

2024

2eme Bac Sciences PC

Cours



PR. FATHI Sara

Introduction :

Les expériences de Griffith ont montré qu'il existe une relation entre la substance héréditaire (ADN) et l'absence ou l'apparition d'un caractère spécifique.

- Quelle est cette relation ?
- Comment l'ADN est responsable sur l'apparition des caractères héréditaires qu'on peut observer et mesurer ?

I. Notion du gène, d'allèle et de mutation :**1- Notion du caractère héréditaire :**

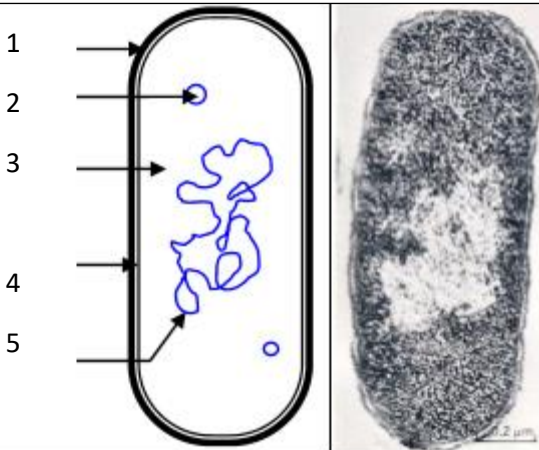
Le caractère héréditaire est une caractéristique qualitative (comme la couleur) ou quantitative (comme la longueur), qui caractérise un individu par rapport aux autres individus de son espèce ; il est transmis d'une génération à une autre, c'est pourquoi on parle des caractères héréditaires.

On peut observer quelques caractères à l'œil nu (la couleur des fleurs par exemple), alors que d'autres caractères ne peuvent être détectés que par des expériences ou des analyses spécifiques (le groupement sanguin par exemple).

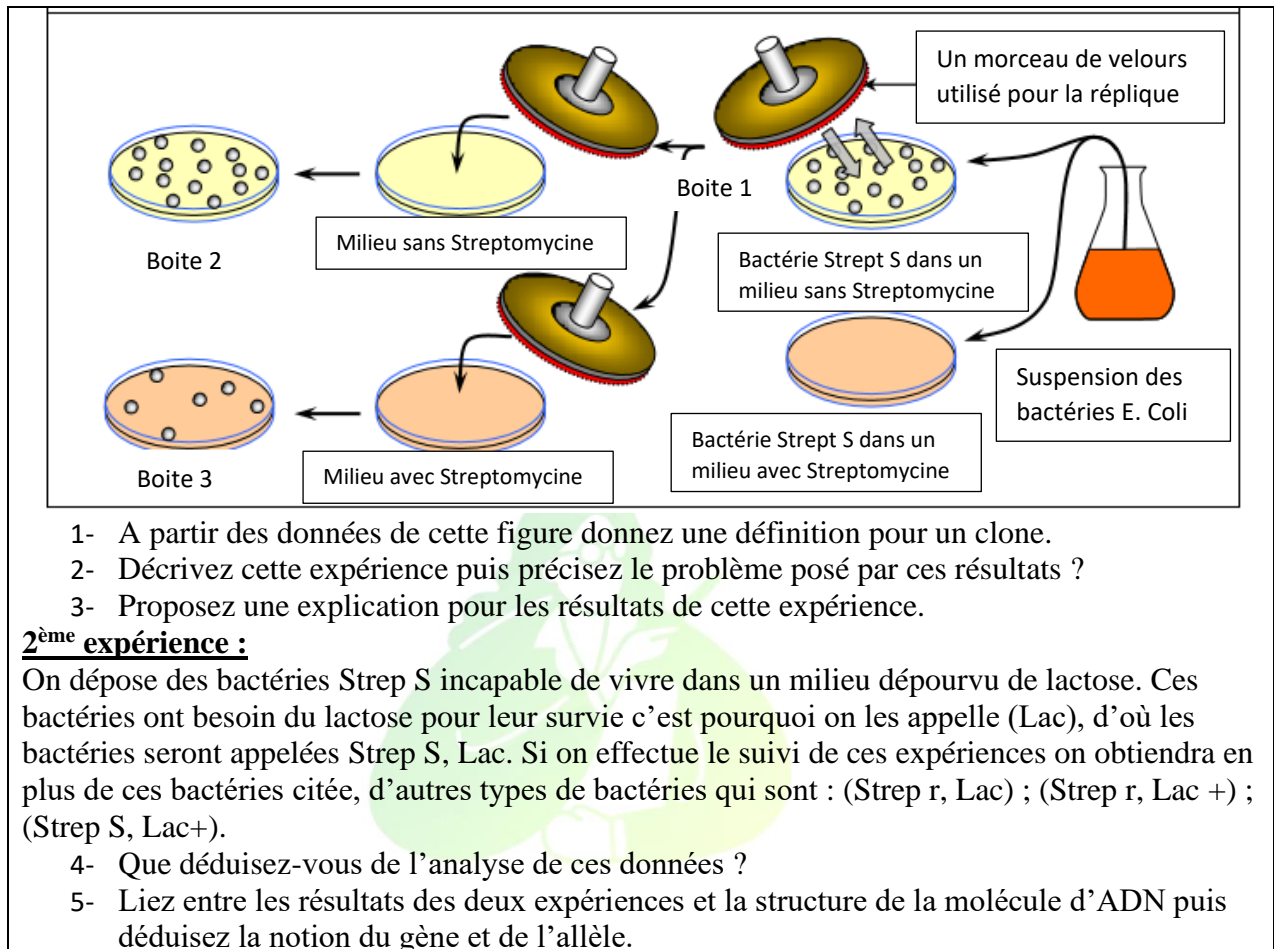
2- La relation entre l'information génétique et le caractère :**Figure 1 : La transformation bactérienne chez les Escherichia Coli.**

En effectue l'expérience sur un être vivant caractérisé par une structure simple et un cycle de croissance court comme les E. Coli. C'est une bactérie qui est généralement sensible à l'antibiotique Streptomycine on l'appelle Strep S.

