

# Préparé par : Mohamed Nassib

Référence :

- ✓ programme de section internationales du baccalauréat Marocain-option français
- ✓ Cahier de l'élève(samir zobair et jamal marnaoui)

# Unité 2

Nature et mécanisme de l'expression de l'information génétique - Transfert de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée

## Première partie

Nature de l'information génétique et mécanisme de son expression

## Deuxième partie

Rôle de la reproduction sexuée dans le brassage chromosomique et dans la stabilité du caryotype

## Troisième partie

Les lois statistiques de la transmission des caractères héréditaires chez les diploïdes

MOHAMED NASSIB

# Partie 1

## Nature de l'information génétique et mécanisme de son expression

Exploiter des ACQUIS et des DOCUMENTS pour se poser des questions

**Document 1 :** Au sein de chaque espèce d'êtres vivants, les individus possèdent en commun des **caractères héréditaires spécifiques** qui permettent de les différencier des autres espèces et des **caractères héréditaires individuels** qui permettent de distinguer un individu des autres individus de la même espèce.

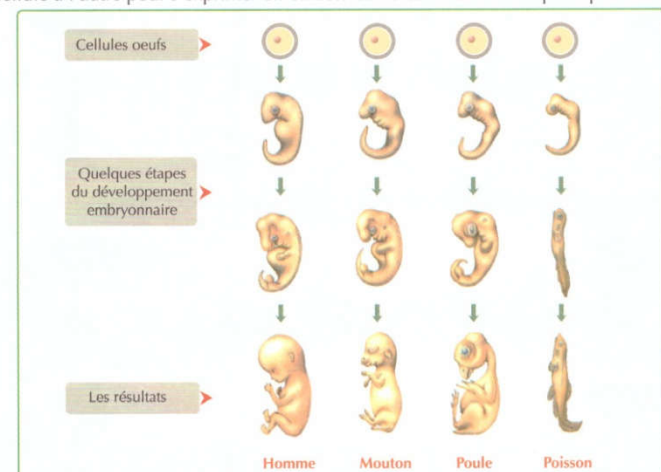
L'ensemble de ces caractères héréditaires constitue le **phénotype**.

Cette diversité des caractères héréditaires résulte de l'expression d'un **programme** ou d'une **information génétique**.



**Document 2 :** Les cellules-œufs, issues chacune de la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde, sont morphologiquement semblables, se multiplient par divisions ou mitoses pour donner des embryons qui se ressemblent et pourtant le développement des embryons donnera des individus ayant des phénotypes différents.

Donc chaque cellule-œuf possède un programme génétique qui lui est propre et qui se transmet d'une cellule à l'autre pour s'exprimer en caractères héréditaires de chaque espèce.



- Qu'est-ce que l'information génétique ? Où se localise-t-elle dans la cellule ?
- Quelle est sa nature chimique ?
- Comment se fait la transmission de l'information génétique d'une cellule à l'autre ?
- Comment l'information génétique s'exprime-t-elle en caractères héréditaires ?

## Activité 1 Localisation de l'information génétique dans la cellule

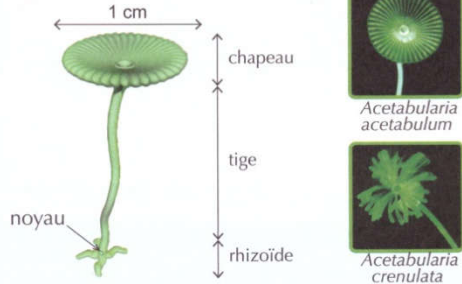
L'information génétique qui contrôle les caractères héréditaires chez les êtres vivants est programmée dans les cellules.

- Où se trouve, dans la cellule, le programme génétique responsable des caractères héréditaires ?

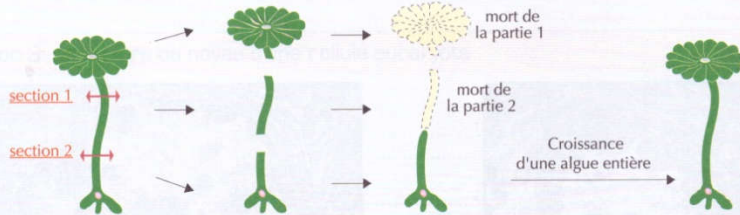
Doc 1: Mise en évidence de la localisation de l'information génétique chez une espèce végétale unicellulaire: l'acétabulaire

L'acétabulaire est une algue marine verte unicellulaire et géante (sa longueur peut atteindre 10cm). Il possède une partie basale ou rhizoïde, sorte de racine contenant le noyau, une tige et un chapeau à aspect qui diffère selon les espèces. Parmi les acétabulaires, on rencontre :

