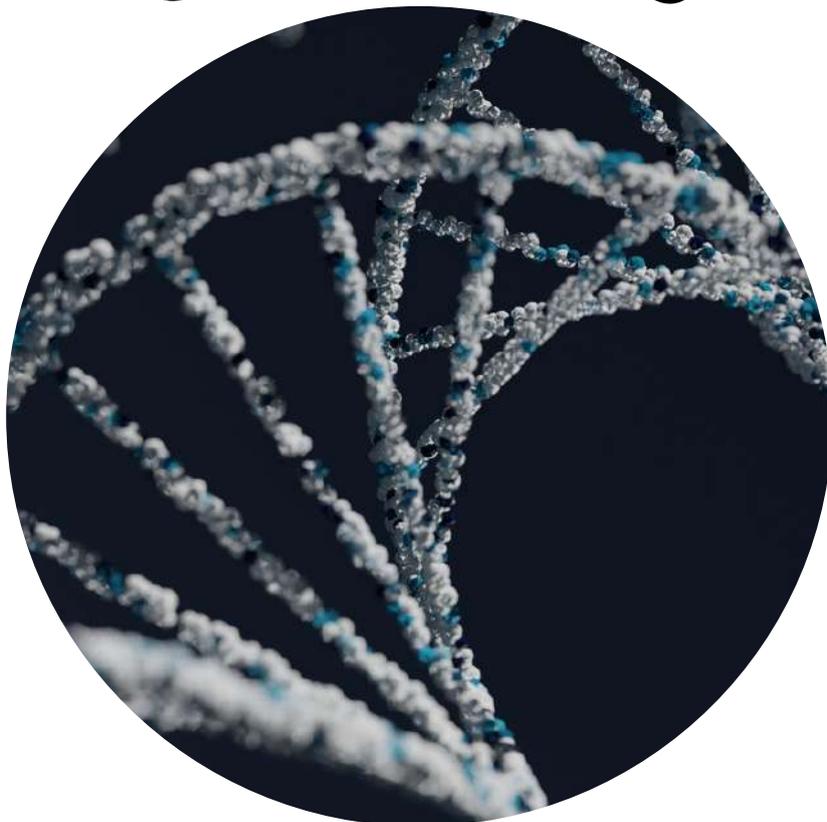


Génétique



SCIENCES DE LA VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](https://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Chapitre I :

LA GENETIQUE **MOLECULAIRE**

I- INTRODUCTION

La vie telle que nous la connaissons est définie par les **génomés** des myriades d'organismes avec lesquels nous partageons la planète. Chaque organisme possède un génome qui contient l'information **biologique** nécessaire à la construction et au maintien de cet organisme. La plupart des génomes, y compris le génome humain et ceux de toutes les autres formes de vie cellulaire, sont faits d'ADN (acide désoxyribonucléique) mais quelques virus ont un génome fait d'ARN (acide ribonucléique). L'ADN et l'ARN sont des polymères formés de chaînes d'unités monomères appelées « **nucléotides** ».

Définir la génétique.

Certains la présentent comme l'étude de l'hérédité, mais les phénomènes héréditaires ont intéressé l'homme bien avant que la biologie ou la génétique ne constituent les disciplines scientifiques que nous connaissons aujourd'hui.

Les peuples anciens amélioraient déjà les plantes cultivées et les animaux domestiques en sélectionnant des individus qu'ils réservaient à la reproduction. On peut se demander « pourquoi les enfants ressemblent à leurs parents » ou comment « certaines maladies se transmettent dans les familles ».

La génétique en tant qu'ensemble de principes et de méthodes analytiques débuta seulement dans les années 1860,

La **génétique** est l'étude des caractères biologiques héréditaires. L'existence de gènes et les règles gouvernant leur transmission de génération en génération ont été découvertes par Gregor Mendel en 1866. Son travail sur les pois est à l'origine de ce qui est devenu la science de la génétique. Mendel formule l'hérédité en termes de règles abstraites selon lesquelles les éléments héréditaires sont transmis des parents à la descendance. Cette approche de l'étude de la génétique est parfois appelée génétique « classique ».

La génétique « moderne » (moléculaire) ne débute que trois ans après que Mendel ait rapporté ses expériences. En 1869, Friedrich Miescher découvre un nouveau type d'acide faible, abondant dans les noyaux des globules blancs, qui s'avère être la substance chimique dont sont constitués les gènes. L'acide faible de Friedrich Miescher est maintenant appelé **acide désoxyribonucléique** ou **ADN**. Néanmoins, bien que les deux pièces principales du puzzle de l'hérédité (les gènes et l'ADN) soient découvertes, elles ne sont associées que vers le milieu du vingtième siècle, lorsque l'identité chimique entre les gènes et l'ADN est démontrée de façon concluante.

L'importance du noyau de la cellule dans l'hérédité devient claire lorsque l'on observe que les noyaux des cellules reproductrices mâles et femelles fusionnent au cours de la fécondation. Cette découverte a été faite dans les années 1870. La percée suivante est la découverte des **chromosomes**, des objets

filamenteux à l'intérieur du noyau qui deviennent visibles au microscope optique lorsqu'ils sont colorés avec certaines teintures. Les chromosomes ont un comportement « de séparation » caractéristique, qui permet à chaque cellule fille formée lors de la division cellulaire de recevoir un lot identique de chromosomes.

Des preuves supplémentaires de l'importance des chromosomes sont apportées par l'observation suivante : alors que le nombre de chromosomes dans chaque cellule diffère d'une espèce biologique à l'autre, leur nombre est pratiquement toujours constant dans les cellules d'une espèce donnée. Ces caractéristiques des chromosomes ont été bien comprises au début des années 1900 et rendent alors vraisemblable l'idée que les chromosomes sont les porteurs des gènes.

Dans les années 1920, plusieurs types de preuves indirectes suggèrent l'existence d'une relation étroite entre les chromosomes et l'ADN. Des études microscopiques avec des colorants particuliers montrent que l'ADN est présent dans les chromosomes. Plusieurs types de protéines sont également présents dans les chromosomes. Ainsi, la majorité de l'ADN des cellules des organismes supérieurs est présente dans les chromosomes et la quantité d'ADN par cellule est constante; par contre, la quantité et le type de protéines et d'autres grandes molécules diffèrent de façon importante d'un type cellulaire à l'autre.

