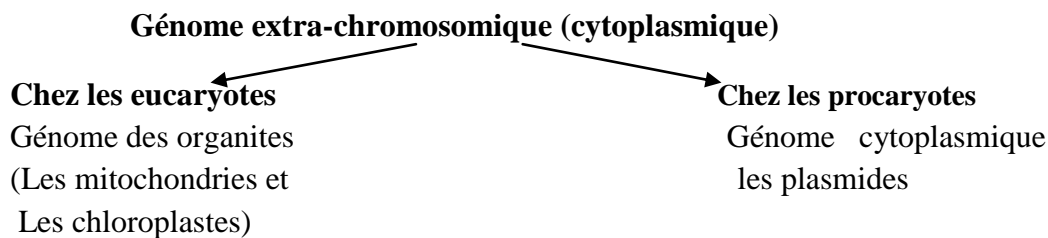


## Chapitre 11: Notions de Génétique Extra- chromosomique

### Introduction

La génétique extra-chromosomique concerne les informations génétiques qui ne se trouvent pas dans les chromosomes nucléaires, mais sur des réplicons indépendants comme les **plasmides** chez les bactéries ou les **génomés mitochondriaux et chloroplastiques** chez les eucaryotes. Ce type d'hérédité, appelé hérédité extrachromosomique, est transmis par ces structures autonomes et peut être transférable d'un organisme à l'autre (chez les bactéries).



### 1. Chez les eucaryotes

**Géome mitochondrial** : Présent dans les mitochondries, il est constitué de molécules d'ADN circulaires très similaires à celles des bactéries.

**Géome chloroplastique** : Présent dans les chloroplastes des cellules végétales et algues.

**Hérédité** : Les génomes extra-chromosomiques sont transmis de manière non mendélienne ; par exemple, l'ADN mitochondrial est presque exclusivement hérité de la mère, permettant de retracer une ascendance **matrilinéaire**.

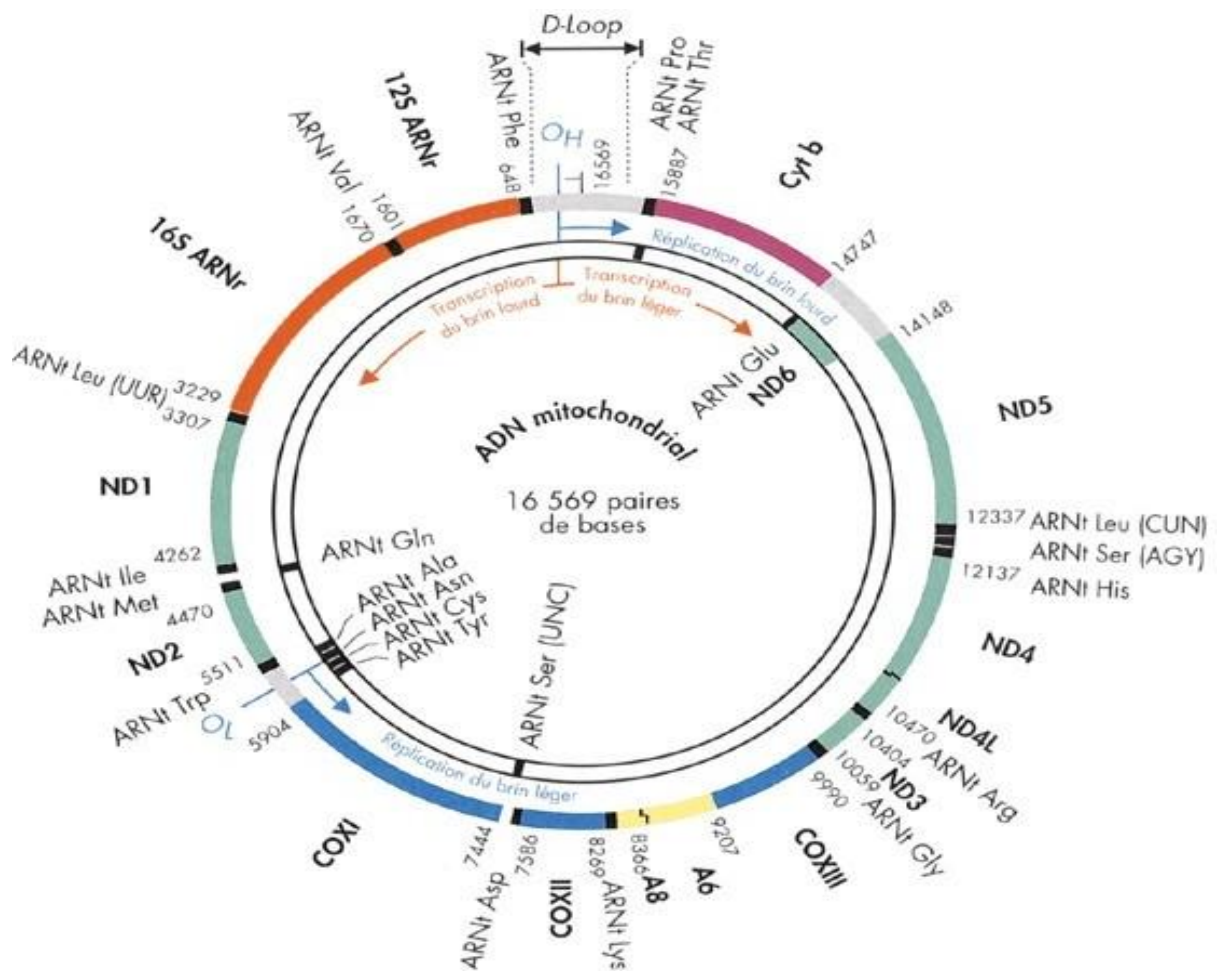
**NB.** Certaines espèces, comme la levure, possèdent également des plasmides dans leur cytoplasme en plus de leur génome nucléaire.

