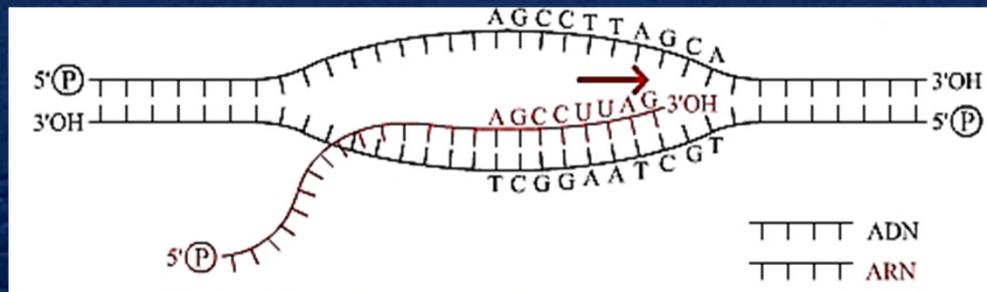


Figure 7 : Phase d'élongation.



2. Synthèse des protéines

2.1. Transcription : chez les eucaryotes

2.1.2. Les phases de la transcription

c. Phase de terminaison

- L'**ARN polymérase II** continue à transcrire jusqu'à plus de 1000pb (non traduit), jusqu'à ce qu'elle rencontre le **site de terminaison (AATAAA)** et libère un pré ARNm (immature).

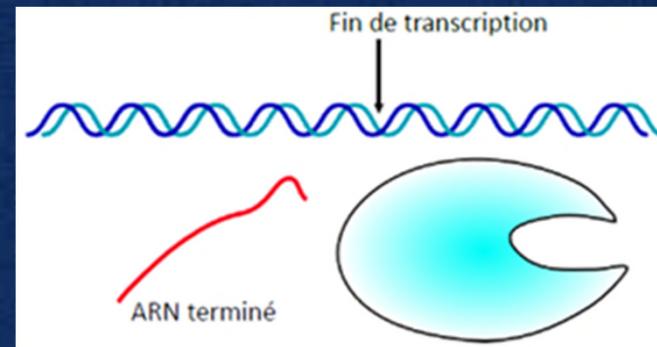


Figure 8 : Phase de terminaison.

2. Synthèse des protéines

2.1. Transcription : chez les eucaryotes

2.1.2. Les phases de la transcription

d. Phase de maturation des ARNm

- La maturation des ARNm se fait par l'ajout de la **coiffe (capping)** du côté 5' des ARN naissants (une spécificité des eucaryotes).

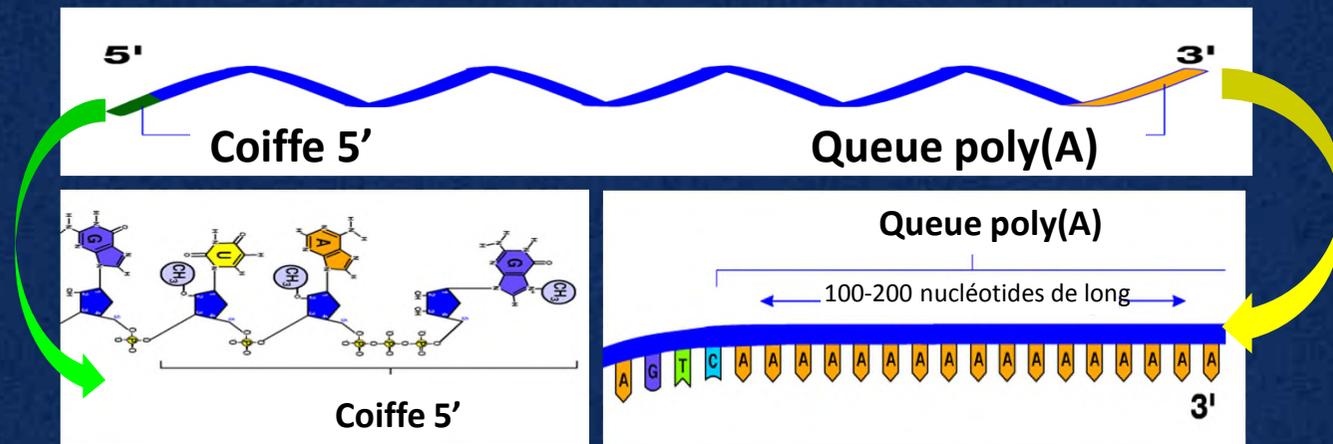


Figure 9 : Phase de maturation.

