

# Matériel génétique

1.0 02/07/2024

# Table des matières

<b>I - nature chimique du matériel génétique</b>	<b>3</b>
1. définition .....	3
1.1. analysez le document, et déduisez le facteur responsable de la mort des souris. ....	3
1.2. que peut-on conclure d'après les expériences d'Avery. ....	4
2. Structure des acides nucléiques .....	4
3. Structure et composition du matériel génétique.....	5
4. Réplication de la molécule d'ADN .....	6
4.2. Introduction .....	6
4.3. Le problème à résoudre .....	6
5. Les hypothèses .....	7
5.1. Hypothèse 1.....	7
5.2. Hypothèse 2.....	7
5.3. Hypothèse 3.....	7
6. L'expérience : résultats observés .....	7
7. L'expérience .....	8
8. Conclusion .....	9

# nature chimique du matériel génétique



## 1. définition

Le matériel génétique est le génome d'un organisme, précisément défini comme l'ensemble des acides nucléiques d'une cellule. Il contient à la fois les séquences codantes et non-codantes des protéines. L'ADN\* est le matériel génétique dans les cellules.

Le matériel génétique (héréditaire) de tous les êtres vivants est composé d'ADN . La structure de l'ADN doit permettre à cette substance de stocker des informations codées qui contrôlent la fonction biologique des cellules.

Jusqu'en 1944, on ignorait quelle pouvait être la nature chimique de la molécule présente dans les chromosomes et porteuse de l'information génétique. Alors que la plupart des chercheurs pensaient qu'il s'agissait de protéines.

alors quelle est la nature 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.

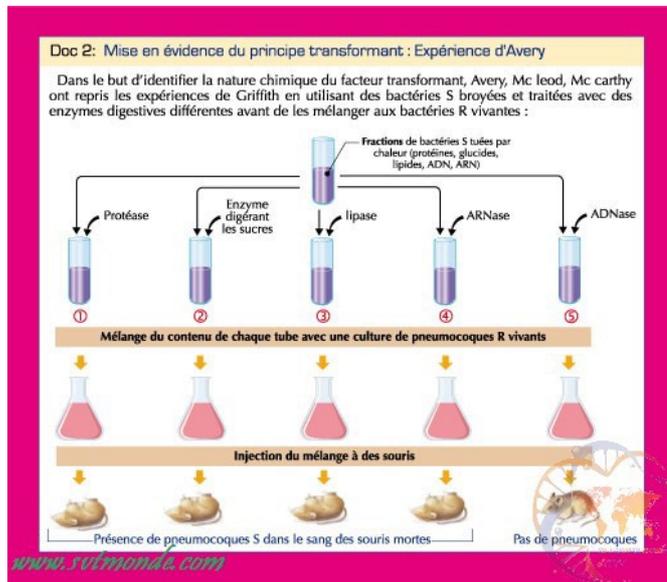
1	2	3	4
Injection de pneumocoques R vivants	Injection de pneumocoques S vivants	Injection de pneumocoques S tués	Injection d'un mélange de S tués et R vivants
			
survie	mort	survie	mort
Absence dans le sang de l'animal de tout Pneumocoque	Présence de très nombreux Pneumocoques S vivants dans le sang	Absence dans le sang de l'animal de tout Pneumocoque	Présence de très nombreux Pneumocoques S vivants dans le sang

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».

### 1.1. analysez le document, et déduisez le facteur responsable de la mort des souris.

Ces expériences ont mis en évidence l'existence d'une substance libérée par les bactéries S tuées, susceptible d'être intégré par les bactéries R, et qui leur confère la capacité de synthétiser la capsule, ainsi elles se transforment en bactéries S.