#### 1.1. Géome mitochondrial :

Les mitochondries contiennent leur propre ADN, généralement circulaire ou linéaire (ADNmt linéaire a été trouvé chez certains ciliés, protozoaires, algues, champignons), qui code pour des protéines et des ARN nécessaires à leur fonctionnement.

- L'ADN mitochondrial des cellules humaines est une molécule d'ADN circulaire, double-brin, ayant une longueur d'environ 16 569 pb. Il est constitué de 37 gènes; Il code pour deux ARN ribosomiques mitochondriaux (12S et 16S), pour 22 ARNt nécessaires pour tous les acides aminés et pour des ARN messagers de 13 protéines.
- La plupart des protéines des ribosomes mitochondriaux proviennent de l'extérieur et sont codés par les gènes nucléaires .
- L'ADNmt est formé de deux brins : brin H(Heavy) ou brin lourd, riche en bases G (guanine), et le brin L (Light) ou brin léger riche en bases C (cytosine).

- Le seul segment non-codant d'ADNmt chez tous les vertébrés est « la boucle de déplacement » ou « D-loop » ou région de contrôle.
- Elle contient une origine de réplication du brin H (Oh) et des sites de régulation pour la transcription du brin L et H.
- Hormis quelques rares exceptions, les introns sont absents des gènes mitochondriaux et les duplications des gènes ainsi que les régions intergéniques sont rarement présentes. Cette description s'applique surtout aux espèces dont l'ADNmt est assez petit en taille, tel que celui de l'homme. Cependant, chez *Saccharomyces cerevisiae*, dont la molécule d'ADN est beaucoup plus grande, la plupart de l'ADN excédentaire est dû à l'ADN des introns et des régions intergéniques.
- Les protéines codées par le gène mitochondrial ordonnent toutes aux cellules de produire des sous-unités protéiques des complexes enzymatiques du système de phosphorylation oxydative, ce qui permet aux mitochondries d'agir comme les centrales électriques de nos cellules.



Structure de l'ADN mitochondrial.

La réplication de l'ADNmt est indépendante du cycle cellulaire et de la réplication de l'ADN nucléaire.

