

LE CYTOPLASME

La cellule comporte une membrane (frontière, communication, contact) qui entoure un cytoplasme et un noyau.

1. Le cytoplasme.

Activité chimique et biochimique très importante voir débordante.

Le cytoplasme contient:

-hyaloplasme (fraction liquide qui ne sédimente pas après centrifugation pendant 2h à 300 000g)= cytosol.

Le hyaloplasme contient des protéines (20 à 50% des protéines cellulaires).

Métabolisme: processus anabolique (synthèse de protéines) et catabolique (protéolyse, glycolyse).

-cytosquelette: contient des microfilaments (5-8 nm), des filaments intermédiaires (10 nm) et des microtubules (24 nm).

-organites.

-noyau.

Étude des constituants cellulaires: morphologie:

En MO:

Schéma

En ME:

Les coupes très fines présentent des organites.

La connaissance des structures intracytoplasmiques et de leur constituants moléculaires est très incomplète.

→ nécessité de les isoler en quantité suffisante: grâce à l'ultracentrifugation (fragmentation + désintégration) ou à l'appareil de Potter (broyage).

Appareil de Potter:

Schéma

L'on utilise aussi:

-La sonication (ultrasons pour désintégrer la membrane) → ségrégation des organites.

-UCD (= UltraCentrifugation Différentielle), centrifugation très longue et supérieure à 20 000G.

Les particules les plus lourdes (noyaux) sédimentent aux vitesses les plus faibles, suivent les mitochondries, les lysosomes, les microsomes....

La séparation est facilitée par l'utilisation de gradient de densité (saccharose, chlorure de césium).

Les fractions subcellulaires sont distinguées par leur densité de flottaison (exprimée en Svedberg: S).

La centrifugation "zonale" ou centrifugation par sédimentation différentielle est une séparation des éléments d'après leur taille, forme, densité.

Schéma

Centrifugation ou gradient de densité= isopycnique.

-Les cellules brisées sont centrifugées dans un gradient de concentration de solution de sucrose.

-Permet d'isoler les organites selon leur densité.

Schéma

-Chaque particule flottera dans le liquide qui a la même densité.

→ fraction pure d'organites.

ME, molécules témoins:

-cytochromes/mitochondries.

-galactosyl transférase/appareil de Golgi.

-phosphatases acides/lysosomes.

-catalases/peroxysomes.

Le cytosol est la fraction qui ne se sédimente pas après centrifugation pendant 2h à 300 000G.

HYALOPLASME-CYTOSOL

55% du volume cellulaire total, le cytosol est la fraction liquide hyaline et homogène dans laquelle baignent les organites et inclusions cellulaires: 85% d'eau.

Constituants biochimiques:

Ions, sucres, aa libres, protéines (20 à 50% des protéines cellulaires), enzymes, lipides.

Le cytosol est le siège principal du métabolisme cellulaire (= ensemble des processus anaboliques= synthèse des protéines par biosynthèse d'aa, d'AG, d'oses (ou pour néoglycogénèse) ou de nucléotides).

Processus cataboliques:

-Protéolyse= dégradation des protéines.

-Glycolyse= dégradation des éléments sucrés.

→ Stockage de précurseurs de l'énergie cellulaire → inclusion d'AG en gouttelettes ou en amas/TG (adipocytes), de glucose, de glycogène (= réserves énergétiques sous forme de granules sans membrane, à la surface desquels se trouvent les enzymes de synthèse et de dégradation) en quantité importante dans muscle et foie (10% de sa masse), de grains de pigments (dans certaines cellules) ou de ribosomes libres.

→ Cytosquelette (longtemps ignoré) constitué de microfilaments (de 5 à 8nm de diamètre), de FI (10nm) et de microtubules (24nm voir jusqu'à 29nm). Ils soutiennent la forme (ex: neurone, cf schéma) et la mobilité (ex: spermatozoïde) des cellules. Sert aussi de point d'ancrage à d'autres structures cellulaires.

Le cytosquelette favorise le changement de forme:

-mouvement intracellulaire (passif ou actif (muscle)) de la cellule.

Spermatozoïde dont le flagelle constitué d'éléments du cytosquelette permet le déplacement. Il existe aussi des polynucléaires, des monocytes (GB → macrophages), qui se déplacent en glissant.

Les trois composants élémentaires sont microfilaments (actine + myosine), FI: rigide, de composition très variable (> 50 protéines différentes) et microtubules

→ interaction avec les protéines accessoires.