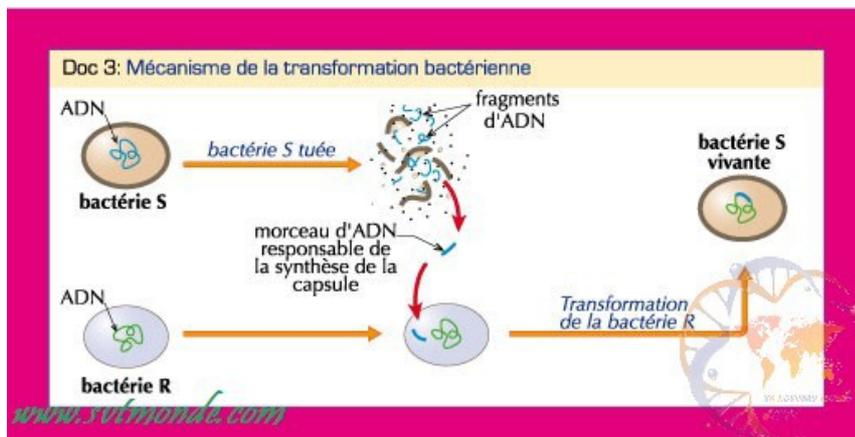
• Griffith a appelé cette substance « facteur transformant » (ou principe transformant) mais il n'a pas déterminé sa nature chimique.



## 1.2. que peut-on conclure d'après les expériences d'Avery.

L'utilisation de protéase et de ribonucléase a montré que les protéines et l'ARN ne sont pas impliqués dans la transformation des bactéries R en S.

- La substance responsable de la transformation des bactéries R en bactéries S est l'ADN (acide désoxyribonucléique) car lors de l'addition d'une ADNase (enzyme qui détruit l'ADN), la transformation n'avait pas lieu et la souris survivait.



### Remarque

Ces expériences ont montrées que seule l'ADN est capable de conférer les bactéries R la capacité de synthétiser la capsule. L'ADN est donc le support de l'information génétique. .

## 2. Structure des acides nucléiques

Les acides nucléiques sont des polymères linéaires de nucléotides (nucléosides monophosphates) reliés entre eux par une liaison 3'-5' phosphodiester. Il en existe deux types :

- ▶ l'acide désoxyribonucléique (ADN), support de l'information génétique (gènes);
- ▶ l'acide ribonucléique (ARN), dont il existe plusieurs formes :
  - ARN messager, support transitoire de l'information génétique qui est traduite en protéines,
  - ARN ribosomique et ARN\* de transfert, impliqués dans la synthèse des protéines,
  - petits ARN ayant un rôle de régulation.

L'ADN est situé essentiellement dans le noyau, associé à des protéines (histones) pour former la chromatine.

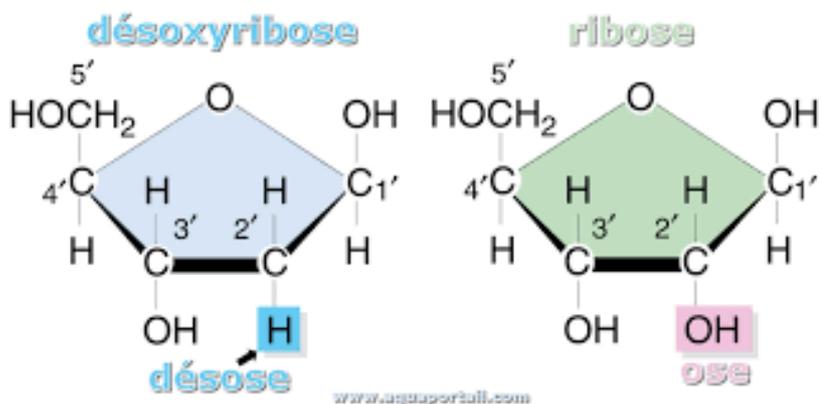
Les ARN, eux, sont situés dans le noyau (synthèse) et dans le cytoplasme (lieu de la traduction en protéines).