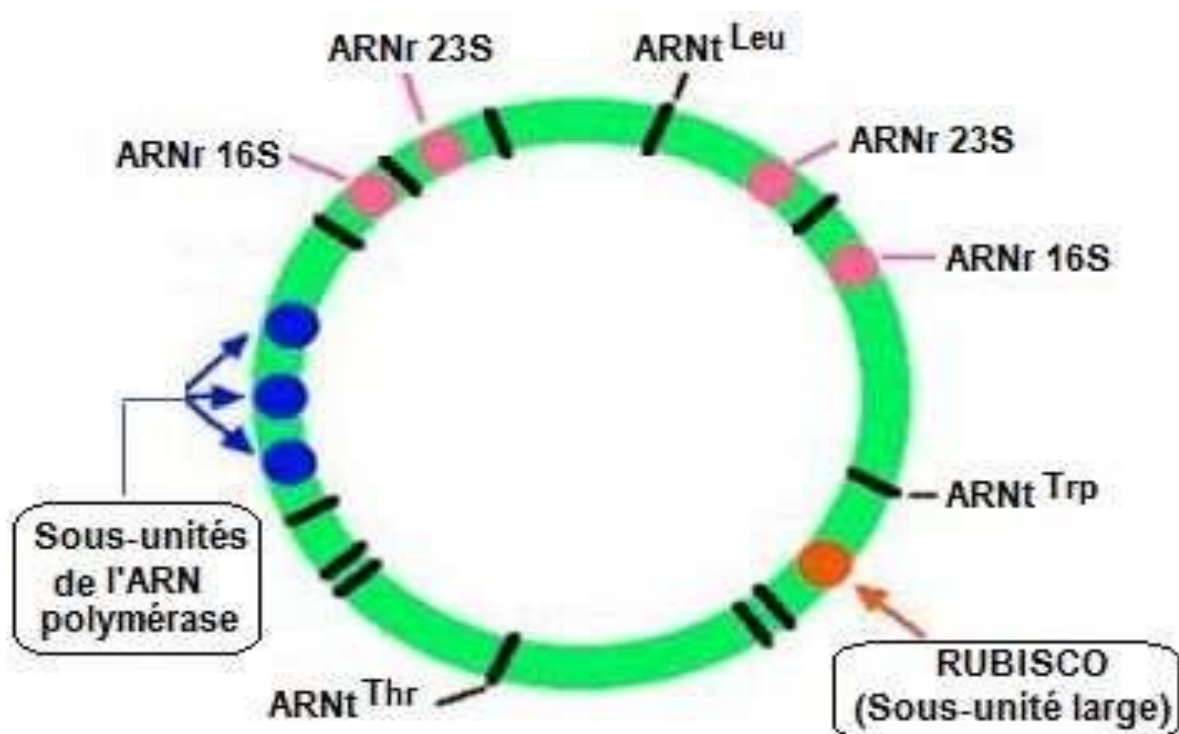
- La réplication est dépendante d'enzymes codées par l'ADN nucléaire.
- La **réplication** de l'ADNmt est **bidirectionnelle** mais à partir de deux origines de réplication différentes sur les deux brins : OH et OL .
- L'ARN polymérase qui transcrit ADNmt est codée dans l'ADN nucléaire. Les deux brins sont transcrits intégralement.
- Le brin d'ADNmt est transcrit comme les procaryotes en ARN poly-cistronique.
- La D-loop contient un promoteur pour chaque brin, les longs transcrits primaires subissent une maturation en ARNm, ARNr et ARNt.
- L'expression des gènes mitochondriaux utilise le code génétique universel avec quelques modifications.

Code génétique des mitochondries				Code génétique universel			
UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys
UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys
UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA <sup>1</sup> Trp <sub>1</sub>	UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop
UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp	UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp
CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg
CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg
CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg
CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg
AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser
AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser
AUA Met	ACA Thr	AAA Lys	AGA <sup>1</sup> Stop <sub>1</sub>	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg
AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG <sup>1</sup> Stop <sub>1</sub>	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg
GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly
GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly
GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly
GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly

### 1.2. Génome chloroplastique :

- L'ADNcp est circulaire, double brin, répliqué selon un mode semi-conservatif, mais ne possède pas les protéines associées à l'ADN caractéristiques de l'ADN eucaryote.
- Il possède un plus grand nombre de gènes que l'ADNmt
- Renferme de nombreuses séquences non-codantes (introns).
- Des recombinaisons génétiques entre les multiples copies d'ADN à l'intérieur des chloroplastes ont été décrites chez certains organismes.

- De nombreux produits géniques codés par l'ADN des chloroplastes participent au processus traductionnel de l'organe.
- De plus, l'ADN chloroplastique code de nombreux ARNt, de nombreuses protéines ribosomales spécifiques des ribosomes chloroplastiques.
- Des gènes chloroplastiques, spécifiques de la photosynthèse, ont été identifiés.
- Il s'agit par exemple de gènes qui codent des protéines qui font partie de la membrane des thylakoïdes.
- Des mutations dans ces gènes peuvent inactiver la photosynthèse.
- Une distribution typique des gènes entre le noyau et le chloroplaste est illustrée par l'une des enzymes majeures de la photosynthèse, la ribulose-1,5-biphosphate carboxylase (Rubisco). La petite sous-unité de cette enzyme est codée par un gène nucléaire, alors que la grande est codée par l'ADNcp.
- Le génome chloroplastique **comporte 120 à 130 gènes**. Le génome code des protéines ribosomiques (3 à 5) et aussi des ARNt (environ 30). Les gènes chloroplastiques sont souvent organisés en « Cluster » = groupes de gènes et sont cotranscrits en pré-ARN polycistroniques qui sont ensuite maturés en ARN plus petits.



