

Note sur la Division de la cellule animale

par

Mr. Marcel CHEVALIER

Les auteurs sont a peu près d'accord pour décrire les aspects des phases successives de la Karyokinèse tels qu'on les observe dans les différents types de cellules animales. Cependant l'interprétation de ce mode de division cellulaire a donné lieu à des explications très différentes. Jusqu'ici les biologistes se sont surtout appliqués à chercher ces explications dans la morphologie des figures observées pendant les diverses phases de la division. Étudiées les plus souvent sur des cellules fixées par des réactifs ayant agi brutalement sur les éléments chimiques cellulaires et les ayant brusquement transformé, ces figures ne correspondent trop souvent que d'assez loin aux phénomènes qui se déroulent «*in vivo*» pendant la division et ne peuvent guère donner que des indications assez imprécises sur les causes de la division elle-même.

Les cytologistes actuels orientent de plus en plus leurs recherches dans le sens surtout physico-chimique qui promet de donner des résultats beaucoup plus précis, et le professeur F. Henneguy a très bien défini récemment, le véritable sens de la division cellulaire en disant qu'elle est «un phénomène électro-colloïdal dans le quel entre en jeu des forces électriques, élastiques, de diffusion, d'osmose, de tension superficielle, de viscosité et d'affinités dont le rôle est encore délicat à préciser». Nous pouvons ajouter que l'énergie intra-atomique qui se manifeste sous la forme de radiations lumineuses, chaleur, électricité, intervient aussi d'une façon décisive dans les phénomènes de division cellulaire.

Nous nous efforçons au cours des lignes qui suivront d'exposer d'une façon succincte tout le mécanisme de cette division cellulaire tel qu'il nous apparaît dans son essence vitale et ses relations avec la radio-activité.

On doit tout d'abord signaler que le phénomène de la division cellulaire est une résultante directe de l'absorption des matières puisées par la cellule dans le milieu ambiant et par conséquent des oxydations et de l'assimilation. Si la cellule se nourrit et assimile les aliments ingérés, c'est non seulement pour entretenir la vie dans l'individualité considérée, mais aussi pour en permettre la multiplication qui est nécessaire à la constitution de la colonie animale dont elle est appelée à faire partie, et aussi pour reconstituer les pertes cellulaires qui peuvent résulter du fonctionnement vital de la colonie.

Le gonflement, la turgescence prophasique que l'on observe aussi bien dans la division directe que dans la division indirecte, quoiqu'à un degré moindre cependant, est dû à une sorte d'exagération dans le phénomène d'absorption par la cellule de certains éléments du milieu ambiant.

Ce sont ces éléments, se trouvant en quantité plus considérable qu'à l'ordinaire dans le cytoplasma par suite d'un état spécial des colloïdes, particulièrement de la membrane cellulaire, qui permettent à un état physique et chimique nouveau de s'établir.

On peut supposer entre autre, que le cytoplasma alcalin, se transforme par l'arrivée d'ions libres H qui acidifient les colloïdes et augmentent leur capacité pour l'eau.

Le caryoplasma peut alors lui aussi, absorber également par osmose, à travers la membrane nucléaire, des éléments qui dans les conditions normales resteraient diffusés dans le cytoplasma.

A mesure que l'absorption supplémentaire se fait dans le caryoplasma, le noyau se gonfle et peut même atteindre le double de son volume normal; mais en même temps la membrane nucléaire, qui est une membrane physique et de contact, se dissout et disparaît. Les deux solvants colloïdaux cellulaires arrivent directement en contact mais sans se fusionner. Tous deux tendent à réaliser un état de fluidité analogue physiquement; le cytoplasma en transmettant au caryoplasma une partie de son eau l'a rendu plus liquide en même temps qu'il s'est au contraire gélifié. La composition chimique des deux solvants est cependant restée différente, l'un (le noyau) plus acide, l'autre (le protoplasma) plus basique, conservant également dans leur ensemble des charges électriques de signe contraire. Quand la membrane nucléaire a disparu, le nucléole vrai disparaît à son tour du noyau, mais le centrosome apparaît aussitôt dans le cytoplasma à la limite du noyau; on peut considérer avec CARNOY et HERTWIG qu'en réalité c'est le nucléole vrai qui a émigré du noyau dans le protoplasma pour jouer son rôle dans la division.