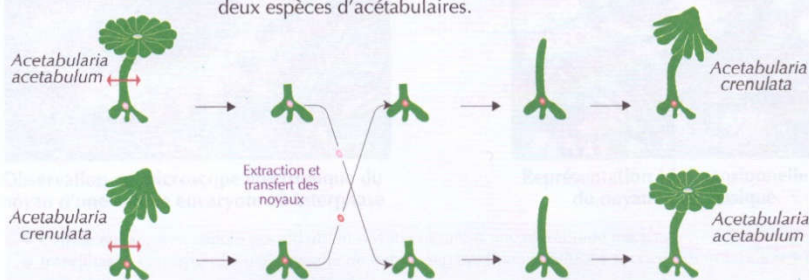
- *Acetabularia acetabulum* qui a un chapeau lisse à bord lisse et régulier.
- *Acetabularia crenulata* : à chapeau à bord finement dentelé.



Première expérience : Expérience de section et de régénération.

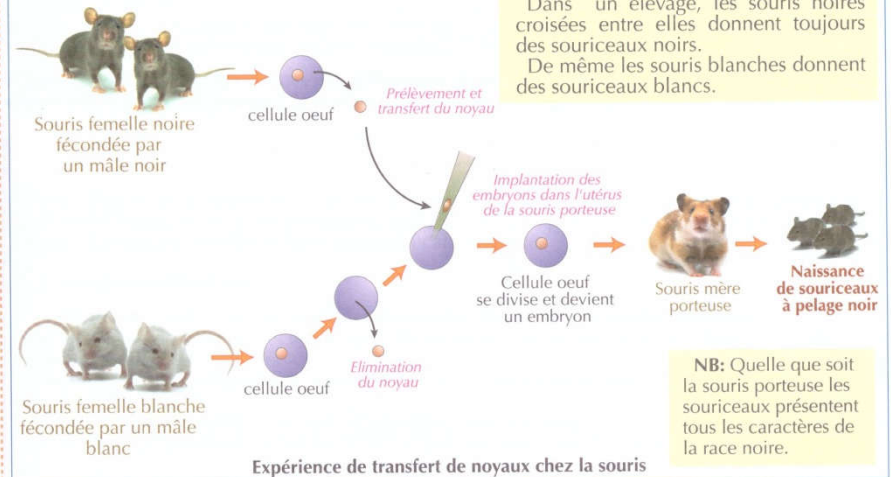


Deuxième expérience : Expérience de greffe croisée de noyaux dans les rhizoïdes entre deux espèces d'acétabulaires.



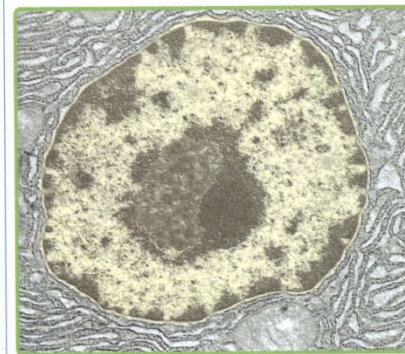
- A partir des résultats de la première expérience, **formulez** une hypothèse quant à la localisation de l'information génétique dans la cellule.
- Testez** cette hypothèse à l'aide des résultats de la deuxième expérience.

Doc 2: Mise en évidence de la localisation de l'information génétique chez une espèce animale pluricellulaire



- A partir des résultats de l'expérience de transfert du noyau chez les souris **montrez** que l'information génétique est localisée dans le noyau.
- Sachant que l'expérience donne les mêmes résultats si on implante le noyau d'une autre cellule de l'organisme (cellule intestinale ou d'une cellule musculaire...). Que pouvez-vous **déduire** de ces résultats ?

Doc 3: Structure du noyau d'une cellule eucaryote



Observation en microscopie électronique du noyau d'une cellule eucaryote en interphase



Représentation tridimensionnelle du noyau interphasique

- Cellule eucaryote** : cellule possédant un noyau entouré d'une membrane nucléaire.
- Interphase** : correspond à un intervalle de temps, séparant deux divisions successives (ou mitoses) de la cellule.

**Question:** Annotez le document ci-dessus en donnant le nom des structures nucléaires désignées par les chiffres de 1 à 4.

## Activité 2

### Transfert de l'information génétique d'une cellule à l'autre: la mitose

Chaque cellule de notre organisme provient d'une unique cellule microscopique, la cellule-cœuf ayant subi un très grand nombre de divisions par mitose. Au cours de chaque division, l'information génétique est transmise d'une cellule à l'autre.

- Quelles sont les caractéristiques des différentes phases de la mitose ?
- Quel est le support qui assure le transfert de l'information génétique d'une cellule à l'autre ?

