

X. Le matériel génétique

Il existe en chaque être vivant (procaryote ou eucaryote), une substance qui est qualifiée de matériel génétique. Le matériel génétique est composé d'acides nucléiques.

1- Matériel génétique des bactéries

L'expérience de Griffith (1928) sur les Pneumocoques a démontré le transfert du caractère - virulence- et du type antigénique d'une souche bactérienne tuée à une autre souche vivante. Ce phénomène a été appelé transformation bactérienne.

Avery, McLeod et McCarty ont purifié le principe transformant. Leur expérience a montré que seul l'ADN a une activité transformante. Tout se passe comme si une portion de l'ADN de la bactérie donneuse (tuée) remplace une portion équivalente dans l'ADN de la bactérie réceptrice (vivante). La transformation a permis de démontrer que le matériel génétique des bactéries est constitué d'ADN.

2- Matériel génétique des virus

Plus tard, il a été démontré que les virus sont constitués d'un acide nucléique (soit l'ADN, soit l'ARN) et de protéines. L'expérience de Hershey et Chase (1952) a démontré que le matériel génétique du phage est constitué par l'ADN. Chez les virus à ARN, l'information génétique est contenue dans l'ARN.

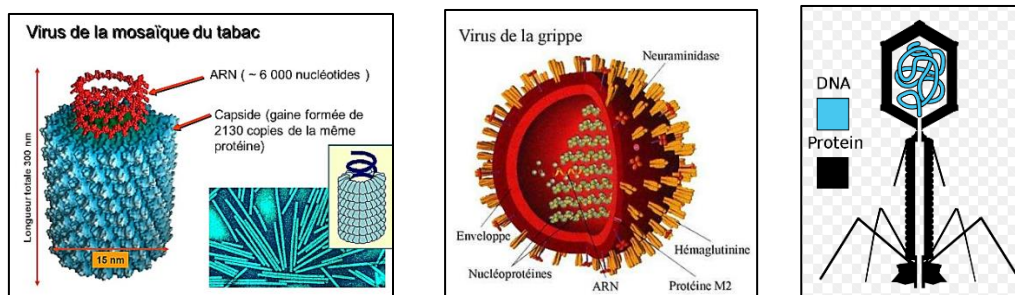


Figure 1 : Exemples de virus et de leurs acides nucléiques
De gauche à droite : virus de la mosaïque du tabac, virus de la grippe, virus du phage T2

3-Matériel génétique chez les organismes eucaryotes

Un certain nombre d'arguments indirects ont montré que l'ADN est le matériel génétique des eucaryotes. Les études cytologiques et génétiques ont montré que les chromosomes, qui sont le support de l'hérédité, sont faits principalement d'ADN.

Conclusion

L'ADN est le support de l'information génétique et de sa transmission chez tous les organismes (sauf les virus à ARN).

4- Les acides nucléiques

- L'**ADN** (**A**cide **D**ésoxyribo**N**ucléique) : l'ADN est une longue molécule ressemblant à une échelle où les deux montants (brins d'ADN) est une molécule linéaire composée d'une substitution répétitive d'éléments appelés nucléotides reliés par des liaisons phosphodiester.
- L'**ARN** (**A**cide **R**ibo**N**ucléique) : l'ARN comme l'ADN est un polymère de nucléotides reliés par des liaisons phosphodiester.

4-1- Structure des acides nucléiques

Le nucléotide comporte 3 composants chimiques :

- Acide phosphorique : CH_3PO_4
- Sucre pentose $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ = Ribose dans l'ARN ou Désoxyribose dans l'ADN.

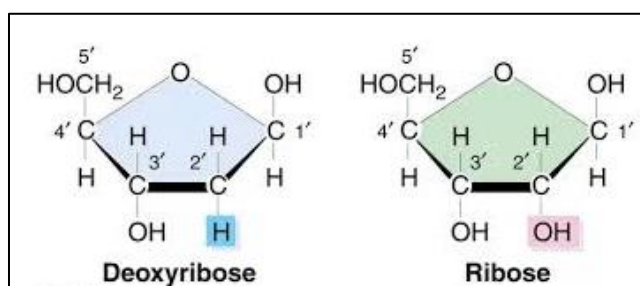


Figure 2 : Structures du ribose et du désoxyribose

- Base azotée : il en existe deux types
- **Une purine** : structure à deux cycles : Adénine (A) et Guanine (G)
- **Une pyrimidine** : structure à un seul cycle : Thymine (T), Cytosine (C) et Uracile (U).