Ce nucléole vrai, changeant de milieu et passant du milieu acide du caryoplasma dans le milieu plus basique du cytoplasma subit des modifications chimiques et physiques qui le transforment et lui donnent des qualités différentes, surtout au point de vue électrique. Ces modifications physiques provoquent notamment la formation de l'aster. On sait du reste que la formation d'un aster dans le protoplasma est un phénomène uniquement physique; BATAILLON a pu artificiellement, en piquant mécaniquement des oeufs de Batraciens non fécondés, provoquer autour des piqures la formation d'asters dans le cytoplasma; il n'y a aucune granulation spécialisée à la partie centrale, comme c'est le cas pour le centrosome occupant le centre de l'aster.

La formation de l'aster dans la Kariokinèse est donc un phénomène mécanique provoqué par le nucléole centrosomal avant sa division et qui

prélude aux phénomènes électriques dont nous parlons plus loin. Le centrosome entouré de son aster se divise ensuite très rapidement en deux centrosomes entourés chacun d'un aster et qui s'éloignent immédiatement l'un de l'autre comme subissant des forces de répulsion intense. On doit se rappeler que les centrosomes sont des formations labiles qui n'apparaissent avec certitude que dans les cellules en division et que tous les prétendus corps centrosomiaux signalés par divers auteurs dans certaines cellules fixées, ne sont que des artefacts de préparation, des éléments d'une phase colloïdale dispersée tout comme les mitochondries par ex.. Le centrosome originel peut donc être considéré comme une modification du nucléole vrai qui a émigré quand la membrane nucléaire a disparu. Du reste les deux centrosomes de division, à la fin de la Karyokinèse, redeviennent tout naturellement deux nucléoles vrais qui reprennent leur place normale dans les deux cellules filles qui sont nées de la cellule primitive. Ajoutons que dans la cellule à l'état de repos, la composition chimique du nucléole vrai, qui se rapproche de celle du cytoplasma, est nettement différente de celle des grumeaux de chromatine et des faux nucléoles qui sont aussi eux, des éléments chromatiques.

Dans le noyau, d'autres phénomènes se produisent également en même temps. Les faux nucléoles et les grumeaux de chromatine qui constituent aussi une phase dispersée du suc nucléaire ou solvant caryoplasmique, subissent également des modifications très importantes, dans leur état physique et chimique. Ils se réunissent et donnent lieu au spirème ou directement à des chromosomes de formes variées. Mais cette modification morphologique correspond aussi à une modification chimique. Le noyau par la turgescence du début a absorbé une plus grande quantité de sels minéraux dont certains comme S et K sont assez fortement radioactifs. Ces sels ont pénétré sous la forme d'ions ou d'atomes libres dans le solvant caryoplasmique et ont agi sur les masses de chromatine dont l'acidité a augmenté par adsorption d'atomes d'H. Le noyau a aussi augmenté sa quantité de Phosphore lipoidique. On doit se rappeler que par contre le noyau à l'état de repos est pauvre en sels minéraux et ne contient ni chlorures, ni sels potassiques, ni phosphates inorganiques. Dans la division Karyokinétique le noyau a donc une composition chimique, un état physique et une forme très différente. La formation du spirème ou des chromosomes a lieu non pas par fusion des éléments chromatiques, mais par accollement des fragments dispersés qui se réunissent par un effet d'électrisation par contact. Nous ne croyons pas comme Della Valle qu'il y a cristallisation de la chromatine dans le suc nucléaire, sous la forme de cristaux liquides, mais plutôt une gélification plus accentuée, une véritable floculation de toute la phase chromatique, qui donne lieu à de gros éléments accolés atteignant un état voisin de l'état solide et qui tous portent des charges électriques dont la valeur n'est pas identique.

Plus tard, suivant la charge électrique de ces différents chromosomes, et une fois dédoublés, leurs éléments se porteront soit à l'un, soit à l'autre pôle de la cellule.

La forme du spirème et des chromosomes est imposée par la composition physico-chimique de la cellule et on s'explique ainsi pourquoi la forme des chromosomes varie, ainsi que leur nombre avec chaque espèce animale, c'est à dire en somme avec chaque type de mosaïque des éléments protéiques de la matière vivante.

Au cours de la Karyokinèse dès que la membrane nucléaire a disparu et que les deux solvants cellulaires sont entrés en contact direct, il s'établi entre eux un véritable courant électrique qui est la manifestation de l'énergie déployée par les combinaisons chimiques de l'intérieur cellulaire.