II- LES BASES MOLÉCULAIRES DE L'HÉRÉDITÉ: COMPOSITION ET STRUCTURE DU MATERIEL GENETIQUE

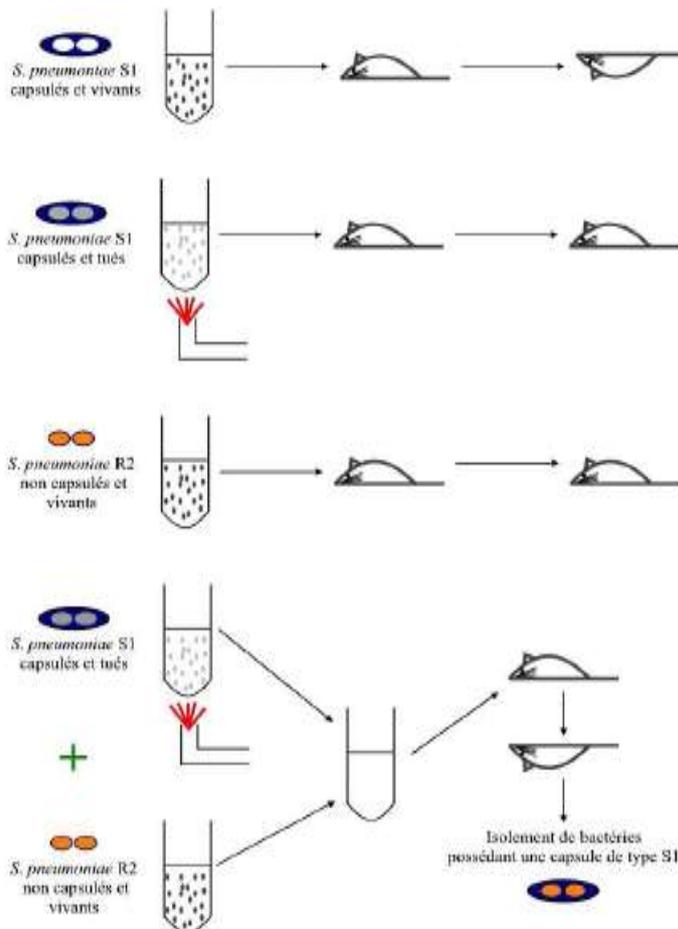
A-Identification du matériel génétique

Des expériences majeures mènent les chercheurs à reconnaître que l'ADN est le matériel héréditaire.

À partir des recherches de Morgan (1910) sur les chromosomes géants de drosophiles, on savait que le matériel génétique devait être composé d'ADN, d'ARN ou de **protéines** mais on penchait pour les protéines. L'ADN semblait trop uniforme dans sa structure pour pouvoir expliquer la grande diversité démontrée par le vivant.

1- L'expérience de Griffith (1928) :

La transformation des bactéries par l'ADN d'autres bactéries
En 1928, Fred Griffith découvre le phénomène de "transformation": une coinjection chez une souris de pneumocoques non pathogènes (R) et de pneumocoques virulents (S) mais tués préalablement entraîne la mort de l'animal. Les pneumocoques non pathogènes sont ainsi transformés par un facteur issu des pneumocoques virulents.



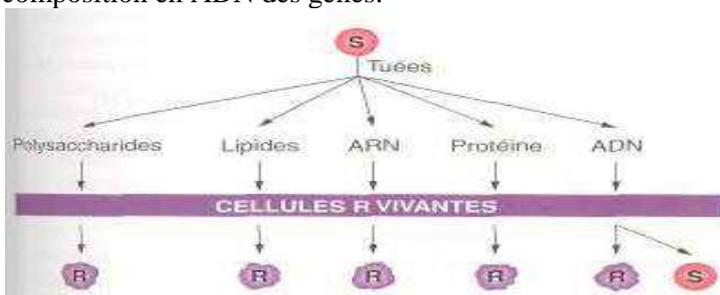
Les cellules **SI** chauffées avec des cellules **R II**, **Griffith** constate la mort rapide des souris. **Il extrait** les bactéries des cadavres et les étale sur boîte de Pétri: les bactéries qui poussent ont un aspect lisse, **elles sont de type SI**. L'information "**SI**" dans les cellules S tuées se transmet aux cellules R vivantes et les transforme en **SI** : c'est le principe de la **transformation**.

c- Conclusion

1. Les bactéries vivantes, non pathogènes, ont capté une substance provenant des bactéries pathogènes et se sont transformées en bactéries pathogènes ce qui a fait mourir l'animal.
2. L'agent de transformation est héréditaire puisque les bactéries transformées en pathogènes se reproduisent en d'autres bactéries pathogènes.
3. L'agent de transformation n'est probablement pas constitué de protéines car les protéines sont dénaturées par la chaleur. Or, Griffith a utilisé la chaleur pour tuer les bactéries. On peut penser que l'agent de transformation est l'ADN.

2- Les travaux de l'équipe Avery (1944)

La purification du facteur transformant (dans l'expérience de Griffith) par Avery aboutit au résultat suivant: ce n'est pas une protéine, mais un acide désoxyribonucléique (ADN), mettant ainsi en évidence le rôle de l'ADN comme support de l'information génétique = **la première preuve** de la composition en ADN des gènes.



Conclusion : Étant donné que seule L'ADNase a détruit la substance transformante, cette substance est l'ADN. Le phénomène **de transformation** montre q 'une substance **-le principe transformant-** est capable de modifier génétiquement des bactéries **R**.

3- L'analyse de l'ADN par Erwin Chargaff (1947)

Preuve indirecte que l'ADN est le matériel génétique «héréditaire» puisque chaque espèce a sa propre composition en ADN

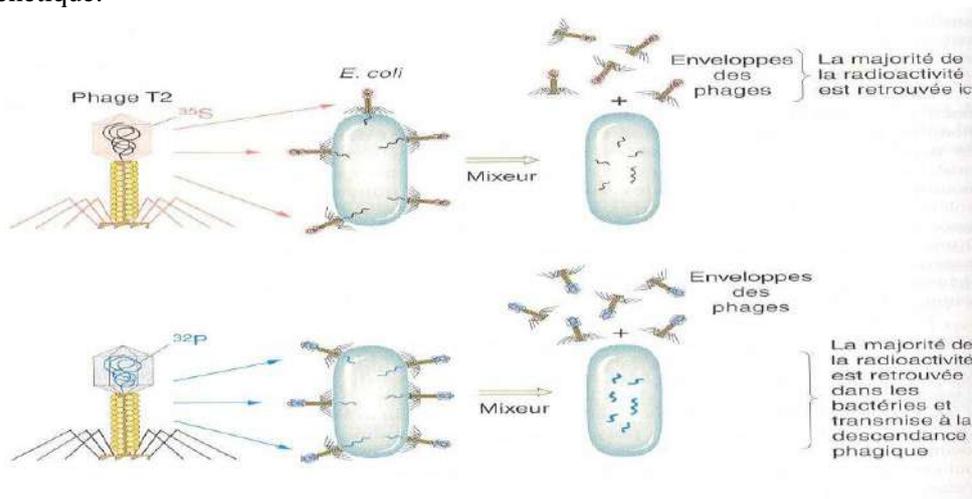
Erwin Chargaff a analysé la proportion des bases dans l'ADN de plusieurs organismes différents et a tiré **deux conclusions**

- a- Chaque espèce a sa propre composition d'ADN
- b- Dans l'ADN, il y a autant d'adénine que de thymine (A=T) autant de guanine que de cytosine (G=C)

4- L'expérience d'Hershey et Chase (1952) :

Une preuve de la programmation de cellules par l'ADN viral

En 1952, l'expérience de Hershey et Chase confirme ce résultat. C'est une des premières expériences de biologie moléculaire où des isotopes radioactifs permettent de tracer des molécules. Ils utilisent un marquage isotopique différentiel de chacun des constituants du phage: du phosphore radioactif, incorporé à l'ADN, et du soufre radioactif, incorporé aux protéines de la capsid. Ces phages sont utilisés pour infecter des bactéries. Immédiatement après l'infection, il est possible de séparer par agitation mécanique les bactéries des phages qui les ont infectés, et de séparer par centrifugation les particules phagiques des bactéries infectées. Lorsqu'elles sont remises en culture, ces bactéries produisent des phages. Or l'analyse de la répartition de la radioactivité montre que ces bactéries ne contiennent que du phosphore radioactif : seul l'ADN a donc pénétré dans la cellule, et cette fraction est responsable à elle seule de la reproduction du phage. C'est donc l'ADN qui détient l'information génétique.