Observation électronique des E. Coli avec un croquis explicatif.

**1^{ère} expérience :**

- On cultive des bactéries sensibles à la streptomycine (Strep S), dans un milieu nutritif en absence de la Streptomycine (Boite 1).
- On incube ces bactéries à un degré de température égale à 37°C pour plusieurs heures, on observe l'apparition de colonies bactériennes (Clone).
- Les bactéries ont été transférées à différents milieux comme la montre la figure ci-dessous :

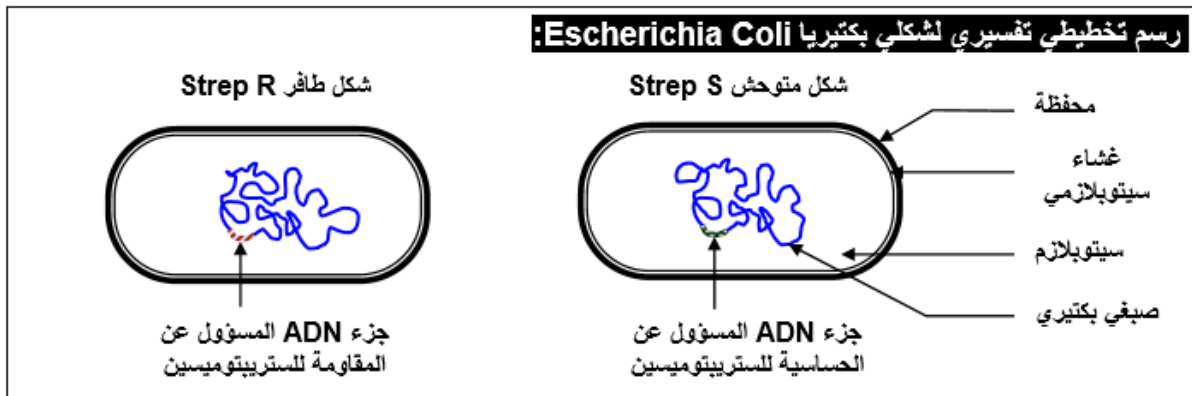


Les éléments correspondant aux numéros de la figure : 1- Capsule ; 2-Plasmide ; 3- Cytoplasme ; 4- Membrane cytoplasmique ; 5- Chromosome bactérien.

- 1- Le Clone est un ensemble des individus qui ont la même information génétique et donc les mêmes caractères.
- 2- On observe que les bactéries ne prolifèrent pas en présence de la Streptomycine (Strep S), Alors que d'autres bactéries résistantes à la Streptomycine apparaissent spontanément dans ce milieu. On les appelle (Strep R).

La question qui se pose est comment les Strep S sont devenues des Strep R ?

- 3- Puisque le caractère Strep S est héréditaire, et le caractère Strep R est aussi héréditaire, donc le facteur qui les contrôle dans ce cas est l'ADN. On ne peut pas expliquer la transformation des bactéries Strep S en des bactéries Strep R que par un changement brusque de l'information génétique (ADN). Des études ont montré que c'est un morceau de la molécule d'ADN qui a subi ce changement chez ces bactéries. Ce phénomène est appelé **mutation**. On dit que les bactéries Strep R sont des bactéries mutantes alors que les bactéries Strep S sont des bactéries sauvages.



4- On remarque dans cette expérience deux caractères :

- La relation avec la streptomycine qui montre deux formes : la forme sauvage Strep S, et la forme mutante Strep R.

- La relation avec le lactose qui montre aussi deux formes : la forme sauvage Lac et la forme mutante Lac+.

Et comme ça la souche sauvage pour les deux caractères est (Strep S, Lac) alors que la souche mutante pour les deux caractères est (Strep R, Lac+).

On remarque que l'apparition de la mutation dans un caractère n'est pas liée nécessairement à son apparition dans l'autre caractère, ceci peut être expliqué par le fait que les morceaux d'ADN responsables sur les deux caractères sont différents.

5- Puisque le changement au niveau de la matière héréditaire ADN, a provoqué une variation au niveau du caractère, ceci signifie que chaque caractère correspond à une partie bien spécifique de l'ADN, appelé **gène**. Chaque gène montre plusieurs formes appelées **allèles**.

3- La relation gène-protéine / caractère-protéine :

a- 1^{ier} exemple : Expérience de Beadle et Tatum :

Figure 2 : Expérience de Beadle et Tatum.

Pour détecter la relation caractère-protéine-gène, on utilise les données de l'expérience de Beadle et Tatum.

Neurospora est une moisissure microscopique sous forme de champignon qui se développe généralement sur le pain. La souche sauvage peut vivre dans un milieu minimum contenant le sucre+ l'eau+ les sels d'ammonium, alors qu'il existe une souche mutante incapable de vivre dans ce milieu.

Lorsqu'on cultive la souche mutante dans un milieu minimum + l'acide aminé tryptophane, on observe que celle-ci arrive à vivre et proliférer dans ce milieu.

1- Que déduisez-vous de cette expérience ?

La Tryptophane est synthétisé à travers une série de réactions enzymatiques qu'on peut résumer comme suit :



2- Que déduisez-vous, si on vous dit que quelques souches mutantes se contentent de la présence de l'acide antranilique dans le milieu pour qu'elles survivent et se prolifèrent ?

1- On observe que la souche mutante est incapable de synthétiser le tryptophane dans un milieu minimum contenant uniquement les sels d'ammonium. C'est pourquoi on attribue à cette souche le symbole Try⁻, et on dit qu'il s'agit d'une souche auxotrophe pour le tryptophane. Alors que la souche sauvage Try⁺ est autotrophe pour le tryptophane.

On déduit de cette observation que le caractère dépend de la capacité de la synthèse d'une protéine spécifique.

2- La souche mutante Try⁻ est incapable de transformer les sels d'ammonium en acide antranilique vu l'absence de l'enzyme E1.

