

Structure de la chromatine et des chromosomes

1. Structure de la chromatine

La chromatine constitue une masse filiforme de matériel génétique contenue dans le noyau des cellules. Elle est constituée par l'ADN organisé en fibres nucléosomiques : un enroulement de l'ADN autour de protéines à caractère basique appelées des histones. Selon le type cellulaire, elle peut apparaître au M.O après coloration soit en grosses mottes régulières, en petite motte, en granulations fines. Pendant la division cellulaire, la chromatine va se condenser pour former le chromosome.

Deux types de chromatines peuvent être distinguées : l'euchromatine et l'hétérochromatine.

L'euchromatine est répartie à l'intérieur du nucléoplasme et apparaît sous forme de fibres chromatinienne déspiralisées pendant l'interphase.

Cependant, l'hétérochromatine représentant 80 à 90% de l'ADN nucléaire, est localisée principalement en périphérie du noyau et du nucléole. Elle possède une structure solénoïde qui ne change pas d'état de condensation au cours du cycle cellulaire. C'est une chromatine dense qui est non-transcrite. On distingue:

- **l'hétérochromatine constitutive** qui contient peu de gènes, formée principalement de séquences répétées et dont les plus grandes régions sont situées à proximité des centromères, des télomères et satellites.

- **l'hétérochromatine facultative** qui contient des gènes réprimés comme le chromosome X inactif chez la femelle des mammifères.

L'ADN contenu dans le noyau est fortement compacté. Cette compaction de l'ADN résulte de plusieurs niveaux d'organisation. Lors de la division cellulaire, cette masse de matériel génétique va alors se transformer en chromosomes.

- L'unité fondamentale de la chromatine est appelée le **nucléosome** qui représente le premier niveau de compaction de l'ADN dans le noyau. Cette structure est composée de 146 paires de bases (pb) d'ADN enroulées selon environ 1.7 tour autour d'un octamère protéique ou cœur protéique comprenant deux exemplaires de chacune des histones H3, H4, H2A et H2B. Ce nucléosome est stabilisé par la présence de l'histone H1 (Figure 1). La répétition de cette structure tout au long de l'ADN donnera à la chromatine l'aspect d'un « collier de perles » d'une épaisseur de 11 nm.

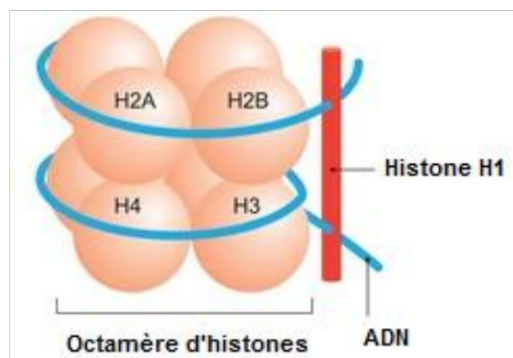


Figure 1. Structure du nucléosome

- Dans un second temps, cette fibre se replie pour adopter une structure en hélice de 30 nm de diamètre constitué par l'association de six nucléosomes/tour appelée **solénoïde** (figure 2). Ceci représente le deuxième niveau de compaction de la chromatine. Cette fibre peut exister

soit sous la forme d'un modèle de solénoïde dans lequel les nucléosomes successifs s'enroulent autour d'un axe virtuel, soit un modèle en zigzag dans lequel l'ADN traverse l'axe d'enroulement entre chaque nucléosome successif.

Le troisième niveau de compaction est assuré par le repliement de la fibre de 30 nm en boucles d'un diamètre de 250 à 300 nm environ, et contenant 15 000 à 100 000 pb.

Enfin, un quatrième niveau de compaction correspond à l'enroulement des boucles en une hélice de l'ordre de 700 à 850 nm de diamètre qui constitue une chromatide. Le niveau de condensation le plus élevé étant atteint au sein du chromosome métaphasique.