Structure d'un génome chloroplastique

### 1.3. Tableau comparatif du génome mitochondrial et le génome chloroplastique

ADN-mt		ADN-cp
circulaire, double brin	Forme	circulaire, double-brin
Animaux 16 -18 kb Levure 75 kb Plantes 110 - 367 kb	Longueur	100- 255 kb
Vertébrés : 5 à 10 copies Plantes : 20 à 40 copies	Nombre de copies /organe	Jusqu'à 80 copies
semi-conservative	Réplication	semi-conservative
NON	Protéines associées à ADN nucléaire	NON
Modifié	Code génétique	Normal
Non (pour sp. avec petit ADN-mt) → oui (pour sp. avec grand ADN-mt)	Seq non codantes intergéniques	oui
	Introns	

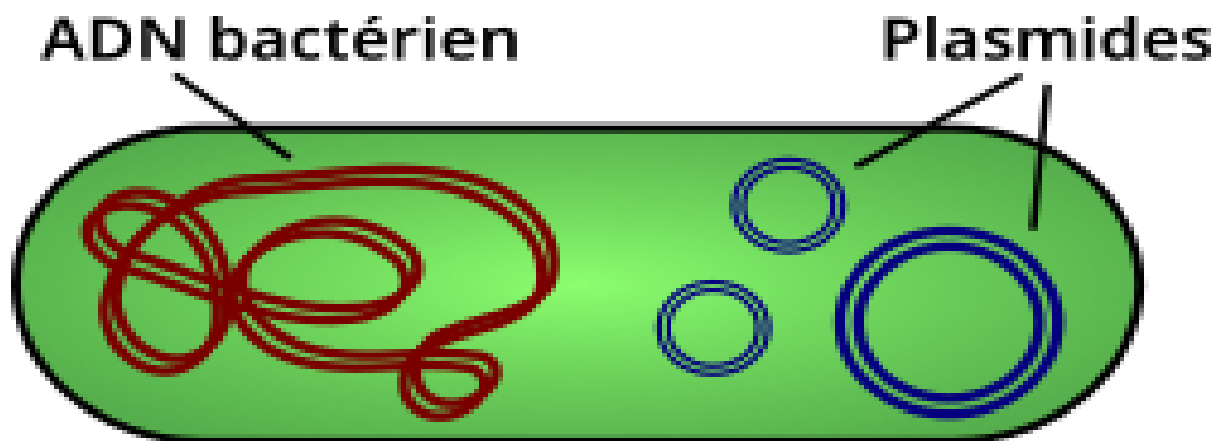
### 2.Chez les procaryotes

**Les plasmides** : sont des petits fragments d'ADN extra chromosomiques présents dans la cellule bactérienne et indépendants du génome bactérien , **les plasmides** (capables de s'auto-répliquer indépendamment du chromosome bactérien). Les **plasmides** portent des gènes qui pourraient conférer des propriétés utiles aux bactéries. Il y a de nombreux plasmides différents : les **plasmides de résistance (R)**, les **plasmides de fertilité (F)**, **plasmides de dégradation**, ...etc. Une même bactérie peut contenir plusieurs types de plasmides. Ils présentant les caractéristiques suivantes :

Ils présentant les caractéristiques suivantes :

- Leur ADN est bicaténaire, circulaire avec un nombre de nucléotides inférieur à 10 kb.
- Le nombre de plasmides dans une cellule bactérienne peut atteindre plusieurs centaines.
- Les plasmides portent normalement des gènes qui leur confèrent un avantage sélectif, par exemple une résistance à un antibiotique, mais ne sont pas nécessaires pour un fonctionnement normal.
- Leur réplication est indépendante de celle du génome bactérien.

- **Fonctions :** Les plasmides sont largement utilisés en biotechnologie pour introduire des gènes spécifiques dans d'autres cellules, une technique fondamentale en ingénierie génétique.
- **Transfert :** Les plasmides peuvent être transférés d'une bactérie à l'autre, notamment via la **conjugaison**.



Structure d'une bactérie