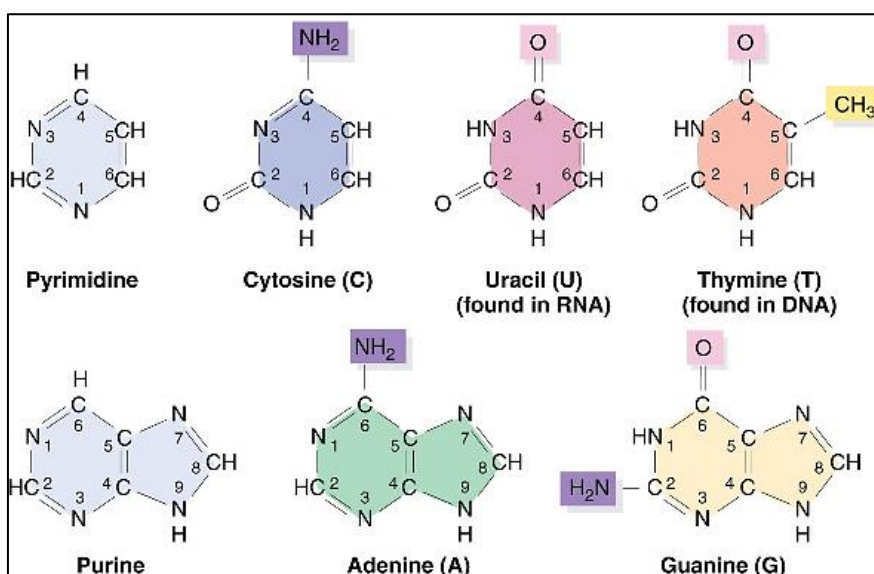


Figure 3 : Structures des bases pyrimidiques et puriques

4-2- Nomenclature

- Nucléoside = base azotée + ribose.
- Désoxynucléoside = base azotée + désoxyribose
- Nucléotide = nucléoside + groupement phosphate
- Désoxynucléotide = désoxynucléoside + groupement phosphate.

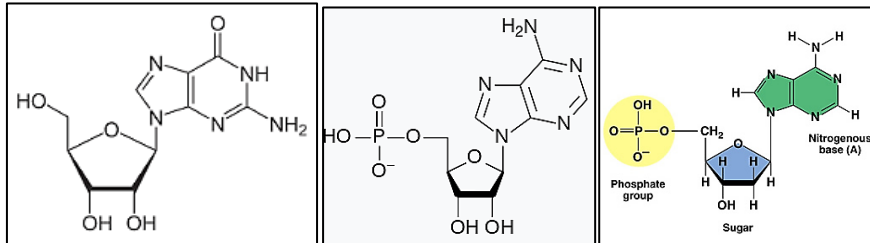


Figure 4 : Structure de l'unité de base des acides nucléiques
De gauche à droite : nucléoside, nucléotide, désoxynucléotide

- Désoxyribonucléotides = désoxyribonucléosides 5'-monophosphates. Selon la base azotée, il en existe quatre types:

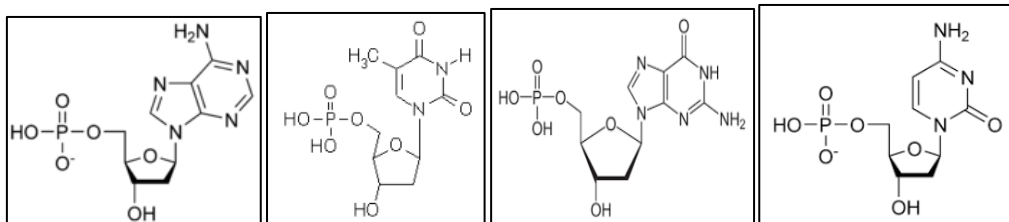


Figure 5 : Structures des désoxyribonucléotides
De gauche à droite : désoxyadénosine, désoxythymidine, désoxyguanosine, désoxycytidine