#### Doc 1: Mise en évidence de la mitose chez la cellule végétale

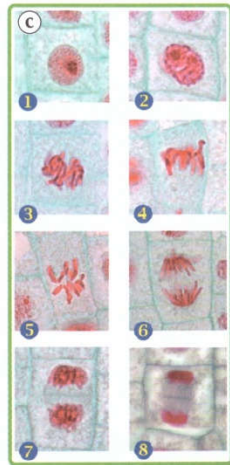
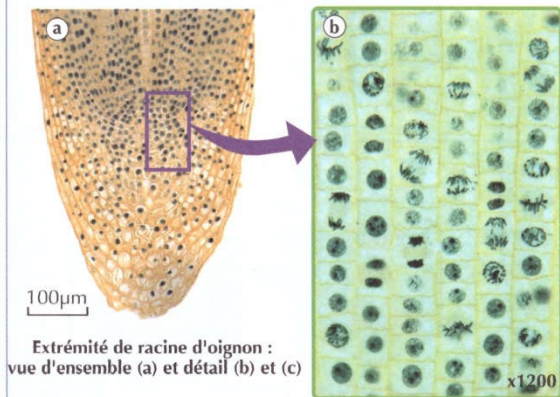
Pour l'étude de la mitose chez les cellules végétales, les extrémités des jeunes racines des bulbes d'Oignon ou d'Ail constituent un matériel de choix parce qu'elles possèdent des méristèmes caractérisés par des cellules à multiplication rapide.

##### A. Montage expérimental :

- Prélever avec une lame de rasoir des extrémités de racines, du bulbe d'oignon germé de 1 cm de longueur et les plonger dans durant une minute dans du carmin acétique bouillant.
- Transférer 2 ou 3 extrémités dans une goutte de carmin acétique froid déposée sur une lame en verre.
- Recouvrir d'une lamelle et écraser délicatement avec un doigt.
- Observer la préparation au faible, moyen et fort grossissement du microscope.



##### B. Résultats des observations microscopiques :



1. **Dégagez** les caractéristiques morphologiques particulières aux cellules végétales en division (limites du noyau, aspect et taille du noyau, taille des différentes cellules...).
2. **Identifiez** les quatre phases de la mitose.

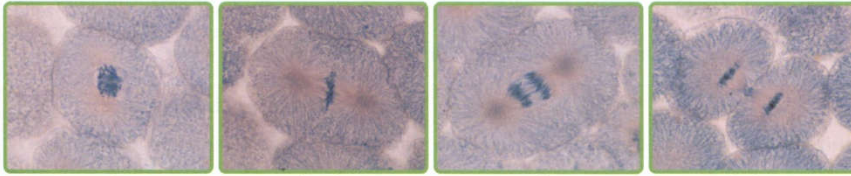
#### Doc 2: Les phases de la mitose de la cellule végétale

Phases de la mitose avec schémas d'interprétation		Commentaire
1		<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
2		<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
3		<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
4		<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

**Question:** Complétez le tableau en déterminant les caractéristiques de chaque phase de la mitose chez la cellule végétale.

### Doc 3: Les phases de la mitose de la cellule animale

#### ● Observations microscopiques :



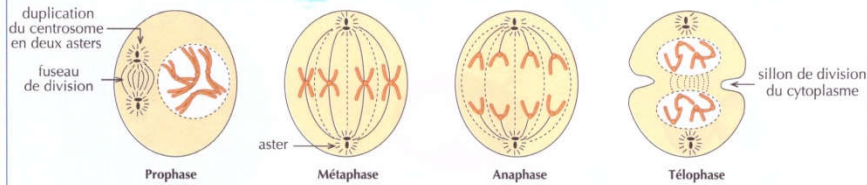
Prophase

Métaphase

Anaphase

Télaphase

#### ● Schémas des phases de la mitose d'une cellule animale à 4 chromosomes :



Prophase

Métaphase

Anaphase

Télaphase

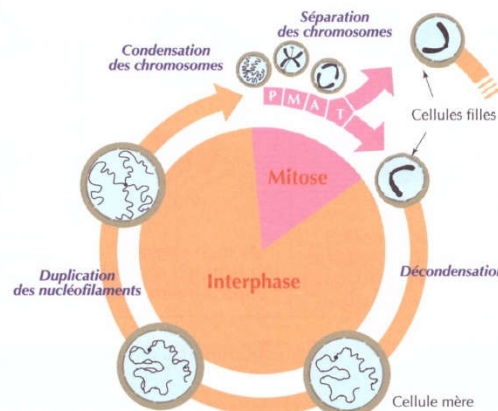
- Quelle(s) différence(s) et quel(s) point(s) commun(s) constatez-vous entre la mitose d'une cellule animale et celle d'une cellule végétale ?
- A partir des données précédentes, montrez que :
  - les chromosomes sont des supports qui transfèrent l'information génétique d'une cellule à une autre.
  - la mitose est une « reproduction conforme ».

### Doc 4: Notion préliminaire du cycle cellulaire

Toute cellule subit un cycle dit **cycle cellulaire**, dont la durée varie selon les espèces.

