

2024

# 1ère Bac Sciences Maths

**Cours**



Pr. FATHI Sara

---

## Introduction générale :

Hormis le cas des virus, la cellule est l'unité structurale de tout être vivant. Ainsi on peut distinguer entre les organismes unicellulaires, et les organismes pluricellulaires.

La cellule se compose de plusieurs organites qui accomplissent des fonctions biologiques diverses. Chez les organismes animaux et plusieurs organismes végétaux, tout individu pluricellulaire provient de la cellule œuf à travers une succession de mitoses. Chaque espèce se caractérise par des caractères qui se transmettent de génération en génération, par le biais de la reproduction sexuée, ou la reproduction asexuée. Ce sont les caractères héréditaires. On parle aussi de la transmission de l'information génétique.

- Où se situe l'information génétique au niveau cellulaire ?
- Comment s'effectue la transmission de l'information génétique à travers la mitose ?
- Quelle est la relation entre les caractères héréditaires et l'information génétique ?

## Chapitre 1 : Nature de l'information génétique et mécanisme de son expression.

### Introduction :

Les vrais jumeaux proviennent d'un seul œuf, après l'union du gamète mâle avec le gamète femelle. L'œuf issu de la fécondation se divise en deux cellules, chacune de ces dernières se développe pour donner deux embryons identiques qui partagent la plupart des caractères.

Cette ressemblance entre les vrais jumeaux signifie qu'ils ont reçu la même information de la cellule mère (l'œuf), donc les caractères héréditaires sont soumises à un programme génétique précis, localisé au niveau des cellules et passe d'une cellule à une autre au cours de la multiplication.

- Où se situe l'information génétique au niveau cellulaire ?
- Comment s'effectue la transmission à travers les cellules de l'être vivant ?
- Quel est la nature chimique de l'information génétique ?

### I- Localisation de l'information génétique :

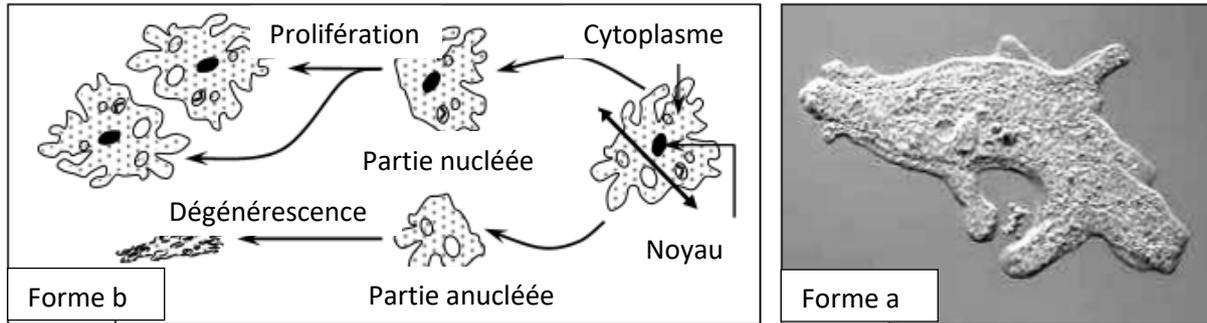
#### 1- Localisation de l'information génétique au niveau cellulaire :

##### a- Expérience de la microchirurgie chez l'amibe :

**Figure 1 :** Expérience de la microchirurgie chez l'amibe.

L'amibe (Forme 1) est un être vivant unicellulaire, il s'agit d'une masse protoplasmique microscopique dont le diamètre varie entre 127 et 340  $\mu\text{m}$ , sa forme est irrégulière, il renferme un vrai noyau ; il se déplace par glissement lent en utilisant des pseudopodes. La forme b de la figure montre un croquis explicatif des phases expérimentales de la

microchirurgie chez l'amibe.



Que déduisez-vous de l'analyse des résultats de cette expérience ?

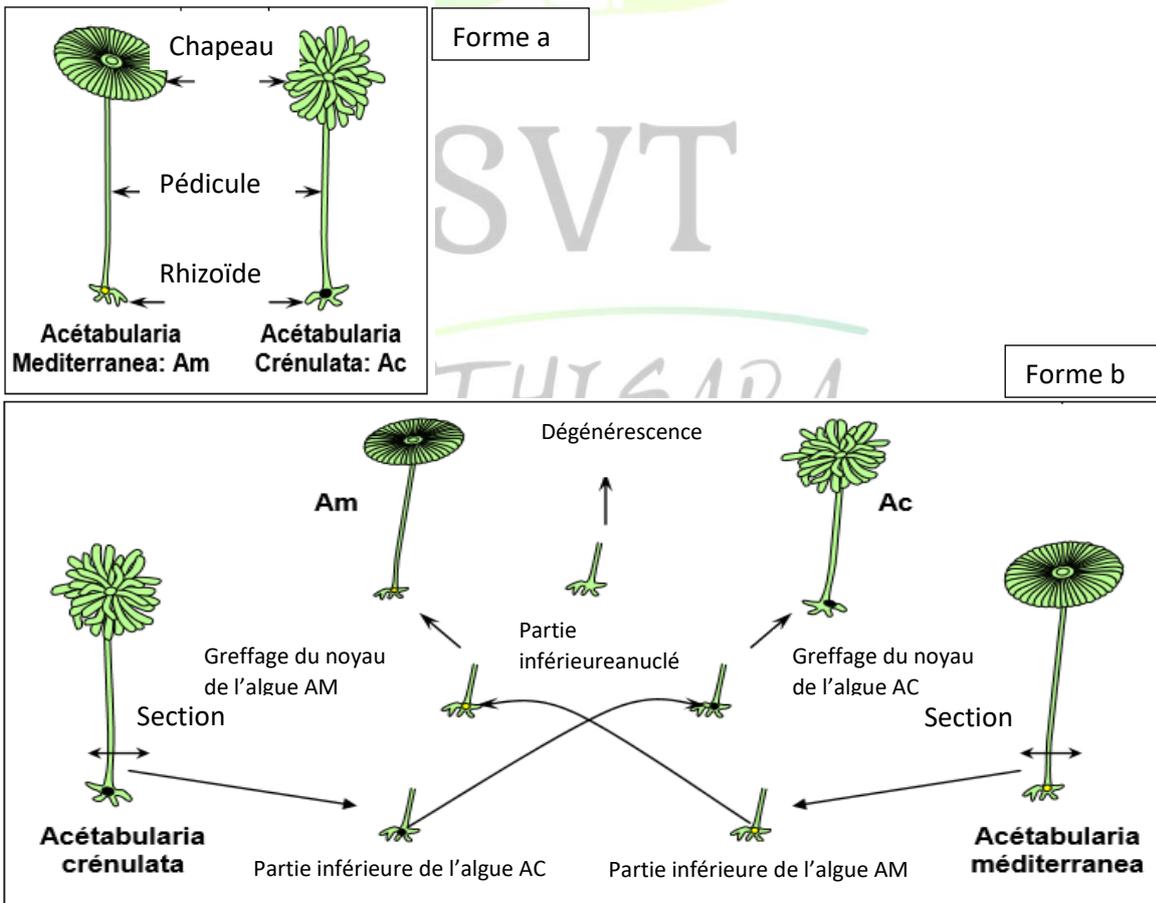
On remarque que la partie nucléée reste en vie, régénère la partie amputée et prolifère, alors que la partie anucléée dégénère. On déduit que le noyau est nécessaire pour la survie des cellules et leurs proliférations.

**b- Expériences de la section et du greffage chez l'acétabulaire :**

**Figure 2 :** Expériences de la section et du greffage chez l'acétabulaire.

L'acétabulaire est l'une des algues vertes marines unicellulaires. La forme a de la figure montre des croquis de deux espèces de cette algue.

Hamerling et son équipe ont effectué l'expérience de la section et du greffage sur ces deux espèces d'acétabulaire. La forme b de la figure montre les conditions et les résultats de cette expérience.



- 1- Précisez le but de cette expérience.
- 2- Proposez une hypothèse qui explique la forme du chapeau obtenu après le greffage.

1-Le but de cette expérience est de préciser le rôle du noyau dans la vie de la cellule.

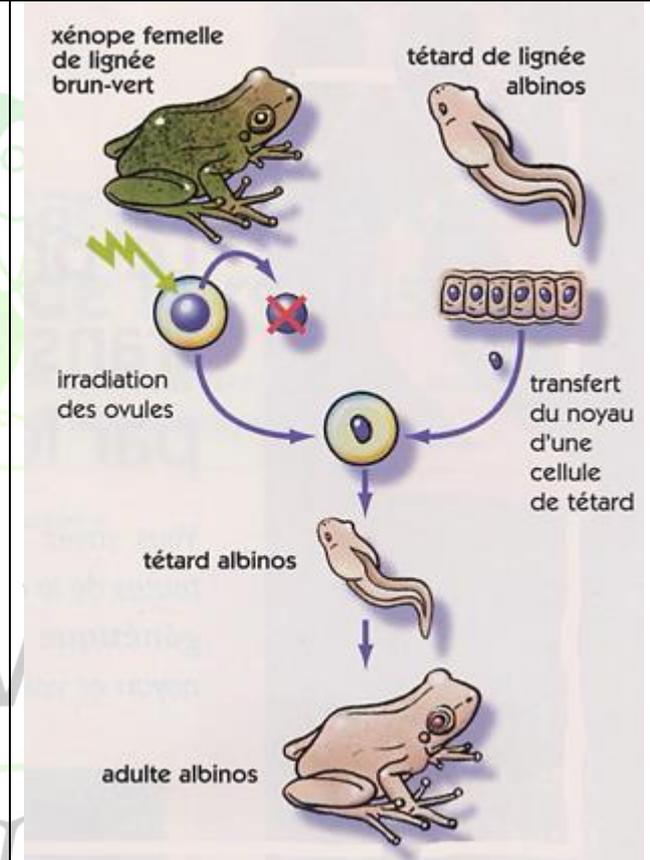
2-On remarque que seul le rhizoïde qui comporte le noyau reste en vie et régénère l'algue entière avec les mêmes caractères de la cellule d'origine du noyau, c'est-à-dire que la forme du chapeau est relative au type du noyau. A partir de ces résultats on peut supposer que le noyau est responsable sur la forme du chapeau donc c'est lui qui comporte l'information génétique.