- Nucléotide triphosphate = nucléoside + 3 groupements phosphate
- Désoxynucléotide triphosphate = désoxynucléoside + 3 groupements phosphate. Il en existe 4 types :

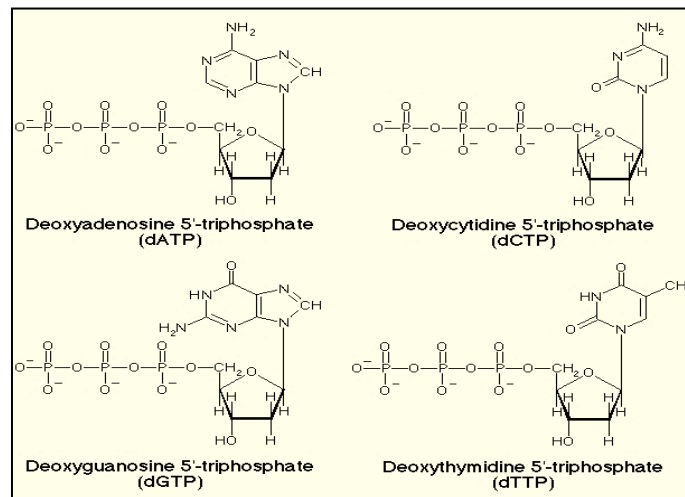


Figure 6 : Structures des quatre désoxynucléotides triphosphate

Le tableau 1 résume la nomenclature utilisée dans le cas d'ADN et d'ARN.

Tableau 1 : Nomenclature des nucléosides et des nucléotides dans l'ADN et l'ARN

Base	Nucléoside (Base + Ose)		Nucléotide (Base + Ose + Phosphate)	
	<i>ribose</i>	<i>désoxyribose</i>	<i>ribose</i>	<i>désoxyribose</i>
Uracile (U)	uridine	—	UMP	—
Thymine (T)		désoxythymidine		dTMP
Cytosine (C)	cytidine	désoxycytidine	CMP	dCMP
Adénine (A)	adénosine	désoxyadénosine	AMP	dAMP
Guanine (G)	guanosine	désoxyguanosine	GMP	dGMP
			ARN	ADN

4-3- Caractéristiques de l'ADN

- Complémentarité des bases et structure en double hélice

En 1953, James Watson et Francis Crick découvraient la structure de l'ADN en établissant que les deux brins d'ADN étaient complémentaires. Les barreaux de l'échelle sont toujours de type (A=T) ou (G=C). Le sucre et l'acide phosphorique sont orientés vers l'extérieur.

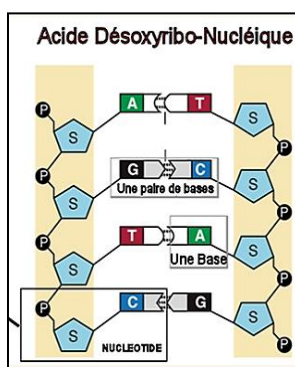


Figure 7 : Complémentarité entre les deux brins de l'ADN

Les deux brins d'ADN sont réunis sous forme d'une double hélice par des liaisons chimiques de faible énergie (liaisons hydrogène) qui lient les bases entre elles. Il existe trois liaisons hydrogène entre G et C et deux liaisons entre A et T.

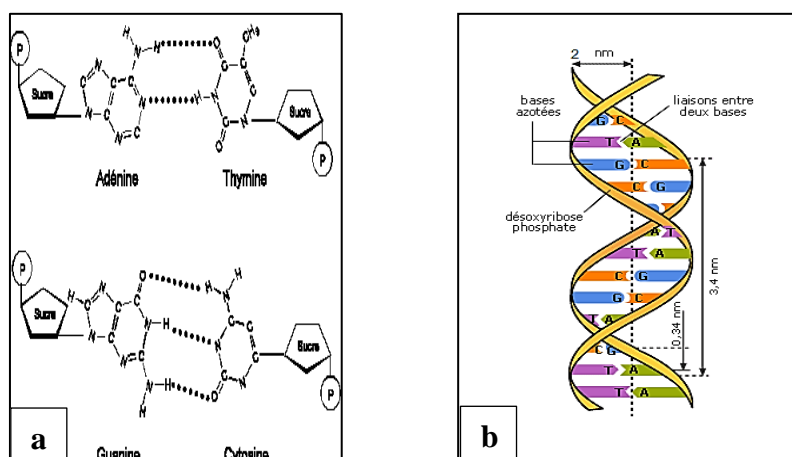


Figure 8
a- Liaisons hydrogène entre les bases azotées
b- Structure en double hélice proposée par Watson et Crick

- Les lois de Chargaff

La quantité d'adénine est toujours égale à la quantité de thymine et la quantité de guanine est toujours égale à la quantité de cytosine (A=T et G=C).