### 3. Structure et composition du matériel génétique

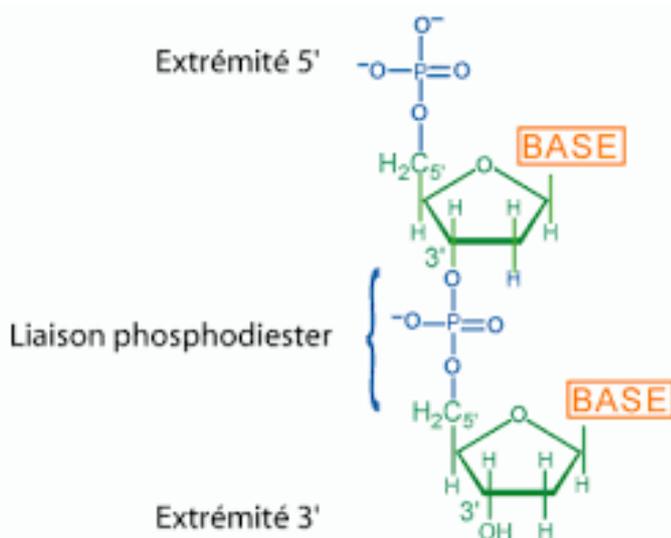
L'ADN, acide désoxyribonucléique est une molécule composée de deux longues chaînes (brins) polynucléotidiques antiparallèles faites de quatre types de sous-unités nucléotidiques.\*\*\*

Un nucléotide est composé d'un pentose (désoxyribose pour l'ADN ou ribose pour l'ARN) attaché à un groupement phosphate (5') et d'une base azotée (1'). Les bases azotées sont au nombre de quatre : deux bases purines ; adénine (A) et guanine (G), et deux bases pyrimidines ; cytosine (C) et la thymine (T) (uracile (U) pour l'ARN)

Le sucre, qui est un pentose à 5 carbones cyclique. Note: le sucre de l'ARN est un ribose.



Les carbones du sucre sont notés de 1' à 5'. Un atome d'azote de la base azotée se lie au C1' (liaison glycosidique), et le phosphate se lie au C5' (liaison ester) pour former le nucléotide. Le nucléotide est donc: phosphate - C5' sucre C1' - base.



A et T (A=T) et 3 liaisons hydrogènes entre C et G (C≡G) avec A+C/T+G= 1.

Les nucléotides sont reliés entre eux sur chaque brin par des liaisons covalentes (liaisons phosphodiester entre un groupe phosphate et deux molécules de désoxyribose de nucléotides adjacents).

Des liaisons faibles (liaisons hydrogène) maintiennent les deux brins complémentaires; (ces liaisons peuvent être rompues par simple augmentation de température.

## 4. Réplication de la molécule d'ADN

Au moment de la division cellulaire, la cellule doit copier son génome afin de le transmettre aux cellules descendantes. La réplication doit se faire sans aucune erreur ce qui explique que toutes les cellules de l'organisme contiennent le même génome (correction sur épreuve de l'ADN polymérase). Lors de sa réplication, chacune des doubles hélices d'ADN filles est constituée de l'un des brins originel matrice (brin ancien) et d'un brin nouveau : on dit que la réplication de l'ADN est semiconservatrice (Expériences de MESELSON ET STAHL (1957).

### 4.2. Introduction

Cette expérience date de 1958. Elle permet de démontrer le caractère semi-conservatif de la multiplication de la molécule d'ADN chez les bactéries. Cette expérience a pu être réalisée grâce à plusieurs mises au point techniques :

Meselson et Stahl\* mettent au point une technique d'obtention d'un gradient de densité par centrifugation.

En utilisant du chlorure de césium de densité moyenne 1,72, ils obtiennent, après 24 h de centrifugation à grande vitesse, un gradient de densité d'environ 1,70 à 1,75. Cette gamme englobe la densité de l'ADN (1,710).

Ils cultivent les bactéries dans un milieu dont les substances organiques utilisées comme source d'azote contiennent de l'azote lourd ( $^{15}\text{N}$ ). Au cours de la culture, toutes les molécules azotées et en particulier l'ADN contiennent une forte proportion d'azote  $^{15}\text{N}$ .

L'ADN « lourd » a une densité de 1,724 et peut être distingué de l'ADN « léger » (1,710).

Ils mettent au point une méthode qui permet de synchroniser pendant quelques générations la division des bactéries.