On sait en effet par les travaux du physicien LIPPMAN que toute variation de forme de la surface de deux liquides hétérogènes en contact, s'accompagne de la production de forces électro-motrices déterminant la circulation d'un courant électrique. C'est ce qui se passe dans la cellule qui devient turgescence pour se diviser. On doit du reste ajouter que toutes les réactions chimiques qui s'effectuent dans la cellule, sont des réactions électriques, et que pas un seul changement ne se fait sans que l'électricité intervienne.

Les deux centrosomes qui se sont éloignés l'un de l'autre, deviennent alors le siège des deux pôles du courant qui s'établit et qui représente dans la cellule une sorte de courant galvanique constant attirant vers l'anode ou vers la cathode les éléments suivant leur charge particulière. Il se produit en somme une sorte de galvanotactisme du même genre que celui que l'on constate quand on fait passer un courant dans une goutte d'eau ou il y a mélangés des Paramécies et d'autres infusoires dont le galvanotactisme est différent. Suivant la charge électrique prépondérante de leur cellule, chaque espèce se sépare au moment de la fermeture du courant et chacune gagne son pôle respectif et de signe contraire.

On constate un phénomène analogue pour le spectre magnétique qu'offre la limaille de fer sur laquelle agit un aimant.

Dans la cellule en division, la variation de forme des surfaces de contact du noyau (acide) et du protoplasma (alcalin) donne donc naissance au courant électrique qui s'établit entre les deux pôles de la cellule représentés par les deux centrosomes autour desquels deux champs de forces s'établissent. Les micelles dispersées des solvants cellulaires se trouvent attirées vers l'un ou l'autre pôle suivant leur charge électrique et s'alignent ainsi entre les deux pôles suivant les lignes de forces qui les relie. Elles constituent alors de véritables chaînes de forces matérielles qui sont justement les lignes qui constituent le fuseau achromati-

que. Ainsi les deux masses caryoplasmique et cytoplasmique qui toutes les deux sont dans un état colloïdal visqueux, assez épais mais analogue, participent aux mouvements, à la cinétique des deux centrosomes. Lorsque la division cellulaire est terminée et que le courant électrique disparaît, les micelles des solvants perdent leur orientation suivant les lignes de force, et les chaînes de force matérielles ainsi que le fuseau achromatique disparaissent sans laisser de traces.

On comprend donc ainsi facilement que le fuseau achromatique existe bien matériellement à un certain moment et qu'il puisse disparaître ensuite sans laisser de traces tout comme il pourrait réapparaître à nouveau dans des conditions identiques. L'origine micellaire du fuseau achromatique est attestée par son inaptitude même à se colorer par les teintures histologiques ordinaires. Auguste Lumière a en effet montré que le granule micellaire montre une grande résistance à la teinture malgré les aptitudes chimiques de ses protéiques et qu'il résiste aussi fortement aux réactifs qui l'entourent. Cette immunité granulaire tient à ce que les phénomènes électriques qui isolent mécaniquement les éléments micellaires les uns des autres, les isolent aussi des substances étrangères, mais les charges qu'ils possèdent leur permettent les orientations momentanées que l'on constate dans le fuseau achromatique.

Les anciens auteurs qui avaient cru voir, les uns (STRASBURGER) que les chromosomes glissaient sur les lignes du fuseau achromatique, les autres (FLEMMING, BOVERI) que les lignes du fuseau se contractaient pour attirer au pôle les chromosomes, n'étaient pas si éloignés de la vérité qu'on a voulu le croire et il est très possible que ces deux modes d'attraction des chromosomes par les centrosomes polaires se réalisent et dépendent plutôt de la nature et de la variété des protoplasmas des diverses espèces animales considérées que du mécanisme même d'attraction. Ces sortes de fils contractiles si rudement raillés par Wilson «*Il n'est, dit cet auteur, de substance contractile qui puisse se réduire à rien, même dans l'état de contraction le plus excessif*», ces fils contractiles vus par ces anciens auteurs, dont la profonde habileté d'observateur ne pouvait avoir été mise en défaut aussi grossièrement, correspondraient aux alignements des micelles, en chaînes, suivant le sens des lignes de forces, chaînes matérielles sans cesse modifiées par les attractions polaires jusqu'à leur disparition une fois la Karyokinèse terminée.