Le T2 est un bactériophage qui infecte E. coli.

Conclusion
Le matériel héréditaire injecté par les virus aux bactéries est l'ADN.

Toute information génétique est contenue dans une longue séquence de molécules d'ADN ou d'ARN. Au début des années 1950 les chercheurs sont convaincus que le support génétique est de l'ADN.

MESSAGE : D'un point de vue génétique, il faut mentionner que la découverte de la structure de l'ADN par Watson et Crick en 1953 a permis de proposer des mécanismes pour expliquer comment l'information génétique est codée dans l'ADN et comment elle est transmise au cours des générations.

B- Information génétique et protéines

50% du poids sec de la plupart des cellules = protéines. Protéine = polymère (chaîne) d'acides aminés. Chaque protéine est caractérisée par sa **séquence d'acides aminés**. Chaque cellule fabrique les protéines dont elle a besoin. Pour fabriquer une protéine, il faut deux choses:

- Des acides aminés.
- La recette: quels acides aminés il faut assembler et dans quel ordre. "**Recettes**" contenues dans le noyau. Noyau contient une matière appelée **chromatine** qui est un mélange de protéines appelées **histones** et d'**ADN** (environ moitié-moitié)

En se basant sur les propriétés des êtres vivants, on observe que le matériel génétique, en l'occurrence l'ADN, doit remplir cinq conditions bien précises:

- 1** contenir une information capable de commander la production de toutes les molécules complexes nécessaires à la structure et au fonctionnement des systèmes vivants;
- 2** dupliquer cette information avec précision de telle sorte qu'elle se transmette de cellule en cellule et de génération en génération; ainsi la conservation du type spécifique pendant des milliers de générations est-elle réalisée;

3 décoder l'information inscrite dans le matériel génétique afin de produire les molécules nécessaires à la structure et au fonctionnement des cellules des systèmes vivants.

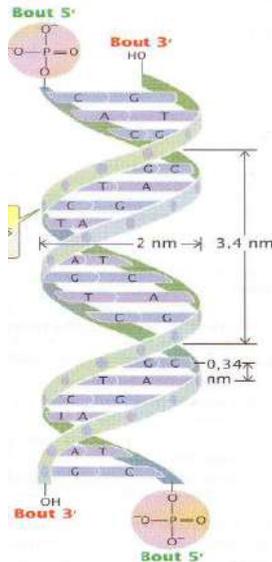
4 subir de rares variations — les mutations — qui ont un rôle si important dans l'étiquetage des gènes et dans l'évolution;

5 posséder une grande stabilité métabolique puisque l'ADN doit être conservé sans altération durant des générations cellulaires.

C- Composition et structure de l'ADN.

L'ADN et l'ARN sont des macromolécules constituées de longs polymères linéaires, c'est-à-dire d'un enchaînement d'un grand nombre de molécules unitaires appelées nucléotides. Cet enchaînement résulte d'une polycondensation, chaque addition se faisant par élimination d'une molécule d'eau lors de l'établissement de la liaison phosphodiester (covalence) entre le OH du carbone 3' du sucre précédent et le phosphate porté par le carbone 5' du sucre suivant.

Chaque nucléotide est constitué des trois sous-unités: un sucre désoxyribose porté sur le carbone 5', un groupe phosphate et, sur le carbone 1', une base azotée dont il existe d'ailleurs quatre variantes déterminant ainsi quatre nucléotides différents.



Ces bases organiques appartiennent à deux groupes qui se complètent:

- le groupe des bases puriques à double cycle, telles l'adénine (A) et la guanine (G)
- le groupe des bases pyrimidiques à simple cycle, telles la cytosine (C), la thymine (T) ou l'uracile (U) dans l'ARN.

On décrit l'ADN comme un polynucléotide, formé d'un squelette constitué d'une alternance de résidus sucre - phosphate portant latéralement les bases azotées, de configuration plane, s'empilant les unes sur les autres tel des pièces de monnaie. Il n'y a aucune restriction quant à la succession des bases ou la longueur de la chaîne. En outre, la quantité de A = la quantité de T, ainsi que la quantité de G = la quantité de C

Le nucléotide est l'unité de construction de l'ADN. Il est à cette molécule ce que l'acide aminé est à la protéine. L'appariement des paires de bases A-T, C-G est la caractéristique majeure du modèle. Elle entraîne que la séquence des paires de base d'une chaîne détermine ou impose celle de l'autre. De plus, cet appariement conditionne une orientation "antiparallèle" ou opposée des deux chaînes; l'une étant dans le sens 3'-5' (monte), l'autre dans le sens 5'-3' (descend).

D- l'ADN comme support d'information

La molécule d'ADN possède-t-elle un pouvoir informatif? Contient-elle une information? Pour répondre à ces questions, il faut se rendre compte que toute information est douée de variations. Il nous faut donc rechercher dans la structure de l'ADN., une structure variable.

Or le squelette "sucre-phosphate" est une séquence répétitive et identique tout au long de la chaîne. De plus, elle est la même pour toutes les chaînes d'A.D.N.; aucune information ne peut donc être portée par cette structure. La seule variable dans la molécule est l'ordre de succession des paires de bases: l'information ne peut donc être contenue, inscrite, que dans cette séquence des paires de bases

II- CONSERVATION ET TRANSMISSION DE L'INFORMATION GENETIQUE

La réplication est la capacité des molécules d'ADN de s'auto-reproduire, donc d'être capables de "fabriquer" deux nouvelles molécules d'ADN strictement identiques à la molécule originale sans que cette opération exige une source d'information autre que celle fournie par cette dernière

La reproduction est la propriété la plus essentielle de tous les êtres vivants. C'est la capacité de donner naissance à de nouveaux individus qui leurs sont semblables. Mais en fait, c'est à l'échelle cellulaire que cette reproduction se réalise!

En effet, tout système vivant est formé de cellules et toute cellule ne peut provenir que d'une autre cellule. L'ADN des chromosomes de la cellule-mère étant le matériel génétique, c'est la cellule qui assume la continuité du vivant par un mécanisme de duplication hautement précis, assurant la transmission de l'information par la cellule-mère à ses deux cellules-filles. Cette duplication fidèle est assurée par la réplication de l'ADN, perpétuant de cellule en cellule, de génération en génération, l'information génétique

A- Principe de l'invariance génétique.