Un cycle cellulaire comprend deux phases : **L'interphase** suivie de **la mitose**.

La figure ci-contre représente les différents aspects des chromosomes au cours des deux phases du cycle cellulaire.



P : Prophase  
M : Métaphase  
A : Anaphase  
T : Télaphase

- Définissez le cycle cellulaire.
- Décrivez le comportement des chromosomes au cours des différentes phases du cycle cellulaire.

### Activité 3 Nature chimique de l'information génétique

Au cours de la mitose, l'information génétique est transmise de la cellule mère aux cellules filles par les chromosomes : les chromosomes constituent donc le support physique de l'information génétique.

#### ● Quelle est la nature chimique de l'information génétique ?

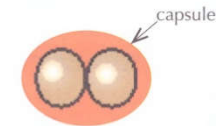
### Doc 1: Expérience de Griffith [1928]

**Le pneumocoque** est une bactérie responsable de la pneumonie chez les mammifères. Il existe sous deux formes :

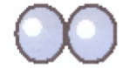
- La bactérie **S** : souche virulente, possède une capsule de nature glucidique qui empêche sa phagocytose par les leucocytes et qui donne un aspect lisse aux bactéries (S pour smooth).
- La bactérie **R** : souche non virulente, dépourvue de capsule et présente un aspect rugueux (R pour rough en anglais).



Observation microscopique de pneumocoques

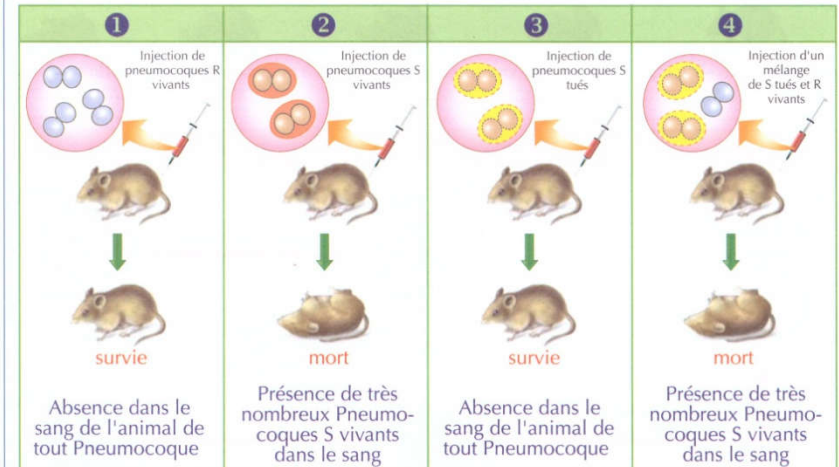


Pneumocoque S



Pneumocoque R

Dans le but de trouver un vaccin contre la pneumonie, Griffith a réalisé des expériences qui consistent à inoculer à des souris différents types de pneumocoques.

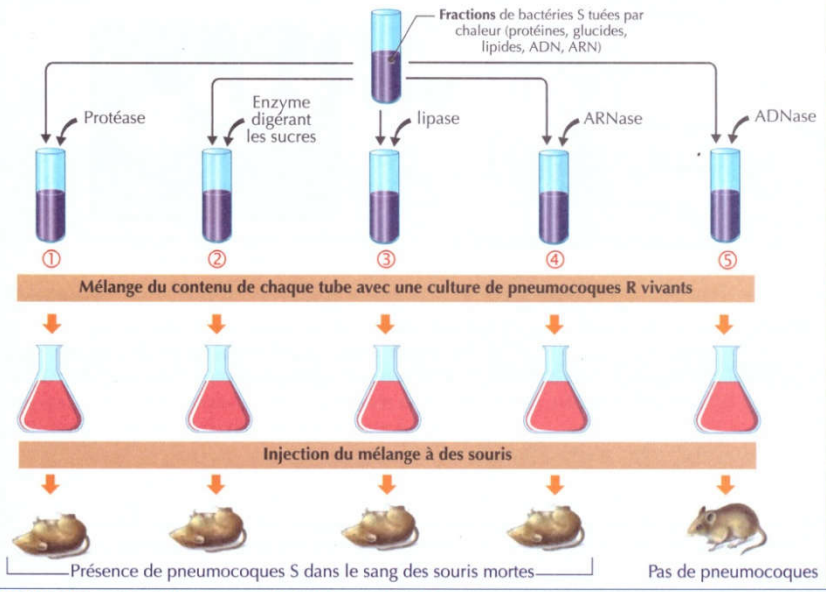


A partir des informations tirées des expériences, Griffith a admis l'idée qu'il y a eu transformation des bactéries R vivantes en bactéries S vivantes par l'effet d'un facteur qu'il a qualifié de «**Principe transformant**».