-Liens entre les filaments ou avec d'autres constituants (mb), voir d'autres cellules (desmosomes), influence sur la vitesse de polymérisation.

Rôle primordial de ces structures en physiologie cellulaire.

→ à la base, centrosome= centre cellulaire, composé de centrioles.

→ restructuration complète pendant la mitose (un centriole à chaque pôle de division).

CYTOSQUELETTE

I. Microfilaments.

Microfilament= actine + myosine.

L'actine est à 2 à 5% dans le foie, et à 10 à 15% dans les muscles.

Les microfilaments ont un rôle dans le mouvement cellulaire.

→ machinerie contractile des cellules musculaires et non musculaires (myosine alors en plus faible quantité).

1. Actine (α , β , γ).

5 à 8nm de diamètre.

Monomère globulaire (actine G) associé à l'ATP ou ADP + Mg^{2+} .

Polymère fibrillaire (actine F) qui forme une double hélice.

Rq: la polymérisation est empêchée par la cytocholasine (qui bloque l'actine):

Schéma

Rôle de l'actine dans la mitose.

2. Myosine (I, II).

10nm de diamètre.

La molécule comporte:

-une région globulaire qui se lie de façon réversible à l'actine.

-un segment fibreux qui permet à plusieurs molécules de s'associer.

Myosine type I: filament terminé par une tête globulaire, mobile, présent dans les cellules non musculaires.

Myosine type II: segment fibreux qui lui permet de s'associer en long filament épais à 2 têtes globulaires aux extrémités, principalement dans les cellules musculaires.

Schéma

Actine et myosine dans les cellules non musculaires.

Organisation de l'actine très variable et complexe.

Fonctions structurales et contractiles.

6 actines différentes: 4 actines α , 1 β et 1 γ .

Myosine et autres protéines musculaires (faible quantité).

Faisceau (rôle de la fascine):

La fascine relie l'actine et la myosine.

Schéma

Généralement avec myosine → interaction = glissement.

→ flux des organites: déformation + déplacement des polynucléases.

→ cohésion avec cellules voisines.

→ microvilosités (+ villine et fibrine, qui sont parallèles à l'actine).

→ liaison avec la membrane plasmique (intégrines).

→ mitose.

→ réseaux (la filamine qui "réticule" les faisceaux).

→ Arrangement orthogonaux de filaments reliés par Acting Binding Protein.

ex: la fibre musculaire.

Contraction du gel cortical par la disposition orthogonale de l'ABP.

Schéma

II. FI.

-Très abondant (10 fois plus que l'actine), diamètre de 8 à 10nm (parfois 7 à 12nm).

-Stabilité de la structure cellulaire (moins soluble) car longue molécule.

-Soutien, support pour les microtubules.

-Support des filaments contractiles.

-Abondant dans les cellules soumises à des forces mécaniques (ex: cellules musculaires).

-Axones des cellules nerveuses.

-Desmosomes des cellules épithéliales → tonofilament.

Différents types de FI → kératine (acide K1, basique ou neutre K2).

cytokératine (desmosome), desmine (œil, musculaire; spécifique des cellules musculaires), vimentine (œil, origine mésodermique (→ TC), œil de Schwann).

Protéines fibrillaires gliales acides (GFAP).

→ Neurofilaments (GFAP: Gliale ... Protein): axones et dendrites.

Protéines 210K, 140K, 70K interneurines + vimentines, desmines (NF1, NFm, NFh).

→ villine: dans microvilosités.

→ lamine A, B, C (noyau de toutes les cellules): lors de la mitose: phosphorylation (mitose) ↔ dephosphorylation (fin de mitose).

Schéma

La lamine tapisse l'intérieur du noyau.

III. Microtubules.

α tubuline et β tubuline:

Schéma

Dimère α + β permet par la liaison β -GTP → microtubule: diamètre 24-25nm → 13 protofilaments en coupe transversale.

Le diamètre du canal du microtubule est de 15nm, le diamètre d'un protofilament est de 5nm (à multiplier par 2 et à ajouter au diamètre du canal du microtubule pour avoir le diamètre total du microtubule, à savoir 24 à 25nm).

Polymérisation longitudinale grâce à des MAP.

Polymérisation latérale grâce à des MAP2 (telles que dynéine ou kinéine).

MAP1 + tau → polymérisation.

MAP1 signifie en français: "Protéines associées aux microtubules".