En vertu du principe de complémentarité et d'appariement des bases organiques, chacun des brins sert de matrice pour la synthèse du brin complémentaire. Le plus grand mérite du modèle de Watson et Crick, réside dans le fait que la structure de l'ADN elle-même suggère irrésistiblement le mécanisme de reproduction de l'information rendant compte de son invariance. Dès 1953, ils imaginèrent que cette réplication s'effectue par la séparation des deux brins et la formation d'un nouveau brin complémentaire sur chacun des deux brins initiaux libérés.

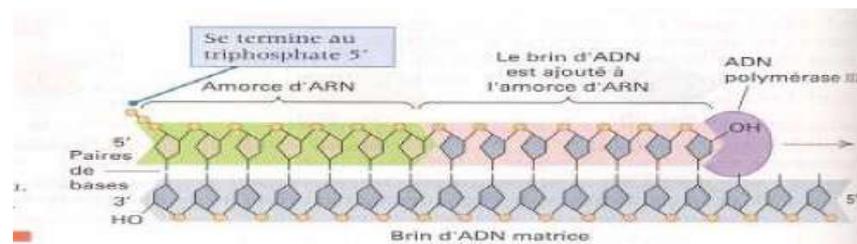
Ainsi, la réplication génère-t-elle deux duplex d'ADN, renfermant chacun une chaîne parentale et une chaîne néosynthétisée. Par ce fait, dans chaque nouvelle molécule d'ADN se trouve conservée la moitié de l'ancienne molécule; raison pour laquelle **la réplication est qualifiée de semi-conservative.**

1- Réplication de l'ADN : Dédoublment de tout l'ADN avant la division cellulaire

La réplication de l'ADN, ensemble de mécanismes biochimiquement complexes, se fait peu de temps avant la mitose. Elle prend environ 7 heures, alors que la mitose elle-même ne dure qu'une heure. Après une phase de croissance, les deux nouvelles cellules-filles peuvent entamer une nouvelle mitose. Cependant, elles peuvent aussi interrompre leur cycle et ne pas se diviser. Cela suppose l'existence de signaux de contrôle de la réplication. Malgré les multiples divisions cellulaires, le contenu de l'ADN est remarquablement conservé, génération après génération.

2- Mécanisme de la réplication (concept de base)

- a-** Chaque molécule d'ADN se déroule et se sépare en deux brins qui vont servir de matrice pour la synthèse d'ADN (par bris des liens hydrogène).
- b-** Des nucléosides triphosphates d'ADN, déjà synthétisés et présents dans le noyau, s'approchent des extrémités 3' des deux brins d'ADN en formation.
- c-** Les nucléosides s'apparient aux bases de l'ADN par des liens hydrogène et selon les règles de complémentarité.
- d-** L'ADN polymérase (un enzyme) libère le pyrophosphate de chaque nucléoside qui s'ajoute et utilise l'énergie dégagée par la réaction pour unir (polymériser) les nucléotides entre eux par des liens phosphodiester.
- e-** Les deux nouvelles molécules d'ADN s'enroulent en une double hélice. Il y a maintenant deux nouvelles molécules d'ADN, là où il n'y en avait qu'une seule.
Réaction asymétrique uniquement dans **le sens 5'P--->3'OH.**



La synthèse d'ADN nécessite :
une **matrice d'ADN simple brin**,
des **dNTP**,
une **amorce d'ARN**,
et un **arsenal d'enzyme** et des **protéines**

B- la notion d'un GENE

Séquence de nucléotides de l'acide désoxyribonucléique contenant l'information nécessaire pour la synthèse d'un acide ribonucléique ou d'une protéine.

1- Expression d'un gène: L'information contenue dans les gènes **codant** des protéines est utilisée par la cellule en deux étapes de transfert d'information : **transcription et traduction**.

La fonction du gène

Comment les systèmes biologiques décodent-ils l'information afin de produire toutes les molécules nécessaires à la structure et au fonctionnement d'un être vivant?

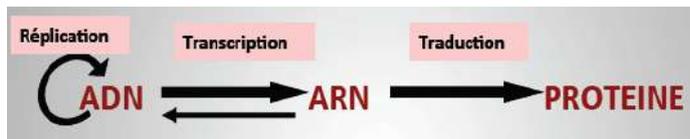
Comment passe-t-on du gène au caractère correspondant?

La réponse à cette question a nécessité de longues recherches pendant plus d'un demi-siècle, qui ont permis de mettre en place des concepts.

Le gène doit contrôler la synthèse d'une substance chimique. Ainsi, l'ADN dirige sa propre réplication. Le flux d'informations biologiques se propage de l'ADN, réservoir de l'information génétique, à l'ARN (la transcription), puis de l'ARN à la protéine (la traduction).

C'est le **dogme central de la biologie moléculaire**

2-Le dogme central



Le dogme central : Le flux d'information de l'ADN vers l'ARN puis vers les protéines est un thème central de la biologie moderne.
Le flux de l'information génétique est unidirectionnel

3- La différence entre un génome procaryotique et un génome eucaryotique

a- Chez les Procaryotes, organismes unicellulaires comprenant les bactéries et les algues bleues, les cellules n'ont pas de noyau et l'ADN flotte en quelque sorte librement dans le cytoplasme. Il se présente comme une seule molécule circulaire, fortement pelotonnée sur elle-même. Parfois appelée "**chromosome**" bactérien, elle renferme cinq millions de paires de bases et sa longueur est d'environ **1mm** (une bactérie a une taille de **1μ**).

Après leurs synthèses les ARN messagers (ARNm ou mRNA) des procaryotes ne subissent pas de modification. Ils sont d'ailleurs traduits en même temps qu'ils sont transcrits (couplage entre transcription et traduction).

b- Chez les Eucaryotes, protozoaires et pluricellulaires, l'ADN n'est jamais nu mais fixé à des protéines — les histones — pour constituer un complexe nucléoprotéique: la chromatine.

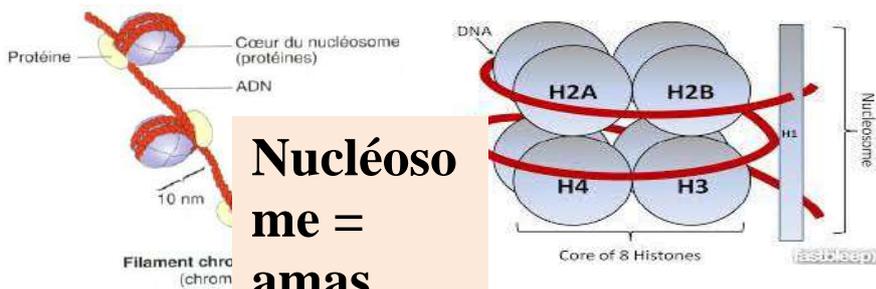
- Un premier ordre de structure est l'enroulement de 1,75 tour de spirale d'ADN bicaténaire autour d'un nucléosome, sorte de petit cylindre formé de protéines.