On déduit donc que chaque caractère est lié à la synthèse d'une protéine spécifique qui dépend aussi d'une composition enzymatique spécifique.

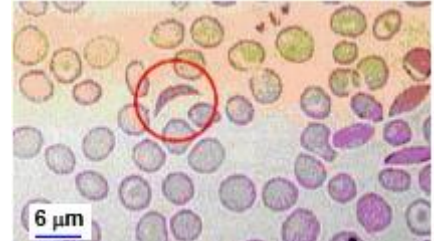
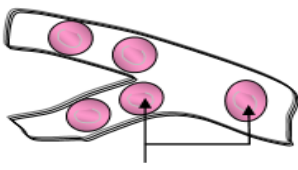
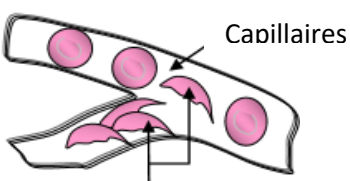
b- 2^{ème} exemple : L'anémie falciforme :

Figure 3 : L'anémie falciforme.

L'hémoglobine est une protéine qui se trouve dans les globules rouges (hématies) et qui joue deux rôles : un rôle fonctionnel qui consiste au transport des gaz respiratoires ; et un rôle structurel qui consiste à donner la forme ronde biconcave aux hématies.

L'anémie falciforme est une maladie métabolique provenant de la synthèse d'une hémoglobine anormale (formation des hématies sous forme de faucilles), On lui attribue le symbole (HbS), alors que le symbole attribué à l'hématie normale est (HbA). Voir la forme a.

Lorsque (HbS) libère l'oxygène, l'hémoglobine devient non soluble, et précipite sous forme de fibres rigides qui déforment les hématies, celles-ci perdent leur souplesse et bloquent ainsi les capillaires sanguins, ce qui provoque une insuffisance d'alimentation des cellules par l'oxygène (Forme b et c).

Forme a : Observation microscopique des hématies chez une personne atteinte de l'anémie falciforme.	Forme b	Forme c
	 <p style="text-align: center;">Hématies normales</p>	 <p style="text-align: center;">Hématies en forme de faucilles</p>

La forme d donne l'ordre des acides aminés formant une partie de la molécule de l'hémoglobine avec une partie des deux gènes contrôlant sa synthèse.

Gène responsable sur la synthèse de HbA	GTGCACCTTACTCCAGAGGAG CACGTGGAATGAGGTCCTC	
Hémoglobine HbA	val his leu thr pro glu glu 1 2 3 4 5 6 7	
Gène responsable sur la synthèse de HbS	GTGCACCTTACTCCAGTGGAG CACGTGGAATGAGGTCACCTC	
Hémoglobine HbS	val his leu thr pro val glu 1 2 3 4 5 6 7	

1- Comparez les chaînes HbS et HbA d'une part, et le gène HbA et HbS d'autre part.
2- Que déduisez-vous ?

- 1- La seule différence entre la chaîne β de l'hémoglobine HbA et l'hémoglobine HbS est le remplacement de l'acide aminé n°6 (Glu) chez HbA par l'acide aminé (Val) chez HbS.

La séquence des bases azotées de la partie du gène HbA diffère de la séquence des bases azotées de la partie du gène HbS, le couple nucléotidique n°17 a changé ; A-T en HbS a été remplacé par T-A en HbA.

- 2- Le remplacement de la séquence des bases azotées dans le gène, a provoqué une variation dans la séquence des acides aminés dans la protéine. On déduit qu'il y a une relation entre le gène et la protéine.

Chaque variation dans la structure de la protéine, provoque une variation dans le phénotype d'un caractère spécifique (variation de la structure de l'hémoglobine provoque la variation de la forme des hématies). Ceci montre qu'il existe une relation entre le caractère et la protéine.

c- Conclusion :

Chaque caractère traduit la présence d'une protéine structurale, ou une activité protéique spécialisée ; et chaque variation dans la séquence des bases azotées (Les nucléotides) dans la molécule d'ADN, engendre un changement dans la succession des acides aminés dans la chaîne protéique. Ceci signifie que c'est la succession des nucléotides dans la molécule d'ADN, qui précise la nature et la succession des acides aminés dans la protéine.

Chaque segment de l'ADN qui contrôle un caractère héréditaire est dit gène, et puisque chaque caractère présente plusieurs formes le gène qui le contrôle présente plusieurs formes aussi, chaque forme est appelée allèle.

II. Mécanisme de l'expression de l'information génétique : Du gène à la protéine.

Les gènes sont des segments d'ADN situés dans le noyau, alors que la synthèse des protéines a lieu au niveau du cytoplasme. Quelle est la structure qui joue le rôle de l'intermédiaire entre le noyau et le cytoplasme ?

1- L'intermédiaire entre le noyau et le cytoplasme :

a- Données expérimentales :**Figure 4** : Détection de l'intermédiaire entre le noyau et le cytoplasme.

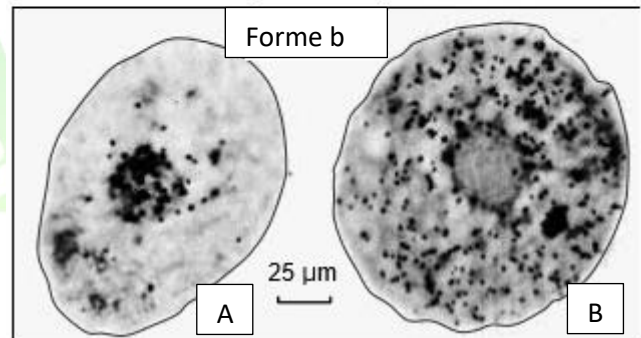
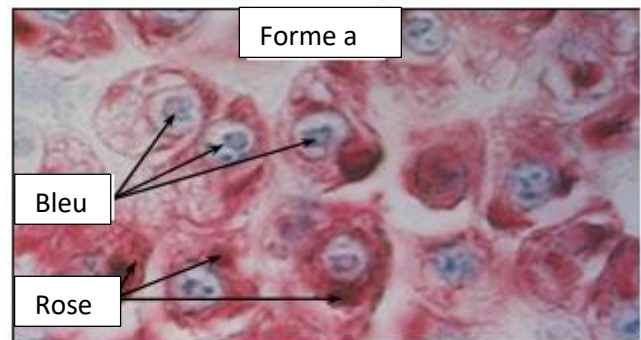
Les cellules renferment des molécules dont la composition chimique est proche à celle de l'ADN, elles sont appelées ARN. On détecte le positionnement des deux molécules à la fois dans les cellules du pancréas qui produisent une grande quantité des protéines en utilisant un mélange de deux colorants : Le vert de Méthyl qui colore l'ADN en bleu verdâtre, et le pyronine qui colore l'ARN en rose (Forme a).