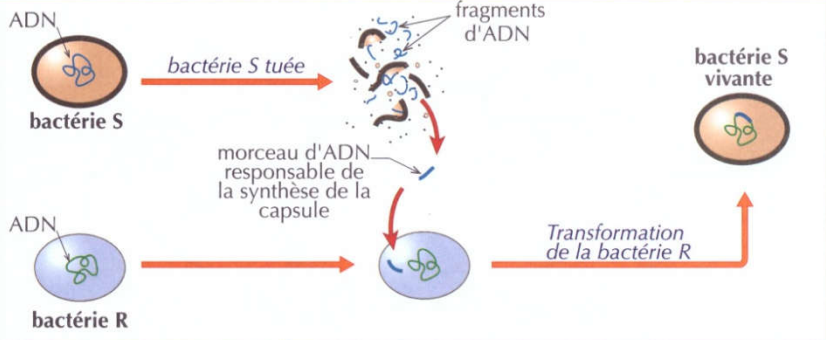
- A partir de l'analyse des résultats de chacune des expériences, reconstituez le raisonnement qui a permis à Griffith d'énoncer l'idée de la «transformation bactérienne».
- Proposez des hypothèses concernant la nature chimique du principe transformant.

**Doc 2: Mise en évidence du principe transformant : Expérience d'Avery**

Dans le but d'identifier la nature chimique du facteur transformant, Avery, Mc leod, Mc carthy ont repris les expériences de Griffith en utilisant des bactéries S broyées et traitées avec des enzymes digestives différentes avant de les mélanger aux bactéries R vivantes :



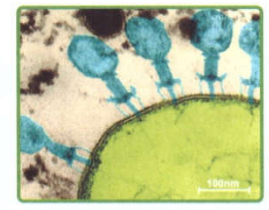
**Doc 3: Mécanisme de la transformation bactérienne**



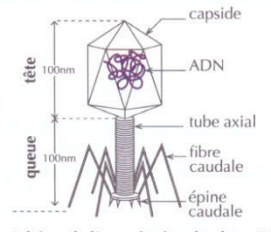
1. A partir des travaux d'Avery, **déduisez** la nature chimique de l'information génétique en justifiant votre réponse.
2. En exploitant le document 3, **expliquez** comment se fait la transformation des bactéries R en bactéries S.

**Doc 4: Confirmation de la nature chimique du matériel génétique**

Les bactériophages ou phages T2 sont des virus qui attaquent les bactéries. Le virus se fixe sur la bactérie et une demi-heure plus tard, la bactérie éclate et libère plusieurs centaines de virus identiques. Les protéines et l'ADN de ces virus ont été synthétisés aux dépens de constituants de la bactérie.



a. Bactériophages s'en prennent à la bactérie Escherichia coli.



b. Schéma de l'organisation du phage T2

**Expérience :**

En 1952, Martha CHASE s'interroge sur la reproduction des phages. Elle isole deux lots de phages :

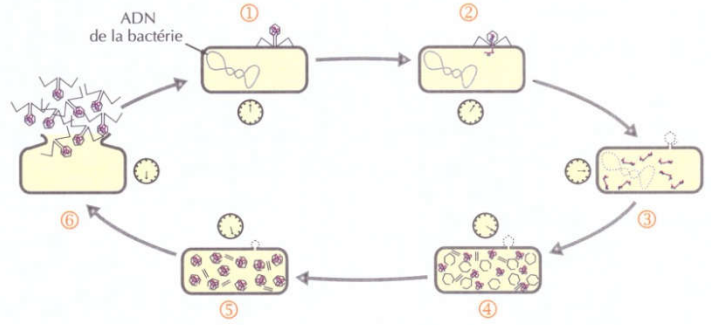
- Les protéines du 1er lot sont marquées par le soufre 35S.
- L'ADN du 2ème lot est marqué par le phosphore 32P. (35S et 32P sont des isotopes radioactifs).

Ces deux lots sont mis séparément en présence des bactéries non marquées. Les résultats de cette expérience sont présentés dans le tableau suivant :

**Résultats de l'expérience :**

Les bactéries infestées par les phages dont les protéines sont marquées par 35S sont radioactives sur la face externe de la paroi.	Les bactéries infestées par les phages dont l'ADN est marqué par le 32P sont radioactives dans le cytoplasme.
--	---

La figure suivante représente le cycle de vie du bactériophage T2:



1. En **analysant** l'expérience de Chase, **montrez** en quoi les résultats obtenus permettent de mettre en évidence la nature et le rôle du matériel génétique.
2. **Décrivez** le cycle de vie du bactériophage en précisant le rôle de l'ADN dans la reproduction des centaines de virus identiques.