### c- Expérience du clonage du Xénope :

**Figure 3 :** Expérience de Gurdon.

Pour préciser l'emplacement de l'information génétique dans la cellule, le biologiste anglais Gurdon a travaillé, en 1960, sur des amphibiens de l'espèce xénope. Par irradiation aux ultra-violets, il détruit les noyaux d'ovules pondus par des femelles de variété sauvage de couleur brun-vert. Dans ces ovules sont transplantés des noyaux des cellules d'intestin de têtard d'une lignée de xénopes albinos (blancs). Sur 54 œufs ainsi préparés, 30 ont donné des adultes, tous identiques entre eux et albinos.

A partir des données de cette figure montrez comment l'expérience de Gurdon a pu prouver les données présentées dans les expériences de section cellulaire chez l'acétabulaire concernant la localisation de l'information génétique.



La transplantation des noyaux du têtard albinos dans les ovules dépourvues de noyaux chez un xénope de lignée sauvage, a donné comme résultat des xénopes albinos.

Ces xénopes albinos issus du clonage présentent les mêmes caractères du xénope dont on a pris le noyau, d'où le caractère albinos c'est transféré du noyau du xénope albinos et non pas du cytoplasme du xénope normal.

Ces données confirment les déductions des expériences précédentes que le noyau est l'emplacement de l'information génétique.

## 2- Conclusion :

Toutes les expériences précédentes montrent que le noyau est nécessaire pour la survie des cellules et pour leur prolifération, et qu'il réagit sur composition formelle de la cellule, d'où l'information génétique est située au niveau du noyau.

## II- Le transfert de l'information génétique par la mitose :

### 1- La mitose chez les cellules végétales :

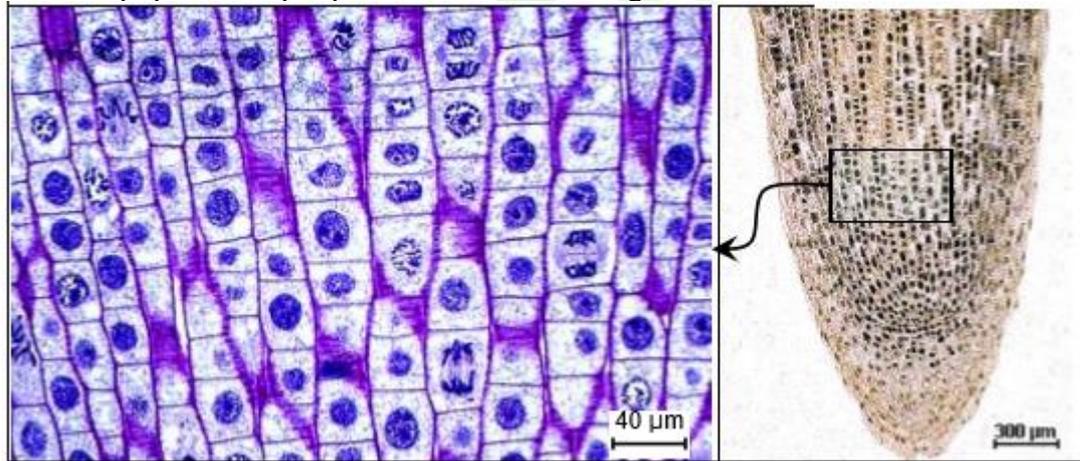
La croissance des organismes et le renouvellement de leurs cellules se fait par la prolifération cellulaire, où la cellule mère est divisée en deux cellules filles identiques et qui ressemblent à la cellule mère. Ce type de division est appelé mitose.

Ce type de division conserve l'origine biologique de la cellule, comment intervient-il dans le mécanisme du transfert de l'information génétique ?

#### a- Observation des cellules végétales dans les phases de la mitose :

**Figure 4 :** Observation microscopique des cellules de la racine d'oignon.

Les formes ci-dessous montrent des photos électrographiques des observations microscopiques de la périphérie de la racine d'oignon.



A partir de l'analyse de cette figure montrez comment s'effectue la prolifération cellulaire.

Ces observations montrent que la racine est composée de petites cellules avec des noyaux qui apparaissent différents : Quelques noyaux sont volumineux de forme circulaire entourés par des membranes nucléaires renfermant un réseau dense de filaments nucléaires appelé chromatine en plus des nucléoles ; ces noyaux sont en état de latence. Les noyaux d'autres cellules ont été remplacés par des structures filamenteuses appelées chromosomes et sont considérés dans l'état de la mitose.

#### b- Les phases de la mitose :

**Figure 5 :** Les phases de la mitose.

La forme a de la figure montre des photos électrographiques de quelques cellules en cours de division.

- 1- Classez les photos de la forme a puis proposez un titre convenable pour chaque photo avec un commentaire.

La forme b de la figure présente des croquis explicatifs pour des observations microscopiques des cellules végétales et animales en cours de division.

- 2- Donnez les noms correspondant à chaque élément de la figure puis précisez le nom de chaque phase ainsi que le nombre des chromosomes. Que déduisez-vous ?
- 3- Décrivez les principales caractéristiques de chaque phase de la mitose.

**Forme a : Photos électronographiques de quelques cellules en cours de division.**

**Forme b : Croquis des observations microscopiques pour des cellules animales et végétales.**

Nb. Chro	Cellule animale	Cellule végétale	Nb. Chro	Phase
4			6	Pr op ha
4			6	M ét ap ha
4 + 4			6 + 6	A na ph
4			6	Té lo ph

1- L'ordre chronologique des photos est : 2-5-4-3-1

Commentaire sur les photos :

- Photo 2 : L'interphase avant la mitose, le noyau comporte un réseau dense de filaments nucléaires c'est la chromatine.
- Photo 5 : La chromatine disparaît car elle se rassemble sous forme de chromosomes. C'est la prophase.
- Photo 4 : Les chromosomes se placent au milieu de la cellule formant une plaque équatoriale. C'est la métaphase.

- Photo 3 : Séparation des chromosomes en deux groupes, chacun migre vers l'un des pôles de la cellule. C'est l'anaphase.

- Photo 1 : Disparition des chromosomes et réapparition de la chromatine dans chaque pôle de la cellule, ainsi deux noyaux séparés se forment. C'est la télophase.

2- On déduit de ces données qu'au cours de la mitose, on passe d'une cellule mère diploïde en deux cellules filles identiques et qui ressemblent à la cellule mère (2n).

3- Les caractéristiques des phases de la mitose :

**a- La prophase :**

C'est lors de cette phase que l'ADN se condense sous forme de chromosomes. Tous les filaments de chromatine (les molécules d'ADN) ont été dupliqués pendant l'interphase. Chaque chromosome est donc constitué de deux filaments de chromatine (deux molécules d'ADN) identiques reliés entre eux par le centromère. C'est aussi durant cette phase que l'enveloppe nucléaire se désagrège et une zone claire apparaît dans les deux pôles de la cellule qu'on appelle **calotte polaire** entre lesquelles apparaît le fuseau achromatique.

**b- La métaphase :**

C'est alors que se produit le rassemblement des chromosomes condensés à l'équateur de la cellule pour former la plaque équatoriale (située à mi-chemin des pôles). On observe que les chromosomes sont alignés selon leur centromère.

**c- L'anaphase :**

Pendant cette phase très rapide, les chromatides sœurs se séparent et migrent vers les pôles opposés de la cellule.

**d- La télophase :**

C'est la dernière phase de la mitose, les chromatides sont maintenant aux deux pôles opposés de la cellule et celle-ci commence à se scinder en deux. Deux enveloppes nucléaires se forment autour des chromatides qui commencent à se décondenser.

Ensuite, la cellule termine de se diviser complètement en deux cellules filles. À la fin de la mitose, on obtient donc deux cellules filles, ayant chacune le même génome que la cellule mère.