On peut ajouter au milieu de culture des cellules un composant typique de l'ARN radioactif, puis on observe l'évolution de la radioactivité dans la cellule. Les résultats obtenus sont mentionnés dans la forme b de la figure :

A : Autoradiographie d'une cellule cultivée pendant 15 min dans un milieu contenant l'uracile radioactif.

B : Autoradiographie d'une cellule identique exposée pendant 15min à l'uracile radioactif, puis cultivée pendant 1h30min dans un milieu contenant l'uracile normal (non radioactif).

Les points noirs dans les photos représentent les lieux d'apparition de l'ARN radioactif.



Que déduisez-vous de ces données expérimentales ? Précisez la caractéristique de l'ARN en justifiant pourquoi il est appelé ARN messager ?

b- Analyse et déduction :

- A partir de la forme a de la figure, on remarque que la couleur bleu verdâtre est concentrée dans le noyau alors que la couleur rose se trouve au niveau du cytoplasme. On déduit de ces données que l'ADN se situe dans le noyau alors que l'ARN est situé au niveau du cytoplasme.

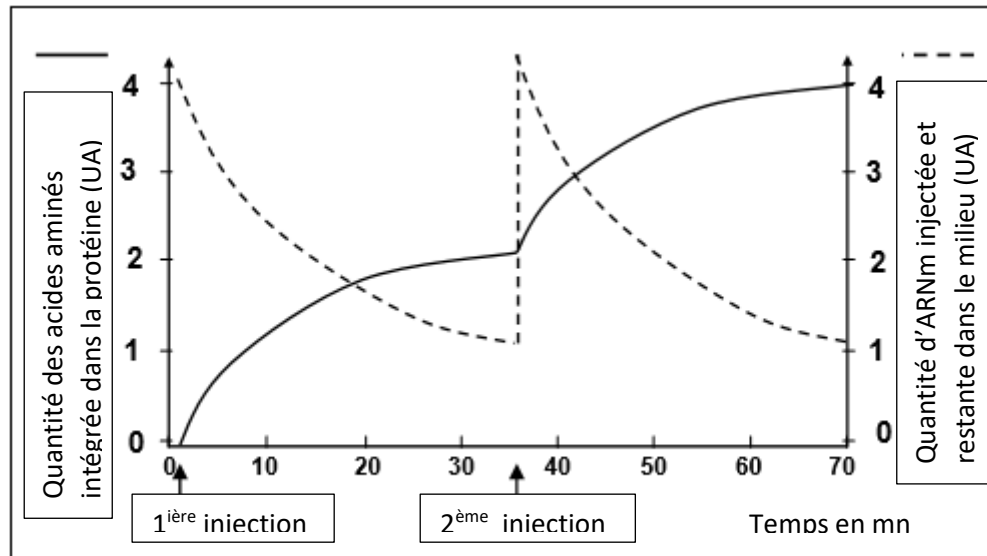
- A partir de la forme b de la figure on remarque que dans la 1^{ière} partie de l'expérience la radioactivité est concentrée au niveau du noyau, alors que dans la 2^{ème} partie de l'expérience la radioactivité s'est déplacée vers le cytoplasme.

On déduit que l'ARN est formé au niveau du noyau, et se déplace par la suite dans le cytoplasme, ce qui nous pousse à proposer que l'intermédiaire entre les gènes dans le noyau et les protéines dans le cytoplasme est l'ARN. C'est pourquoi il est appelé l'ARN messager et on lui attribue le symbole ARNm.

c- S'assurer de l'hypothèse :

Figure 5 : Expérience de synthèse des protéines in vitro.

A partir des colibacilles on prépare un extrait contenant tous les constituants cytoplasmiques nécessaires à la synthèse protéique mais dépourvu d'ADN. On ajoute à cet extrait, in vitro, des acides aminés et de l'ARNm pendant deux périodes différentes. La courbe ci-dessous montre l'évolution de la quantité d'ARNm et des acides aminés intégrés dans les protéines après chaque injection d'ARNm et des acides aminés.



Que déduisez-vous de l'analyse de cette figure ?

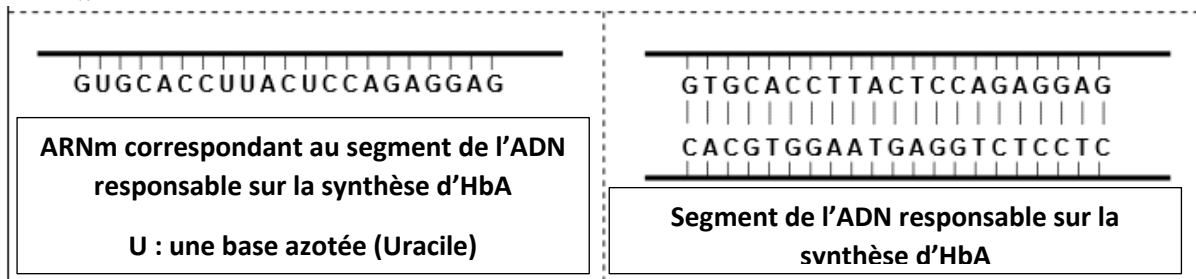
On remarque qu'après chaque injection d'ARNm et des acides aminés, la quantité des acides aminés intégrée dans les protéines augmente avec une diminution dans la quantité d'ARNm.