## Activité 4 Composition et structure de la molécule d'ADN

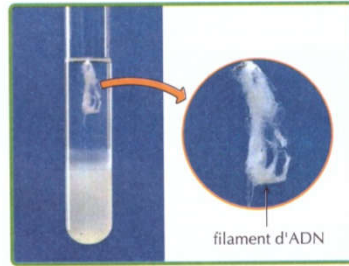
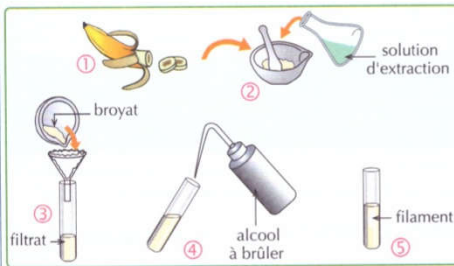
L'ADN est le support de l'information génétique, sa découverte a révolutionné la biologie. Sa composition est connue depuis 1929, ce n'est qu'en 1953 que sa structure a été élucidée.

- Qu'elle est la composition de la molécule d'ADN ?
- Quelles sont les recherches scientifiques qui ont permis la découverte de sa structure ?

### Doc 1: Composition chimique de l'ADN

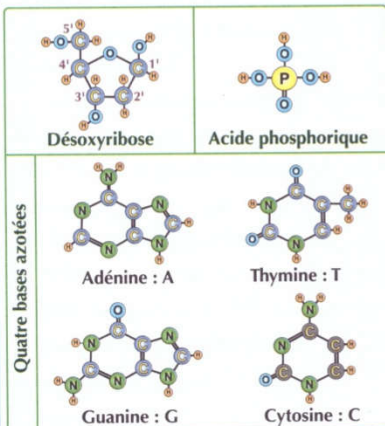
#### Manipulation : Extraction de l'ADN des cellules

- Broyez le matériel vivant (un demi-oignon ou des petits fragments de banane) dans un mortier contenant une pincée de gros sel.
- Mettez le broyat pâteux sur un morceau de gaze et filtrez pour obtenir 2ml de filtrat dans un tube à essai.
- Inclinez le tube à essai et ajoutez 4ml d'alcool à brûler.
- Agitez légèrement et observez: l'ADN précipite et forme une pelote blanc nacré.

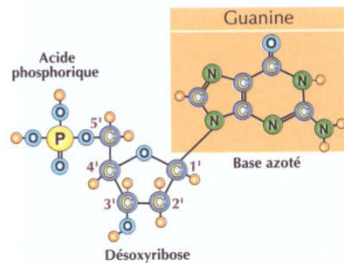


#### Les constituants de la molécule d'ADN

L'hydrolyse enzymatique complète de l'ADN permet d'identifier les molécules suivantes :



La combinaison acide phosphorique + sucre + base azotée est appelée **nucléotide**  
Exemple :



### Doc 2: Travaux d'Erwin Chargaff (1950)

Tenant compte de l'importance des travaux d'Avery sur l'ADN, E.Chargaff a mené une étude qui consiste à effectuer des dosage de la teneur des nucléotides de la molécule d'ADN chez différentes espèces. Le tableau présente les résultats obtenus en % :

	Teneur des nucléotides				A/T	G/C	A+G/T+C	A+T/G+C
	A	G	C	T				
<b>Homme</b>	30,9	19,9	19,8	29,4	.....	.....	.....	.....
<b>Blé</b>	27,3	22,7	22,8	27,1	.....	.....	.....	.....
<b>Oursin</b>	32,8	17,7	17,3	32,1	.....	.....	.....	.....
<b>Bactérie E.coli</b>	24,7	26,0	25,7	23,6	.....	.....	.....	.....
<b>Levure</b>	31,3	18,7	17,1	32,9	.....	.....	.....	.....

1. Complétez le tableau.
2. Comparez, pour chacune des espèces considérées, les valeurs du rapport A+G/T+C d'une part et les valeurs du rapport A+T/G+C d'autre part.
3. Proposez une explication aux différences constatées chez les différentes espèces.

### Doc 3: La découverte de la structure de l'ADN

Pour déterminer la structure de l'ADN, Rosalind Franklin et Maurice Wilkins (1951) ont soumis la molécule d'ADN à la **diffraction aux rayons X**. Ils ont obtenu un cliché de la molécule d'ADN.



Rosalind Franklin



Radiographie de l'ADN par diffraction de rayons X

Ces travaux ont permis plus tard en 1953 à James Watson et Francis Crick de proposer un modèle de la structure d'ADN.

« Dès que je vis cette image, je restais bouche bée. La croix noire des réflexions qui dominait dans l'image ne pouvait provenir que d'une structure hélicoïdale » F. Crick

En 1953, à partir des travaux réalisés par Franklin et Wilkins, J. Watson et F.Crick ont proposé un modèle de molécule d'ADN qui montre le mode d'association des nucléotides : C'est la **structure en double hélice**.