En ce qui concerne les chromosomes, ce sont des éléments labiles, qui comme les centrosomes n'apparaissent dans le noyau que pendant la division Karyokinétique. Morphologiquement ils n'ont qu'une existence précaire et subissent continuellement des modifications importantes, principalement entre la prophase et la métaphase, ou on voit leur torsion disparaître et leur taille se raccourcir. Tous sont *identiques en qualité*, c'est à dire qu'ils sont fortement acides à cause de la quantité importante

de l'acide nucléique qu'ils contiennent, mais *en quantité* des éléments chimiques ils *ne sont pas tous semblables*. Leur forme, est imposée par la composition physico-chimique de la cellule. *C'est*, du reste d'une façon générale, *le cytoplasma*, par la variation des absorptions qu'il fait dans le milieu ambiant, *qui conditionne l'état physique et chimique du noyau*.

Brachet en 1922 a dit fort justement à la suite de recherches sur lesquelles nous ne pouvons insister que l'état physique du cytoplasma impose à la chromatine une structure morphologique déterminée. Le fait a été confirmé par DALCQ en 1923 et par FAURE-FRÉMIET en 1924.

Ainsi le nombre des chromosomes et la forme qui paraissent à peu près constants pour une espèce donnée, dépendent en réalité de la chimie propre du protoplasma, de la mosaïque protéique spéciale à chaque espèce animale. D'autre part il est souvent très difficile de compter exactement le nombre des chromosomes dans une cellule vivante, surtout lorsqu'ils sont nombreux. Quand on a pu y parvenir, on a constaté que le nombre des chromosomes n'est pas fixe pour une même espèce, mais oscille autour d'une moyenne. Les grumeaux de chromatine sont en réalité des amas de nucléo-protéïdes dont la teneur en acide nucléique varie suivant l'état physiologique de la cellule. Pendant la division, grâce à l'absorption augmentée des ions et atomes minéraux, leur quantité de phosphore et d'acidité augmenté. Leur charge électrique augmente aussi et détermine les attractions qu'ils subissent de la part des deux champs de forces opposés de la cellule. Au début de la turgescence nucléaire, les grumeaux de chromatine et les faux nucléoles chromatiques se portent à la surface du noyau et s'accolent pour former le spirème ou les chromosomes. Puis à la fin de la prophase, ils se concentrent tous à l'équateur de la cellule subissant les attractions simultanées des deux champs de forces opposés qui en provoquent la séparation en fragments. Ces derniers se portent alors aux deux pôles où ils reconstitueront la masse chromatique des nouvelles cellules.

Los chromosomes se portent à l'anode ou à la cathode du courant électrique suivant le gros radical de leurs micelles. Dans ces éléments, en effet, il y a inégalité entre les radicaux ou ions qui les composent, et la plus forte partie de la micelle se porte au pôle positif ou au pôle négatif suivant que son plus gros radical est un ion négatif ou positif. On voit donc qu'il n'est plus possible d'admettre désormais entre les deux cellules filles cette répartition identique et rigoureuse de la matière chromatique, et de la masse chimique générale de la cellule originelle.

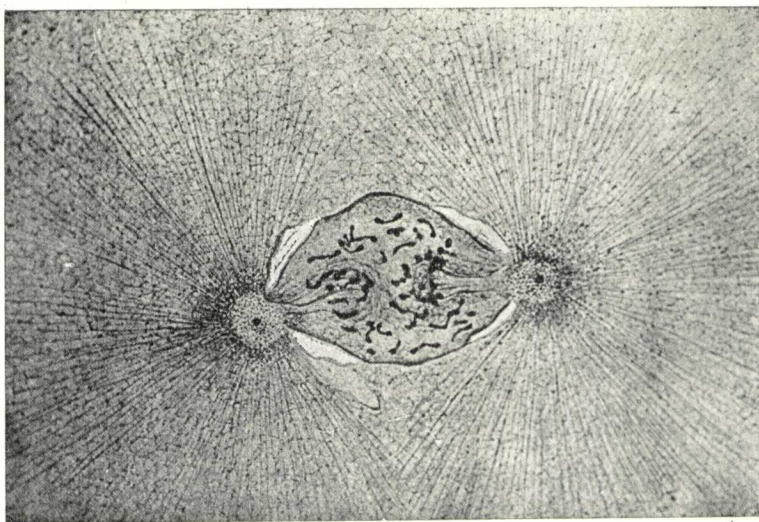
Dans le mécanisme de la division cellulaire il semble que le rôle des chromosomes ne soit que passif, et que tout le rôle actif soit rempli par l'ensemble du fuseau achromatique. Nous pensons que c'est en s'engageant dans l'étude physico-chimique approfondie des chromosomes qu'on découvrira leur nature exacte et leur véritable rôle dans la division cellulaire.