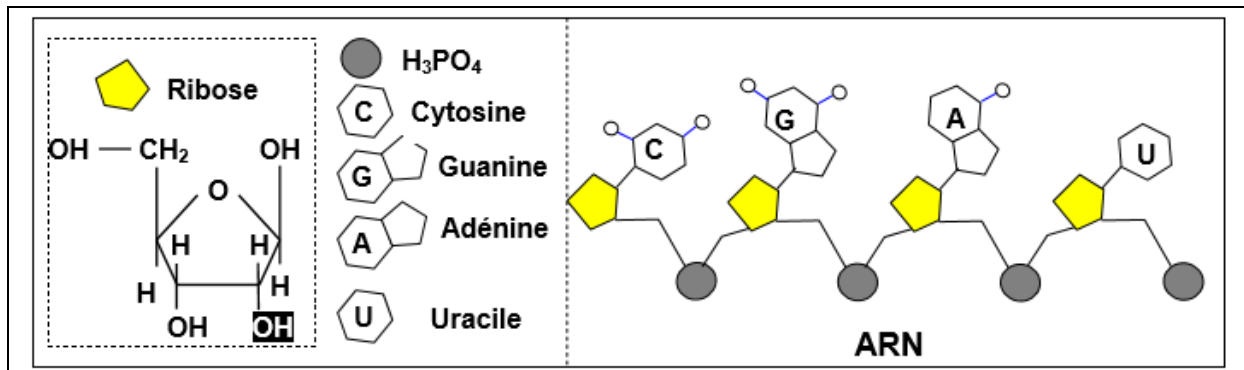
On déduit de cette expérience qu'il existe une relation directe entre la synthèse des protéines et la présence de l'ARNm, ceci signifie que l'ARNm joue le rôle de l'intermédiaire entre la substance héréditaire au niveau du noyau et la synthèse des protéines au niveau du cytoplasme.

2- Structure de la molécule de l'ARN :

Figure 6 : Comparaison entre la molécule d'ADN et la molécule d'ARN.

Les croquis ci-dessous présentent un segment du gène responsable sur la synthèse de l'hémoglobine HbA, et la molécule d'ARNm qui lui correspond. A partir de la comparaison des deux molécules et en se basant sur les données de la figure 7 déduisez la structure de l'ARN.

**Figure 7 :** Structure de la molécule d'ARN.



L'ARN est l'acide ribonucléique, il est constitué d'une chaîne de nucléotides sous forme d'un seul brin (hélice), chaque nucléotide est formé d'un acide phosphorique + Le ribose + une base azotée qui peut être soit l'Adénine, la guanine, la Cytosine ou l'Uracile.

3- Les étapes de l'expression du gène :

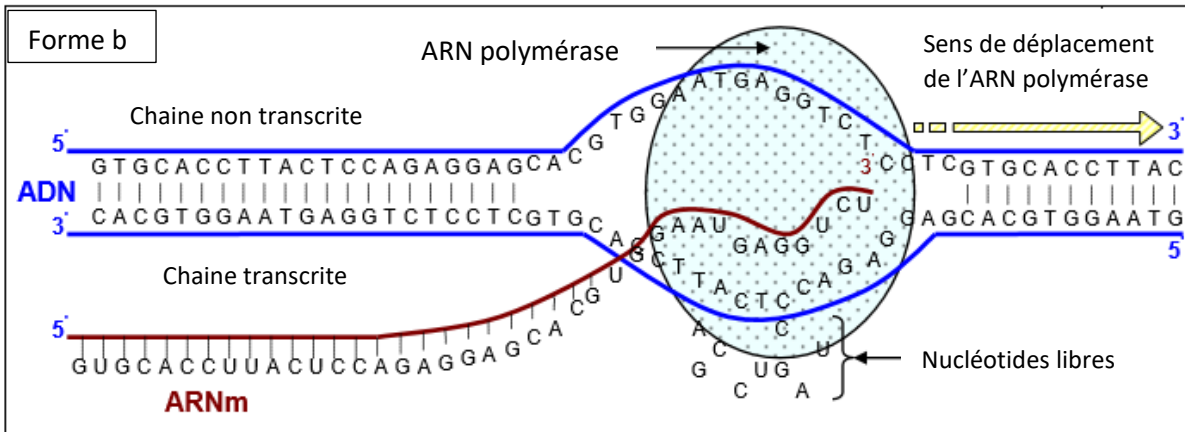
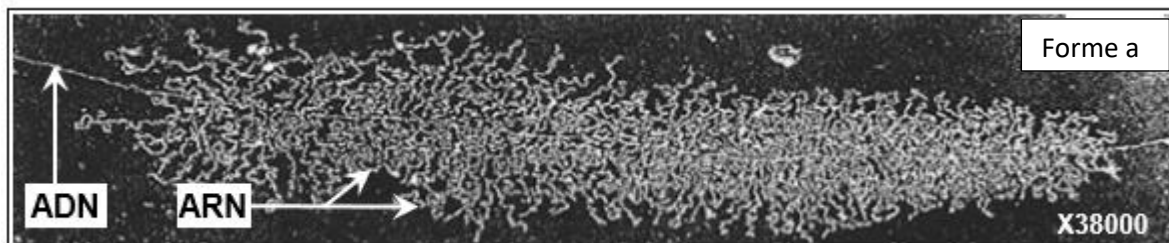
a- La phase de la transcription d'ARN : Du gène à l'ARNm :

Forme 8 : Structure de la molécule d'ARN.

Les structures de l'ADN et de l'ARNm sont proportionnellement semblables, vu qu'ils sont constitués de chaînes de nucléotides. La molécule d'ARNm joue le rôle de l'intermédiaire entre l'ADN dans le noyau et la synthèse des protéines au niveau du cytoplasme. L'ARNm transporte le message héréditaire de l'ADN d'une façon compatible. Ce mécanisme est appelé **la transcription**.

- La forme a de la figure représente une photo électronographique du noyau d'une cellule ovocytaire au cours de la phase de transcription.