**2- La mitose chez une cellule animale :**

D'après l'observation des différentes phases de la mitose chez une cellule animale, on remarque qu'elle ressemble dans ces grandes lignes à la mitose chez les cellules végétales, avec la présence de deux principales différences :

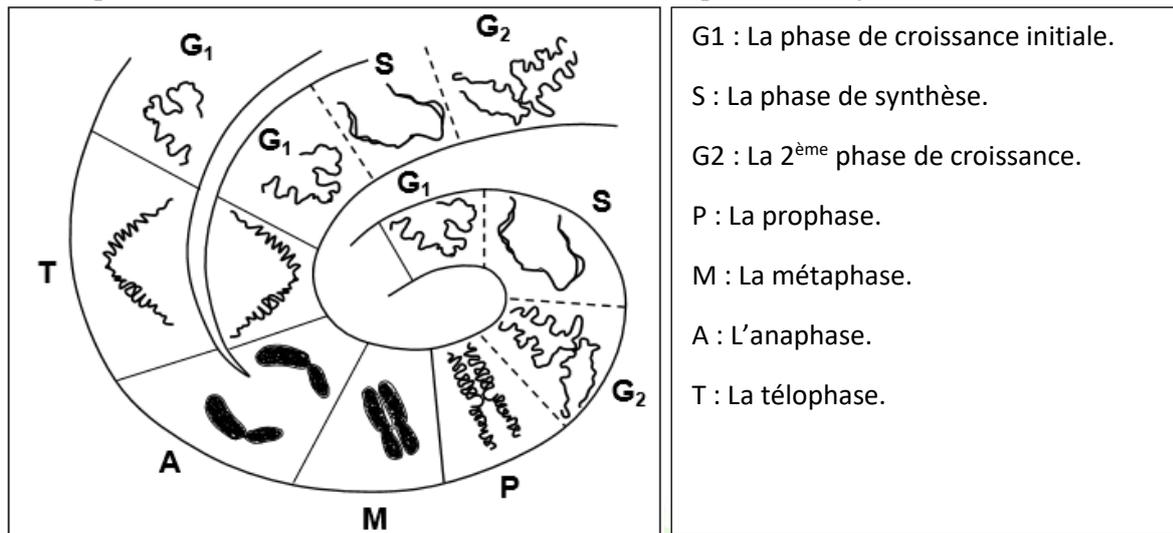
- La cellule animale comporte un organite spécifique appelé le centrosome constitué de deux centrioles, pendant la prophase le centrosome se dédouble en deux centrosomes fils, chacun s'entoure de fibres formant un aster. Chaque aster migre vers un pôle de la cellule.

- Au cours de la télophase, la séparation des deux cellules filles chez la cellule animale se fait par un étranglement du cytoplasme dans la région équatoriale de la cellule.

**3- Le cycle cellulaire :**

**Figure 6 :** Notion du cycle cellulaire.

Le croquis ci-dessous montre l'état des chromosomes pendant le cycle cellulaire.



G<sub>1</sub> : La phase de croissance initiale.

S : La phase de synthèse.

G<sub>2</sub> : La 2<sup>ème</sup> phase de croissance.

P : La prophase.

M : La métaphase.

A : L'anaphase.

T : La télophase.

Que déduisez-vous de l'analyse de ces données ?

Chaque mitose est précédée d'une phase de latence (**Interphase**) caractérisée par les évolutions suivantes :

- **La phase G<sub>1</sub>** : c'est la phase de croissance initiale et elle représente généralement la phase la plus longue du cycle cellulaire ; au cours de laquelle le filament de chromatine est long et fin.
- **La phase S** : est caractérisée par le doublement progressif de la quantité d'ADN dans la cellule. On l'appelle phase de réplication ou de duplication.
- **La phase G<sub>2</sub>** : La chromatine est dupliquée, chaque filament est considéré comme une copie de son homologue auquel il est lié au niveau du centromère.

Après l'interphase, la cellule subit une mitose caractérisée par les évolutions suivantes :

- La prophase (P) : La spiralisation de la chromatine qui donne des chromosomes.
- La métaphase (M) : La spiralisation des chromosomes est maximale.
- L'anaphase (A) : Les chromatides de chaque chromosome se séparent au niveau du centromère pour donner deux chromatides homologues chacun migre à un des pôles de la cellule.
- La télophase (T) : Le retour à l'état de la chromatine puis les cellules entrent à nouveau dans la phase de latence.

La mitose et l'interphase qui le précède forme le cycle cellulaire, qui permet d'obtenir deux cellules filles identiques. Chaque cellule reçoit les mêmes chromosomes, c'est-à-dire la même information génétique. C'est ce qui explique la ressemblance entre les cellules filles d'une part et entre celles-ci et la cellule mère d'autre part. D'où le stock héréditaire est transmis d'une génération à une autre sans changement, c'est le transfert identique de l'information génétique.

### **III- La nature chimique du matériel génétique :**

#### **1- Recherche de la nature chimique de l'information génétique :**

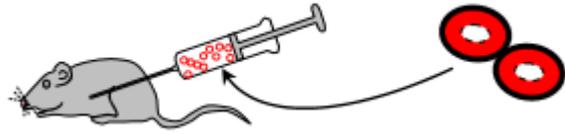
### a- L'expérience de Griffith (1928) :

**Figure 7 :** Expérience de Griffith.

Le pneumocoque est une bactérie dont la paroi est doublée d'une capsule protectrice de composition glucidique. Les pneumocoques sont responsables sur la pneumonie. Il existe plusieurs souches de pneumocoques. Le physiologiste anglais nommé Griffith a utilisé deux souches S et R ayant des caractéristiques différentes :

- S : présente un aspect lisse (South) grâce à la présence d'une capsule.

- R : sans capsule, a un aspect rugueux (Rough).

Expériences	Conditions expérimentales	Résultats	Analyse du sang
1	 <p>Injection des pneumocoques S vivants</p>	Mort de la souris	Présence de pneumocoques S vivants
2	 <p>Injection des pneumocoques R vivants</p>	Survie de la souris	Absence de tout pneumocoque
3	 <p>Injection des pneumocoques tués (sans capsule)</p>	Survie de la souris	Absence de tout pneumocoque
3	 <p>Injection des pneumocoques R vivants et des pneumocoques S tués</p>	Mort de la souris	Présence de pneumocoques S vivants

Que déduisez-vous de l'analyse des résultats des expériences de Griffith ?

- Analyse :

- ✓ Lorsqu'on a injecté des pneumocoques S vivants à une souris normale, on a observé la mort de la souris. Il s'agit d'une bactérie virulente.
- ✓ Lorsqu'on a injecté des pneumocoques R vivants à une souris normale, on a observé que la souris reste en vie. Il s'agit d'une bactérie avirulente.
- ✓ Après la destruction des pneumocoques S et leur injection à des souris normales, ces derniers restent en vie. En perdant leur capsule, les pneumocoques S tués perdent leur effet virulent.
- ✓ Lorsqu'on a injecté des pneumocoques R vivants et des pneumocoques S tués à la fois à une souris normale, on a observé la mort de cette dernière en plus que l'analyse d'un échantillon de son sang a montré la présence des pneumocoques S vivants.

- Conclusion :

- On déduit des 3 premières expériences que le facteur responsable sur la mort de la souris est la présence de la capsule, car les pneumocoques R qui ne possèdent pas de capsules ne provoquent pas la mort de la souris.

- On déduit de la dernière expérience que les pneumocoques S vivants détectés dans le sang de la souris morte, ne peuvent s'expliquer que par la transformation des pneumocoques R vivants en des pneumocoques S vivants. Pour expliquer cette transformation, Griffith a supposé que le pneumocoque S tué a transformé le pneumocoque R vivant en S vivant et ceci à travers une substance qu'il lui a transmis. Griffith a appelé cette substance **Le principe transformant**.

### **b- Expériences d'Avery et ses collaborateurs (1944) :**

**Figure 8 :** Expériences d'Avery, Macleod et McCarthy (1944).

Pour préciser le principe transformant, c'est-à-dire l'agent responsable sur la transformation des bactéries R non nocives en des bactéries S nocives, ces chercheurs ont ajouté des enzymes spécifiques pour décomposer quelques constituants chimiques de la bactérie. Les résultats obtenus sont comme suit :

- Bactérie R vivante + bactérie S tué + enzyme décomposant des protéines = Transformation des bactéries R en des bactéries S vivantes.
- Bactérie R vivante + bactérie S tué + enzyme décomposant des lipides = Transformation des bactéries R en des bactéries S vivantes.
- Bactérie R vivante + bactérie S tué + enzyme décomposant l'ARN = Transformation des bactéries R en des bactéries S vivantes.
- Bactérie R vivante + bactérie S tué + enzyme décomposant l'ADN = Absence de transformation des bactéries R en des bactéries S vivantes.

- Injection d'ADN de la bactérie S à la bactérie R vivante, puis l'injection de cette dernière à la souris = La mort de la souris et l'analyse d'un échantillon de son sang montre la présence des bactéries S vivantes.

Que déduisez-vous de l'analyse des résultats de ces expériences ?

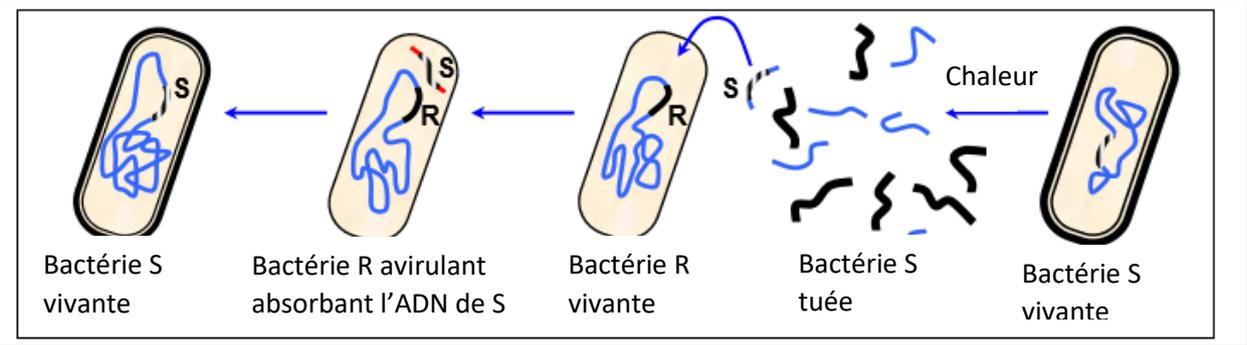
- On remarque que le principe transformant n'est pas influencé par les enzymes décomposeurs des protéines, des lipides et de l'ARN.

