

Notions de génétique extrachromosomique

Jusqu'à présent, nous avons considéré que la transmission des caractères était sous le contrôle du génome nucléaire. Dans ce cas, on peut prédire le mode de transmission des caractères si on connaît le mode de ségrégation et de réassortiment des chromosomes. Mais il existe d'autres caractères dont la transmission ne suit pas les mêmes règles, et présentent un mode de transmission extrachromosomique. Chez les eucaryotes, on rencontre de nombreux caractères qui se transmettent de façon extrachromosomique et nombre d'entre eux sont portés par le matériel génétique de certains organites présents dans les cellules, à savoir les mitochondries et les chloroplastes.

Mitochondries

Les **mitochondries** sont des constituants essentiels de toutes les cellules aérobies des animaux et des plantes. Ce sont des organites relativement complexes qui possèdent une double membrane et qui contiennent, entre autres, les enzymes spécifiques de la chaîne de transfert des électrons respiratoires (les *cytochromes* en particulier) couplée à la synthèse d'ATP.

Les cytochromes sont des protéines qui possèdent un atome de fer au centre d'une structure appelée hème :

Génome mitochondrial

Les mitochondries contiennent du matériel génétique, sous forme d'une double chaîne circulaire d'ADN. Aucune histone n'est associée à cet ADN. Les chromosomes des mitochondries d'animaux supérieurs sont nettement plus petits que ceux des mitochondries de plantes ou de champignons; par exemple, l'ADN mitochondrial (mt) humain contient environ 14 000 paires de bases, tandis que l'ADNmt de *Neurospora crassa* a 60 000 paires de bases, et l'ADNmt des plantes est encore plus grand. Malgré ces différences en contenu d'ADNmt, toutes les mitochondries, quelle que soit leur origine, contiennent à peu près la même quantité d'ADN codant pour des produits mitochondriaux fonctionnels.

Gènes mitochondriaux

L'ADN mitochondrial code pour un grand nombre de constituants. Ces organites contiennent des ribosomes capables d'effectuer la synthèse des protéines. Les deux ARNr présents chez ces ribosomes sont codés par l'ADNmt, tandis que l'information génétique spécifiant la plupart, sinon la totalité, des protéines ribosomales est nucléaire. L'ADNmt code aussi pour 22 à 23 espèces d'ARNt, et pour environ 10 à 12 protéines impliquées dans la constitution de la membrane interne de la mitochondrie.

Les techniques rapides de séquençage de l'ADN ont permis d'obtenir une grande quantité d'information concernant les génomes mitochondriaux. Quelques-uns sont complètement séquencés. Chez l'homme par exemple, les gènes des ARNr 16S et 12S correspondant respectivement à la grande et à la petite sous-unité des ribosomes sont localisés de façon adjacente sur une même chaîne de l'ADN. Les gènes des ARNt sont répartis sur des sites divers, sur les deux chaînes du génome : certains sont groupés, d'autres sont isolés, et l'un se trouve inclus entre deux gènes d'ARNr. Les gènes codant pour les protéines sont aussi localisés sur les deux brins d'ADN.

La comparaison des séquences en bases de l'ADN et en acides aminés des protéines correspondantes a révélé que le code génétique utilisé par les mitochondries diffère du code universel. Les codons UAA et UAG servent de codons de terminaison comme dans le code universel: cependant UGA n'est pas un codon de terminaison, mais spécifie un tryptophane.

Il s'ensuit que le système de synthèse protéique doit fonctionner de façon différente de celui du cytoplasme. Il est intéressant de noter que le code génétique des mitochondries de levure est légèrement différent de celui des mitochondries humaines. Aucune généralisation n'est donc autorisée en ce qui concerne le code chez l'ensemble de ces organites.

En tenant compte de la dégénérescence du code, un minimum de 32 ARNt est nécessaire pour lire l'ensemble des 61 codons signifiants du génome nucléaire, et aucun ARNt ne peut lire plus de trois codons apparentés. Au contraire, chez les mitochondries, plusieurs ARNt peuvent lire les quatre types d'ARNt d'une famille (c'est-à-dire ceux dont les deux premières lettres sont semblables, et dont la troisième lettre peut être l'une quelconque des quatre bases possibles). Il en résulte que seulement 22 ARNt différents sont nécessaires chez les mitochondries des mammifères.

Synthèse protéique chez les mitochondries

Les mitochondries ont leur propre système de synthèse protéique. Les ribosomes mitochondriaux sont très différents d'une espèce à une autre. Par exemple, ceux des mammifères ont à peu près la taille de *ce d'E. coli* tant par leur poids moléculaire que par leur volume. On trouve des ribosomes encore plus grands chez les mitochondries de plantes et de l'homme

Ils sont donc formés de deux sous-unités de tailles inégales contenant chacune une molécule d'ARNr. Ces ARNr font 12 et 16S chez les ribosomes mitochondriaux animaux, et 19 et 25S chez ceux de *Neurospora*. Le nombre des protéines ribosomales n'est cependant pas bien défini. Elles sont en général plus nombreuses que dans les ribosomes d'*E. coli*. Ces protéines sont complètement différentes des protéines des ribosomes cytoplasmiques. Elles sont toutes codées par des gènes nucléaires.

Le système de synthèse protéique mitochondrial rappelle par certains aspects celui des bactéries. Ainsi l'initiation est amorcée par un fmet-ARNt-fmet, et les facteurs d'initiation (If) sont semblables à ceux des bactéries.

Chloroplastes

On trouve des **chloroplastes** uniquement dans les cellules végétales, où ils sont le siège de la photosynthèse, c'est-à-dire de la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique. Ce phénomène a lieu à l'intérieur du chloroplaste dans la membrane d'une série de sacs aplatis appelés *thylakoïde*, qui contiennent les chlorophylles et les autres pigments impliqués dans le processus photosynthétique. Une cellule d'une feuille de taille moyenne, d'une plante supérieure, contient 40 à 50 chloroplastes.

Génome chloroplastique

La structure du génome chloroplastique (cp) est très proche de celle du génome mitochondrial. L'ADNcp est circulaire, sur-enroulé, et aucune histone ne lui est associée. Chez de nombreuses plantes, l'ADNcp a un pourcentage en G + C différent de celui du génome nucléaire.

L'ADNcp est environ huit à neuf fois plus grand que l'ADNmt des cellules animales, mais on ne sait pas si la quantité d'information génétique qu'il contient est augmentée du même ordre de grandeur. Peu de locus ont été identifiés sur cet ADN en général, et pour très peu de ceux-ci a-t-on pu établir une relation avec un phénotype chloroplastique. De même, on sait très peu de choses en ce qui concerne la réplication de l'ADNcp, sinon qu'elle est semi-conservative et qu'elle est réalisée par des enzymes et protéines spécifiques du chloroplaste. La plupart de ces protéines sont codées par l'ADN nucléaire puis transportées dans le chloroplaste. Dans tous les cas, de nombreuses copies de l'ADNcp sont présentes par chloroplaste, Par exemple, les cellules des feuilles de certaines plantes supérieures peuvent contenir jusqu'à 6 000 molécules d'ADNcp par cellule, réparties dans environ 40 chloroplastes.

Gènes chloroplastiques

Il a été montré, à partir de nombreuses expériences utilisant des approches différentes, que le génome chloroplastique contient les gènes codant pour ses propres ARNr, pour un certain nombre d'ARNt et probablement pour plusieurs protéines ribosomales. Il code aussi pour trois sous-unités d'une enzyme chloroplastique, et pour des protéines des membranes impliquées dans le transfert photosynthétique d'électrons.