### 4.3. Le problème à résoudre

Depuis Watson et Crick (1953), on sait que l'ADN est une molécule formée de deux brins antiparallèles, formant une double hélice. Dès leur publication originale sur la structure de l'ADN, Watson et Crick ont proposé que cette double hélice puisse s'ouvrir, permettant ainsi la synthèse de nouveaux brins, complémentaires des brins originaux.

L'ADN peut ainsi servir de matrice à sa propre réplication, étape essentielle du cycle cellulaire. Cette duplication de l'ADN (et donc des chromatides) permet de passer de chromosomes à une chromatide à des chromosomes possédant deux chromatides identiques, portant la même information génétique.

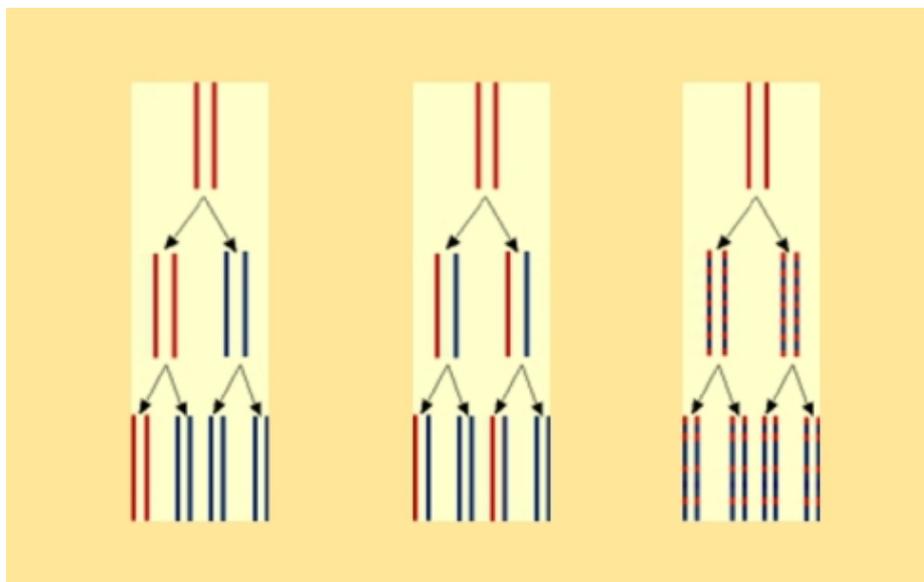
Lors de la mitose, ces deux chromatides sont réparties, chaque cellule-fille héritant d'une chromatide de chaque chromosome. On obtient ainsi deux cellules possédant la même information génétique que la cellule-mère.

Le problème qui se posait à Meselson et Stahl était alors de comprendre comment se réalisait cette réplication : selon quelles modalités passe-t-on d'une molécule d'ADN formée de deux brins à deux molécules d'ADN bicaténares identiques ?

## 5. Les hypothèses

Pour expliquer la duplication d'un ADN bicaténaire, trois modèles ont été proposés. Ces modèles se basent tous sur l'utilisation de la molécule d'ADN « mère » comme matrice pour sa réplication, mais selon des modalités différentes :

Ce schéma présente le devenir de l'ADN chez trois générations de cellules successives, selon les trois hypothèses de mode de réplication de l'ADN.



### 5.1. Hypothèse 1

à gauche : modèle conservatif

À partir d'une molécule d'ADN bicaténaire « mère », on forme une nouvelle molécule d'ADN bicaténaire. On garde donc ici une molécule « mère », non modifiée (elle est donc conservée), tout en « créant » une nouvelle molécule (« fille »).

### 5.2. Hypothèse 2

au centre : modèle semi-conservatif

On dissocie les deux brins de la molécule d'ADN bicaténaire « mère ».

Chaque brin sert donc de matrice à la synthèse d'un brin complémentaire, l'ensemble reformant une molécule d'ADN bicaténaire. Chaque nouvelle molécule « fille » ne conserve donc que la moitié de la molécule « mère ».