On sait qu'à la fin de la division cellulaire, le protoplasma lui-même se divise en deux parties qui constitueront les deux nouvelles cellules.

Cette séparation du protoplasma se fait suivant un plan perpendiculaire à l'axe central du fuseau achromatique qui passe par les deux pôles de la cellule. Ce plan de rupture concorde avec le plan équatorial de la cellule et est déterminé par les forces électriques qui agissent pendant la Karyokinèse. L'équateur de la cellule correspond en effet à une zone de moindre résistance, située dans les limites extrêmes où s'exercent d'une façon contraire les deux champs d'attraction polaire. On ne peut pas être frappé de cette similitude d'aspect entre la cellule en division et la sphère terrestre, elle aussi parcourue par une zone faible de rupture équatoriale située entre deux zones polaires magnétiques. Si nous nous souvenons également de la constitution d'un atome avec son corpuscule central et les électrons immatériels qui circulent autour, et la constitution du système solaire, on est forcément amené à constater combien les rapports sont étroits entre les phénomènes qui régissent les infiniment petits et les infiniment grands; à constater l'unité des sciences de la nature ainsi que des lois qui régissent tous les phénomènes.

Suivant Costantin, il est facile de réaliser une expérience qui peut donner expérimentalement une bonne reproduction de la Karyokinèse. Dans une cuve de cristal on met de l'essence de thérébentine (mauvais conducteur) et des cristaux de sulfate de Quinine (semi-conducteurs) qui restent en suspension dans le liquide. D'autre part, deux armures métalliques terminées par des boules de laiton pénètrent aussi dans la cuve. Si on fait passer un courant électrique par ces armures métalliques, on constate qu'il se forme un spectre qui rappelle d'une manière frappante le spectre Karyokinétique. Si on ajoute d'autres conducteurs en relation avec la terre, on peut obtenir des figures multiples comme dans des Karyokinèses anormales. Si on suspend des fils d'or à l'équateur du fuseau, on constate qu'ils sont rapidement attirés vers les pôles suivant une marche qui rappelle celle des chromosomes.

Dans la mitose, lorsque les chromosomes arrivent au voisinage des centrosomes polaires, leurs charges électriques et celles des centrosomes se neutralisent et la polarité électro-magnétique s'évanouit. Les champs de force et le spectre Karyokinétique disparaissent en même temps que le courant électro-moteur; c'est que la division indirecte est terminée. Ajoutons ce dernier détail que durant toute la durée de la division cellulaire, la cellule est devenue imperméable aux éléments du milieu ambiant et principalement aux sels minéraux (Herlant). Lorsque les deux cellules filles sont constituées, la perméabilité des membranes cytoplasmiques redevient normale. Comme ces deux cellules filles n'ont pas encore atteint leur taille adulte, elles commencent à absorber des aliments dans le milieu ambiant, à se les assimiler pour croître et grandir, puis se diviser ensuite à leur tour et le cycle recommence.



Karyokinèse d'un Blastomère de truite

(d'après le professeur F. HENNEGUY)

DIVISION DU NOYAU

Dans le suc nucléaire on observe que les grumeaux de chromatine se dirigent vers l'un ou l'autre pôle suivant que leur charge électrique est négative ou positive.

On distingue nettement l'orientation des éléments colloïdaux du protoplasme subissant l'action des deux champs de forces magnétiques opposées.

La zone équatoriale de moindre résistance située entre les deux zones polaires d'attractions contraires, s'esquisse très clairement et marquera la ligne de séparation entre les deux futures cellules filles.

En ce qui concerne la division directe ou *Amitose*, il est bien probable que ce mode de partition n'est en réalité, qu'une réduction, une simplification de la Karyokinèse mais qu'elle s'effectue suivant un processus analogue, très atténué toutefois, parce que les phénomènes d'absorption, d'oxydation et d'assimilation ont été moins accentués que dans les cellules se divisant par voie indirecte. La division directe se montre surtout chez les cellules donnant des signes de sénescence, et où les phénomènes de nutrition sont atténués. Dans cette Amitose, quand le nucléole se divise, après la légère turgescence du début, il est probable qu'un champ de force s'esquisse entre les deux nucléoles jumeaux qui jouent nettement le rôle de centrosomes et qui se rendent chacun à l'un des pôles du noyau.