- La liaison phosphodiester

Chaque brin est formé d'une succession d'unités sucre et phosphate unies par des liaisons phosphodiesters.

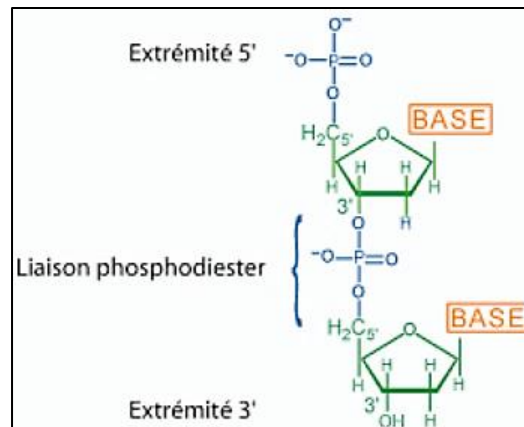


Figure 9 : La liaison phosphodiester

- Configuration antiparallèle

Chaque brin isolé possède une polarité intrinsèque : une de ses extrémités se termine par un -OH 3' et l'autre par un PO_4 5'. L'ADN bicaténaire a toujours une configuration antiparallèle, l'un des brins allant de 5' à 3' et l'autre de 3' à 5'.

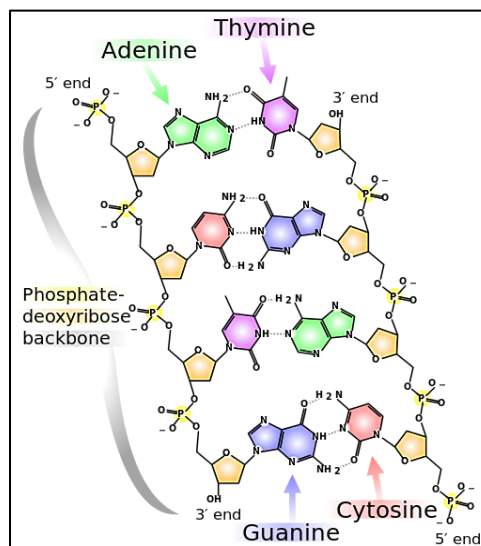


Figure 10 : Configuration antiparallèle des brins d'ADN

4-4- Catégories de l'ADN selon l'état d'enroulement

- La **structure primaire** de l'ADN est une chaîne de nucléotides joints par des liaisons phosphodiester.
- La **structure secondaire** de l'ADN est sa configuration tridimensionnelle – sa structure hélicoïdale de base.
- La **structure tertiaire** correspond au surenroulement de l'ADN en chromosomes.

4-5- Le surenroulement de l'ADN : organisation en chromosomes

Pour emmagasiner toute la longueur d'ADN dans le volume restreint d'un noyau, il faut que chaque molécule d'ADN soit enroulée de façon serrée autour de molécules d'**histones**, puis de nombreuses fois sur elle-même, pour former un chromosome sous forme de bâtonnet.

Les histones sont de petites protéines chargées positivement dont il existe 5 types principaux : H1, H2A, H2B, H3 et H4.

Le **nucléosome** correspond à de l'ADN enroulé deux fois autour d'un octamère d'histones (deux exemplaires de chacune des histones H2A, H2B, H3 et H4), à la façon d'un fil enroulé autour d'une bobine. La 5^{ème} sorte d'histones, H1, ne fait pas partie du noyau octamérique, mais joue un rôle important dans la structure du nucléosome. H1 maintient l'ADN en place en « verrouillant » le nucléosome. L'ensemble du nucléosome et de l'histone H1 qui lui est associée est appelé **chromatosome**.