- Un deuxième ordre de structure est réalisé par la spiralisation de ce chapelet de nucléosomes, constituant une fibre de 10 nm de diamètre. Cette fibre s'ordonne ensuite en une superstructure hélicoïdale, type solénoïde. Nommée "chromatine", elle atteint alors un diamètre de 30 nm.

- la taille moyenne d'une cellule humaine est de 25 μ, et celle du noyau vaut entre 5 et 10μ;

- la longueur totale de l'ADN contenu dans les quarante-six chromosomes humains est estimée à deux mètres; - le nombre de paires de bases est évalué à 6 milliards; - un être humain serait constitué de 10 à 15 mille milliards de cellules (environ : **10¹²**).

- la longueur totale de l'ADN contenu dans toutes les cellules humaines serait donc de 30 milliards de km, de quoi réaliser cent fois l'aller-retour Terre-Lune.



**Nucléosome =
amas
de 8
histones +
ADN**

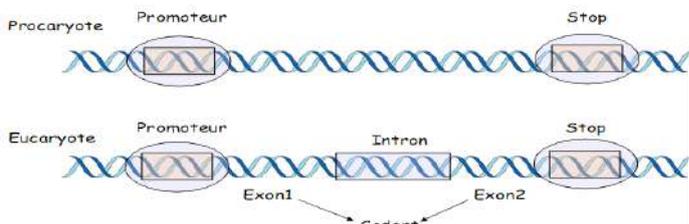
Le nucléosome

§ Comprend de l'ADN (environ 200pb).

§ Des protéines:

* des histones sous forme d'octamères:
2 X H2A, 2 X H2B, 2 X H3 et 2 X H4

* et des protéines non histones.



Un génome linéaire chez les procaryotes :

Gènes continus

Un génome en mosaïque chez les eucaryotes :

Gènes discontinus : Exons et Introns.

C- Comment l'information génétique se transmet-elle au cours des divisions cellulaires ?

Les cellules qui constituent notre organisme sont très différentes les unes des autres. Elles se sont toutes formées à partir de la cellule-œuf par divisions cellulaires successives. Elles contiennent toutes dans leur noyau des chromosomes, support de l'information génétique. Nombre de chromosomes varie d'un organisme à l'autre.

Toutes les cellules de l'organisme portent-elles la même information génétique ?

1- Le Génome

Définition: Ensemble de l'information héréditaire d'un organisme, présente en totalité dans chaque cellule.

a- Le génome nucléaire comprend environ 3 200 000 000 nucléotides d'ADN, répartis en 24 molécules linéaires, la plus courte ayant 50 000 000 nucléotides et la plus longue 260 000 000, chacune contenue dans un chromosome différent. Ces 24 chromosomes comprennent 22 autosomes et deux chromosomes sexuels X et Y.

b- Le génome mitochondrial est une molécule d'ADN circulaire de 16 569 nucléotides, dont de multiples copies sont localisées dans des organelles génératrices d'énergie appelées mitochondries.

Taille des génomes :

- Quelques dizaines de milliers de bases pour le génome d'un virus
- Quelques millions de bases pour une bactérie
- 3 milliards de bases pour le génome humain
- 16 milliards de bases pour le génome du blé.

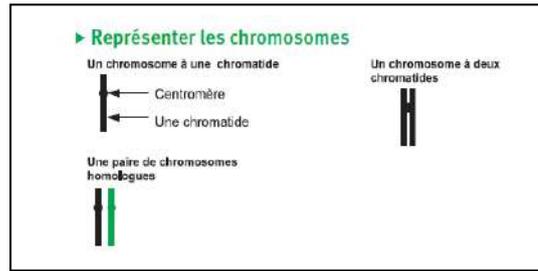
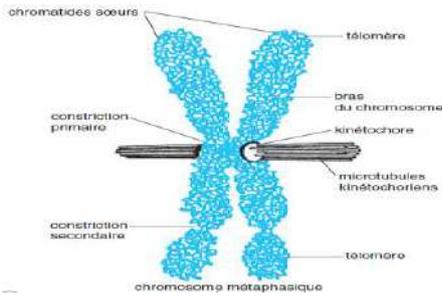
Le nombre de chromosomes varie énormément entre espèces et n'a que peu de relations avec la complexité apparente de l'organisme.

Toutes les cellules de l'organisme, exceptées les cellules reproductrices, possèdent la même information génétique.

2- La transmission de l'information génétique de cellules en cellules

Exceptées les cellules reproductrices, toutes les cellules de l'organisme possèdent le même nombre de chromosomes et donc les mêmes gènes.

Comment l'information génétique est-elle conservée lorsqu'une cellule se divise ?



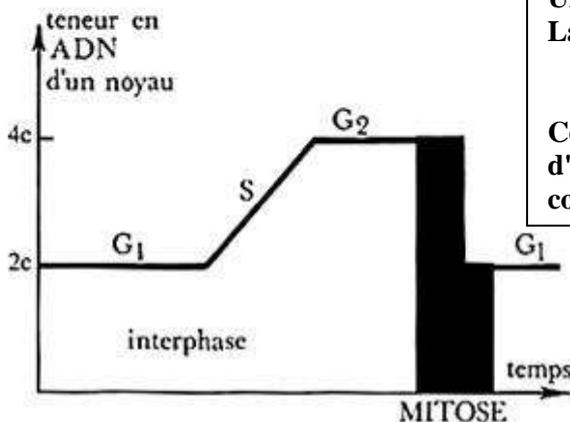
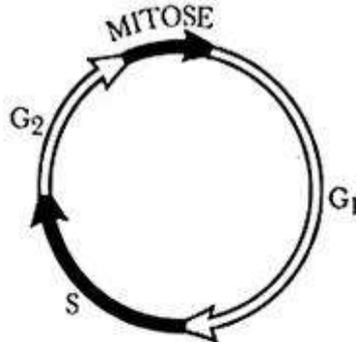
Chromatide sœur (génétiquement identique) ; Centromère lie deux chromatides sœurs.
Chromosomes homologues sont des paires de chromosomes semblables: Longueur ; Position du centromère ; Succession des bandes.

3- Le cycle cellulaire

Le **cycle cellulaire** est l'ensemble des modifications qu'une cellule subit entre sa formation, par division de la cellule mère, et le moment où cette cellule a fini de se diviser en deux cellules filles, grâce à la mitose au cours de laquelle les chromosomes se condensent et deviennent visibles en microscopie optique. **Il comprend l'interphase et la mitose.**

La plus grande partie du cycle est occupée par **l'interphase**, période comprise entre la **fin d'une division et le début de la suivante**

Pendant le cycle cellulaire, la cellule passe par les phases G₁, S, G₂, M. Cette dernière phase s'achève par la formation de deux cellules filles A₁ et A₂, qui peuvent suivre la même évolution



Les phases du cycle cellulaire

- *- **Interphase** (fonctions normales, réplication de l'ADN)
 - G₁ – croissance/activité cellulaire
 - S – synthèse/réplication de l'ADN
 - G₂ – phase de croissance et préparation à la division.
- *- **Mitose** (division cellulaire)
- *- **Cytocinèse** (division du cytoplasme)

Une cellule passe par toutes ces étapes.