### 5.3. Hypothèse 3

à droite : modèle dispersif On ne conserve aucun brin intact. La copie se réalise par fragments

dispersés dans l'ensemble de l'ADN, permettant de former les deux molécules d'ADN bicaténaires « filles ».

## 6. L'expérience : résultats observés

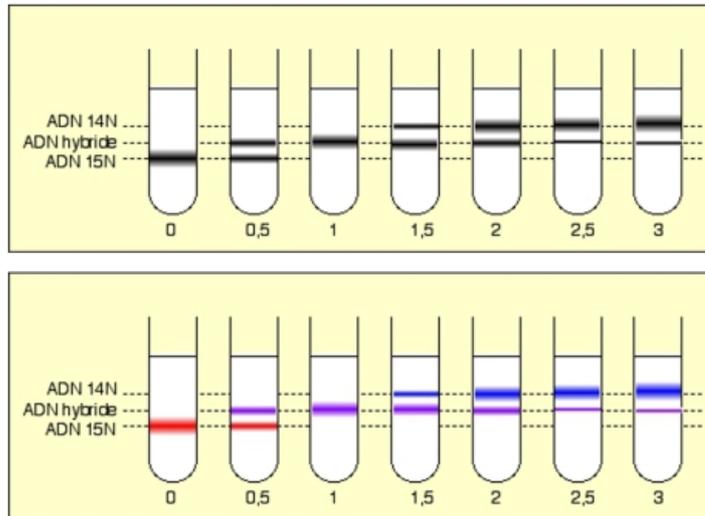


Ces schémas représentent la position des différentes bandes d'ADN observées au cours du temps (divisions successives), après centrifugation dans le gradient de chlorure de césium. Les chiffres

donnent le nombre de divisions.

Le schéma du bas correspond à une interprétation colorée de celui du haut

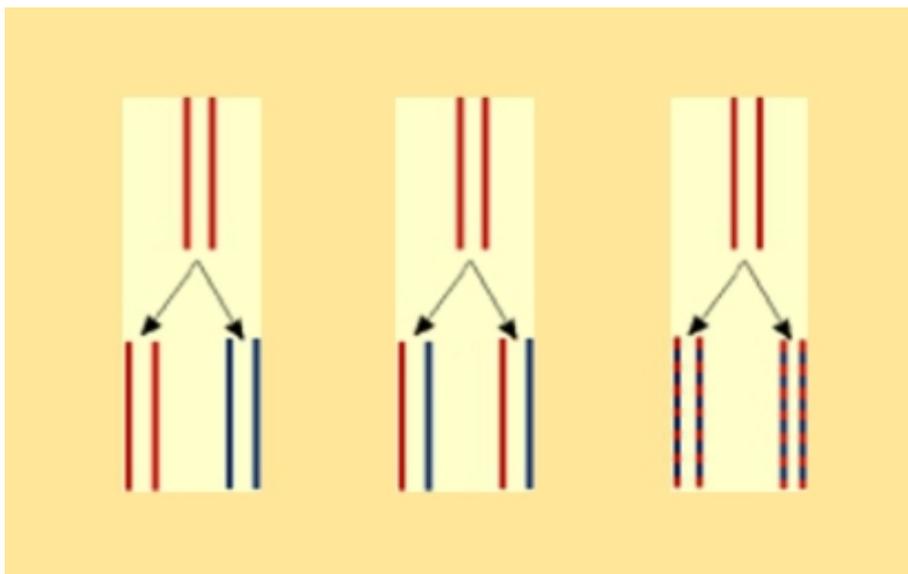
Des bactéries cultivées depuis longtemps en présence de molécules azotées  $^{15}\text{N}$  sont repiquées sur un milieu contenant des molécules azotées  $^{14}\text{N}$  et permettant la synchronisation des divisions. Des fractions sont prélevées après différents temps correspondant à 1, 2, 3... divisions. L'ADN est extrait, placé dans la solution de chlorure de césium et centrifugé 24 h à 100 000 g. La position des ADN est repérée par une mesure de la densité optique.