Cet ensemble sert de coiffe protectrice contre la dégradation par les exonucléases à l'extrémité 5' de l'ARNm. Elle est également nécessaire à l'exportation de l'ARNm vers le cytoplasme et à la liaison de ce dernier avec la petite sous-unité du ribosome, lors de l'étape d'initiation de la traduction.

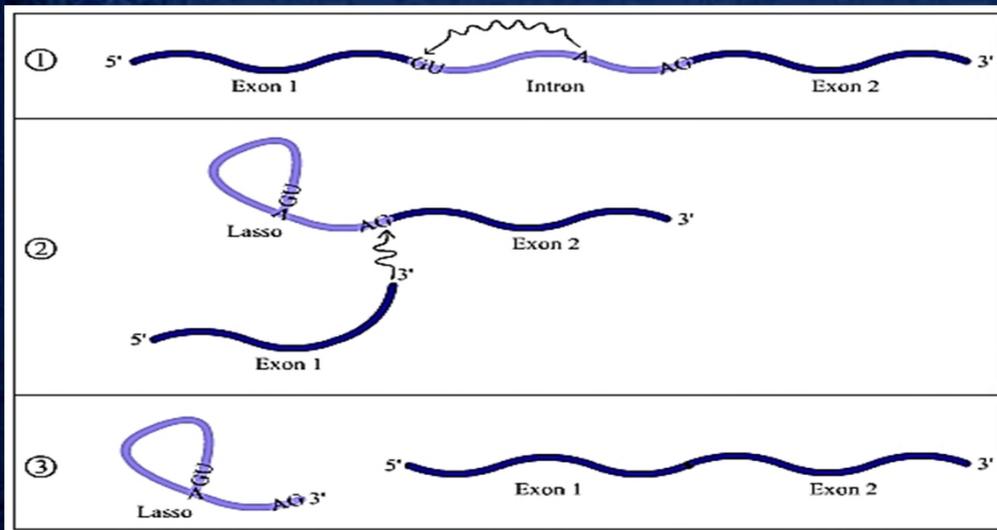
2. Synthèse des protéines

2.1. Transcription : chez les eucaryotes

2.1.2. Les phases de la transcription

e. Phase d'épissage des ARN transcrits

- L'épissage de l'ARN pré messager est catalysée par un complexe enzymatique (**snRNP pour Small nuclear ribonucleoproteins**), qui assure l'excision des **introns**, les **exons** restant sont reliés entre eux ;
- Les **Exons** sont des régions de l'ADN contenant l'information génétique (**régions traduites**) ;
- Les **Introns** sont des régions de l'ADN qui seront éliminés lors de la maturation des ARNm (**régions non traduites**) ;
- L'ARN raccourci passe dans le cytoplasme à travers les pores nucléaires pour être traduit.



L'excision-épissage est réalisée par réaction d'un nucléotide à adénine (A) situé dans l'intron avec un nucléotide à guanine situé en 5' de l'intron. Cela entraîne la séparation de l'intron d'avec l'exon 1 (situé en amont) et la formation d'une structure en lasso interne à l'intron. Ensuite, l'extrémité 3' de l'exon 1 réagit avec l'extrémité 5' de l'exon 2 permettant l'épissage des deux exons et la libération du lasso qui sera dégradé par des ribonucléases.

2. Synthèse des protéines

2.2. Traduction : chez les eucaryotes

- La **traduction** de l'**ARNm** se fait dans le **cytoplasme** ;
- Les ARN (ARNt, ARNm et ARNr) **sortent** du noyau vers le cytoplasme puis **s'associent** pour la traduction ;
- Les 3 étapes de la traduction :
 - (1) **Initiation**
 - (2) **Élongation**
 - (3) **Terminaison**
- Résultat de la traduction : une **chaîne polypeptidique**.