La durée de chaque étape varie selon le type de cellule

Construction d'un graphique présentant la quantité d'ADN au cours du temps pour comprendre le comportement des chromosomes .

Le fonctionnement des cellules en phase G₁.

La cellule néoformée contient la quantité d'ADN caractéristique de l'espèce, correspondant dans les cellules somatiques à 2N chromosomes (par exemple 46 dans l'espèce humaine); cette quantité reste constante pendant toute la phase G₁. A ce stade, les chromosomes sont formés par un filament sinueux de chromatine spiralisée ou non. Durant cette phase, chaque chromosome est formé d'une molécule d'ADN (double hélice) associée aux histones.

Au début de la phase G1, les cellules viennent de se diviser: elles possèdent donc un faible volume cytoplasmique. Au cours de cette phase, les cellules élaborent les enzymes et toutes les molécules qu'elles possédaient avant la phase M. La phase G1 est une phase de synthèse, au cours de laquelle la réplication de l'ADN ne se produit pas. Au cours de la phase G1, la synthèse d'ARN messager assure la production des protéines nécessaires à l'accroissement de la cellule (l'ADN responsable de la synthèse de l'ARN est contenu dans l'euchromatine).

4- La mitose est la division cellulaire

Elle forme deux cellules filles au patrimoine génétique identique entre elles et identique à celui de la cellule mère. La mitose est séparée en 4 phases différentes : la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase.

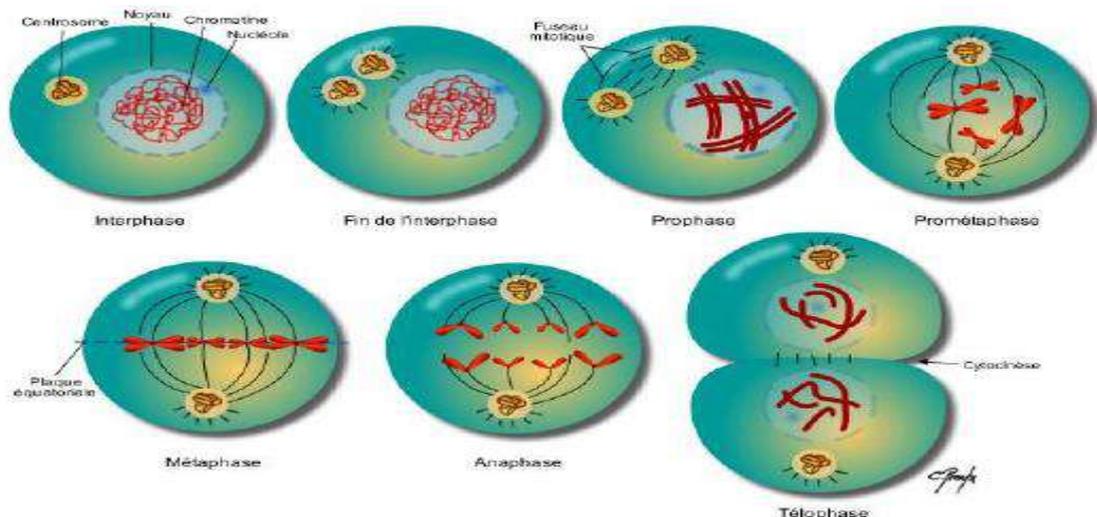
Prophase : Condensation de la chromatine, disparition du nucléole, fragmentation de la membrane nucléaire, mise en place du fuseau mitotique.

Métaphase : Les chromosomes se placent sur le plan équatorial de la cellule, les centrioles se place aux pôles cellulaire et le fuseau de division se forme. Les microtubules se lient aux centromères.

Anaphase : Séparation des chromatides sœurs. Le raccourcissement des microtubules entraînent les chromosomes à une chromatide vers les pôles cellulaires.

Télophase : Les chromosomes se décondensent, l'enveloppe nucléaire se reforme, la cellule s'allonge. La télophase se termine par la cytotélophase, division du cytoplasme, le cytosquelette permet l'étranglement de la cellule et sa division en deux cellules filles.

Les cellules issues de la mitose peuvent commencer le cycle cellulaire ou devenir quiescentes (phase G0), c'est-à-dire qu'elles stoppent leur métabolisme. La mitose permet le renouvellement des cellules somatiques (cellules du corps excepté les gamètes).



Présentation schématique de la mitose

La mitose distribue également l'ADN entre les deux cellules filles.

5- Un cycle de vie caractérisé par des phases haploïde et diploïde

Le cycle de développement des êtres vivants est caractérisé par l'alternance d'une phase haploïde et d'une phase diploïde. La méiose permet le passage de la phase diploïde à la phase haploïde

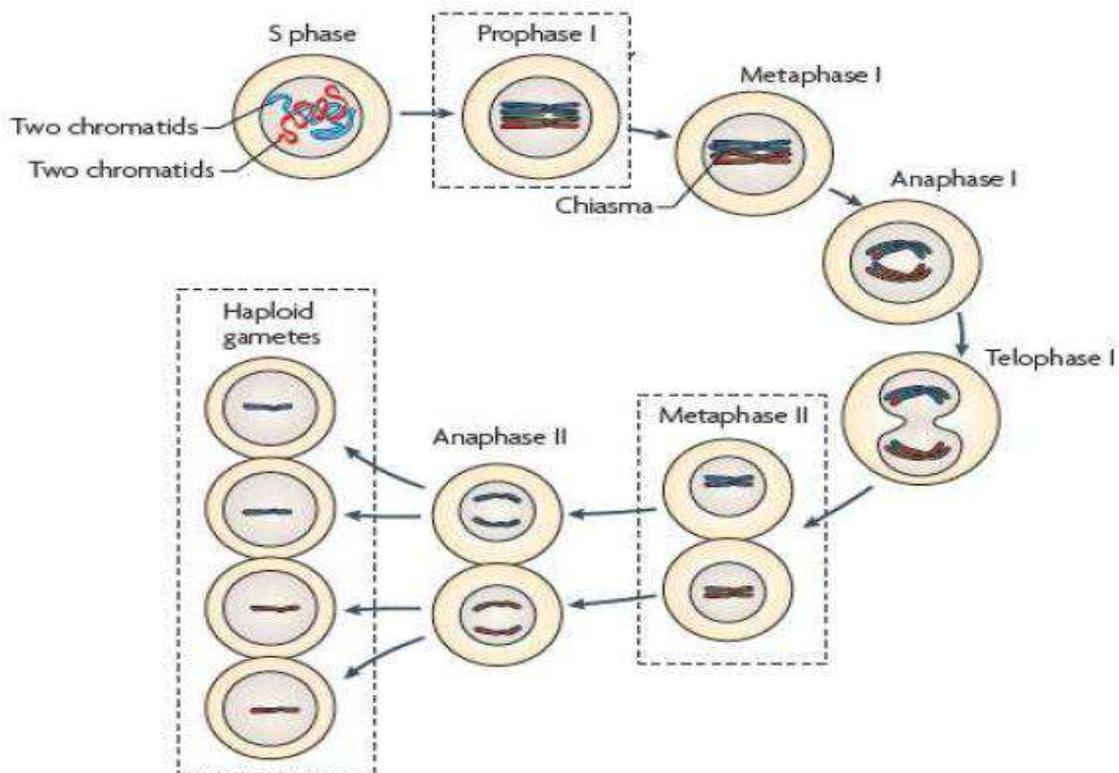
et la fécondation permet le passage de la phase haploïde à la phase diploïde. La méiose et la fécondation sont donc deux étapes nécessaires de la reproduction sexuée.

