

Biologie Cellulaire

Chapitre 1 :

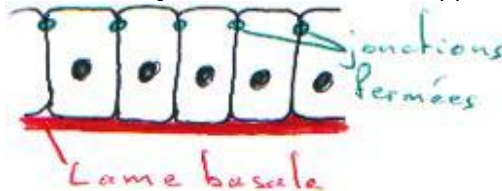
Rappels.

I\ Les tissus épithéliaux.

Les **tissus épithéliaux** sont composés de **cellules jointives**. Ces cellules vont établir une *barrière entre deux milieux* de nature différente. Les jonctions réunissent les cellules pour former un épithélium réglant la cohésion entre cellules et les échanges entre celles-ci.

A\ Les jonctions assurant la cohérence de l'épithélium.

La jonction la plus importante est la **jonction fermée** (ou **tight junction**) ; elle définit une *polarité* : le pôle apical est situé entre deux jonctions fermées ; à l'opposé, on trouve le pôle basal.



Le pôle apical est tourné vers le milieu extérieur alors que le pôle basal est orienté vers la lame basale (où il y a production de cellules épithéliales). Le pôle basal est tourné vers le circuit de capillaires sanguins qui est souvent placé à la base de la lame basale.

Il existe dans la membrane plasmique de ces cellules, des protéines (**les occludines**) qui ont la propriété de *traverser cette membrane et d'interagir avec les occludines de la cellule voisine* : il y a établissement d'une barrière entre les deux membranes plasmiques par l'interaction du domaine extracellulaire de ces protéines (**interaction par les ions Ca^{2+}**).

Pour séparer les cellules, il faudra utiliser de l'*EDTA qui permet la destruction de ces liaisons*.

Par leur domaine cytosolique, les protéines sont *associées indirectement avec les éléments du cytosquelette* (les **microfilaments**) : il y a **immobilisation de ces protéines** à l'apex des cellules.

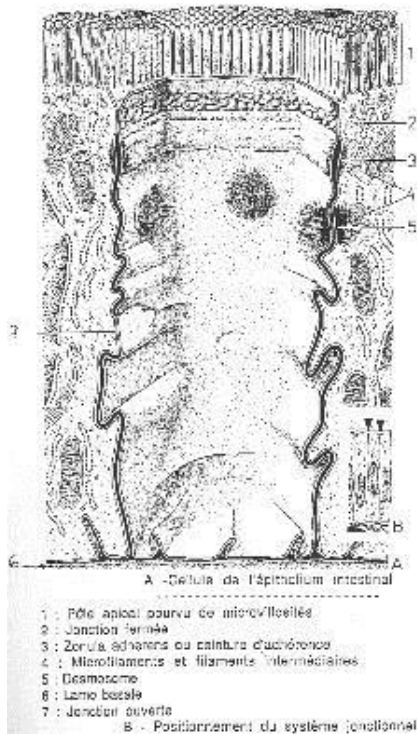
On peut aussi voir la position des **protéines intégrées dans la membrane**, organisées de façon particulière (en **lignes anastomosées**) entre elles, sur plusieurs rangées. On a un réseau de lignes anastomosées autour de la cellule : c'est la **ceinture continue**.

Si l'on place dans un des milieux, par exemple extracellulaire, un marqueur opaque aux électrons, on constate qu'il n'y a **pas de passage**. Si le marqueur se trouve dans le sang, il ne diffuse pas jusque dans le milieu extérieur. → S'il y a un passage, il est géré par les cellules.

→ **L'épithélium est une véritable barrière entre deux milieux.**

Les protéines forment des lignes anastomosées. Elles sont adhérentes l'une à l'autre et organisées en ligne.

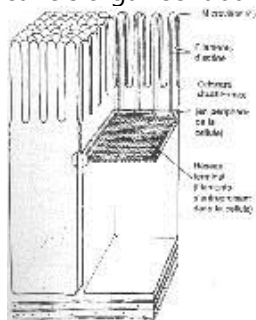
Au-dessous de la jonction fermée, on trouve un autre dispositif comparable : la **ceinture d'adhérence**. Cette ceinture fait le tour de la cellule.