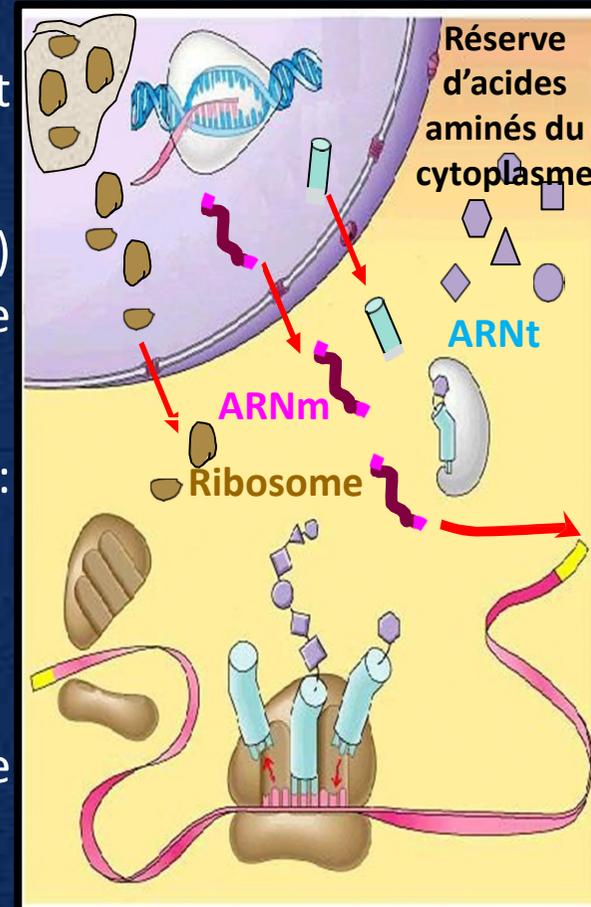


Figure 10 : La traduction de l'ARNm.

2. Synthèse des protéines

2.1. Transcription : chez les eucaryotes

2.1.2. Les phases de la transcription

(64) codons d'ARNm ont été identifiés par les chercheurs (Le code génétique)

		Second base				
		U	C	A	G	
U	U	UUU Phe	UCU	UAU Tyr	UGU Cys	U
	U	UUC	UCC Ser	UAC	UGC	C
	U	UUA Leu	UCA	UAA Stop	UGA Stop	A
	U	UUG	UCG	UAG Stop		G
C	C	CUU	CCU	CAU His	CGU	U
	C	CUC Leu	CCC Pro	CAC	CGC Arg	C
	C	CUA	CCA	CAA Gln	CGA	A
	C	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	A	AUU	ACU	AAU Asn	AGU Ser	U
	A	AUC Ile	ACC Thr	AAC	AGC	C
	A	AUA	ACA	AAA Lys	AGA Arg	A
	A	AUG Met or start	ACG	AAG	AGG	G
G	G	GUU	GCU	GAU Asp	GGU	U
	G	GUC Val	GCC Ala	GAC	GGC Gly	C
	G	GUA	GCA	GAA Glu	GGA	A
	G	GUG	GCG	GAG	GGG	G