MAP2:

ex: cas du neurone (axone: protéine tau, dendrite + corps cellulaire: MAP2).

Microtubules labiles (1/2 = 10min).

→ sensibles alcaloïdes (colchine), ils sont détruit à 4°C.

Répartition: sans répartition préférentielle mais ordonnés à partir du centriole (= centre organisation).

Aster, faisceau, neurotubule, manchette caudale (ex: formation d'un spermatozoïde).

Schéma

Rôles:

Mise en place et maintien de la forme cellulaire.

Mobilité intracellulaire:

-guide= rails pour orienter les mouvements provoqués par les filaments (organisation des filaments).

-câbles= microfilaments + microtubules.

-molécules (moteurs).

Schéma

Dynéine et Kynéine (- vers +) = ATPase.

Microtubules stabs:

Éléments de base de structure plus complexe → armature pluritubulaire.

-Centriole.

-Corpuscules basaux (cils, flagelles).

-Exonème.

→ Centrosome:

Schéma

→ Centriole: complexe de microtubules dont l'unité de base est le triplet.

Schéma

MTA (= 13 tubulines) + MTB (10 + 3 tubulines de MTA) + MTC (10 + 3 tubulines de MTB) = 1 triplet. Et il y a 9 triplets allongés reliés par des liaisons protéiques d'un diamètre total de 150 à 200nm pour une hauteur de 400 à 600 voir 700nm, qui s'agencent pour donner → un centriole.

Le centriole est un organite unique ou double (diplosome) situé à l'intérieur du centrosome.

→ Diplosome au niveau du centre cellulaire (c'est à dire croisement perpendiculaire de deux structures faites de 9 triplets = 1 centriole):

Schéma

Rq: la tubuline est une protéine constitutive des microtubules (MT), lesquels forment notamment le fuseau mitotique. Les taxanes en inhibent la résorption, ce qui leur confère une action antimitotique.

À partir des protéines, se protèise les microtubules.

MTA, MTB et MTC se retrouvent dans une structure étoilée donc chacun des 9 triplets est relié par des fibres connectives. Le tout est consolidé par des lamelles qui solidifie le centrosome.

Rôle du centriole: au centre du centrosome = centre cellulaire.

Présence de tubuline γ (responsable de la polymérisation des microtubules (MT) et de leur organisation rayonnante, responsable aussi du transport des produits de sécrétion).

Centriole:

→ au moment de la division cellulaire, les MT (1).

→ formation des corpuscules basaux (2).

Schéma

Les deux centrioles se séparent et forment les pôles de divisions cellulaires.

Croissance des cils ou flagelles.

Corpuscules basaux: ils dérivent du centriole par division.

→ structure identique: 9 triplets de tubulines.

→ 2 des MT du triplet se prolongent dans les doublets du cil ou flagelle.

→ élaboration des cils, flagelles (axonèmes).

Cils et flagelles:

Schéma

À partir de doublets, l'on forme un axonème par des filaments de nexine et des fibres radiales.

Au centre se trouve de l'ATPase (deux tubules centraux).

Organisation des axonèmes dans les kinocils (cellule de la trachée) ou dans les flagelles.

Schéma

Pathologie génétique associée par une mutation de la dynéine.

Syndrome de kartagener: mutation de la dynéine: changement de forme du bras de dynéine, absence de bras de dynéine.

→ pas de mobilité des cils:

→ stabilité (immobilité des flagelles des spermatozoïdes).

→ bronchite chronique et sinusite (absence de mouvement ciliaire des épithéliums).

NOYAU INTERPHASIQUE

Compartiment cellulaire: bien délimité par l'enveloppe nucléaire (= 2 membranes), organisation en plusieurs secteurs.

Rôle indispensable:

→ centre de commande de la cellule, il renferme des informations génétiques spécifiques.

→ génome: succession des gènes localisés sur les chromosomes déspiralisés, message héréditaire, matériel héréditaire, diffusible et transfusible.

ex: algues:

Schéma

Cycle de vie cellulaire= alternance périodes de divisions (= mitose), et de non division (= interphase).

Mitose: ensemble des modifications morphologiques → division cellulaire.

Désorganisation du noyau.

La cellule transmet ses caractères héréditaires à deux cellules filles identiques entre elles et à la cellule mère.

Interphase: fonction majeure → diriger la synthèse de l'ARN, des acides ribonucléiques → protéines.