- La forme b présente un croquis explicatif du mécanisme de la transcription de la molécule d'ARNm.



En se basant sur les données de cette figure, précisez les étapes de la synthèse de la molécule d'ARNm à partir de l'ADN.

La transcription de l'ARNm a lieu au niveau du noyau, par la suite l'ARNm se déplace vers le cytoplasme portant avec lui l'information génétique ou le code nécessaire pour la synthèse de

la protéine. L'ARNm est une copie de l'un des brins d'ADN, le mécanisme de la synthèse de l'ARNm à partir de l'ADN est appelé transcription, cette dernière s'effectue comme suit :

- L'ARN polymérase reconnaît les signaux héréditaires responsables sur le début de la synthèse de l'ARN et se fixe sur elles.
- L'ARN polymérase sépare les deux brins d'ADN sous l'effet du brisement des liaisons d'hydrogène qui reliaient les bases azotées complémentaires entre elles.
- L'ARN polymérase polymérise les nucléotides spécifiques à l'ARNm et ceci en fonction de la complémentarité entre les bases azotées de l'ARNm (A avec U et C avec G). La synthèse de l'ARNm commence du côté 5' et se forme dans le sens 3' → 5', par rapport au brin d'ADN transcrit.
- L'ARN polymérase reconnaît les unités codantes responsables sur la fin de la transcription (Codon stop), et comme ça la polymérisation s'arrête et la molécule d'ADN retourne à son état initial.

Et comme ça l'ARNm transfère le message génétique situé au niveau de la molécule d'ADN, du noyau vers le cytoplasme portant avec elle l'information génétique pour qu'elle se traduise en des protéines.

b- La phase de la traduction au niveau du cytoplasme : de l'ARNm à la protéine.

➤ Données sur les mutations :

Figure 9 : Données sur les mutations.

Les études sur les mutations ont permis de collecter les informations suivantes :

- Un changement d'un ou de deux ou de trois nucléotides successifs dans un gène provoque des changements successifs des nucléotides au niveau de l'ARNm, d'où un changement d'un seul acide aminé dans la protéine.
- Un changement de quatre ou cinq ou six nucléotides successifs dans le gène provoque une variation de la suite des nucléotides dans l'ARNm d'où une variation de deux acides aminés dans la protéine.
- Un changement de sept ou huit ou neuf nucléotides successifs dans le gène provoque un changement dans la suite des nucléotides au niveau de l'ARNm d'où la variation de 3 acides aminés dans la protéine.

Que pouvez-vous déduire de ces données ?

Ces données montrent que :

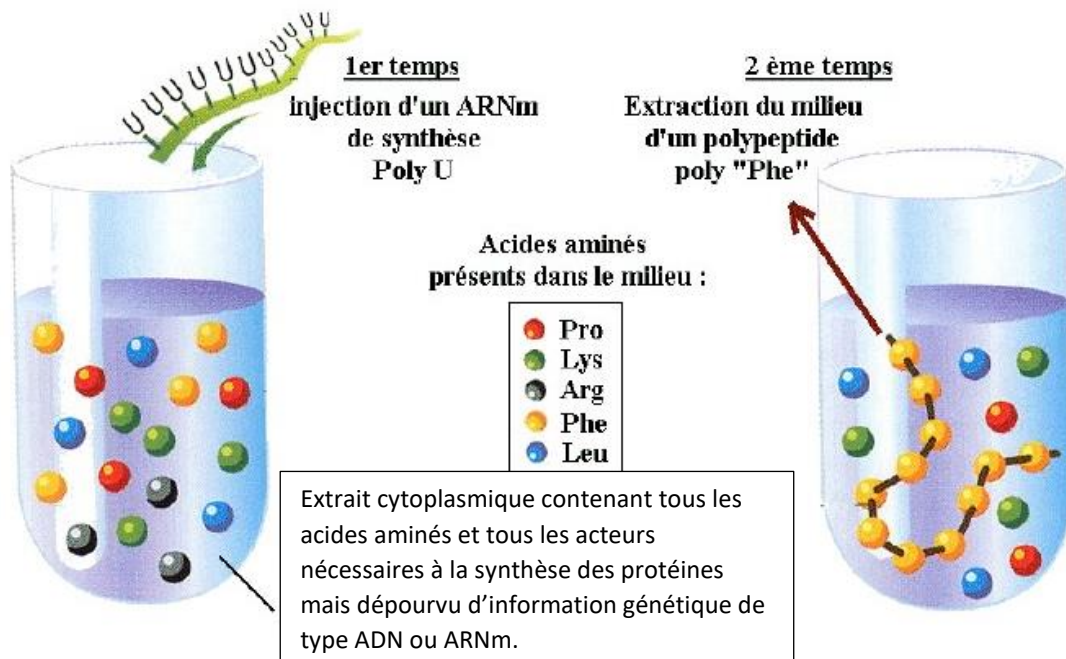
- Il existe une relation entre les nucléotides constituant l'ARNm et les acides aminés de la protéine.
- Le signal correspondant à un seul acide aminé dans la protéine, se fait par trois nucléotides dans l'ARNm.

➤ Expérience de Nirenberg et Matthaei (1962) :

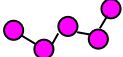
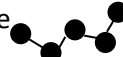
Figure 10 : Expériences de Nirenberg et Matthaei (1962).

Nirenberg et Matthaei réalisent l'expérience qui ouvre la voie au déchiffrement du code génétique. Ils mettent au point une méthode de synthèse protéique avec des extraits d'E. coli, de l'ATP, les 20 acides aminés et un ARN messager synthétique. En utilisant un ARN de

synthèse poly U, poly A ou poly C, ils obtiennent respectivement un polymère de phénylalanine, de lysine, ou de proline.



Khorona et son équipe finissent ensuite le déchiffrement du code avec des ARN messagers synthétiques comprenant de nombreux polynucléotides définis.

ARNm	polypeptide obtenu
Poly A	polymère de lysine 
Poly C	polymère de proline 

1- Que déduisez-vous de ces données ?