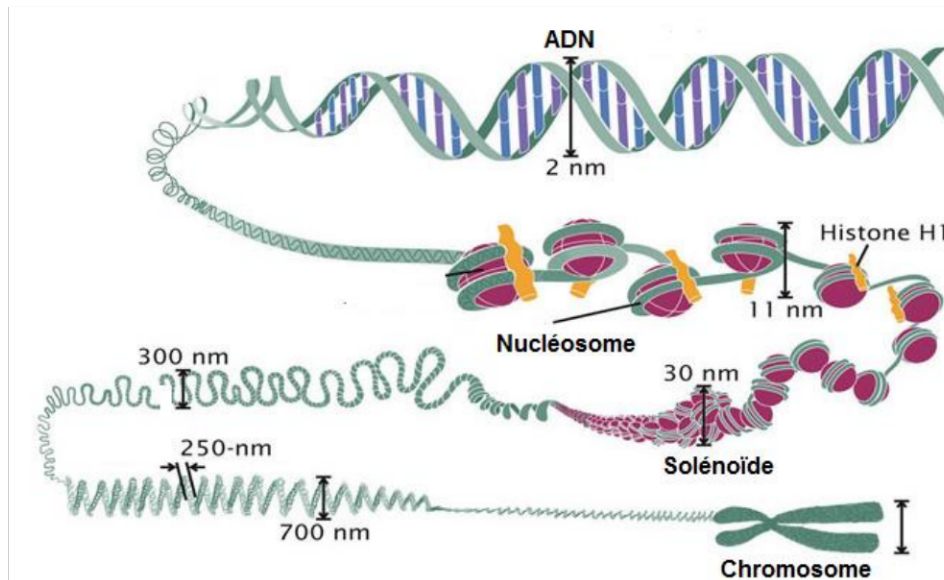


Figure 2. Schéma de l'empaquetage de l'ADN

2. Structure des chromosomes

Un chromosome est un élément microscopique constitué d'une molécule d'ADN et de protéines, les histones. Il porte les gènes, supports de l'information génétique, transmis des cellules mères aux cellules filles lors des divisions cellulaires. Chez les eucaryotes, les chromosomes se trouvent dans le noyau. Les cellules procaryotes ne contiennent qu'un seul chromosome circulaire, ce dernier se trouve dans une région du cytoplasme appelée nucléoïde. Chez les eucaryotes, le chromosome possède un centromère, deux télomères et des origines de réplication.

- Centromère

Le centromère est la région étroite et condensée qui relie les deux chromatides d'un chromosome linéaire. Au niveau du centromère, chaque chromatide porte un **kinétochore** qui est le centre d'organisation des microtubules responsables de la fixation des chromosomes au fuseau achromatique, lors de la mitose ou de la méiose.

- Télomères

Ce sont des séquences d'ADN particulières situées à chaque extrémité d'un chromosome linéaire. Elles ne codent aucune protéine et ne fournissent aucune information génétique. Leur fonction est de protéger les extrémités des chromosomes et de les empêcher de s'effiloche et de se désorganiser. Chez l'homme la séquence répétée est 5'TTAGGG3' (250-500 copies).

- **Bras**

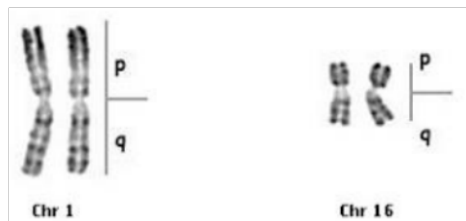
Les bras sont les deux segments résultant de la division horizontale des chromatides par le centromère. Dans les chromosomes acrocentriques et submétacentriques, les bras sont de longueurs différentes. Pour faciliter l'étude, les bras les plus courts sont désignés par la lettre "P" et les bras les plus longs par la lettre "Q".

- **Origine de réplication**

L'origine de réplication est une séquence de nucléotide particulière, qui initie la réplication de la molécule d'ADN, ce qui permet de séparer ses deux copies à la mitose.

La position du centromère définit l'indice centrométrique, qui est le rapport de la taille du bras court sur la taille cumulée du bras court et du bras long : $I_c = p / (p+q)$. Selon cet indice, les chromosomes peuvent être classés en 4 grandes catégories :

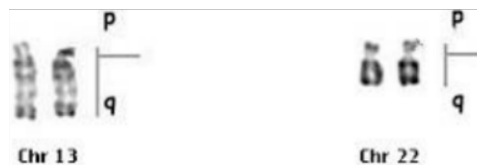
Chromosome métacentrique : un chromosome dont le centromère est situé exactement au centre du chromosome. Il a deux bras de longueur égale.



Chromosome sub-métacentrique : un chromosome dont le centromère est situé très près du centre du chromosome, mais légèrement plus près d'une extrémité que de l'autre.



Chromosome acrocentrique : un chromosome dont le centromère est beaucoup plus proche d'un télomère que de l'autre, par conséquent, le chromosome a un bras très court et un bras très long.



Chromosome télocentrique : un chromosome dont le centromère est situé à l'une de ses extrémités, par conséquent, le chromosome n'a qu'un seul bras.