- On remarque que la transformation bactérienne n'a pas eu lieu lorsqu'on utilise des enzymes décomposant l'ADN, (Acide désoxyribonucléique), de plus l'injection de l'ADN de la bactérie S à la bactérie R transforme cette dernière en une bactérie S vivante.

On déduit de ces données que l'agent responsable sur la transformation de la bactérie R vivante en une bactérie S vivante est l'ADN, d'où le principe transformant est la molécule d'ADN.

### **c- Explication du mécanisme de la transformation bactérienne :**

**Figure 9 :** Mécanisme de la transformation bactérienne.



Après la mort des pneumocoques S virulents, leur ADN se décompose en des petits fragments, quelques fragments de l'ADN des pneumocoques S sont incorporés dans l'ADN des pneumocoques R vivants, qui deviennent capables de former la capsule responsable sur la maladie, d'où leur transformation en des pneumocoques S vivants donc il y a eu transmission d'un caractère héréditaire de S à R.

**d- Le cycle de vie du bactériophage :**

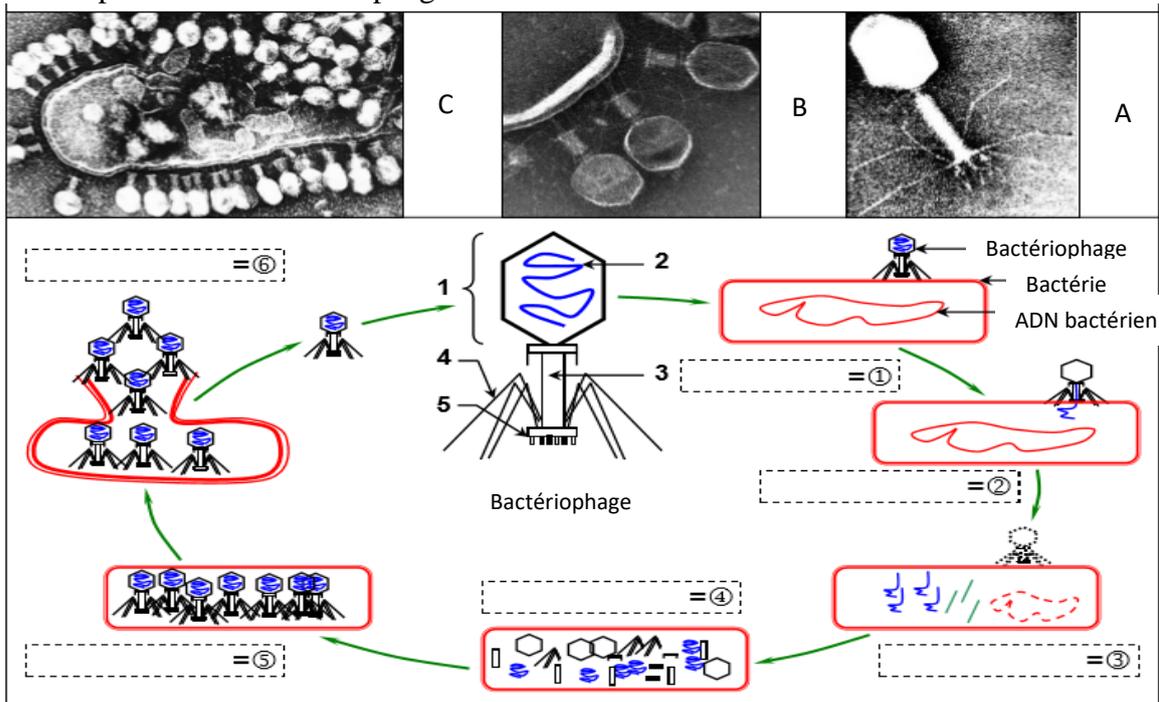
**Figure 10 :** Mécanisme de la prolifération des bactériophages.

Après les expériences d'Avery et ses collaborateurs, et leur proposition de la nature du principe transformant, les chercheurs Martha Chase et Alfred Hershey (1952), ont pu confirmer la nature chimique de l'information génétique.

Ces chercheurs se sont basés dans leurs expériences sur la multiplication des bactériophages qui représentent des virus qui se multiplient dans des bactéries hôtes, et ceci en des phases (voir les photos électronique et le croquis ci-dessous).

Les virus représentent une forme vivante, ils procèdent une forme géométrique, constitués de protéines médiés par un ADN et parfois un ARN comme le cas de la grippe et du VIH. Ils n'ont pas un métabolisme spécial car ils se développent en dépendant d'autres cellules.

En se basant sur les données de cette figure, que déduisez-vous de l'explication du mécanisme de la multiplication des bactériophages ?



A : Structure du bactériophage. B : Fixation des bactériophages. C : Multiplication des bactériophages.

- Le bactériophage est constitué d'une tête (1) renfermant une molécule d'ADN (2), entouré d'une couche protéique appelée gaine (3), il contient aussi des fibres caudales (4) et une plaque aplatie contenant des épines caudales (5) qui facilitent la fixation du bactériophage sur la cellule hôte.

- Les bactériophages se multiplient à l'intérieur d'une cellule hôte selon les phases suivantes :

1- Fixation du bactériophage sur la bactérie.

2-Pénétration de la molécule d'ADN du bactériophage au cytoplasme de la bactérie.

3-Multiplication de l'ADN du bactériophage et dégradation de l'ADN de la bactérie.

4-synthèse des constituants du bactériophage dans la bactérie.

5-Rassemblement des constituants des bactériophages et formation de nouveaux bactériophages.

6-Explosion de la bactérie et libération des nouveaux bactériophages qui ressemblent au bactériophage d'origine.

- Le cycle de vie du bactériophage montre que ce dernier injecte uniquement son information génétique présentée par la molécule d'ADN pour que d'autres bactériophages identiques au bactériophage d'origine se forment. Cette expérience confirme que l'ADN présente l'information génétique.

### **e- Conclusion :**

A partir de tous ces expériences on peut déduire que la nature de la substance héréditaire qui porte l'information génétique est une molécule d'ADN située au niveau du noyau et transmise à travers les chromosomes au cours de la division cellulaire.

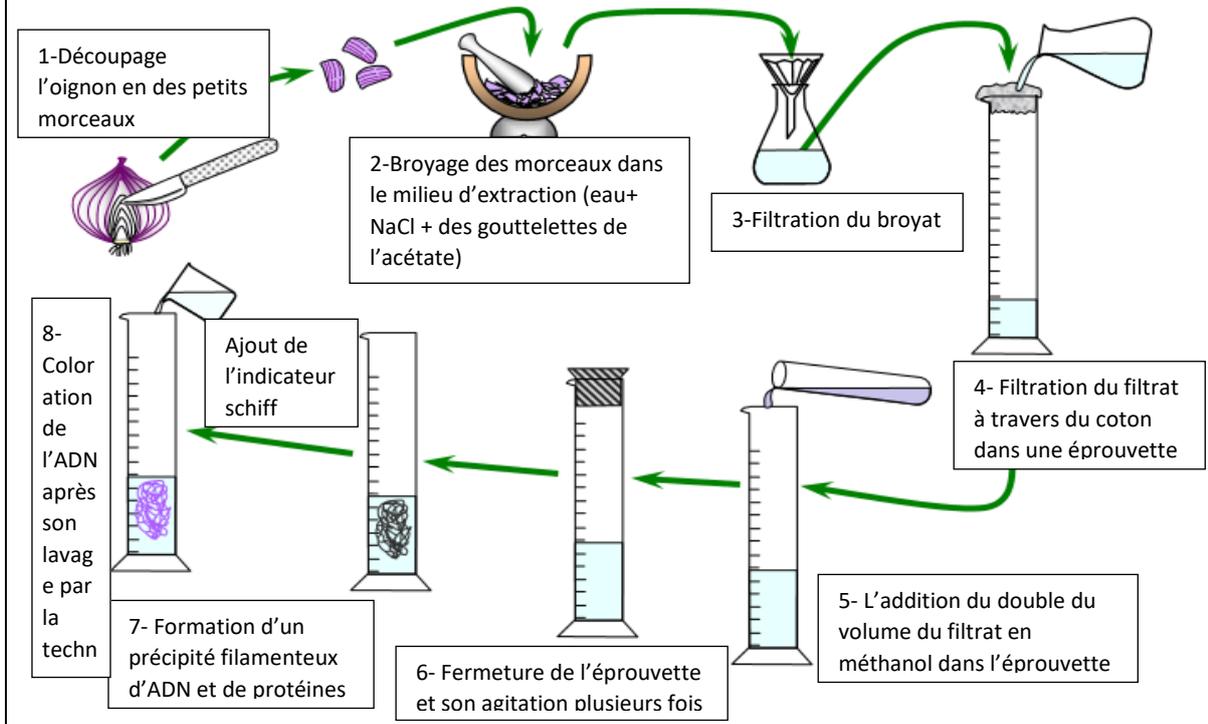
### **2- L'extraction de l'ADN des cellules et sa détection :**

**Figure 11 :** L'extraction de la substance d'ADN des cellules et sa détection.

Pour détecter la substance d'ADN on utilise la méthode de Feulgen. Cette méthode consiste à utiliser un indicateur schiff, c'est une substance incolore qui devient rouge en présence d'ADN.

Les croquis ci-dessous illustrent le protocole expérimental de l'extraction de la molécule d'ADN des cellules d'oignons.