61 codons codent un acide aminé

1 codon code la méthionine et sert de codon de départ

3 codons ne codent pas d'acides aminés et servent de codons d'arrêt

1 codon : 3 bases / Acide aminé spécifique

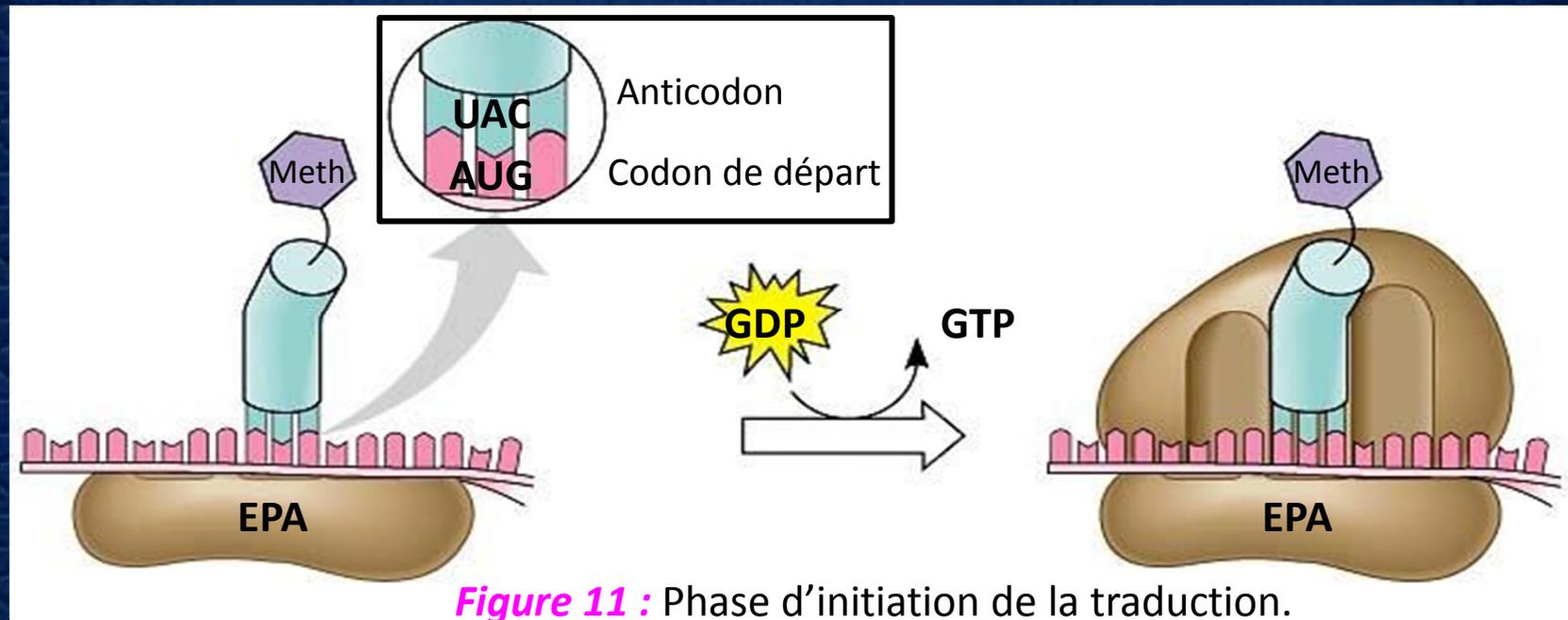
- Chaque triplet de nucléotides sur l'ADN correspond à un codon de l'ARN messager ;
- Chaque codon de l'ARNm correspond à un anticodon spécifique de l'ARN transfert ;
- Chaque anti-codon correspond à un acide aminé spécifique. Si le codon est **5'-AUG-3'** alors l'anticodon sera **3'-UAC-5'** par le principe de complémentarité des bases nucléiques.

2. Synthèse des protéines

2.2. Traduction : chez les eucaryotes

2.2.2. Les phases de la traduction

a. Phase d'initiation



1

La petite partie du ribosome se fixe à l'ARNm puis, l'**ARNt—aa** se fixe au codon de départ (**activation des acides aminés**).

2

La grande partie du ribosome se fixe à son tour grâce à l'énergie de la GTP. Le ribosome est prêt pour l'élongation.

2. Synthèse des protéines

2.2. Traduction : chez les eucaryotes

2.2.2. Les phases de la traduction

b. Phase d'élongation

L'ARN messager passe à travers la petite sous-unité (30S ou 40S) qui contient les sites de fixation des ARNt sur l'ARNm. La grande sous-unité contient la partie catalytique, appelée centre peptidyl-transférase liaison peptidique entre les acides aminés consécutifs de la protéine.

La grande sous-unité contient également un tunnel par lequel sort la chaîne protéique en cours de synthèse. Il existe aussi dans la grande sous-unité trois sites où vont se fixer les ARNt porteurs des acides aminés pendant la traduction :

le site A (pour aminoacyl-ARNt), qui est occupé par un ARNt porteur d'un acide aminé en attente d'être lié à la chaîne polypeptidique ;
le site P (pour peptidyl-ARNt), qui est occupé par un ARNt porteur d'un acide aminé lié à la chaîne polypeptidique résultante ;
le site E (pour *exit*), qui permet la libération de l'ARNt désacétylé qui a livré son acide aminé