On y trouve des protéines particulières (**les cadhérines**) ayant la propriété **d'augmenter l'adhérence** d'une **manière sensible au Ca**. Ce sont des protéines qui traversent une seule fois la membrane. Le **domaine extracellulaire** présente **5 modules d'interaction** avec les cadhérines placées en vis-à-vis (modules sensibles au calcium). Le **domaine cytosolique** est **relié de manière indirecte aux microfilaments d'actine**.

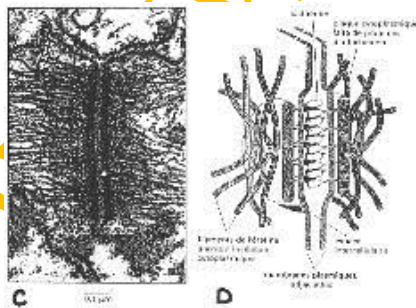
→ C'est une **formation qui augmente l'adhérence entre cellules** mais qui ne **constitue pas de barrière à la diffusion**

Cette ceinture est en relation avec les microfilaments d'actine. Dans le cas des **entérocytes**, les filaments d'actine s'organisent dans le cytoplasme en formant un plan : **le réseau terminal**.



Sous cette ceinture, on va trouver des jonctions beaucoup plus locales.

Les desmosomes.



Les **desmosomes** sont des formations d'un micromètre de diamètre. L'espace intercellulaire est dilaté et dans la **région intracellulaire sous membranaire**, sont différenciées des **plaques opaques aux électrons**. Dans la membrane, au niveau de ces desmosomes, il existe des **protéines intégrées (cadhérines)** qui interagissent entre elles d'une cellule à l'autre.

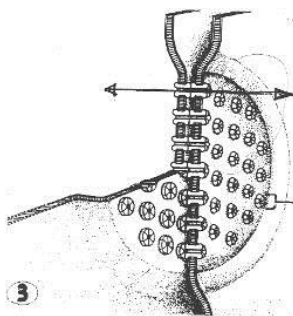
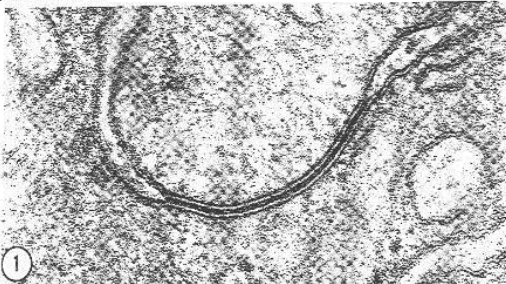
Par leur domaine cytosolique, ces *cadhérines* agissent sur les protéines de la plaque (les **desmoplauques**). Elles sont reliées avec des *filaments intermédiaires* (tonofilaments → *kératine*). Ces derniers filaments, dans une cellule épithéliale, s'organisent en allant d'un desmosome à l'autre : ils **donnent une tonicité à la cellule**. Cela équivaut au squelette de la cellule.

Sur la face basale, il existe des *jonctions augmentant l'adhérence* mais qui ont pour **partenaire la lame basale** et non une autre cellule. On trouve surtout deux types de jonctions :

- Les **hémidesmosomes** : Ce sont des **formations asymétriques** ; l'implantation des cadhérines se fait dans la lame basale.
- Les **contacts focaux** : Ce sont des différenciations locales qui permettent un **ancrage transitoire à un support** (normalement la lame basale). Cette différenciation transitoire est labile et permet à la cellule de *se positionner sur un support et d'y migrer*. La jonction avec la membrane basale est réalisée par des **intégrines** (protéines) qui traversent la membrane plasmique. Leur domaine extracellulaire interagit surtout avec les protéines de la lame basale (*particulièrement la fibronectine*). Par le domaine intracellulaire, il y a *interaction indirecte avec les microfilaments d'actine*.

B\ Les jonctions permettant la communication entre les cellules épithéliales.

1 : Coupe ultrafine au niveau d'une jonction ouverte (x220 000).
2 : Jonction ouverte, observée par cryofracture/cryodécapage (x 108 000).
3 : Schéma d'une jonction communicante montrant la présence de connexons permettant échanges moléculaires.