Sachant que la chromatine prend une coloration rouge en présence de l'indicateur schiff, que déduisez-vous des résultats de l'expérience d'extraction d'ADN concernant la relation entre la chromatine et l'ADN extrait ?



Les résultats de la technique de Feulgen montrent que la molécule d'ADN est un composant essentiel de la chromatine et donc la porteuse de l'information génétique.

**Remarque :** D'autres études ont montré la présence de la molécule d'ADN au niveau de la mitochondrie et des chloroplastes sauf qu'elle contrôle uniquement quelques caractères de ces organites.

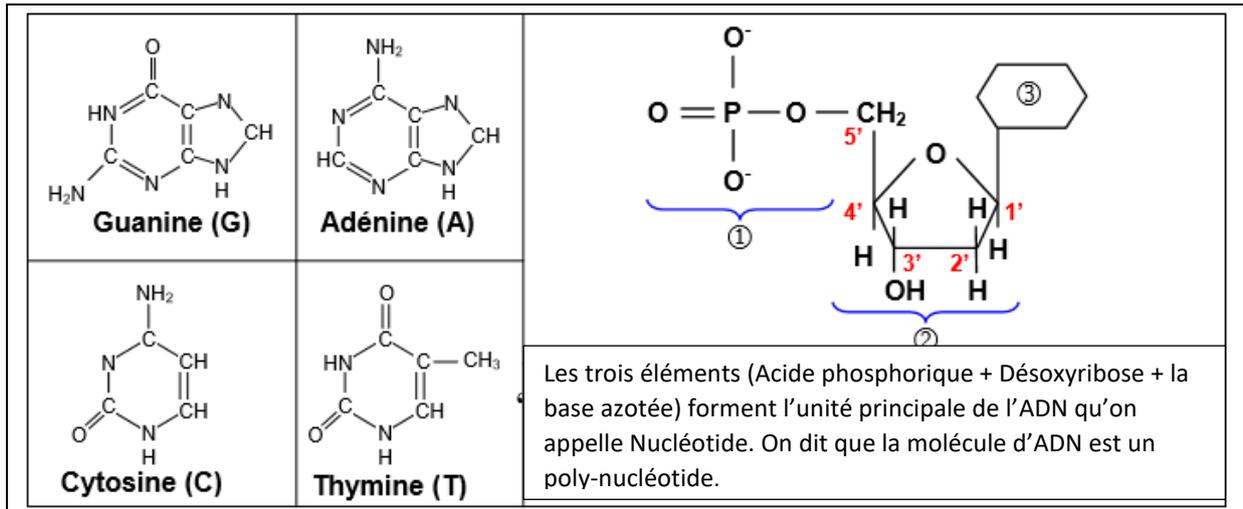
#### **IV- La composition chimique de la molécule d'ADN et sa structure :**

##### **1- Les constituants chimiques de la molécule d'ADN :**

**Figure 12 :** La composition chimique de la molécule d'ADN.

En se basant sur l'hydrolyse enzymatique, on a pu extraire les différents constituants de la molécule d'ADN, cette dernière est considérée comme une grosse molécule constituée de trois éléments qui sont :

- 1- L'acide phosphorique.
- 2- Le désoxyribose.
- 3- Une base azotée qui peut être :
  - Adénine (A) ; -Guanine (G) ; - Cytosine (C) ; - Thymin (T).



L'hydrolyse de la molécule d'ADN a montré qu'elle est constituée de trois éléments :

- L'acide phosphorique  $H_3PO_4$ .
- Le désoxyribose  $C_5H_{10}O_4$ .
- Une base azotée A, G, C, T.

Le nucléotide représente l'unité principale de l'ADN.

## 2- Structure de la molécule d'ADN :

### a- Les résultats de la recherche de Chargaff :

**Figure 13 :** Structure de la molécule d'ADN.

Les expériences d'Erwin Chargaff en 1950 ont permis d'ouvrir une porte devant la précision de la structure de la molécule d'ADN, ce chercheur a précisé les pourcentages des quatre bases azotées A, C, G, T dans les molécules d'ADN de différentes sources. Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Les corps	Composition par les bases azotées en %				Pourcentage des bases azotées		
	A	G	C	T	A/T	G/C	A+G/C+T
Homme	30.9	19.9	19.8	29.4	1.05	1.01	1.03
Mouton	29.3	21.4	21.0	28.3	1.04	1.02	1.03
Poule	28.8	20.5	21.5	29.3	0.98	0.95	0.97

Quelles sont les informations que vous pouvez extraire des expériences de Chargaff concernant la structure de l'ADN ?

### b- Analyse et déduction :

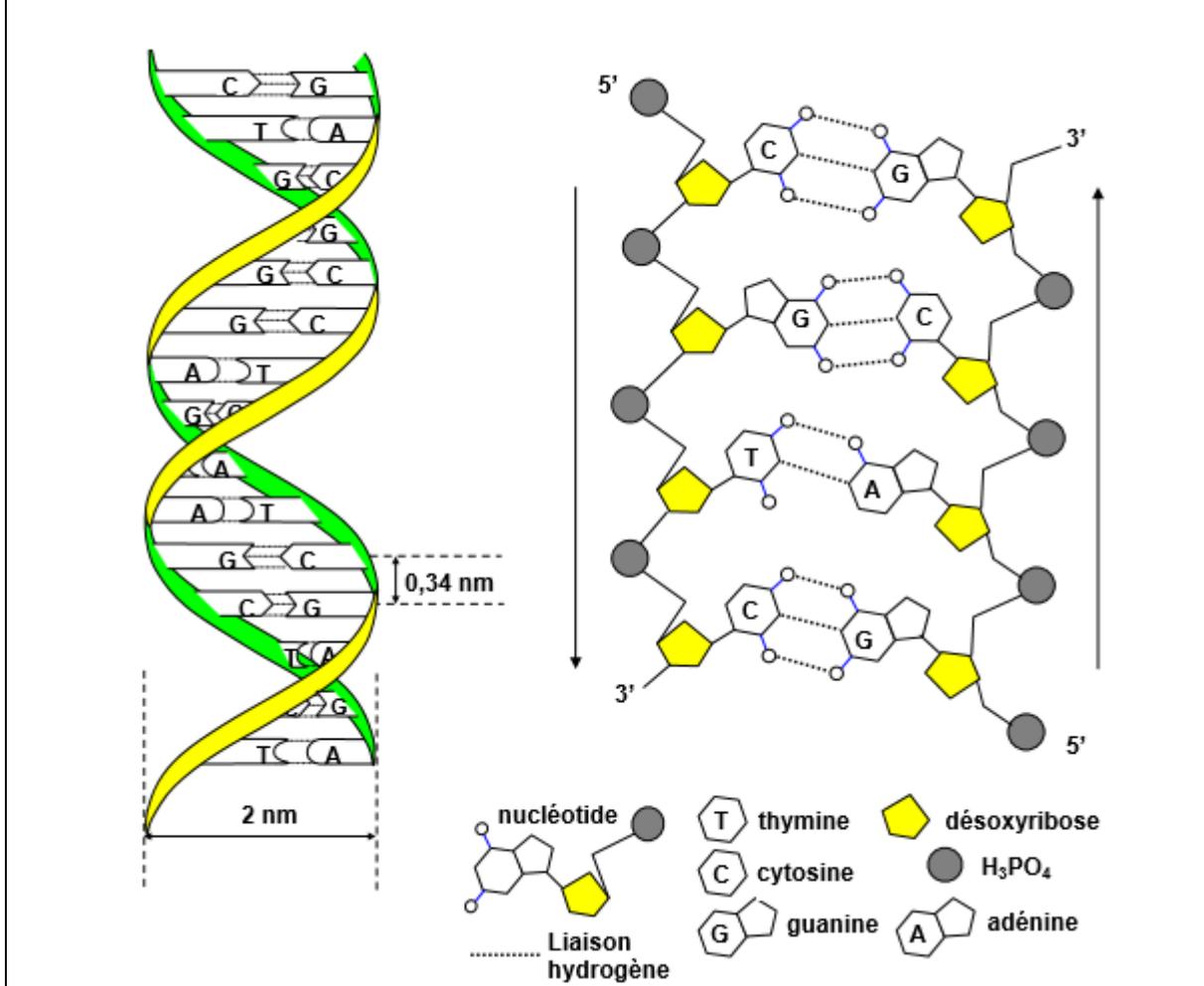
On remarque que pour tous les organismes vivants, la relation  $A/T = G/C = 1$ , en plus  $(T+C)/(A+G) = 1$ , ceci signifie que la quantité de A égale à celle de T, et la quantité de G égale celle de C. Ces données induisent à proposer qu'il y a une complémentarité entre A et T d'une part, et entre C et G d'autre part. En plus qu'on peut supposer que ces bases azotées sont liées entre elles (A avec T et C avec G).

### c- Modèle de Watson et Crick :

**Figure 14 :** Modèle de Watson et Crick pour expliquer la structure de la molécule d'ADN.

Les recherches des deux chercheurs Watson et Crick en 1953 sont considérées l'une des plus importantes stations qui ont permis de préciser la structure moléculaire d'ADN d'une façon précise. Ils ont proposé le modèle de la double hélice présenté ci-dessous.

Décrivez, à partir des données de cette figure, comment s'intègrent les différents composants de la molécule d'ADN.