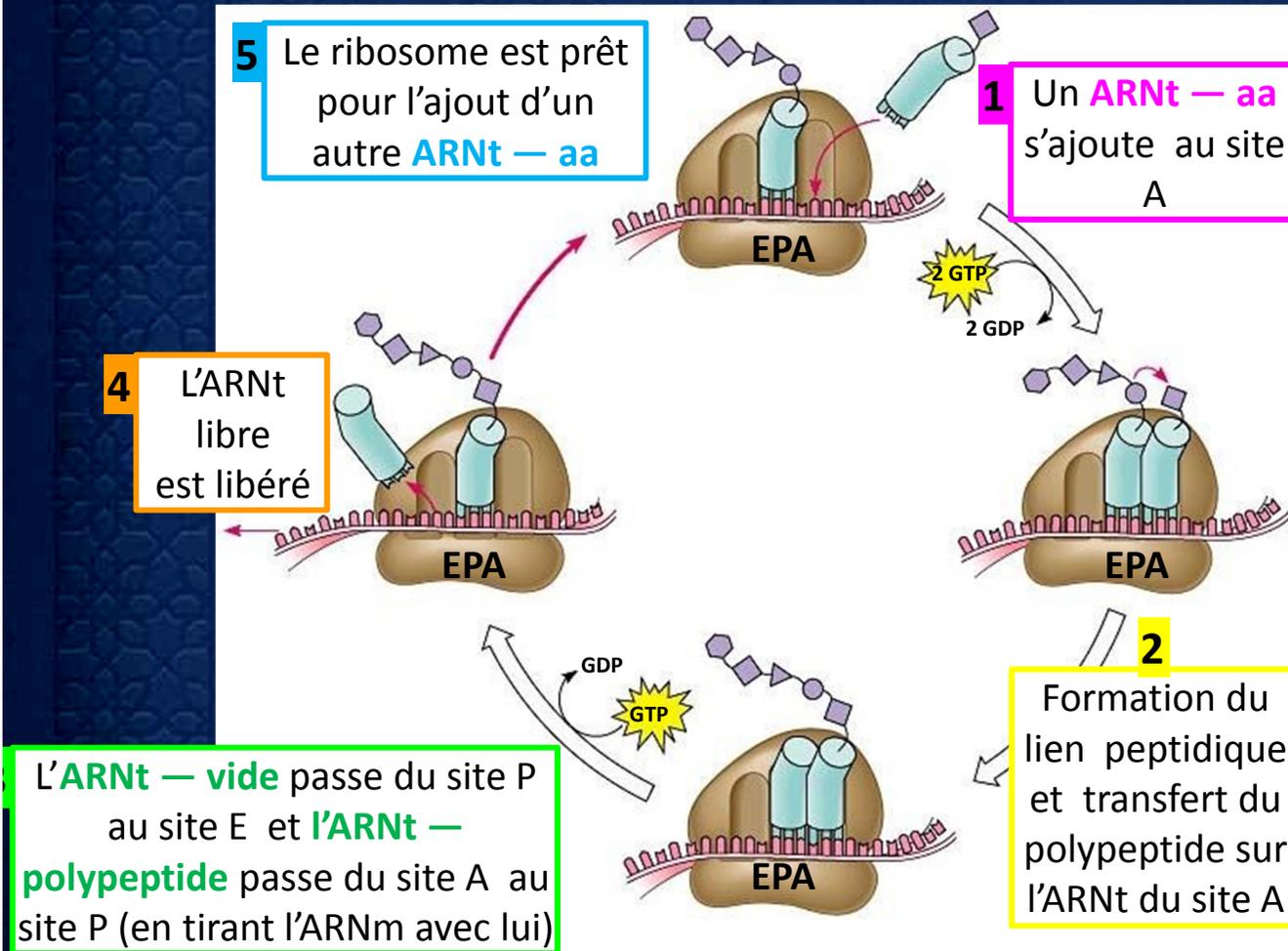


Figure 12 : Phase d'élongation.