Ces jonctions sont sur les faces latérales ; leur but est de transférer des informations d'une cellule à l'autre. → **L'épithélium est une unité fonctionnelle.**

On peut observer une coupe transversale avec une jonction ouverte qui occupe un espace délimité de la membrane

On peut observer une densité importante de protéines au niveau de la jonction. Ces protéines sont des **connexines** ; elles sont organisées les unes par rapport aux autres **par groupe de 6** et forment un **connexon**. Un connexon est un *cylindre au centre duquel les molécules solubles dans l'eau pourront diffuser d'une cellule à l'autre*. Un canal d'une cellule possède un canal en vis-à-vis dans la cellule voisine. Des petites molécules d'une taille inférieure ou égale à 1200Da (≈ 1 nucléotide) peuvent passer par ce canal. → *Une information apportée à une cellule peut ainsi facilement diffuser aux cellules voisines.*

Cette jonction est dynamique : elle peut s'ouvrir et se fermer. Si la **quantité de Ca augmente, il va y avoir fermeture du connexon**. Si un trauma a lieu dans un épithélium, il va y avoir fermeture des jonctions ouvertes.

→ *L'épithélium fonctionne comme une entité répondant à des variations du milieu extérieur*

On peut observer des épithéliums différents selon des critères fonctionnels :

- Epithélium à cellules endocrines ; facilement identifiable car les cellules sont capables de synthétiser des protéines et de les exporter vers le pôle basal.
- Une cellule exocrine, elle, exportera ces produits de synthèse vers l'apex (milieu extérieur).

- La cellule absorbante : si une cellule *capte des molécules* au niveau de son pôle apicale et les fait transiter vers le pôle basal, c'est une cellule absorbante ; à l'inverse, une cellule excrétrice fera passer les molécules du milieu intérieur vers le milieu extérieur.

Les épithéliums peuvent être classés en fonction de caractères morphologiques. Le premier critère est le **nombre d'assises** composant l'épithélium.

- Une assise cellulaire : **Epithélium simple**. Il faut ensuite regarder la **forme générale des cellules**.
 - Si elles exposent **vers la base la plus grande surface de contact** et ont une faible hauteur : c'est un **épithélium squameux**.
 - Si la **surface de la base est à peu près aussi grande que la hauteur**, c'est un **épithélium cuboïdal**.
 - Si les **cellules sont étroites et hautes**, c'est un **épithélium palissadique**.
- Plusieurs assises cellulaires. Il faut *regarder l'assise supérieure de cellules* (les cellules proches de la lame basale sont souvent cuboïdales).
 - On peut avoir, selon les cellules de surface, un épithélium stratifié squameux, cuboïdal, palissadique.
 - Selon la différenciation des cellules de surface, on parlera d'*épithélium strié* si l'on est en *présence de microvillosités* ou d'*épithélium cilié* si l'on est en *présence de cellules ciliées*.

Au niveau de la **trachée**, on décrit un **épithélium pseudo-stratifié**. En fait, cet épithélium est simple mais les cellules n'atteignent pas toutes le haut de l'épithélium. On observe des **cellules différenciées** (vieilles) et des **cellules indifférenciées** (jeunes) qui pourront remplacer les vieilles cellules.

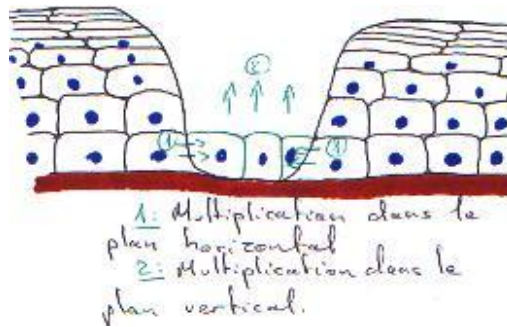


C\ L'épithélium de la peau.

L'**épiderme de la peau** est un **épithélium stratifié squameux**, formé par des **kératinocytes**. Les *cellules en contact avec la lame basale* forment une *assise génératrice* pendant toute la vie de l'individu. Leur **noyau est central**, le cytoplasme bien colorable.

