

Cours 5. Synthèse des protéines

5.1. Ribosomes

5.1.1. Généralités

- ◆ Les **ribosomes** sont des **organites cellulaires** présentes dans toutes les cellules. Leur nombre varie en fonction de la nature de la cellule ;
- ◆ Ce sont des **complexes ribonucléoprotéiques** 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 l'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.

5.1.2. Structure des ribosomes

- ◆ Le ribosome se divise en deux sous unités ribosomales : (1) la **grande sous unité** ribosomale et (2) la **petite sous unité** ribosomale ;
- ◆ 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**.
- ◆ Les **eucaryotes** possèdent un ribosome de **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**.

Avec : S : correspond à l'unité de sédimentation de **Sverdberg** et **ARNr :** ARN ribosomique.

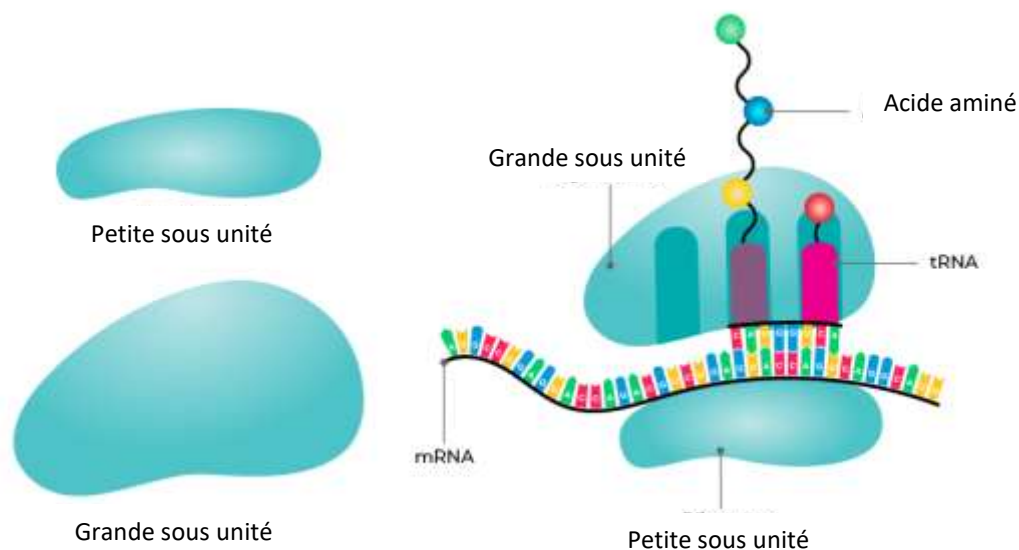


Figure 5.1. Organisation structurale des ribosomes.

Le ribosome possède quatre sites de liaisons :

- ◆ Un site de liaison pour l'ARN messager (ARNm) ;
- ◆ Un **site P** qui intervient dans la liaison du peptidyl-ARNt ;
- ◆ Un **site A** intervient dans la liaison de l'aminocyl-ARNt ;
- ◆ Un **site E** de sortie de l'amino-acyl-ARNt.

Les sites A, P et E sont voisins.

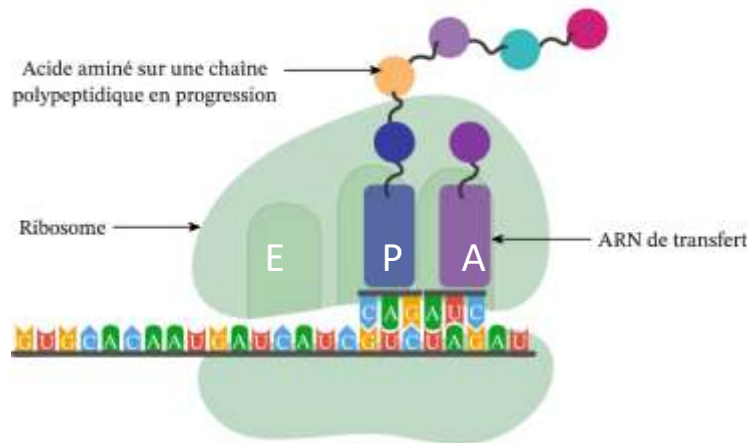


Figure 5.2. Les quatre sites de liaisons des ribosomes.