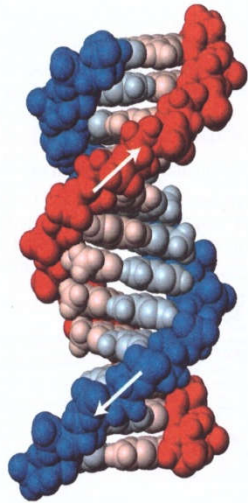


J. Watson et F.Crick

1. Identifiez les différents constituants de la molécule d'ADN et justifiez l'appellation « Acide désoxyribonucléique » donnée à cette molécule.
2. Qu'est ce qu'un nucléotide ? Combien de type de nucléotides se trouvent dans la molécule d'ADN ?

**Question:** Quels sont les indices décisifs qui ont permis aux chercheurs de déterminer la structure de la molécule d'ADN.

Doc 4: Structure de l'ADN : la double hélice



Structure spatiale de la double hélice de la molécule d'ADN

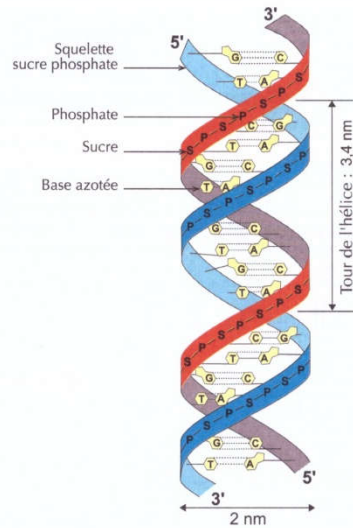
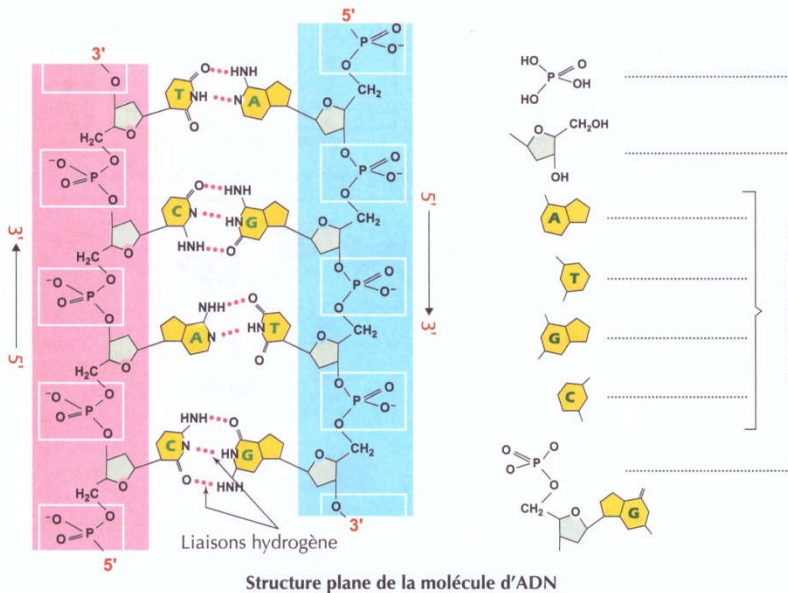


Schéma montrant la structure hélicoïdale de la molécule d'ADN



Structure plane de la molécule d'ADN

Question: Décrivez la structure de la molécule d'ADN.

Activité 5 Les Chromosomes: unités de transmission de l'information génétique

L'information génétique est localisée dans le noyau, sa nature chimique est l'ADN et les chromosomes sont le support de cette information génétique.

- Quelle est la structure des chromosomes ?
- Quelle relation existe-t-elle entre les chromosomes, la chromatine et l'ADN ?

Doc 1: Nombre et structure des chromosomes

Fig. 1 : Techniques de réalisation des caryotypes

Pour réaliser un caryotype on met en culture des cellules et on stimule leur division. L'ajout de la colchicine permet de bloquer les cellules en métaphase. Après avoir coloré les chromosomes, on fait éclater les cellules, afin de séparer les chromosomes. Leur observation et leur photographie sont ainsi facilitées.