Schéma

Transcription: informations spécifiques → ARN spécifique → traduction: informations spécifiques → Protéine.

Cycle cellulaire:

Stade G1: ADN: diploïde.
Stade S: duplication: tétraploïde.
Stade G2.
M (mitose).

Le stade G1 (= phase de croissance, de maturation), S (= phase de synthèse de l'ADN) et G2 (= phase préparative à la mitose) correspondent à l'interphase.

Schéma

G0 est la phase qui correspond à des cellules différenciées qui ne se différencieront plus.

Techniques d'étude du noyau

Études biochimiques (rappel)

Composants chimiques: 70% à 90% d'eau et 10% à 30% d'acides nucléiques tels qu'ADN ou ARN. Il y a aussi des protéines, acides (=non histones) ou basiques (=histones), mais aussi des enzymes ou des ions (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, Zn²⁺).

Les acides nucléiques (ADN et ARN) sont des macromolécules spécialement organisées au stockage de l'information, à la transcription et à la biologie. Ces macromolécules sont constituées de 4 monomères différents que l'on nomme nucléotides. Il y a des acides phosphoriques, des pentoses, des bases azotées (=ADN). Les bases puriques sont Adénine et guanine, les bases pyrimidiques sont Thymines et cytosine (dans ARN). L'ADN est bicaténaire.

Schéma 1

Schéma 2

L'ADN est en quantité stable, c'est une constante dans toutes les cellules d'une même espèce (sauf pour la gamète car il y a une /2, conséquence de la méiose). Notez que l'uracile (U) apparaît durant la transcription.

La transcription de l'ADN (bicaténaire) crée l'ARN (monocaténaire). Le pentose devient ribose, la thymine devient uracile. De plus, l'ARN est soluble ou non (à cause des granules dans les nucléoles en gd nombre). La quantité est variable selon l'action cellulaire. Ces ARN traversent le cytoplasme sous forme d'ARNt (=transfert), d'ARNm (=messager), d'ARNr (=ribosomal), et d'ARNh mais ce dernier reste dans le noyau pour être recyclé. L'ARN conduit à la création de protéines constituées à 50 voir 75% de résidus secs.

Les histones, basiques, riches en lysine et en arginine sont combinées à l'ADN pour former la chromatine: H1, H2A, H2B, H3 et H4.

H1 n'est pas présente chez toutes les espèces, il y a des variations interspécifiques c'est à dire qu'elle varie suivant l'espèce.

H2A et H2B sont très stables puisqu'elles ont peu évolué. De plus, elles sont présentes dans beaucoup d'espèces.

H2A, H2B, H3 et H4 sont très stables.

L'on considère qu'il y a 8 molécules histones pour 200 paires de nucléotides.

Tout ceci assure la protection et la régulation de l'information génétique. Le rôle régulateur est assuré par les non histones, acides, riches en glycine, sérine et alanine. Elles forment les enzymes de synthèse telles que polymérases, ADN réplicase ou ARN polymérase, glycolyse, adénylkinases (régénération de l'ATP). Il y a des protéines enzymatiques= de synthèse.

4-Etudes morphologiques du noyau

1-Microscopie optique

Elle permet d'observer la vésicule entourée d'une enveloppe et une ou plusieurs masses réfringentes, les nucléoles.

Schéma 3

Le noyau interphasique s'observe suite à une coloration à l'hématoxydine.

Les noyaux présentent des variabilité de nombre, de localisation, de forme et de volume:

0 noyau dans les hématies. Ainsi, leur durée de vie est limité à leur stock d'enzyme.

2 noyaux dans les cellules hépatiques.

8 à 10 noyaux dans les ostéoclastes qui recycle les tissus osseux et jouent un grand rôle dans leur croissance.

des dizaines ou des centaines dans les fibres musculaires.

Schéma 4

Rq: Plus la molécule est active et plus le noyau est clair car la chromatine est dépolarisée.

Variation de la forme du noyau (polylobé comme dans les PN).

Variation du volume du noyau (proportionnel à l'activité du noyau).

Un noyau pycnotique (en train de mourir) est sombre car il a une faible activité voir plus du tout.

Si un noyau est d'aspect clair c'est qu'il est très actif.

Structure du noyau interphasique (microscopie optique).

1-Constituant

L'enveloppe nucléaire, le nucléoplasme (gel englobant la chromatine et le nucléole), la chromatine et le nucléole.

La chromatine est d'aspect variable mais constant pour un type cellulaire donné.