2. Synthèse des protéines

2.2. Traduction : chez les eucaryotes

2.2.2. Les phases de la traduction

c. Phase de terminaison

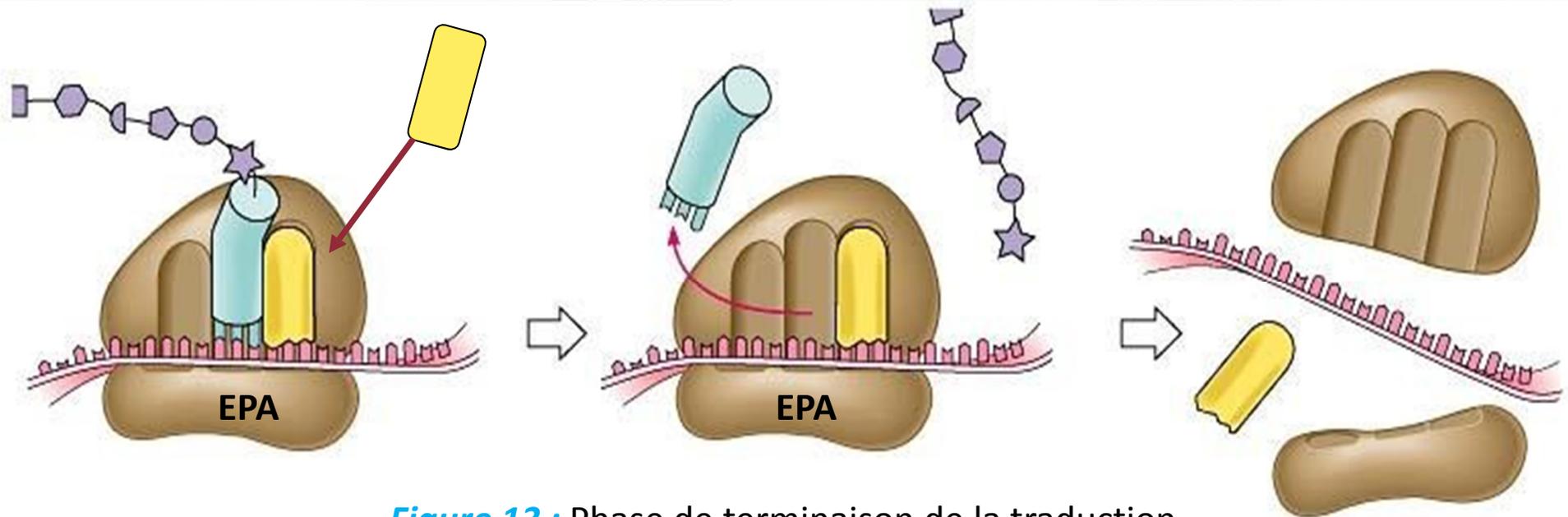


Figure 13 : Phase de terminaison de la traduction.

1 Le ribosome lit le codon d'arrêt. Une protéine de terminaison se lie au site A.

2 Le facteur de terminaison hydrolyse le lien qui relie le polypeptide à l'ARNt. Le polypeptide se détache ainsi que l'ARNt du site P.

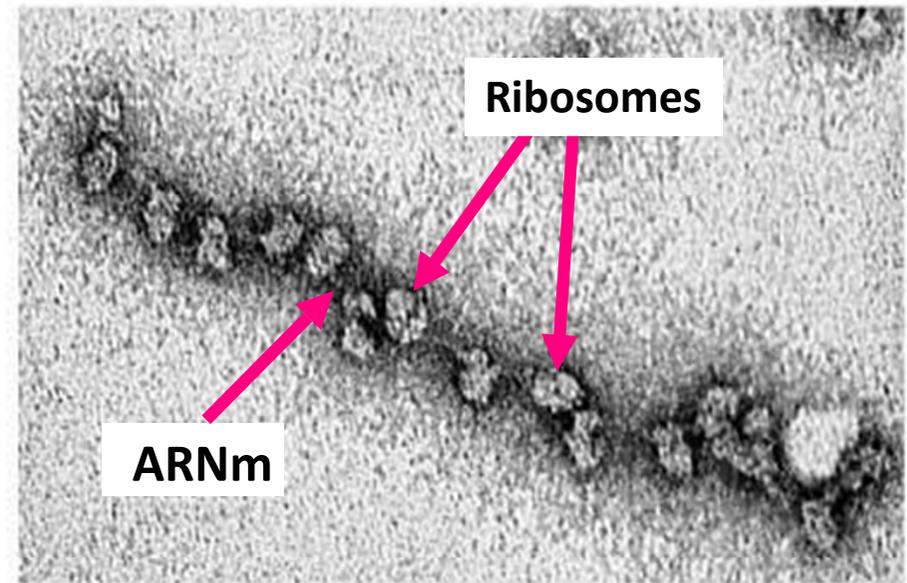
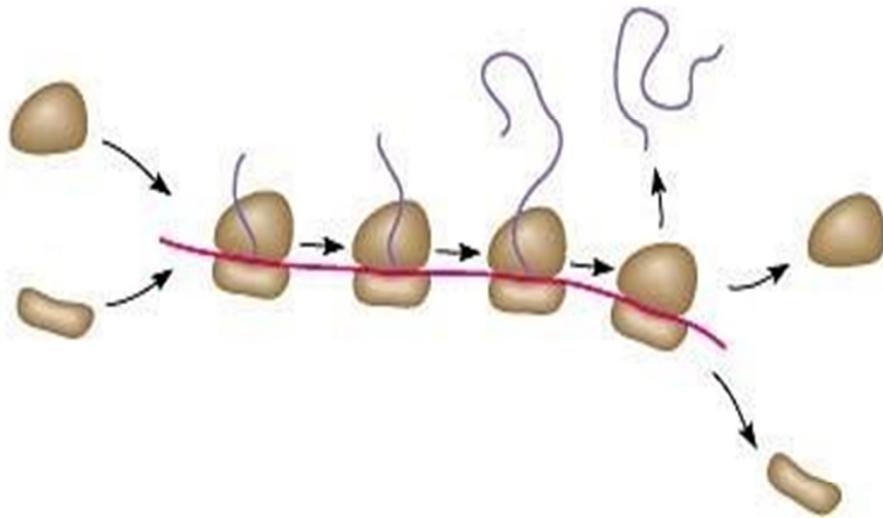
3 Les sous-unités du ribosome sont libérées.