Les *cellules, au dessous, sont reliées entre elles par des desmosomes, avec des filaments de cytokératine*. Quand elles perdent le contact avec la lame basale, elles perdent l'aptitude à se multiplier et vont se différencier. Elles changent de forme et donneront les cellules de surface, mortes, aplaties, qui se détachent.

Les protéines synthétisées pendant la remontée interdisent les échanges et augmentent la protection. Quand il y a une destruction locale, ce sont les cellules de l'assise basale qui permettent la réparation des tissus.

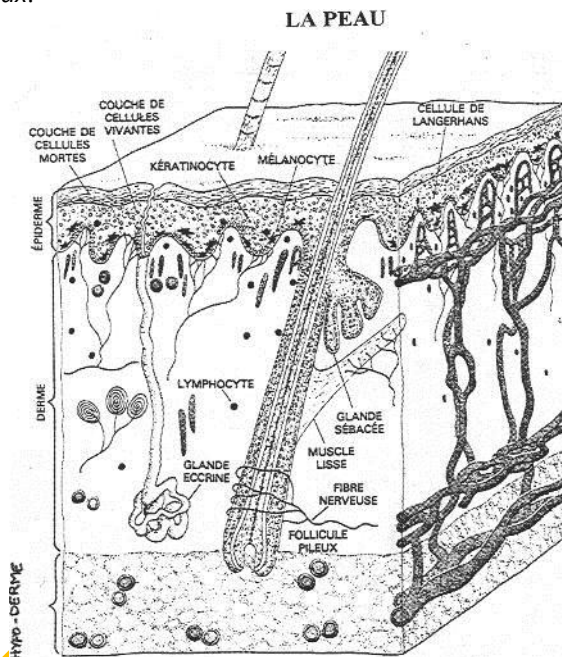


C'est par la lame basale qu'arrivent les **facteurs de croissance** intervenant dans la multiplication cellulaire.

Pour obtenir un tissu équivalent à l'épiderme, il faut cultiver des **kératinocytes** mais aussi des **fibroblastes**. On pourra alors avoir un tissu épithélial stratifié.

1\ Les différenciations de l'épiderme

Les différenciations de l'épiderme vont pénétrer jusque dans le derme. Les poils ou les cheveux sont profondément implantés dans celui-ci ; ils ont une **origine épidermique**. Autour, on va trouver des **cellules épithéliales** formant un tissu stratifié. A la base, on a une **papille de tissu conjonctif** avec des **filets nerveux**.



L'ANATOMIE COMPLEXE DE LA PEAU apparaît sur ce schéma. La surface est recouverte d'une couche cornée formée de kératinocytes morts remplis de kératine, une protéine. Les kératinocytes vivants prédominent dans l'épiderme et prolifèrent à mesure que les cellules mortes sont éliminées de la surface. Les mélanocytes, qui sécrètent des granules responsables de la pigmentation de la peau, se trouvent à la base de l'épiderme. Les cellules dendritiques de Langerhans, qui traitent les antigènes appliqués à la surface de la peau, se trouvent au-dessus de la couche basale de kératinocytes. Le derme est essentiellement constitué d'un réseau de tissu conjonctif et repose sur un tissu sous-cutané adipeux. Les kératinocytes spécialisés des follicules pileux forment les poils. Le derme est très riche en fibres nerveuses, dont certaines innervent les terminaisons sensorielles de la peau, et en vaisseaux sanguins. On trouve des lymphocytes T disséminés dans toute la peau, principalement dans l'épiderme et dans la partie supérieure du derme.

Une glande exocrine, la **glande sébacée** libère des **lipoprotéines**.

Un **muscle lisse** s'insère sur la formation pileuse et la rend mobile (**muscle horripilateur**).

Des glandes, formées d'un **épithélium simple**, pénètrent dans le derme : les **glandes sudoripares**.

Ces structures doivent leur maintien au **tissu conjonctif sous-épithélial**.

2\ Les tissus conjonctifs.