Les éléments absorbés par la cellule n'ont pas été suffisants pour déterminer tout le mécanisme du fuseau achromatique. L'aster n'apparaît

pas parce que le nucléole ne quitte pas le suc nucléaire. Les grumeaux de chromatine ne flocculent pas en chromosomes. La transformation physico-chimique du caryoplasma n'est pas suffisante pour déterminer le changement morphologique des masses chromatiques. Pourtant on constate que la division du noyau se fait par un sillon qui s'établit perpendiculairement à la direction de l'axe des pôles passant par les deux nucléoles. L'Ami-tose et la Karyokinèse doivent se produire dans une individualité cellulaire ou dans un ensemble de cellules, suivant l'état physiologique général de cette cellule ou de l'ensemble des cellules constituant un tissu. Cet état physiologique est en étroite relation avec les phénomènes d'absorption, d'assimilation et par conséquent avec l'âge aussi des cellules.

Connaissant le mécanisme de la division cellulaire, on peut se demander quels sont les éléments particuliers absorbés par la cellule qui peuvent provoquer cette division et comment ils interviennent dans les réactions.

Nous devons d'abord rappeler que dans une cellule normale qui vit dans des conditions déterminées, d'une existence régulière, il y a dans sa masse, une proportion relative mais bien définie, entre les divers éléments qui la composent. Le potentiel électrique est neutralisé et l'équilibre statique reste établi entre le noyau et le cytoplasma. Les constituants cellulaires sont principalement, nous le savons, sous forme de colloïdes, les substances protéiques, les acides gras, les lipoides; puis l'eau de constitution; enfin sous forme de cristalloïdes, les sels minéraux en solutions électrolytiques. C'est l'apport des ions minéraux qui modifie considérablement l'équilibre statique établi. On connaît les travaux de Mayer et Schaeffer au sujet des constantes cellulaires qui caractérisent les tissus et par conséquent les cellules qui les composent. Chaque cellule suivant sa spécificité, qu'elle soit libre ou associée, possède donc une proportion déterminée de matières protéiques, d'eau, de matières minérales qui constituent un équilibre stable et qui par conséquent permet la Vie.

Par l'absorption de matières nutritives, les oxidations et l'assimilation normale, la cellule trouve dans le milieu ambiant les produits dont elle a besoin pour se reconstituer identique à elle-même et par conséquent réparer ce qu'elle a pu perdre par l'usage de ses éléments propres pendant leur fonctionnement. Elle maintient ainsi son activité vitale.

Quand les proportions définies entre les divers éléments de la cellule vivant sa vie normale et régulière, viennent à être modifiées, il en résulte une rupture d'équilibre qui peut amener des modifications profondes et diverses dans la vie cellulaire. Ces proportions définies viennent généralement à changer pour des raisons qui peuvent être multiples, par ex. une absorption exagérée de certains éléments au détriment des autres, à cause de leur présence plus abondante dans le milieu ambiant modifié, ou à cause aussi d'une modification dans la membrane cytoplasmique.

que et par conséquent un changement dans la pression osmotique. Cette rupture d'équilibre dans les proportions définies des constituants cellulaires amène de suite un changement dans l'état physique, chimique et par conséquent vital de la cellule. Si les éléments absorbés d'une façon exagérée sont des toxiques pour la cellule, comme par ex. des anesthésiques, éther, chloroforme etc. ils peuvent non seulement en ralentir la vie mais aussi la tuer.

Si ce sont des matières alimentaires (ternaires ou quaternaires), la cellule peut réagir utilement, utiliser pour son usage ces matières abondantes en les organisant en dépôts ou réserves qui serviront plus tard pendant les périodes de disette à venir (par ex. l'Ovule).

Les éléments absorbés en grande quantité peuvent être aussi de l'eau ou des sels minéraux en dissolution, par conséquent des minéraux ingérés sous la forme d'ions ou d'atomes libres. La cellule se trouve alors *surionisée* et des modifications profondes interviennent aussi bien dans le noyau que dans le cytoplasma. C'est à cette raison que nous attribuons la cause de la division cellulaire. Cependant la nature des minéraux absorbés en excès n'est pas indifférente, car si ce sont des sels calcaires, on sait que le Ca exerce une action de condensation du protoplasma. Ce dernier peut s'incruster de cette substance et prendre un état pathologique précurseur de sa mort. L'absorption en quantité augmentée de minéraux radioactifs tels que le Sodium et surtout le Potassium détermine au contraire une excitation vitale.