5.1.3. 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 ribosomaux 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**.

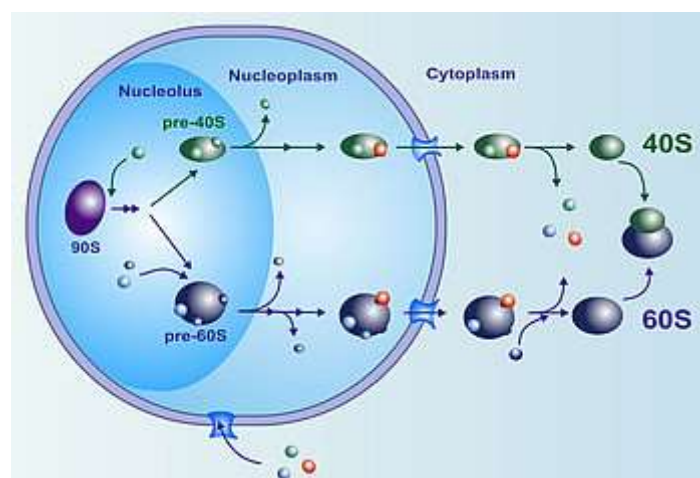


Figure 5.3. Nucléole et synthèse des ARN ribosomaux.

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

5.1.4. Fonction des ribosomes

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

5.2. 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**.

5.2.1. Acide désoxyribonucléique (ADN)

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

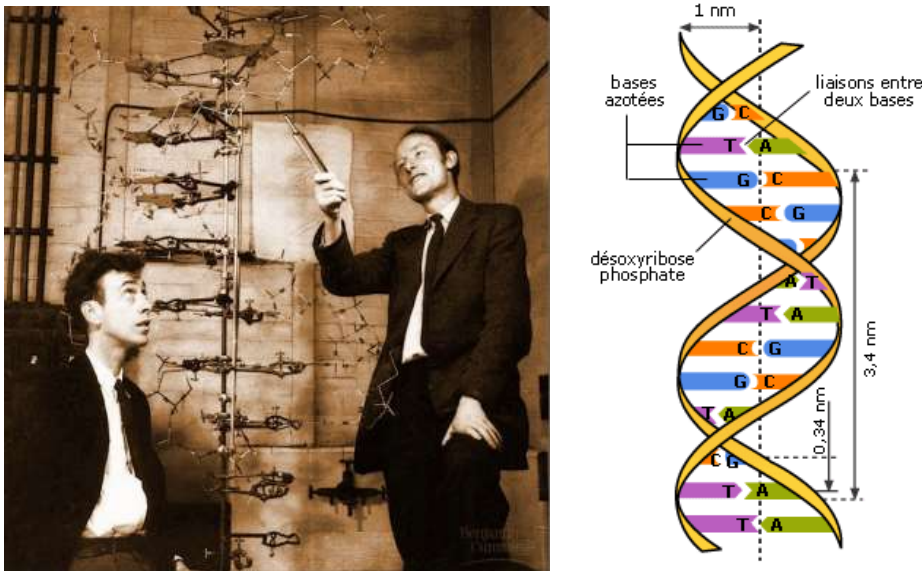


Figure 5.4. Structure en double hélice proposée par Watson et Crick.

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)).