C'est le réseau granulo-filamenteux qui diffère d'un type de cellule à l'autre.

Schéma 5

Ce réseau granulo-filamenteux est du à la dépolarisation c'est à dire à la désindividualisation des chromosomes en fin de mitose. L'état métaboliquement actif est l'euchromatine (chromatine déspiralisée). Il y a aussi de la chromatine sexuelle (= motte de chromatine de Barr) visible que si 2 chromosomes X donc

chez la femme uniquement sauf anomalies génétiques. L'expression des gènes contribuant à la création de protéines se fait via l'hétérochromatine.

Schéma 6

Le nucléole (appareil nucléaire) proprement dit est l'ARN mais la chromatine nucléole associée est l'ADN. Le nucléole se développe parallèlement à l'activité cellulaire et du réticulum granuleux. (Technique de Unna-Brachet avec du vert de méthyl).

Schéma 7

La microscopie permet de détailler l'enveloppe nucléaire:

2 feuilletts de 7 à 7,5 nm avec un espace périnucléaire allant de 10 à 20 nm.

Discontinuité de l'enveloppe nucléaire ce qui permet une communication via pores nucléaires (25 à 100 nm) entre le noyau et le cytoplasme. Des structures dynamiques, non permanentes régulent les relations noyau-cytoplasme.

Actuellement, on décrit des structures moléculairement complexes allant jusqu'à 100 protéines.

Rq: plus un noyau est actif et plus le nombre de pores nucléaires est important.

Schéma 8

Du cytoplasme vers le noyau, un pore nucléaire se compose d'un anneau cytoplasmique (fait de 4 granules), d'un anneau central formé de nucléoporines (zone d'ancrage) et d'un anneau nucléaire (fait de 4 granules).

Le pore nucléaire fonctionne comme un double diaphragme. Les caryoporines se liant à la GDP ou GTP permettent l'orientation du mouvement et la reconnaissance d'un signal de transport par la fixation d'une importine β

(substance traversante) \neq exportine t qui correspond comme son nom l'indique à l'exportation d'un signal. Les lamelles de 25 à 40 nm annelées sont des bourgeonnements de l'enveloppe nucléaire. Les canaux ioniques sont sélectifs aux Cl^- , K^+ et Ca^{2+} . La régulation des propriétés physiologiques du noyau se fait en contrôlant les ions dans l'espace périnucléaire, l'activité des ions dans le nucléoplasme et donc le potentiel électrique des deux membranes nucléaires.

Schéma 9

2- Constituant.

Le nucléoplasme est un gel dans lequel baigne les autres constituants du noyau.

En microscopie électronique (ME), le nucléoplasme est hétérogène:

L'on observe les lamina qui sont des lames fibreuses plaquées sur la membrane interne de l'enveloppe nucléaire dont le rôle est le maintien de la forme du noyau ainsi que sa reconstruction.

Schéma 10

Les fibrilles inter ou péri chromatiniennes sont des RNP c'est à dire des ribonucléoprotéines, dont la structure est en cours d'évolution.

SNURPS (Small Nucléo Ribo Proteins): ils contiennent l'ARN, pré-messager remanié par épissage. Les granules interchromatiniennes ont un diamètre de 20 à 25 nm et contiennent l'ARN, ce sont des RNP. Les granules périchromatiniennes

ont un diamètre de 40 à 50 nm situés près des pores nucléaires (RNP) et contenant l'ARN en cours de transit entre noyau et cytoplasme. Les pores nucléaires (= pelotonnés) d'aspect cristallin, petites granulations sont des structures complexes que l'on ne voit qu'en fonction de l'activité cellulaire ou durant une pathologie. Ils appartiennent à la machinerie de transcription ayant des interactions avec le nucléole; ce ne sont donc pas des corps inertes comme on le croyait encore récemment.

Microfilaments.

Lamine (dans le noyau pour le maintien de la forme).

Microtubules.

3- Constituant.

La chromatine en ME est un arrangement spatial très complexe: hétérochromatine dense mais aussi déspiralisé, canaux dirigés vers les pores. Les zones denses sont en périphérie ainsi qu'en croissant autour du nucléole.

Schéma 10

Fibre élémentaire: 30 nm.