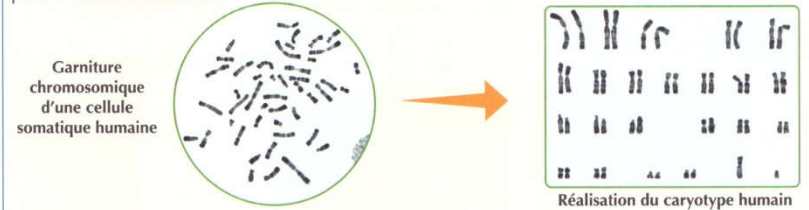


Fig. 2 : Etude des caryotypes de l'homme et de la femme

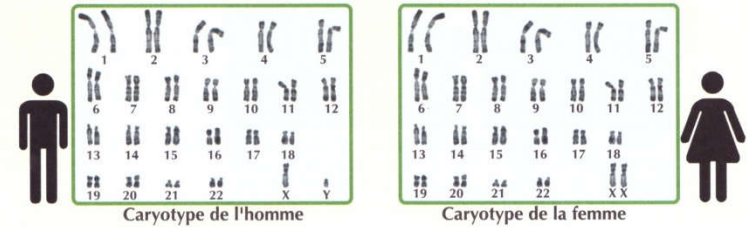
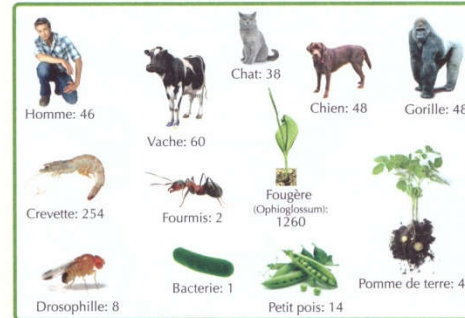


Fig. 3 : Nombres de chromosomes chez quelques animaux et végétaux



Remarque

Il y a des êtres vivants qualifiés de haploïdes tels que :

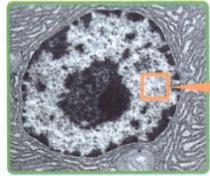
- Neurospora (n= 7 ch)
- Pénicillium (n= 4 ch)
- Bactérie (n= 1 ch)
- Faux bourdon (n= 16 ch)

1. **Donnez** la définition de « caryotype » et **déterminez** les critères permettant le classement ordonné des chromosomes (Fig. 1)
2. **Comparez** les caryotypes des cellules somatiques chez l'homme et la femme, **écrivez** leurs formules chromosomiques (Fig. 2)
3. Que pouvez-vous **conclure** de l'analyse des données de la figure 3 ? **Justifiez** pourquoi certains êtres vivants sont qualifiés de diploïdes et d'autres qualifiés d'haploïdes

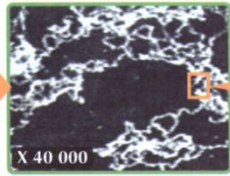


## Doc 2: Relation entre chromosome, chromatine et ADN

### a. Ultrastructure de la chromatine



Noyau d'une cellule eucaryote en interphase observé au microscope électronique



Filaments de chromatines ou Nucléofilaments formés par des particules denses appelées nucléosomes (pointes noires) ayant l'aspect d'un « collier de perles » séparées par les ADN de liaison.

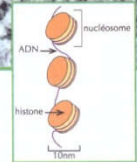
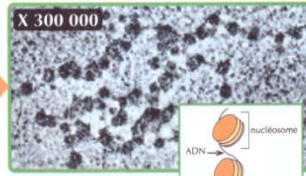
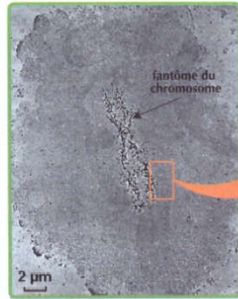


Schéma d'une portion de nucléofilament

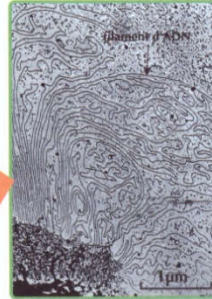
### b. Structure des chromosomes



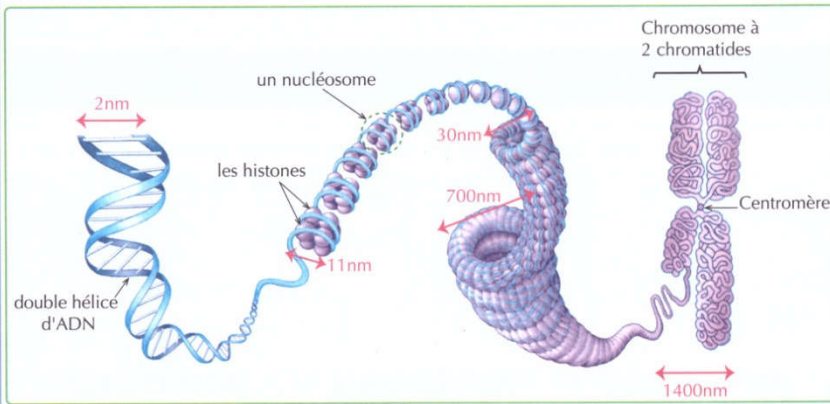
Chromosome métaphasique



Chromosome métaphasique traité par des enzymes qui éliminent les protéines histoniques : observation d'un très long filament déroulé autour du « fantôme » du chromosome constitué par des protéines non histoniques



### c. De l'ADN au chromosome



1. Décrivez la composition chimique et la structure de la chromatine et du chromosome.
2. Établissez le lien entre la chromatine, les chromosomes et l'ADN.

MOHAMED NASSIB