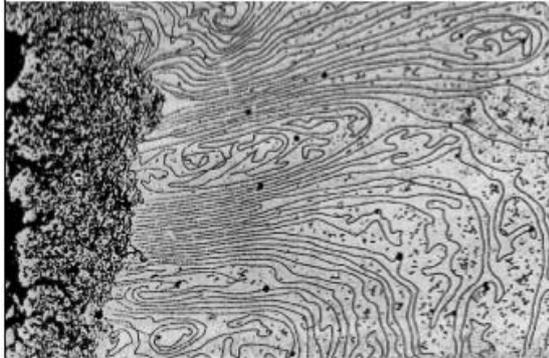
A partir du modèle de Watson et Crick, on remarque que la molécule d'ADN est constituée d'une double hélice, chaque hélice est composée d'une succession de nucléotides reliés entre eux par l'acide phosphorique par le carbone 5' du désoxyribose du 1<sup>er</sup> nucléotide et le carbone 3' du désoxyribose qui le suit, et ainsi de suite jusqu'à la fin de l'hélice, comme ça on trouve deux terminaisons libres 5' et 3', c'est pourquoi on parle de l'orientation 5'→3'. Puisque la molécule d'ADN est sous forme d'une double hélice, pour que les hélices se complètent il faut qu'elles soient de pôles inverses. On dit que les hélices d'ADN sont inversement parallèles. Les deux hélices sont liées par des liaisons d'hydrogène au niveau des bases azotées.

## V- La relation entre la chromatine, les chromosomes et l'ADN :

### 1- Structure de la chromatine :

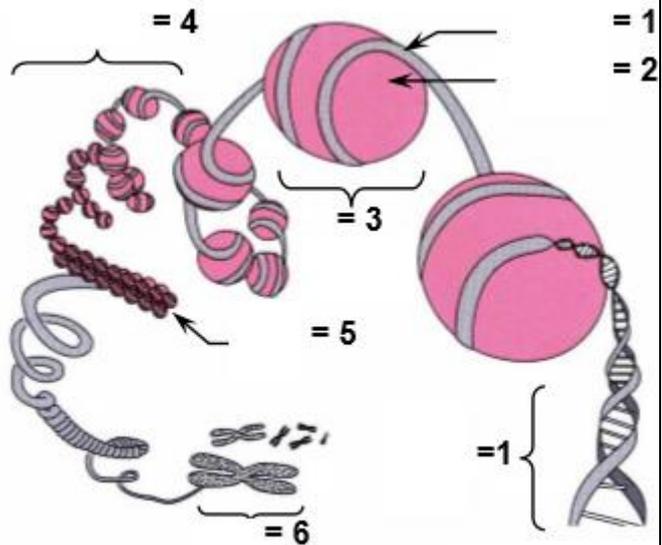
**Figure 15** : La relation entre la chromatine, les chromosomes et l'ADN.

**Forme 1** : Observation électronographique d'un chromosome en métaphase traité par des enzymes spécifiques qui décomposent les protéines.



A partir de l'analyse des données de cette figure, extrayez la structure de la chromatine, des chromosomes et précisez la relation structurelle entre la chromatine, les chromosomes et l'ADN.

**Forme 2** : Modèle explicatif qui montre la relation structurelle entre le nucléofilament et le chromosome.



1 : ADN ; 2 : Histone ; 3 : Nucléosome ; 4 : Nucléofilament ; 5 : Chromatine ; 6 : Chromosome.

L'observation microscopique de la chromatine d'une cellule montre qu'elle est constituée de filaments fins de 30 nm de diamètre appelés les nucléofilaments.

Les études ont montré que le nucléofilament est constitué d'une molécule d'ADN hélicoïdale qui entoure des grains protéiques appelés histones formant ainsi des nucléosomes.

## 2- Structure des chromosomes :

La chromatine et les chromosomes ont la même composition chimique, car l'ADN est considéré comme un constituant commun entre la chromatine et les chromosomes :

- Chaque filament d'ADN s'entoure sur une histone formant un nucléofilament.
- Les nucléofilaments s'enroulent légèrement pour former la chromatine.
- Lorsque la cellule entre en mitose, la spiralisation du nucléofilament augmente et on remarque l'apparition des chromosomes. Cette spiralisation atteint son maximum en métaphase.
- Vers la fin de la mitose, on remarque une décondensation des nucléofilaments des chromosomes qui retournent à l'état de la chromatine.

## 3- La relation entre la chromatine, les chromosomes et l'ADN :

Au cours de la mitose, on remarque que la chromatine disparaît lors de l'apparition des chromosomes et vis-vers-ça. En plus que la chromatine et les chromosomes ont la même

composition chimique (ADN + histone), d'où on peut déduire qu'ils représentent le même élément qui change de forme selon le degré de la spiralisation du nucléofilament suivant les étapes du cycle cellulaire.

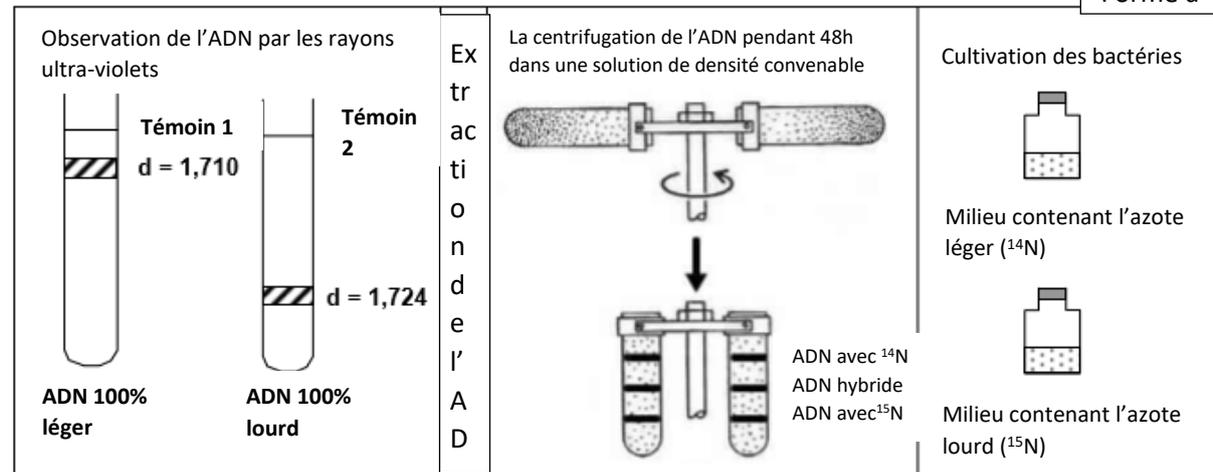
## VI- Mécanisme de duplication de la molécule d'ADN :

### 1- Expérience de Meselson et Stahl:

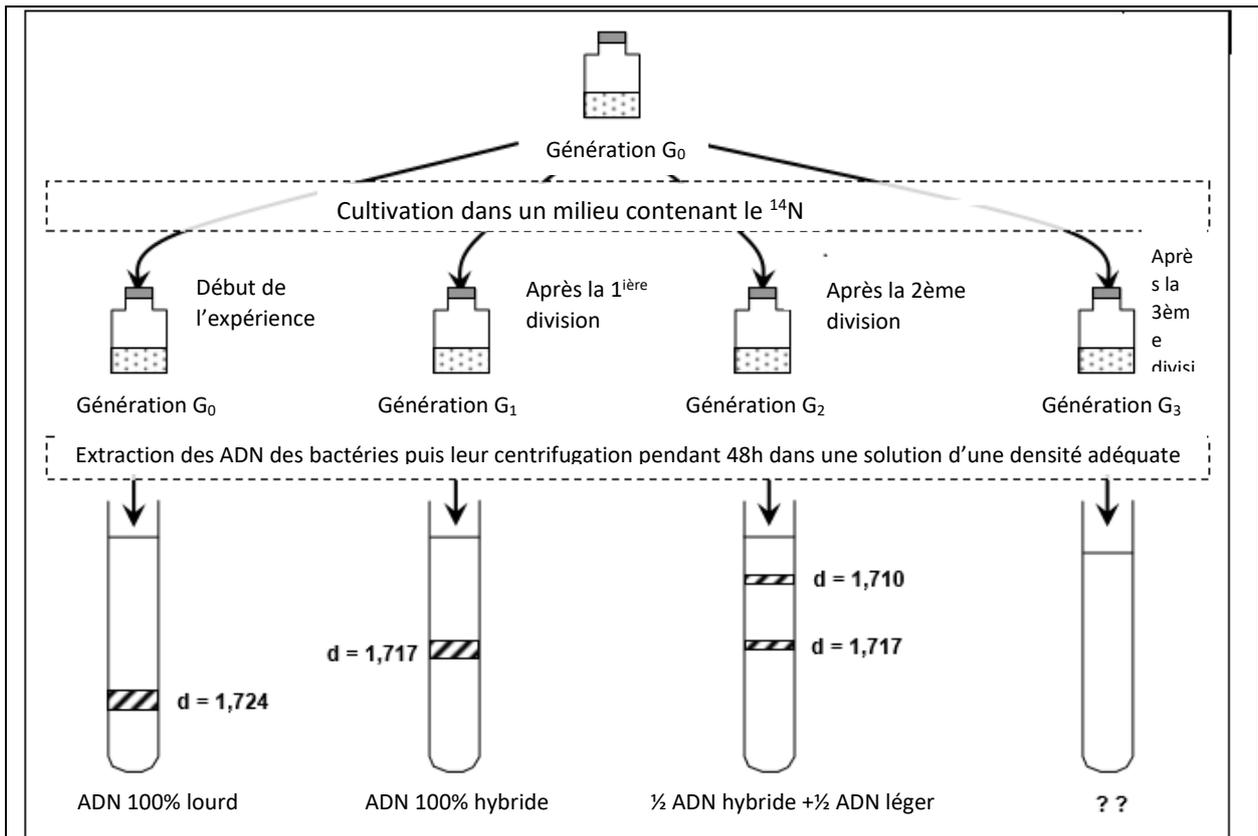
**Figure 16 :**Expérience de Meselson et Stahl (1957).