2. Synthèse des protéines

2.2. Traduction : chez les eucaryotes

 Un ARNm lu par plusieurs ribosomes en même temps signe une activité cellulaire intense.

Un polyribosome



0.1 μm

Figure 14 : La structure d'un polyribosome.

2. Synthèse des protéines

2.3. Transcription et traduction : chez les procaryotes

- ✓ La synthèse (d'ARN) se fait de 5' → 3' ;
- ✓ Elle se passe en 3 étapes : initiation, élongation, terminaison ;
- ✓ L'initiation se fait au niveau d'une région particulière (promoteur) ;
- ✓ La terminaison se fait au niveau d'une région particulière (terminateur) ;
- ✓ Traduction débute avant la fin de la transcription.

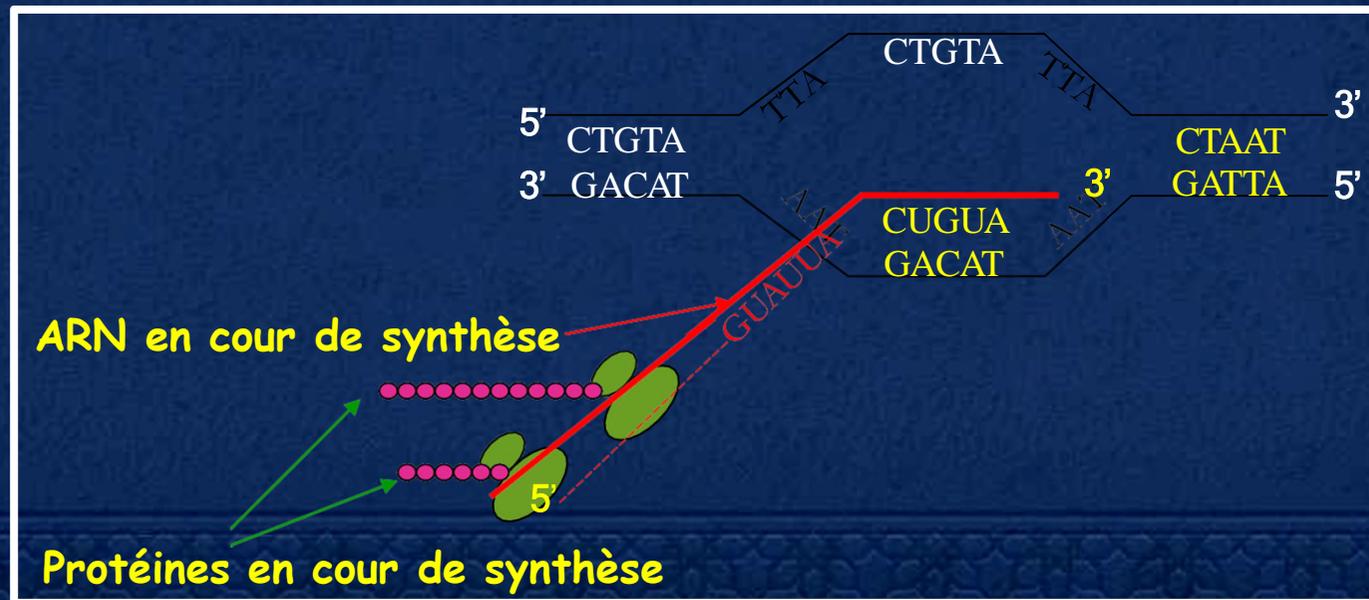


Figure 15 : Transcription et traduction chez les procaryotes.