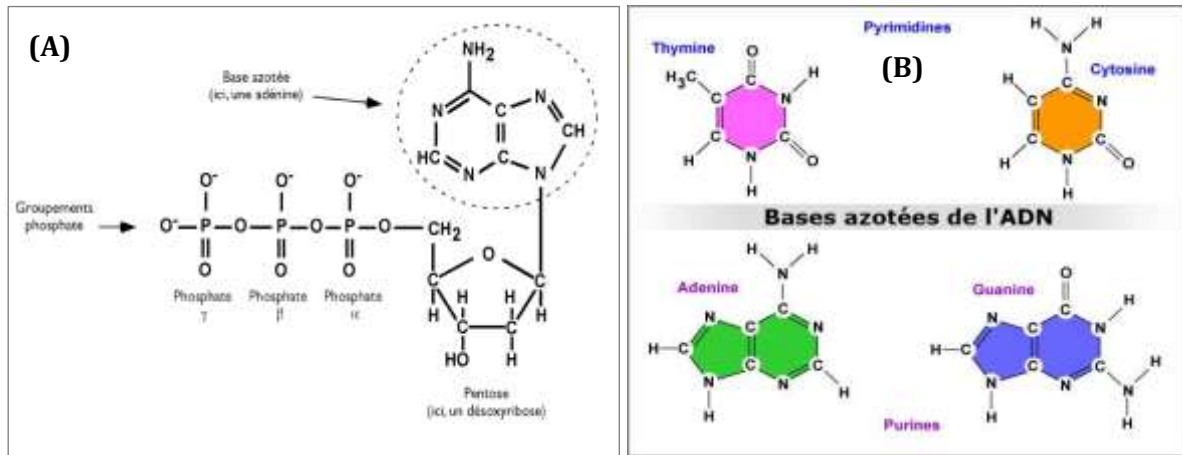


Figure 5.5. Structure d'un nucléotide (A) et des bases azotées (B).

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

5.2.2. Acides ribonucléiques (ARN)

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

5.3. La synthèse des protéines

- ◆ Les **protéines** sont des grosses molécules constituées d'**acides aminés**. Elles sont responsables de plusieurs fonctions essentielles à la vie des cellules et des organismes vivants entiers, à savoir, la structure, le mouvement, le transport et la communication.
- ◆ La **synthèse des protéines** est un processus cellulaire qui se fait en deux étapes : **transcription** et **traduction**.
- ◆ La **transcription** de l'ADN produit **trois** sortes d'**ARN**, tous nécessaires à la synthèse des protéines :
 - a. L'ARN messenger — ARNm
 - b. L'ARN de transfert — ARNt
 - c. L'ARN ribosomique — ARNr
- ◆ La **traduction** est la **synthèse** d'un **polypeptide (protéine)**, elle se fait à partir de l'**ARNm**.

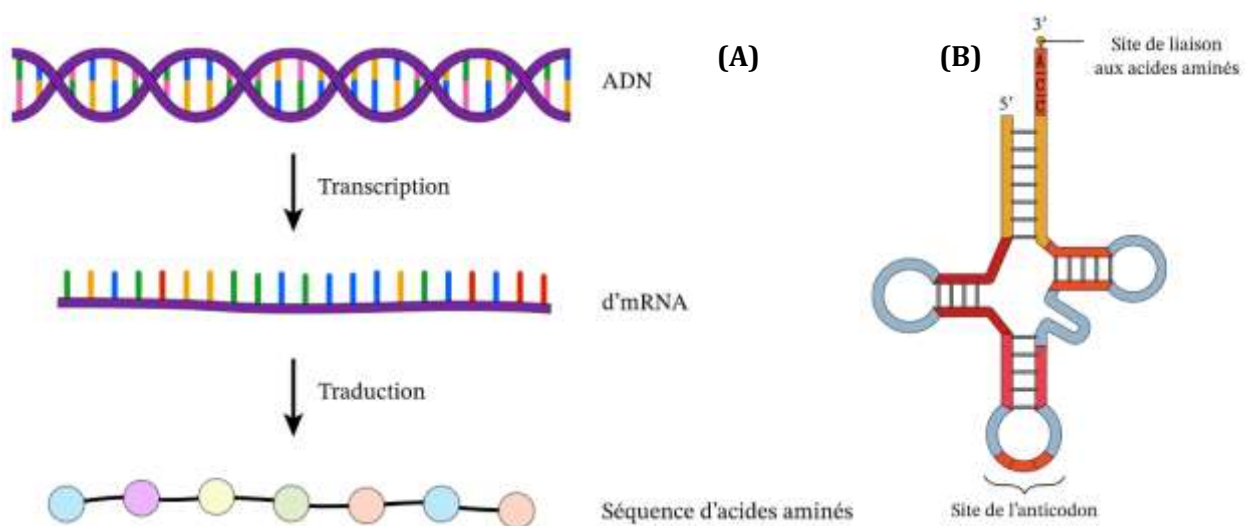


Figure 5.6. Schéma illustrant les étapes de la synthèse des protéines (A) et la forme en trèfle d'une molécule d'ARNt (B).