- Lorsqu'on utilise un ARNm Poly C on obtient un polymère de Proline.
- Lorsqu'on utilise un ARNm Poly A on obtient un polymère de lysine.
- Lorsqu'on utilise un ARNm Poly GU, on obtient une suite de deux acides aminés Val-Cys.

2- Précisez l'unité codante correspondante à chaque acide aminé présenté par cette expérience.

- 1- Ces données montrent que le code génétique se présente sous forme de trois nucléotides, le trio UUU correspond à l'acide aminé Phénylalanine.
- 2- Le codon CCC correspond à l'acide aminé Proline, et le codon AAA correspond à l'acide aminé Lysine alors que le codon GUG code pour l'acide aminé valine et le codon UGU code pour l'acide aminé Cystine.

On déduit de ces expériences que chaque trois nucléotide présentent un codon qui correspond à un acide aminé. On utilisant la même technique expérimentale, les chercheurs ont pu préciser les codons correspondant à 20 types d'acides aminés constituant les protéines. Les résultats obtenus sont collectés dans le tableau du code génétique présenté dans la figure 11.

Figure 11 : Tableau du code génétique.

		NUCLÉOTIDE 2 ^{ème} POSITION					
		U	C	A	G		
NUCLÉOTIDE 1 ^{ère} POSITION	U	UUU } phényl-alanine UUC } UUA } leucine UUG }	UCU } UCC } sérine UCA } UCG }	UAU } tyrosine UAC } UAA } non-sens UAG }	UGU } cystéine UGC } UGA } non-sens UGG } tryptophane	U C A G	
	C	CUU } CUC } leucine CUA } CUG }	CCU } CCC } proline CCA } CCG }	CAU } histidine CAC } CAA } glutamine CAG }	CGU } CGC } arginine CGA } CGG }	U C A G	
	A	AUU } AUC } isoleucine AUA } AUG } méthionine	ACU } ACC } thréonine ACA } ACG }	AAU } asparagine AAC } AAA } lysine AAG }	AGU } sérine AGC } AGA } arginine AGG }	U C A G	
	G	GUU } GUC } valine GUA } GUG }	GCU } GCC } alanine GCA } GCG }	GAU } acide GAC } aspartique GAA } acide GAG } glutamique	GGU } GGC } glycine GGA } GGG }	U C A G	
		NUCLÉOTIDE 3 ^{ème} POSITION					

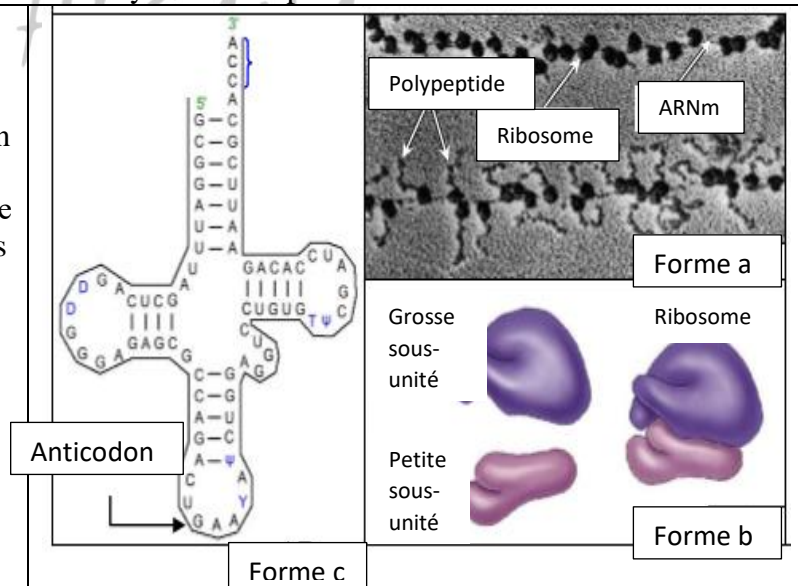
Les données expérimentales montrent que le code génétique est constitué de 4^3 c'est-à-dire 64 codons, chaque codon est constitué de trois nucléotides, où plusieurs codons correspondent au même acide aminé, alors que d'autres codons ne correspondent à aucun acide aminé, on dit que ces codons sont sans sens ou codon stop, car ils signifient la fin de la synthèse des protéines. Ces codons stop sont : UGA, UAG et UAA.

c- Les étapes de la traduction :

Figure 12 : Les éléments intervenant dans la synthèse des protéines.

La synthèse des protéines s'effectue en présence de l'ARNm, sauf qu'il existe d'autres éléments qui interviennent pendant cette opération pour que le message transmis sur l'ARNm se transforme en une chaîne des acides aminés (polypeptide). Les formes ci-dessous présentent ces principaux éléments :

- Forme a : Photo électronique qui montre la liaison des ribosomes avec l'ARNm.
- Forme b : Croquis de la structure des ribosomes.
- Forme c : Molécule d'ARNt.



La synthèse des protéines nécessite la présence, en plus de l'ARNm et le gène :

- Des ribosomes (Forme a), ce sont des petits organites cytoplasmiques chaque ribosome est constitué d'une grosse sous-unité et d'une petite sous-unité (Forme b), le rôle de ces organites est de traduire l'ARNm codon par codon et d'assembler la séquence des acides aminés par des liaisons peptidiques, les ribosomes se forment dans les nucléoles.

- De l'ARN transporteur (ARNt) qui se trouve dans le cytoplasme (Forme c) et qui est spécialisé dans le transfert des acides aminés libres compatibles aux codons. La molécule d'ARNt est composée des nucléotides, elle comporte deux sites :

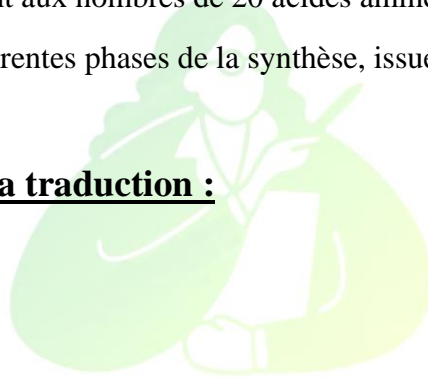
- Un site comportant trois nucléotides complémentaires au codon correspondant à un acide aminé spécifique, ces trois nucléotides sont appelées anticodon.
- Un site de fixation de l'acide aminé correspondant au codon.