La **peau** est un organe formé de **deux tissus différents**. Le derme comprend un **tissu conjonctif lâche** et un **tissu formé de cellules séparées les unes des autres** au sein d'une matrice extra-cellulaire.

Remarque : il existe d'autres tissus conjonctifs spécialisés dans la fonction de soutien : cartilage, os. Le sang est formé de cellules dans une matrice extra-cellulaire fluide.

3\ Le derme.

α\ Cellules mises en jeu.

Le **derme** est formé de cellules qui sont à l'origine de la matrice extra-cellulaire (fibroblastes, adipocytes, ...).

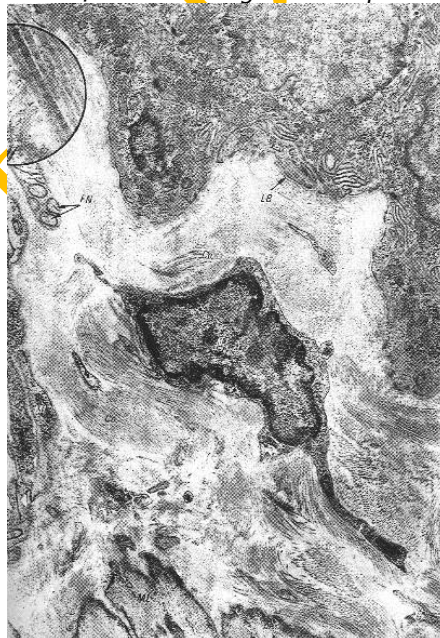
- Les adipocytes forment des *plages* dans la partie profonde du derme (**l'hypoderme**). Par leur **fonction de stockage**, ils interviennent dans **l'homéothermie**.

- Cellules émigrées du sang : **lymphocytes B et T et plasmocytes**. Les **lymphocytes** sont aisément reconnaissables par leur **volume nucléaire important** (*noyau sphérique très colorable*). Les **plasmocytes** sont des cellules actives dans la production d'Ig. Ces cellules présentent d'importantes modifications du cytoplasme. Elles ont un noyau sphérique, le cytoplasme est *beaucoup plus abondant* et contient des profils de **REG** pour la *synthèse de protéines exportables*, le *golgi* est bien développé. C'est dans le golgi que les protéines venant du REG sont modifiées (par **glycosylation**). Il part ensuite du golgi, des *vésicules d'exocytose* qui libèrent les Ig synthétisées à cause de la présence d'Ag.

- Les histiocytes. Ce sont des **macrophages résidant**. Ils ont de **nombreux lysosomes** dans lesquels est assurée la *dégradation de particules étrangères*.

- Les mastocytes. Ils contiennent dans leur cytoplasme de **volumineux grains de sécrétion**. Dans les grains sont accumulés des *molécules de protéoglycanes* (comme **l'histamine**). Leur exocytose est déclenchée par la présence (dans la matrice extra-cellulaire) de cellules étrangères à l'organisme. *L'histamine attire les globules blancs* : c'est une réponse du tissu à un traumatisme. Les mastocytes sont visibles en microscopie photonique si la coloration est adéquate.

- Les fibroblastes. Ils *produisent la majorité des produits de la matrice*. Ils sont souvent de *petite taille, allongés*. Autour de ces cellules, on voit de grandes fibres dans la matrice. Ce sont des *cellules spécialisées dans la synthèse de fibres de collagène et de protéoglycanes*.

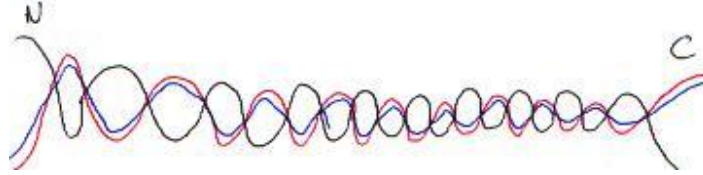


β\ Les transformations des produits de synthèse des fibroblastes.

Les molécules de collagène : *plusieurs sortes de gènes* permettent la synthèse de nombreuses chaînes peptidiques qui sont les éléments de base des molécules de collagène mature.