- ◆ Les instructions nécessaires pour fabriquer une protéine sont codées dans un **gène** de l'**ADN**.
- ◆ Le **gène** est une portion d'ADN produisant l'**ARN messenger** nécessaire à la fabrication d'une **protéine** particulière. Il est constitué d'un ensemble de **génons (codon)** : des triplets de nucléotides ADN. Le gène est délimité des gènes voisins : des **génons de départ** et d'**arrêt**.
- ◆ Seule une **chaîne du gène** sert de matrice pour la production d'un ARN messenger (**le brin codant**).
- ◆ Chaque génon du **brin codant** détermine la mise en place d'un **acide aminé** dans la chaîne polypeptidique (sauf le **génon d'arrêt** ou le **codant stop**).

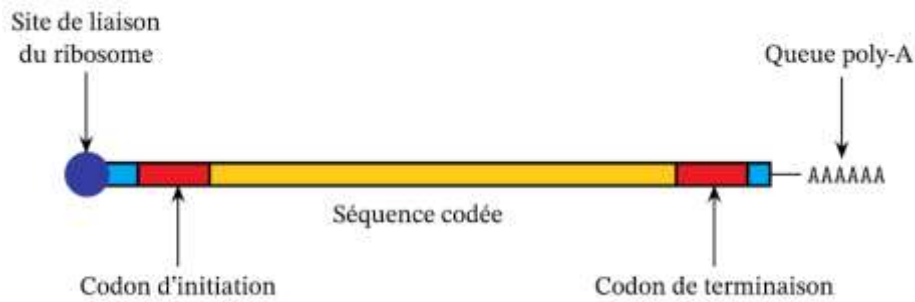


Figure 5.7. Schéma illustrant la structure type d'un transcrit d'ARN.

5.3.1. Transcription : chez les eucaryotes

- ◆ La **transcription** est la lecture d'un gène par une **ARN-polymérase** qui synthétise l'**acide ribonucléique messager** (ARNm) dont la structure primaire reproduit celle du **brin d'ADN**.
- ◆ Le **brin d'ADN matrice** est nommé brin (transcrit, anti-sens, non-sens, non codant ou brin-), le brin qui n'est pas transcrit et nommé brin (sens, codant ou brin+).

5.3.1.1. Les phases de la transcription

La transcription des gènes se déroule en trois phases principales : **initiation**, **élongation** et **terminaison**.

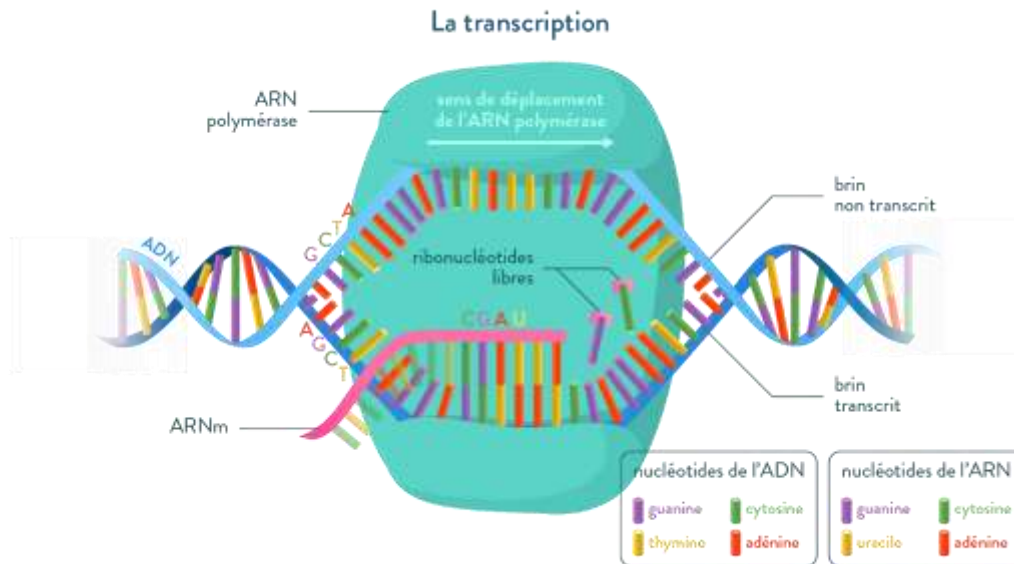


Figure 5.8. La transcription d'ADN.