Il y a déjà quelque temps que G. BOHN a montré qu'avec du radium on pouvait provoquer la division cellulaire d'œufs d'oursins non fécondés. LOEB aussi a montré combien l'action de certains sels pouvait provoquer la division cellulaire d'œufs non fécondés chez les astéries, les oursins etc. En réalité la division cellulaire est une altération du rapport normal des divers constituants cellulaires au bénéfice de certains éléments minéraux radio-actifs; c'est une rupture de l'équilibre normal entre les divers éléments chimiques et une modification physique des colloïdes cellulaires. Cette rupture d'équilibre est loin d'être toujours utile chez les êtres pluricellulaires, bien au contraire, et le cancer qui est dû à un processus actif de division cellulaire en est certes une preuve.

La division cellulaire est un processus de même origine que celui qui préside à l'organisation des réserves cellulaires; ici encore on voit par le milieu ambiant la matière inerte qui domine la matière vivante et qui en dirige les manifestations vitales.

En absorbant une quantité anormale d'ions et d'atomes libres de minéraux radio-actifs, la cellule accumule une énorme quantité d'énergie potentielle contenue dans ces éléments minéraux sous la forme d'énergie intra-atomique.

Alors que la cellule pleine d'éléments de réserve a besoin d'excitants tels que des catalyseurs ou dyastases pour pouvoir transformer et utili-

ser ces réserves et qu'il lui faut donc absorber des éléments minéraux capables de déterminer l'action dyastatique et d'accélérer les oxydations nucléaires, dans la cellule qui possède si l'on peut dire, une accumulation supplémentaire d'ions et d'atomes radio-actifs, toute l'énergie nécessaire aux réactions futures est condensée sous la forme d'énergie intra-atomique dans ces éléments. La cellule qui va se diviser n'a plus besoin d'éléments extérieurs à elle. On constate qu'elle n'absorbe plus rien et sa membrane cytoplasmique devient imperméable au milieu qui l'entoure et principalement aux sels minéraux (Herlant).

Pour exécuter tous les travaux qu'elle fera au cours de sa division et qui affecteront toute sa masse, et qui en modifieront chimiquement et physiquement les états, la cellule fera seulement appel à l'énergie qu'elle aura accumulé dans les éléments radioactifs. Suivant J. Perrin c'est la lumière qui provoquera toutes les réactions chimiques. La lumière est seule capable de briser les molécules, de présider à leur dislocation, à leur regroupement et leur réarrangement pour donner des éléments nouveaux. La lumière n'agit plus comme un catalyseur mais comme énergie propre, indépendante et apportant toute la force nécessaire qui ne peut arriver par une autre voie. En tout cas ce sont les ruptures d'atomes qui provoquent les modifications chimiques dans la cellule et les substances radioactives sont continuellement une source d'énergie. La cellule passe d'un état d'inertie électro-magnétique à un état dynamique avec propriété magnétique. L'énergie intra-atomique contenue dans les éléments radioactifs sous une forme stable et condensée, se transforme en forme instable sous l'aspect d'électricité, lumière, chaleur par la dissociation des atomes. Cette dissociation amène des éléments chimiques nouveaux et qui expliquent comment deux cellules filles issues d'une même cellule ne sont identiques ni à la mère, ni entre elles.

On sait en effet que les éléments radioactifs absorbés par la cellule sont des éléments chimiques dont les atomes se brisent en formant de nouveaux éléments chimiques ayant leur individualité propre. Cette désagrégation des atomes détruit l'équilibre réalisé dans la cellule; la concentration des éléments radioactifs dérange l'homogénéité énergétique cellulaire. Ces éléments radioactifs, potassium surtout se distinguent par la facilité avec laquelle leurs atomes perdent un électron, même en présence de l'eau, parce que cet électron est faiblement lié à l'atome, perdant ainsi une partie de leur masse ces éléments radioactifs produisent de nouveaux atomes stables qui sont principalement de l'Hélium et aussi de l'H. Ainsi par cela même les charges électriques des colloïdes sont modifiées en même temps que leur degré d'acidité. Toutes ces actions physiques et chimiques, ces transformations intracellulaires permettent de comprendre pourquoi l'équilibre des diverses phases coexistantes dans la cellule est modifié, comment il y a des alternatives de viscosité et de

fluidité des colloïdes. l'imperméabilité de la membrane, la naissance du courant électrique et des champs de force, puis leur disparition.