Une molécule de collagène est une **chaîne peptidique de grande taille** (300nm de long). Cette chaîne a une séquence particulière : **un acide aminé sur trois est une molécule de glycol**. Les autres acides aminés sont *essentiellement des lysines et des prolines*. On n'y trouve **pas de**

tryptophane. Chaque molécule correspond à l'**assemblage de trois chaînes peptidiques**. On a une *région en cordage dans la partie centrale* ; les extrémités (N ou C) restent libres les unes les autres.

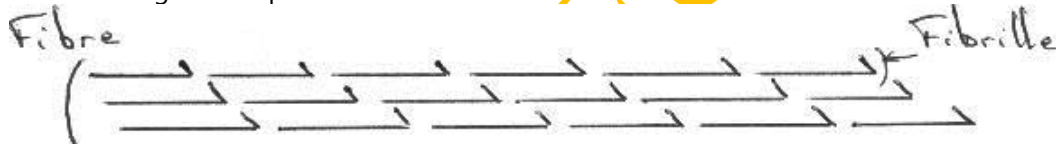


Les transformations. La **glycosylation** a lieu **sur les molécules d'asparagine** (avec une greffe de chaîne osidique) et dans les parties terminales, aussi bien en N qu'en C. → Les *glycosylations permettent le maintien de l'écartement des chaînes*. L'*hydroxylation* va porter sur les acides aminés. La *lysine est transformée en hydroxylysine* et la *proline en hydroxyproline*. Il y a donc des modifications importantes de la structure des chaînes de collagène. Les maladies de la peau sont généralement dues à des modifications des enzymes qui participent à ces réactions).

Ces molécules, une première fois transformées, vont dans le golgi où elles seront encore modifiées. Il va y avoir une *évolution des motifs N-liés et des glycosylations nouvelles* sur les groupements hydroxyles (→ chaînes O-liées). Ces dernières modifications sont importantes pour la stabilité ultérieure.

Ces molécules peuvent alors être dirigées vers la membrane plasmique. Leur sécrétion se fait de manière continue, sans stockage intra-cellulaire : c'est une **sécrétion constitutive**. Au moment de l'exocytose, il y a une *dernière modification moléculaire* : il y a un **clivage des extrémités N et C terminales** → la molécule mature est uniquement composée de la région centrale du précurseur.

A l'extérieur, ces molécules s'assemblent et forment de grandes fibres visibles à la périphérie des cellules. L'assemblage se fait par formation d'un **filament de fibrilles élémentaires**.



Les striations parallèles sont claires et régulières.

Des **liens intermoléculaires covalents** renforcent ces assemblages et les fibres ainsi formées ont une *solidité exceptionnelle à la traction* comme les tendons (pour l'insertion des muscles). Ces *tendons sont formés presque exclusivement de collagène*. La résistance est due à la composition chimique et à l'assemblage.

Les molécules de collagène forment un **réseau tridimensionnel** à l'extérieur des cellules. Ce réseau permet à d'autres molécules (comme les protéoglycanes) de se stabiliser.

Les cellules libres peuvent même se frayer un passage à travers le réseau.

Le collagène formant ces fibres est appelé « **collagène de type I** ». Il est caractéristique des **tissus conjonctifs lâches**.

D'autres collagènes existent dans les tissus de soutien : la matrice extra-cellulaire est spécialisée à l'interface entre un tissu épithélial et un tissu conjonctif.

La **lame basale**, les **tissus épithéliaux**, le **tissu conjonctif**, les **capillaires sanguins** contiennent du **collagène de type IV**. Il a la particularité de **ne pas subir de clivage** des extrémités N et C au moment de l'exportation. De plus, il s'organise de manière à *former des réseaux alvéolaires*.

Ces réseaux se superposent les uns les autres et ils donnent une surface où les cavités ne sont pas obstruées : l'ensemble est un *support pour les cellules* qui y sont au contact.

Les *cellules épithéliales* établissent des *interactions* médiées par les *intégrines* et les *fibres de fibronectine* placées au niveau du collagène de type IV :

- il y a **ancrage des cellules épithéliales**.
- Il y a **filtration des toutes les molécules** dont la taille est inférieure à celle du réseau.