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) ;

- ◆ 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**.

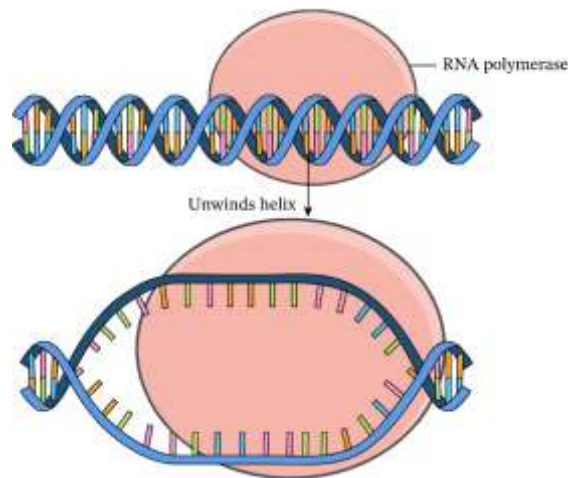


Figure 5.9. Phase d'initiation de la transcription.

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.

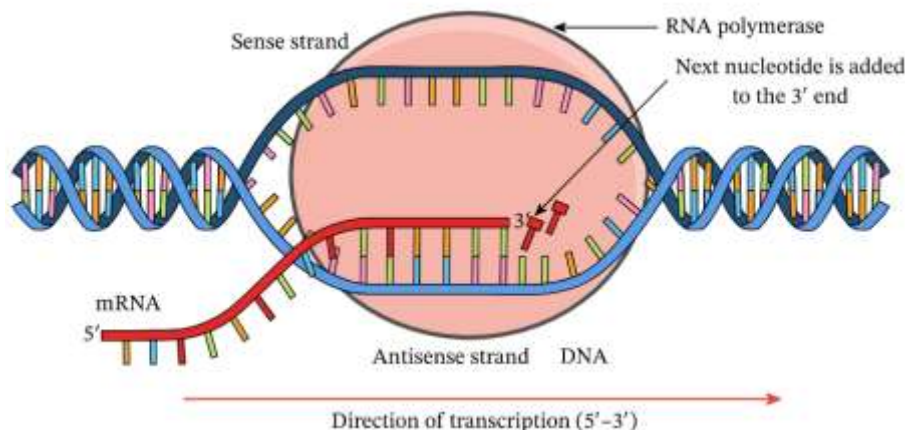


Figure 5.10. Phase d'élongation de la transcription.

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).

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) et d'une queue poly A du côté 3'.
- ◆ L'**épissage** de l'ARN pré messager est catalysée par un complexe enzymatique (**snRNP**), qui assure l'excision des **introns**, les **exons** restants 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.

5.3.2. Traduction : chez les eucaryotes

L'ARN messager produit dans le noyau passe dans le **cytoplasme** après maturation pour y être **traduit**.

5.3.2.1. Les phases de la traduction

La traduction se déroule en trois étapes : (a) **Initiation** (b) **Élongation** (c) **Terminaison**.

a. Phase d'initiation

La petite sous unité du ribosome se fixe à l'ARNm à un endroit de la molécule appelé **codon de départ (AUG)**. Puis, l'**ARNt—aa** se fixe au codon de départ (après **activation des acides aminés**), et la grande sous unité du ribosome se fixe à son tour grâce à l'énergie de la GTP. Le ribosome est prêt pour l'élongation.