Après une génération, tout l'ADN est hybride (du point de vue de sa densité). Il n'y a plus d'ADN  $^{15}\text{N}$ . Ensuite, l'ADN hybride disparaît progressivement au profit d'ADN « léger » ( $^{14}\text{N}$ ).

## 7. L'expérience

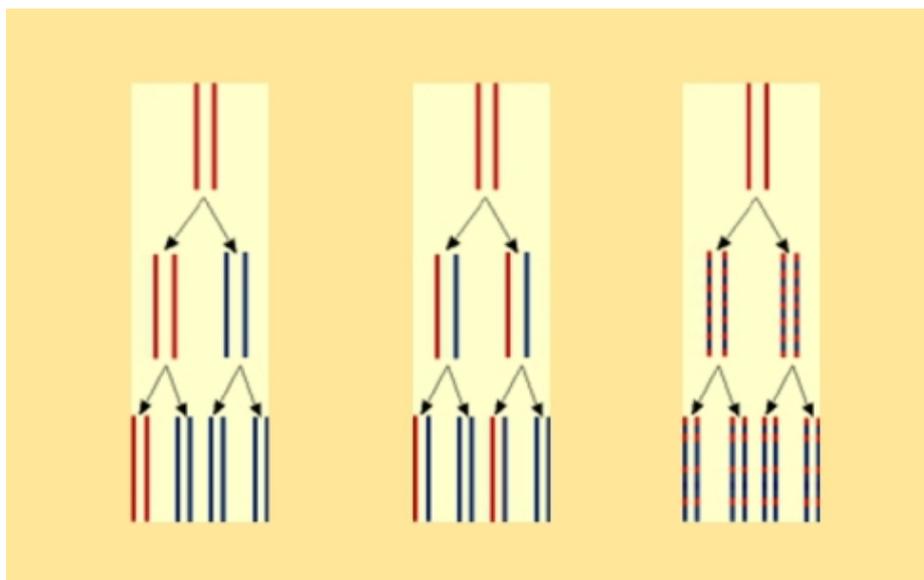
comparaison avec les modèles l'expérience de Meselson et Stahl montre donc la présence d'un ADN hybride au bout d'une génération cellulaire. Or, qu'attend-on pour les trois modèles proposés ?



On peut donc, dès cette première observation, rejeter le modèle conservatif

Au bout de deux générations cellulaires, Meselson et Stahl observent la présence d'ADN hybride et

d'ADN léger. Ceci permet de conclure quant aux deux modèles restants :



En conclusion, seul le modèle semi-conservatif permet d'aboutir à une concordance entre résultats attendus et résultats observés.

## 8. Conclusion

L'expérience de Meselson et Stahl permet donc de mettre en évidence le fait que la réplication de l'ADN se réalise selon un mode semi-conservatif.

Au début de l'expérience tout l'ADN des bactéries est formé de deux brins d'ADN lourd (rouge).

A la première génération, après une réplication en milieu contenant  $^{14}\text{N}$ , tout l'ADN est « hybride » et constitué d'un ancien brin « lourd » ( $^{15}\text{N}$ , ici en rouge) et d'un nouveau brin « léger » ( $^{14}\text{N}$ , ici en bleu).

A la deuxième génération la moitié des fragments d'ADN est hybride (un ancien brin rouge et un nouveau brin bleu) et l'autre moitié de l'ADN est constitué de deux nouveaux brins légers (deux brins bleus).

Cette conclusion a été depuis confirmée par des études plus précises, pour aboutir au modèle actuel de fonctionnement de la réplication.

Quelques points importants de cette expérience sont à noter : tout d'abord le fait qu'il est nécessaire de séparer les ADN sur un gradient permettant de mettre en évidence leurs très faibles différences de densités ; une « simple » centrifugation ne suffit pas. L'utilisation d'un gradient de chlorure de césium est donc un point fondamental du protocole. De même, ces observations n'ont été possibles que parce que Meselson et Stahl avaient réussi à obtenir des populations de bactéries synchrones (pendant quelques générations).

De nombreux auteurs omettent ces points fondamentaux... Ce qui fait perdre tout sens à leurs conclusions...