C'est en 1970 que l'on découvre l'organisation du mode d'empaquetage de l'ADN. L'ADN s'enroule autour d'histones pour devenir un ADN natif de 2 nm avant d'être de nouveau compacté en nucléosomes qui est l'association d'ADN et d'histones. Ceci donne alors une fibre nucléosomale de 11 nm. Les interactions entre ADN et histones sont assurées par H3 et H4.

Schéma 11

Ceci est un noyau (= cœur) d'histone au sein du nucléosome. Les histones sont associés par 8, c'est un octamère constitué de 2H2A, 2H2B, 2H3 et 2H4.

Schéma 12

C'est une structure en solénoïde qui est ainsi constitué par le double enroulement de l'ADN natif de 2 nm de diamètre autour des cœurs d'histones pour constituer une fibre nucléosomale de diamètre égal à 11 nm.

Schéma 13

Notons que l'empaquetage est permis par la présence de H1.

Schéma 14

4- Constituant.

Le nucléole (appareil nucléaire) proprement dit est la chromatine nucléolo associée. Il est de taille variable et parallèle à l'action cellulaire. On peut le mettre en évidence avec des colorants tel que l'hématoxyline ou alors avec le vert de méthyl (pour l'ADN) et la pyronine (pour l'ARN) selon la méthode d'Unna-Brachet.

Schéma 15

L'observation du nucléole en ME révèle un aspect réticulé ou plus dense.

Schéma 16

La chromatine nucléolo associée ceinture le nucléole sans pour autant le délimiter comme le ferait une membrane.

Schéma 17

La fonction du nucléole est la formation de ribosomes. Ces derniers sont dans le cytoplasme, ce sont des particules composées de protéines et de quatre types d'ARN. Les ribosomes ont un coefficient de sédimentation de 80S (S= unité en Svedberg). De plus, ils sont constitués de deux sous unités, l'une petite (40S) et l'autre plus grande (60S). L'ARN 18S est une petite sous unité (40S) alors que les ARN 28S, 5S et 5,8S sont de grosses sous unités (60S).

Schéma 18

Le nucléole joue aussi un rôle dans le cycle de la vie cellulaire et dans le vieillissement cellulaire.

Le cycle du nucléole:

Subit des changements au cours du cycle cellulaire.

Disparition lors d'une mitose.

ADN se rétracte en début de mitose (le dernier ADN à se condenser).

S'enroule autour des organisateurs nucléolaires permettant la constriction secondaire des chromatines (région chromosomique de l'ADN).

Zones fibrillaires et granulaires se dispersent.

Se reforme à la fin de la télophase (noyau) à partir des organisateurs nucléolaires.

Chez l'homme: gènes 13, 14, 15, 21 et 22. Les gènes ribosomiques, gènes répétés (400 copies) et regroupés dans les NCR (région organisatrice nucléolaire). Des mutations de gènes codants pour les protéines du nucléole peuvent être à l'origine de maladie humaine. Par exemple, le syndrome de Werner est une maladie autosomique provoquant un vieillissement prématuré.

Constituants du noyau:

1. Nucléoplasme.

Gel protéique, activité enzymatique ++.

Scléroprotéines (lamines) double l'enveloppe nucléaire pour la solidifier.

Couche de lamine = 10 nm d'épaisseur.

-Fibrilles inter et périchromatinienne, constitué de ribonucléoprotéines.

-SNRP (small nucléoriboproteins).

ARN pré-messager remanié par épissage des introns, au niveau de région appelées splicéosomes au voisinage des zones de transcription.

-Granules interchromatiniennes.

RNP: transport d'ARN.

-Granules périchromatiniens.

ARN près des pores, en transit du noyau au cytoplasme.

-Corps pelotonnés.

-Microfibrilles: actines, lamines, microtubules.

2. Chromatine.

D'aspect variable.

Réseau granulo-filamenteux correspondant à la désspiralisation de l'ADN.

Euchromatine (zone claire): expression des gènes codant pour des protéines.

Hétérochromatine (zone sombre): gènes réprimés pendant l'interphase; ne code pas pour les protéines. Dense aux électrons donc facilement observable au ME.

Euchromatine constitutive: riche en ADN répétitif.

Hétérochromatine facultative: inactive.

En ME, arrangement spatial complexe (pelote de laine).

3. Nucléole.

Appareil nucléolaire.

En périphérie: chromatine nucléo-associée (ADN).

Au centre: composantes fibrillaires. (ARN + protéines appelées nucléolines) = RNP.

Fonction du nucléole:

-Formation des ribosomes qui sont dans le REG (cytoplasme).