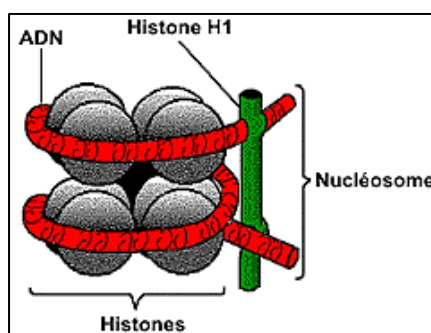


Figure 11 : Structure du chromatosome (nucléosome + Histone H1)

Les chromatosomes se trouvent à intervalles réguliers le long de la molécule d'ADN et sont séparés par de l'**ADN internucléosomique** dont la longueur varie selon les espèces.

Les étapes du passage de la structure secondaire de l'ADN (double hélice) au chromosome (état de surenroulement) sont représentées dans la figure 12 :

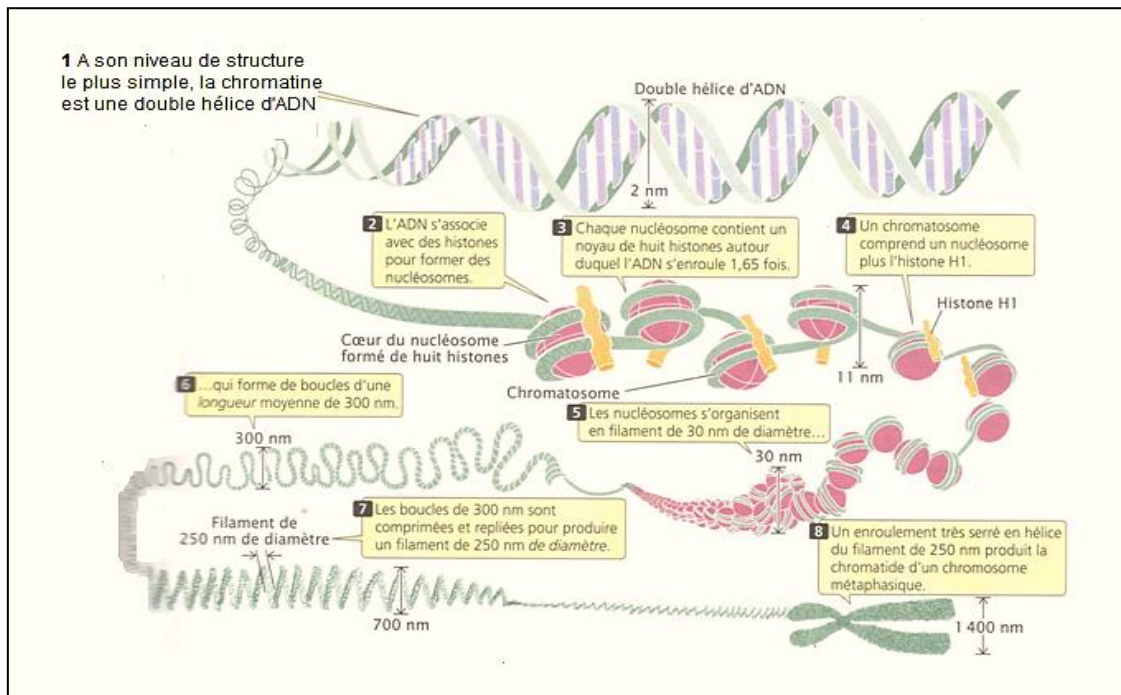


Figure 12 : Passage de la structure en double hélice à la structure de chromosome

4-6- Différences entre ADN et ARN

- Au lieu du **désoxyribose** présent dans les nucléotides de l'ADN, les nucléotides de l'ARN contiennent un sucre **ribose**.
- A cause du groupe hydroxyle libre sur l'atome de carbone 2' du ribose, l'ARN est rapidement dégradé dans des conditions alcalines. L'absence de ce groupe dans le désoxyribose, rend l'ADN beaucoup plus stable.
- La **thymine**, une des deux pyrimidines présentes dans l'ADN, est remplacée par l'**uracile** dans l'ARN.
- L'ARN existe habituellement sous la forme d'une molécule **simple brin** (monocaténaire), tandis que l'ADN comporte **deux brins** associés par des liaisons hydrogène entre bases complémentaires.