Pour préciser le mécanisme de la réplication d'ADN, Meselson et Stahl ont effectué les expériences suivantes :

- Les chercheurs ont préparé des bactéries normales qui possèdent un ADN léger ; puis ils ont déposé ces bactéries dans un milieu de culture contenant l'azote léger  $^{14}\text{N}$ , les bactéries qu'ils ont obtenues possèdent tous un ADN léger (témoin 1).
- Ensuite ils ont cultivé ces bactéries dans un milieu de culture contenant l'azote lourd  $^{15}\text{N}$ , après plusieurs générations, les chercheurs ont obtenu des bactéries avec un ADN lourd (témoin 2) : Génération  $G_0$ .



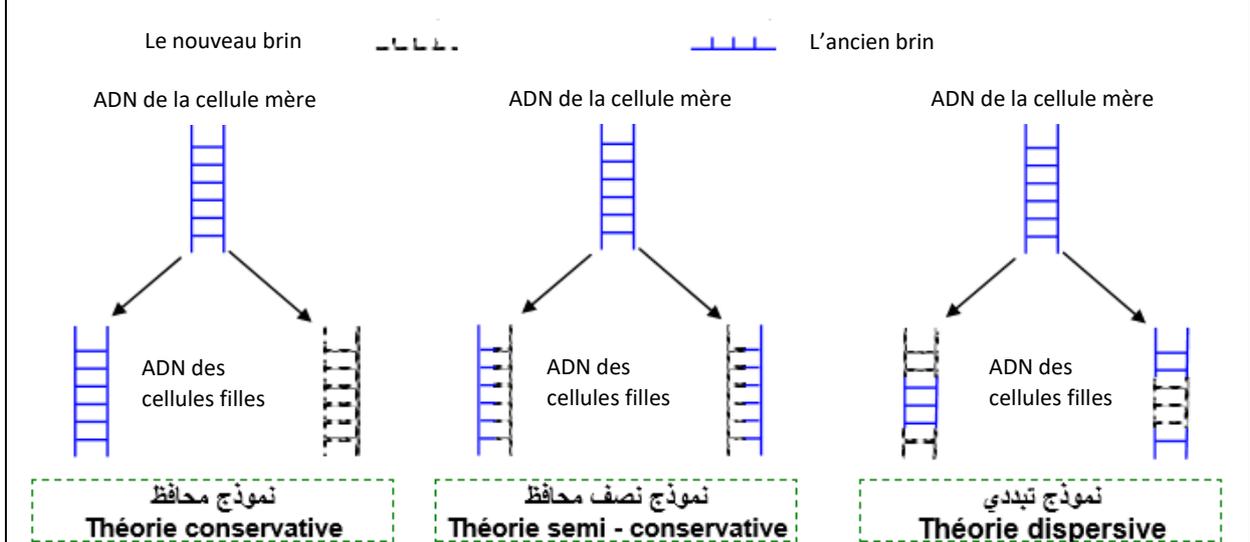
- Ces chercheurs ont déposé un échantillon des bactéries de la génération  $G_0$  dans un milieu de culture contenant l'azote léger  $^{14}\text{N}$ , puis ils ont mesuré la densité d'ADN de ces bactéries par la technique de la centrifugation, après la 1<sup>ère</sup> division  $G_1$ , puis la 2<sup>ème</sup> division  $G_2$ , puis la 3<sup>ème</sup> division  $G_3$ . La forme b de la figure montre les résultats obtenus :



- 1- Que déduisez-vous à partir de l'analyse des résultats des expériences de Meselson et Stahl ?
- 2- En se basant sur les données de la figure 17 traduisez les déductions précédentes sous forme de croquis en respectant la nature physique de l'ADN pour expliquer les résultats des expériences de Stahl et Meselson.

**Figure 17 :** Modèles proposés pour expliquer le mécanisme de la réplication d'ADN.

Pour préciser la façon avec laquelle s'effectue la réplication d'ADN, trois modèles ont été proposés. La figure ci-dessous montre des croquis explicatifs des trois modèles proposés :



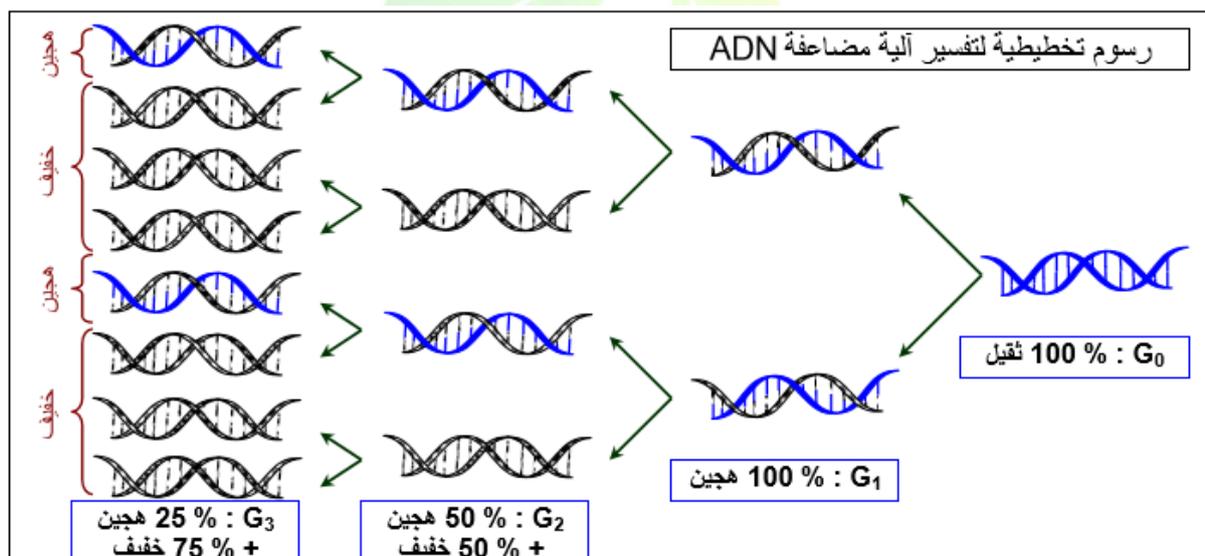
- 1- Les données expérimentales montrent que :

- Dans la génération G1 : toutes les cellules ont une  $d(ADN) = 1.717$  (Moyenne densité entre ADN lourd (1.724) et ADN léger (1.710), cet ADN est dit hybride.
- Dans la génération G2 : 50% des cellules ont un ADN hybride et 50% des cellules ont un ADN léger.
- Dans la génération 3 : 25% des cellules ont un ADN hybride et 75% des cellules ont un ADN léger.

En se basant sur les résultats de cette expérience, la structure et la densité de la 1<sup>ère</sup> génération ne peuvent être expliquées que par le fait que la moitié de la molécule d'ADN de la génération G1 possède  $^{14}N$  alors que l'autre moitié contient le  $^{15}N$ .

Et la structure et la densité de la génération G2 ne peuvent être expliquées que si on considère que la moitié des molécules d'ADN ressemble à celle de la génération G1 et la deuxième moitié comporte uniquement l'azote léger  $^{14}N$ .

- 2- A partir de l'observation des résultats obtenus dans l'expérience de Meselson et Stahl, on remarque que le modèle semi-conservatif est le plus convenable pour expliquer le mécanisme de la multiplication de l'ADN.

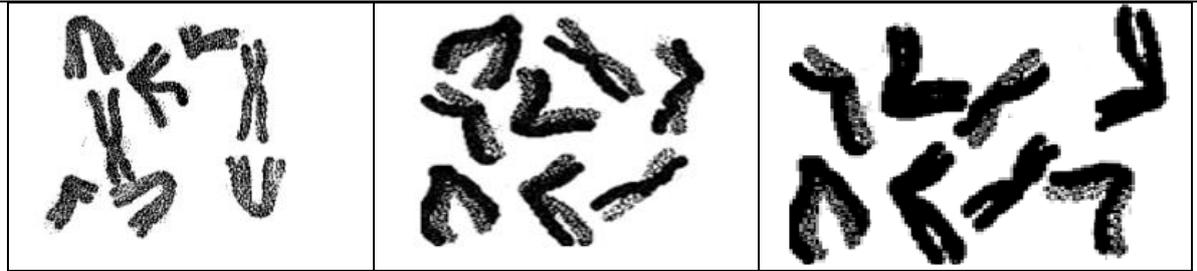


## 2- Expérience de Taylor :

**Figure 18 :** Expérience de Taylor.

La Jacinthe romaine est une plante dont les cellules se divisent à intervalles réguliers. De jeunes racines en croissance sont cultivées sur un milieu contenant de la thymine radioactive pendant tout l'intervalle de temps qui sépare deux mitoses successives (interphase). Les racines sont alors lavées puis placées dans un milieu contenant de la thymine non radioactive et enfin traitées à la colchicine (qui bloque les mitoses en métaphase) après 1, 2 ou 3 cycles cellulaires. Dans chaque cas on réalise une autoradiographie où la thymine radioactive est localisable par des points noirs.