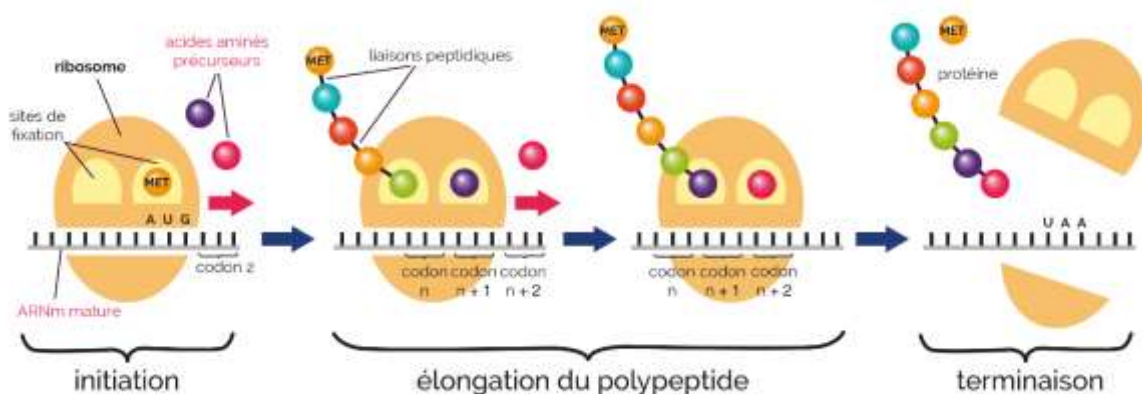


Figure 5.11 : La traduction de l'ARNm.

b. Phase d'élongation

- ◆ Un ARNt—aa s'ajoute au site A ;
- ◆ Formation du lien peptidique et transfert du polypeptide sur l'ARNt du site A ;
- ◆ L'ARNt—vide passe du site P au site E et l'ARNt—polypeptide passe du site A au site P (en tirant l'ARNm avec lui) ;
- ◆ L'ARNt libre est libéré ;
- ◆ Le ribosome est prêt pour l'ajout d'un autre ARNt—aa.

Le déplacement relatif du ribosome et de l'ARN messenger s'accompagne de l'**allongement progressif** de la chaîne polypeptidique. À chaque triplet de nucléotides de l'ARN messenger correspond un acide aminé précis qui s'incorpore à la chaîne polypeptidique en formation. La correspondance entre les triplets de nucléotides de l'ARN messenger et les acides aminés s'effectue selon les principes du **code génétique**.

Tableau 5.1. Le code génétique.

		deuxième nucléotide									
		U		C		A		G			
premier nucléotide	U	UUU	phénylalanine (phe)	UCU	sérine (ser)	UAU	tyrosine (tyr)	UGU	cystéine (cys)	U	troisième nucléotide
		UUC		UCC			UAC		UGC	C	
		UUA	leucine (leu)	UCA		UAA	codons STOP	UGA	codon STOP	A	
		UUG		UCG		UAG		UGG	tryptophane (try)	G	
	C	CUU	leucine (leu)	CCU	proline (pro)	CAU	histidine (his)	CGU	arginine (arg)	U	
		CUC		CCC		CAC	CGC	C			
		CUA		CCA		CAA	glutamine (gln)	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG	CGG	G			
	A	AUU	isoleucine (ile)	ACU	thréonine (thr)	AAU	asparagine (asn)	AGU	sérine (ser)	U	
		AUC		ACC		AAC	AGC	C			
		AUA	ACA	AAA		lysine (lys)	AGA	arginine (arg)	A		
		AUG	méthionine (met)	ACG		AAG	AGG	G			
	G	GUU	valine (val)	GCU	alanine (ala)	GAU	acide aspartique (asp)	GGU	glycine (gly)	U	
		GUC		GCC		GAC	GGC	C			
		GUA		GCA		GAA	acide glutamique (glu)	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG	GGG	G			

(64) codons d'ARNm ont été identifiés par les chercheurs.

1 codon : 3 bases / Acide aminé spécifique.

- ◆ Chaque triplet de nucléotides sur l'ADN correspond à un codon de l'ARN messenger ;
- ◆ Chaque codon de l'ARNm correspond à un anticodon spécifique de l'ARN transfert ;
- ◆ Chaque anti-codon correspond à un acide aminé spécifique.

c. Phase de terminaison

- ◆ Le ribosome parvient sur un des trois codons « stop » ou « non-sens », auquel ne correspond aucun acide aminé ;
- ◆ Une protéine de terminaison se lie au site A ;
- ◆ 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 ;
- ◆ Les sous-unités du ribosome sont libérées.

5.3.3. Transcription et traduction : chez les procaryotes

Chez les **procaryotes**, la transcription et la traduction sont **simultanées** (couplées) : l'ARN messenger est traduit en polypeptide au fur et à mesure de sa synthèse. Par contre, chez les **eucaryotes**, l'ARN messenger, transcrit et mûri dans le noyau, est transféré dans le cytoplasme pour être traduit.