- Des acides aminés qui sont aux nombres de 20 acides aminés naturels.

- Une énergie dans les différentes phases de la synthèse, issue du métabolisme énergétique.

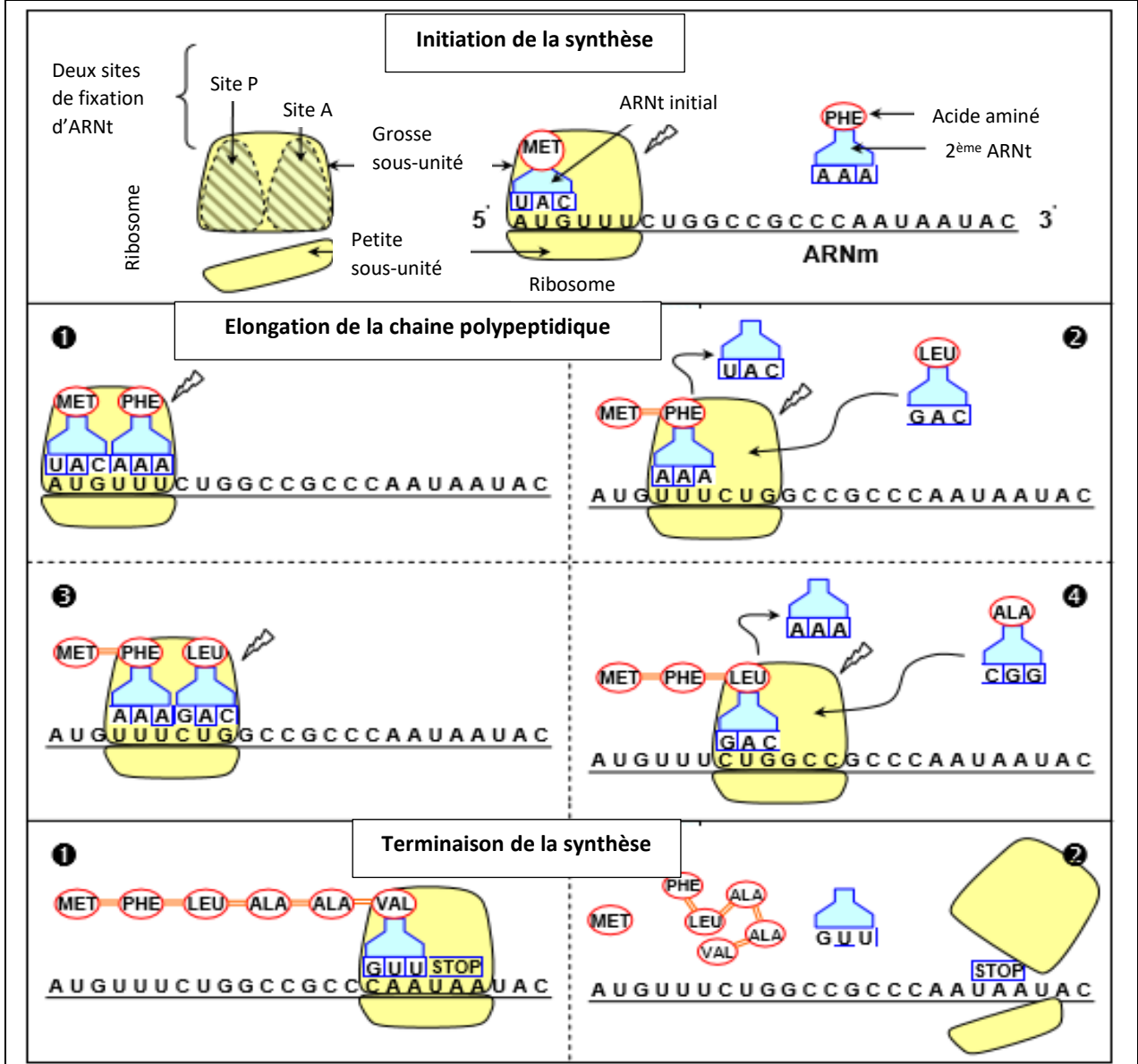
- Des catalyseurs.

- Les étapes de la traduction :



SVT

FATHISARA

Figure 13 : La traduction.

On peut résumer le phénomène de la synthèse des protéines comme suit :

- La 1^{ère} phase : L'initiation :

Au cours de cette phase les deux sous-unités du ribosome se fixent sur l'ARNm, au niveau du codon AUG qui représente le codon d'initiation et qui correspond à l'acide aminé Méthionine qui se lie à un ARNt spécifique appelé ARNt initial portant l'anticodon UAC.

- La 2^{ème} phase : L'élongation.

L'arrivée d'un 2^{ème} ARNt portant avec lui un autre acide aminé compatible au codon qui suit au niveau de l'ARNm.

Une liaison peptidique se forme entre la méthionine et l'acide aminé qui suit, et la méthionine se détache de l'ARNt initial qui quitte le ribosome.

Le ribosome se déplace sur le codon qui suit dans le sens 5' → 3' de l'ARNm, provoquant l'arrivée d'un 3^{ème} ARNt et comme ça les acides aminés se multiplient dans la chaîne polypeptidique.

- La 3^{ème} phase : La terminaison.

Lorsque le ribosome arrive au codon stop (UAA, UAG ou UGA), aucun acide aminé n'est intégré, car il n'y a pas d'ARNt complémentaire à ce codon. Les sous-sous-unités du ribosome se séparent de l'ARNm favorisant ainsi la libération de la chaîne polypeptidique dans le cytoplasme et l'acide aminé Met se sépare de la chaîne polypeptidique.



SVT

FATHISARA