Au début de la division cellulaire, on est en droit de croire que ce sont bien des sels minéraux radio-actifs qui sont absorbés en quantité augmentée et non simplement de l'eau, car cette dernière produirait des effets de dilution différents de ceux que l'on observe en réalité. En effet, au début de la Karyokinèse, ce n'est pas le cytoplasma qui se gonfle d'une façon considérable, mais bien surtout le caryoplasma. Le cytoplasma devient seulement plus fluide par une sorte de dilution provoquée par les ions K, le noyau absorbe alors par osmose une certaine quantité d'eau du cytoplasma avec aussi des ions minéraux, ce qui fluidifie le caryoplasma, mais par réaction inverse, le cytoplasma privé d'une partie de son eau se gélifie. Cet échange d'eau entre les deux solvants est la cause qui les amène à un état physique voisin. D'autre part la dissociation des atomes de K donnant lieu à de nouveaux atomes stables d'H., change le pH de la cellule, c'est à dire la proportion entre les atomes libres d'H et OH et par conséquent l'acidité de la solution protoplasmique. Ces atomes et ions d'H véritables animateurs des phénomènes chimiques déclenchent alors la division cellulaire. Pour la même cause, la membrane cellulaire devient imperméable au milieu ambiant et se prive désormais des éléments extérieurs la cellule possédant à son intérieur tous les éléments nécessaires et capables de lui fournir l'énergie indispensable pour l'exécution des divers phénomènes de la division. Ainsi c'est le rapport élevé du potassium qui serait la cause de la Karyokinèse dans les cellules isolées et dans les tissus cellulaires en voie de division. On a d'autre part constaté que dans les tumeurs malignes qui sont des proliférations exagérées de cellules, la teneur en potassium est toujours très élevée. On a constaté par contre que la teneur en Calcium était d'autant moins élevée que la prolifération était plus active et en relation avec l'augmentation du K. C'est qu'en réalité il y a antagonisme entre les ions Ca et les ions K, ainsi que J. LOEB l'a fort bien montré. Suivant G. Bohn ce serait le rapport $\frac{Ca}{K}$ qui pourrait servir d'indicateur pour apprécier la malignité d'une tumeur. Nous ajouterons que ce même rapport dans la cellule serait aussi la cause de la division cellulaire.

Les expériences de F. Bang qui provoque le cancer expérimental artificiel chez les souris en les badigeonnant de goudron, ont montré que plus longtemps les animaux ont été enduits de ce goudron, et plus le nombre des individus atteints du cancer a été grand. Suivant G. BOHN, ces expériences indiquent aussi que des modifications physico-chimiques précèdent, dans le cancer, l'apparition de la tumeur. Il n'est pas douteux que les divisions cellulaires des cellules cancéreuses sont dues à l'introduction exagérée dans les cellules normales, de certains éléments minéraux. En 1923, R. REDDING injectant à des souris badigeonnées de goudron, des so-

lutions de sels de Calcium les rendait réfractaires au cancer expérimental. C'est la confirmation de l'opinion de LOEB concernant l'antagonisme des ions Ca et des ions K.

Ajoutons que les tissus cancéreux ont un pouvoir radioactif plus élevé que celui des autres tissus et ce pouvoir est attribué à la teneur élevée des tumeurs en potassium.

Les récentes découvertes (1924) du savant russe Gurwitsch, ont montré que les cellules en voie de division et les tissus en voie de prolifération sont aussi l'origine d'un rayonnement capable d'influencer les cellules voisines. C'est donc qu'en réalité la division cellulaire est bien étroitement reliée aux phénomènes de la radio-activité. Les cellules en voie de division émettent des électrons animés de vitesses d'ordre vibratoire comparables à ceux de la lumière et qui se manifestent par un rayonnement dû aux désintégrations atomiques.

Ces constatations donnent une force singulière aux beaux travaux de Georges Bohn sur la polarité électro chimique qu'il constate chez tous les êtres vivants.

De Re Zoológica

I

Tres Cirrípedos de Africa occidental

por

J. B. de AGUILAR-AMAT

Entre el material que para su estudio se recibe constantemente, pero no con la abundancia y frecuencia que para el engrandecimiento del Museo de Ciencias Naturales (Biología) de Barcelona, fuera de desear, ocupa lugar preferente el proporcionado por Don Francisco DE IBAÑEZ procedente de las pesquerías de la costa occidental de Africa (costas de Mogador, cabo Bojador, etc.)

Recientemente y de los fondos sucios de uno de los vapores pesqueros remitió dicho Sr. nueve cirrípedos, pertenecientes a tres especies distintas y que después de estudiados resultaron ser los siguientes:

Lepas hilli Leach, tres ejemplares.

Conchoderma auritum (L.), tres ejemplares.