Etat des chromosomes en présence de la Thymidine radioactive	Etat des chromosomes après leur dépôt dans un milieu neutre pendant un cycle cellulaire	Etat des chromosomes après leur dépôt dans un milieu neutre pendant deux cycles cellulaires



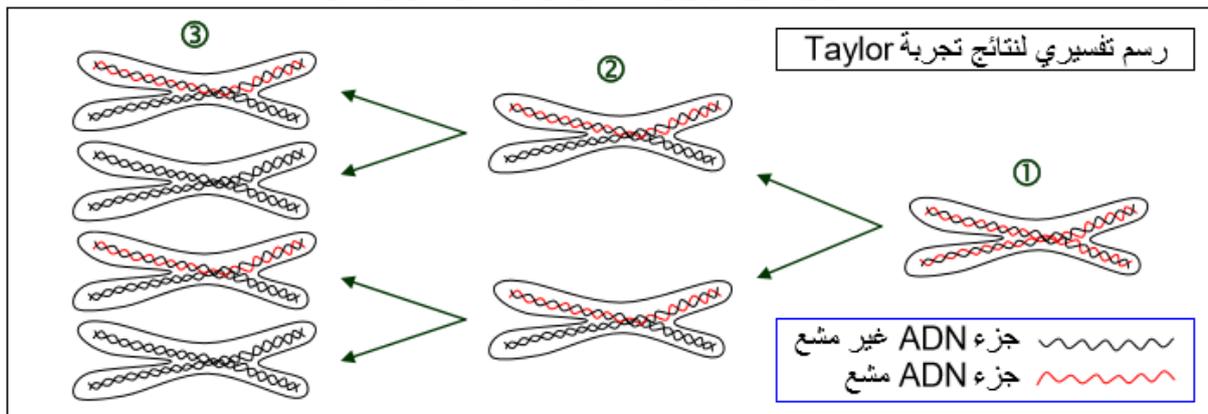
- 1- Montrez l'importance de l'utilisation de la thymidine radioactive et la colchicine dans cette expérience.
- 2- Décrivez les résultats obtenus.
- 3- Expliquez par des croquis les résultats de cette expérience sachant que chaque chromatide possède une seule molécule d'ADN.

- 1- La thymidine est une base azotée qui entre dans la composition de l'ADN, le but de l'utilisation de la thymidine radioactive est de suivre son intégration dans le molécule d'ADN. La colchicine est une molécule qui bloque la division cellulaire en métaphase où les chromosomes sont claires car leur spiralisation est maximale et comme ça leur observation devient facile ainsi que la détection de leur activité radioactive.
- 2- On observe que chaque chromosome montre une activité radioactive après son traitement avec la thymidine radioactive.

Après une durée de traitement équivalente à un cycle cellulaire on remarque que l'un des chromatides des chromosomes est radioactif alors que l'autre n'est pas radioactif.

Après une durée équivalente à deux cycles cellulaires on observe que la moitié des chromosomes sont radioactifs et l'autre moitié est constituée de chromatides radioactifs et d'autres non radioactifs.

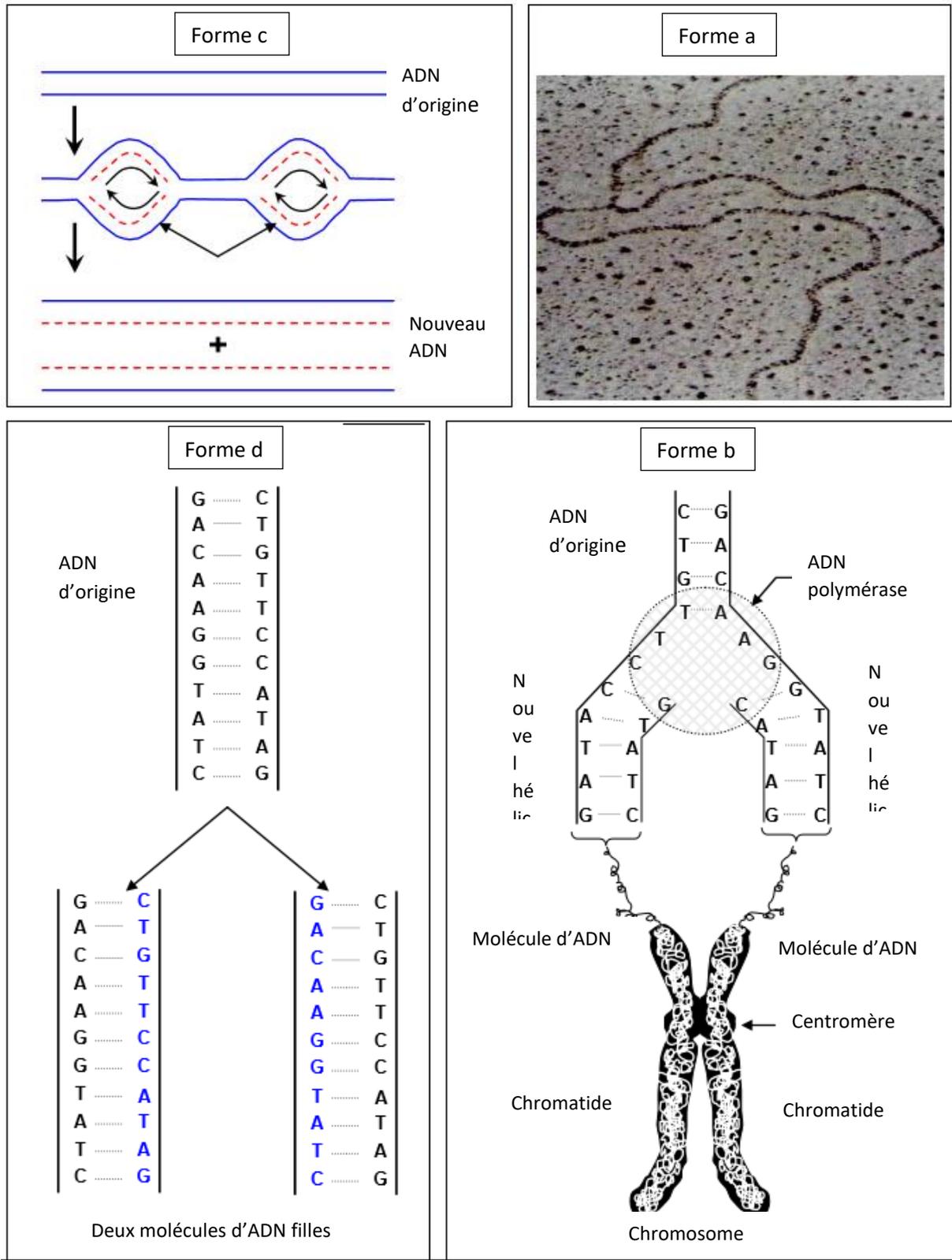
- 3- Les résultats de cette expérience peuvent être expliqués par le fait que chaque brin d'ADN joue le rôle d'une matrice sur lequel se forme le brin homologue ce qui donne comme résultat la formation de deux molécules d'ADN homologues à la molécule d'ADN d'origine. On remarque qu'au cours de la réplication la moitié de chaque molécule d'ADN d'origine est conservée c'est pourquoi on parle d'une synthèse semi-conservative



### 3- La multiplication semi-conservative de la molécule d'ADN :

**Figure 19 :** Mécanisme de réplication semi-conservative de la molécule d'ADN

- La forme a de la figure présente une photo électronographique d'un chromosome dans la phase S de l'interphase.
  - Les formes b, c et d de la figure montrent des croquis explicatifs du mécanisme de la multiplication semi-conservative de la molécule d'ADN.
- En se basant sur les données de cette figure, décrivez le mécanisme de la réplication d'ADN.



La synthèse de l'ADN nécessite une molécule d'ADN d'origine, des nucléotides libres, des enzymes et une énergie. Cette synthèse biologique s'effectue comme suit :

- ✓ Sous l'effet d'une enzyme spécifique, les deux brins formant la molécule d'ADN se séparent au niveau des liaisons d'hydrogène qui lient entre les bases azotées, et comme ça on remarque l'apparition des zones de séparation des deux hélices sous forme des yeux de transcription (Forme a).
- ✓ Polymérisation progressive des nucléotides sous l'effet de l'ADN polymérase, où chaque brin d'origine est utilisé comme une matrice sur laquelle se forme le nouveau brin, et ceci en respectant la complémentarité des bases azotées avec celles qui existent dans le brin d'origine, A avec T et C avec G, (Forme b). On parle de la transcription partielle de la molécule d'ADN.
- ✓ L'élongation des deux nouveaux brins s'effectue dans deux sens au niveau des yeux de transcription (Forme c), ce qui provoque leur élargissement jusqu'à leur fusion, et comme ça on obtient deux molécules filles d'ADN, chacune est composée d'un brin parental qu'elle a hérité de la molécule d'origine et d'un nouveau brin (Forme d).

**Remarque :** Après l'intervention de l'hélicase responsable sur la séparation des deux brins de la molécule d'ADN d'origine, deux enzymes d'ADN polymérase interviennent pour synthétiser les deux nouveaux brins. Puisque l'hélicase se dirige dans un seul sens alors que les deux brins d'ADN sont inversement parallèles, les deux enzymes d'ADN polymérase dans ce cas se dirigeront dans deux sens inverses : Le premier aura le même sens de l'hélicase dans ce cas on parle d'une élongation continue, alors que la deuxième enzyme se dirigera dans un sens inverse au sens de l'hélicase, il s'agit d'une élongation discontinue.

SVT

FATHI SARA