Au cours de ce cycle biologique, la phase diploïde domine, la phase haploïde étant réduite à la production des gamètes. La production de gamètes (spermatozoïdes et ovules) ou gamétogenèse s'effectue dans les glandes génitales ou gonades. L'ensemble des cellules à l'origine ou issues de la gamétogenèse forme la lignée germinale.

6- La méiose et la reproduction sexuée

La méiose est à l'origine de la genèse des cellules sexuelles, appelées gamètes. Contrairement à la mitose, qui permet un maintien de la diploïdie ($2n$ chromosomes) entre chaque cycle de division, le mécanisme de méiose induit la formation de cellules haploïdes (n) possédant une seule copie de chaque chromosome. La méiose est une étape essentielle du processus de gamétogénèse, conduisant à la production de spermatozoïdes chez le mâle et d'ovocytes chez la femelle.

Elle assure également une fonction primordiale de brassage génétique entre chromosomes maternels et paternels grâce aux recombinaisons méiotiques d'une part et à la ségrégation aléatoire des chromosomes dans les cellules filles d'autre part.



Présentation schématique de la méiose

La première phase, appelée **méiose I** ou **méiose réductionnelle**, permet la ségrégation des deux chromosomes homologues paternels et maternels. La ségrégation des chromatides sœurs dans chaque cellule fille est quant à elle appelée **méiose II** ou **méiose équationnelle**, et s'apparente à une mitose classique.

Dans chaque cas, les méioses I et II sont divisées en quatre étapes importantes : la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase.

La prophase de première division méiotique : une étape primordiale

La prophase de première division méiotique est une étape cruciale du processus méiotique.

Trois phénomènes « clefs » s'y produisent:

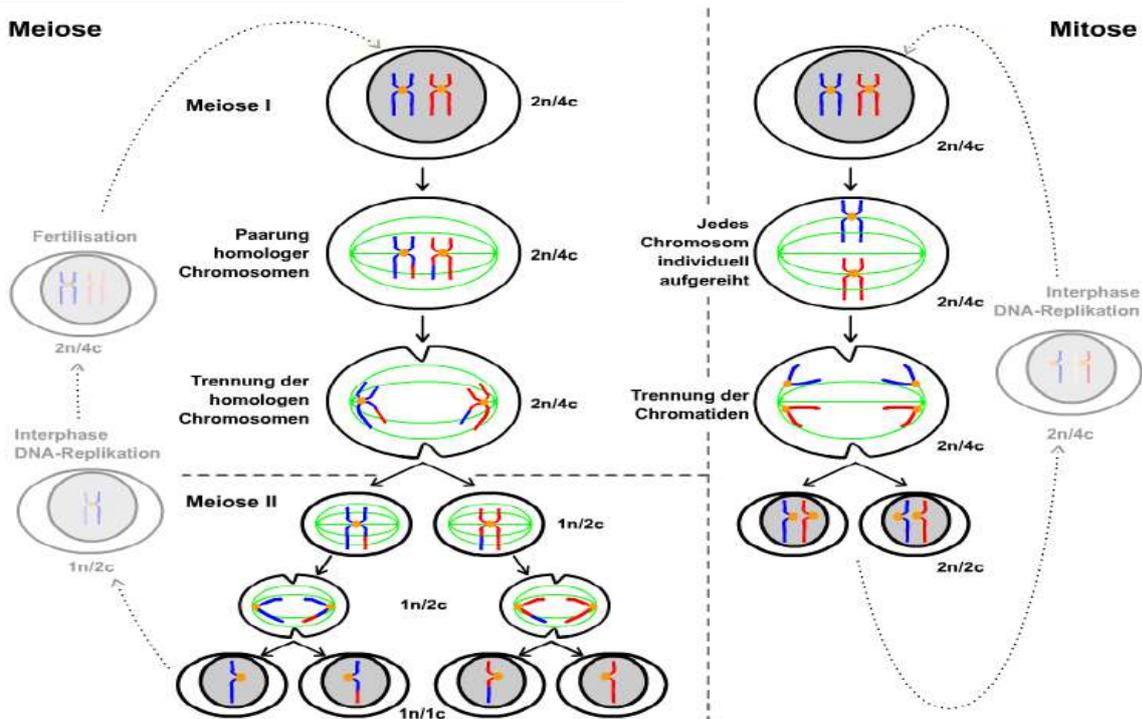
- Un rapprochement des chromosomes et l'identification de l'homologie des partenaires,
- L'appariement des homologues,
- La recombinaison méiotique.

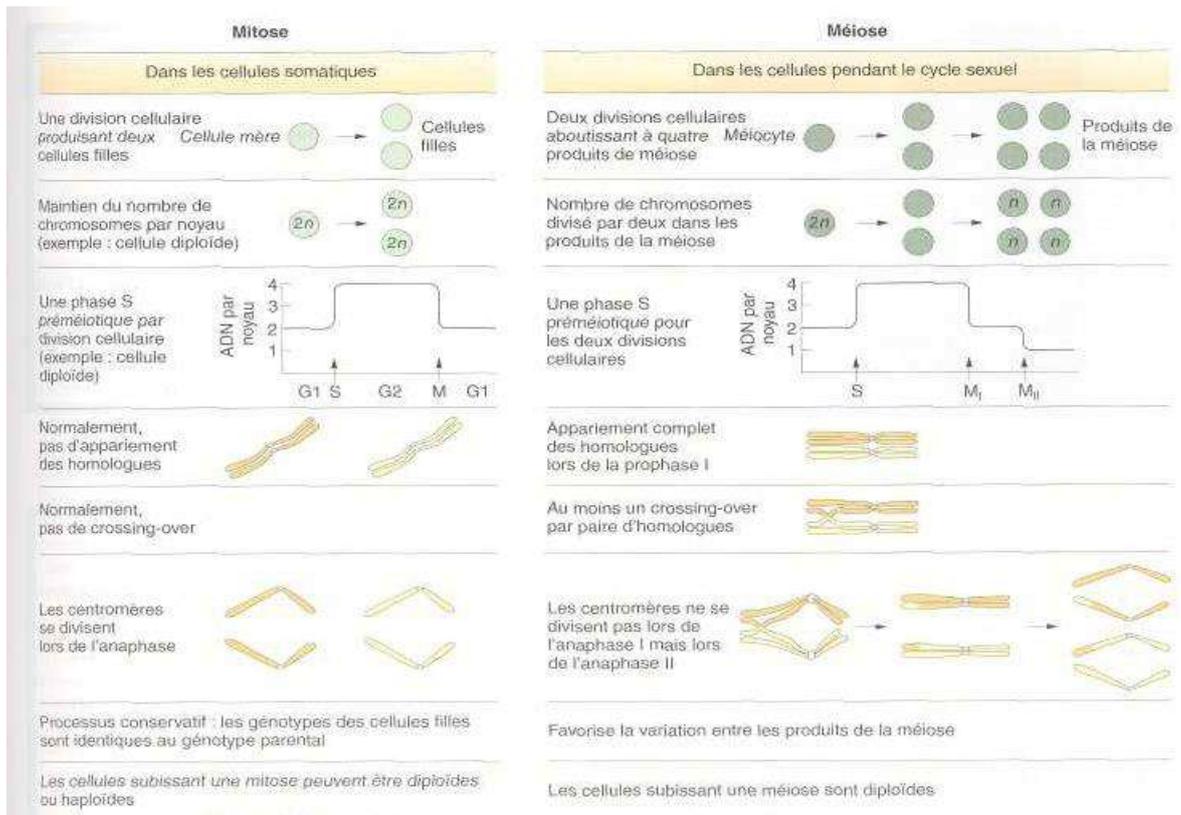
La prophase est elle-même divisée en 5 stades distincts : le leptotène, le zygotène, le pachytène, le diplotène et la diacynèse

La méiose concerne seulement les organes reproductifs. Produit les gamètes (ovules et spermatozoïdes). Cellule mère contient $2n = 46$ chromosomes. Elle subit une réplication de l'ADN et devient $4n = 92$ chromosomes. La première division (la division réductionnelle) produit deux cellules filles diploïdes à $2n = 46$ chromosomes. La deuxième division (la division équationnelle) produit un total de quatre cellules filles haploïdes $n = 23$.

- La **fécondation** va donner une cellule diploïde (l'œuf ou le zygote)
- La **méiose** permet d'obtenir **quatre cellules haploïdes** à partir d'une cellule diploïde.
- La **reproduction sexuée** est une source de **brassage génétique**

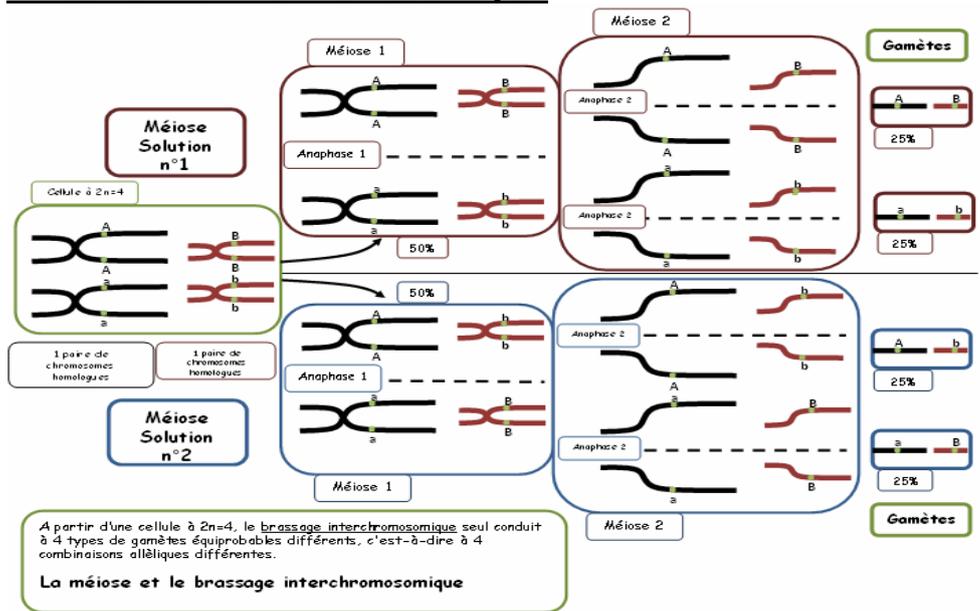
7- COMPARAISON ENTRE MITOSE - MÉIOSE





La reproduction sexuée est une source de variation génétique grâce au processus de méiose

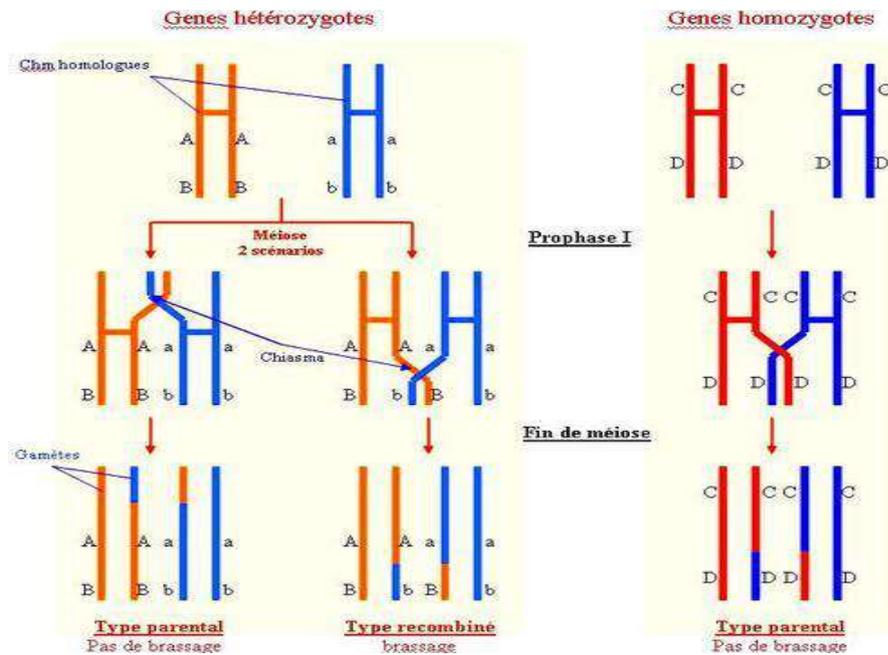
BRASSAGE INTERCHROMOSOMIQUE



Pour 2 chromosomes, il y a deux arrangements possibles à la métaphase de la méiose I, et $2^2 = 4$ gamètes différents

Tous les gamètes (parentaux P et recombinés R) sont équiprobables.

BRASSAGE INTRACHROMOSOMIQUE



L'appariement permet la **recombinaison génétique** au cours de laquelle un fragment de chromatide maternelle peut être échangé avec le fragment correspondant de chromatide paternelle homologue (= **chiasmata** qui constituent la manifestation visible d'événements appelés **crossing-over**). Le bivalent s'aligne sur le fuseau et, à l'anaphase, les deux homologues dupliqués (chacun constitué de deux chromatides sœurs) se séparent et se déplacent vers les pôles opposés.

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