Dans cette lame, on trouve aussi des **facteurs de croissance** qui permettent la prolifération des cellules épithéliales. Il y a aussi des **facteurs de différenciation cellulaire**. Par exemple, l'épithélium intestinal est formé de cellules peu différenciées qui, au moment de leur formation et de leur migration, se différencient grâce aux facteurs rencontrés.

Les protéoglycanes sont aussi synthétisés par les fibroblastes. Ce sont des *molécules formées d'un composant protéique sur lequel sont greffés (sur les résidus sérine) des chaînes en nombre et taille variable*. Une chaîne est formée de **glucose amino-glycane** (ou **GAG**). Chaque chaîne a une longueur variable mais souvent élevée.

Les disaccharides répétés de ces chaînes sont composés d'un **sucre aminé (glucose aminé)** et d'un **sucre acide**. Ces disaccharides peuvent être répétés de nombreuses fois (10 à 150 résidus). Ces chaînes sont libres ou greffées sur des protéines. Quand elles sont greffées sur des protéines, on a des protéoglycanes.

Les **GAG sont chargés** (hydrophiles) et permettent de *retenir l'eau* et les substances dissoutes au sein des matrices qu'elles structurent.

Il existe des formes protéiques ou glycoprotéiques à distribution variable :

L'élastine : elle est dans la matrice extra-cellulaire sous-épithéliale des vaisseaux sanguins. Comme elle **est hydrophobe**, elle se replie sur elle-même. L'élastine va établir, avec les molécules du même type, des liaisons covalentes. L'assemblage se comporte, lors de l'étirement, comme un élastique. Quand l'élastine est en quantité importante, on a une bonne élasticité des parois.

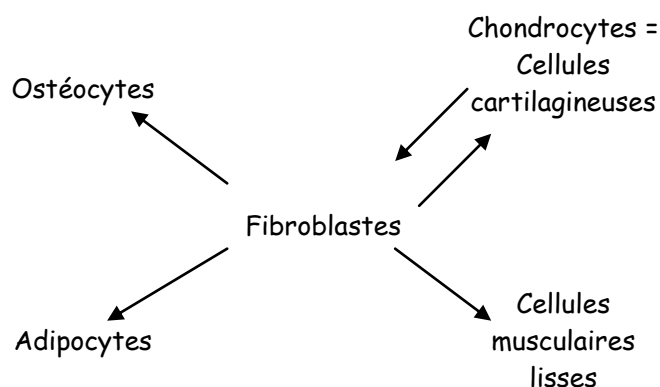
La fibronectine : elle est formée de glycoprotéines de grande taille. Au niveau des lames basales, elle **permet l'adhérence des cellules épithéliales**. Elle se trouve aussi dans la matrice extra-cellulaire où elle joue un **rôle important dans l'embryogenèse** : les cellules en migration circulent selon les réseaux de fibronectine.

Les capillaires sanguins sont particulièrement abondants près de l'épiderme. Ils peuvent, en fonction des variations de leur calibre, participer à l'homéothermie. La vasoconstriction (pâleur de la peau) permet la diminution des pertes caloriques.

Les filets nerveux peuvent arriver jusque dans la région proche de l'épiderme où se différencient des structures sensorielles (**bourgeons du tact**).

→ La peau est un organe composé de deux tissus (derme et épiderme) qui sont irrigués, innervés et qui participent à la sensibilité et à l'homéothermie.

II\ Les Tissus Conjonctifs de soutien.



Famille des cellules du tissu conjonctif.

L'**inter-conversion** et la **différenciation** de ces cellules est réalisée par les hormones, les facteurs de croissance...

A\ Le cartilage.

Les **chondrocytes** sont des cellules productrices de collagène et de protéoglycane. Elles sont relativement sphériques. Leur taille est proche de celle d'une bactérie. Leur cytoplasme est riche en réticulum endoplasmique rugueux (pour la synthèse de protéines exportables) et le golgi est bien différencié (sert à la maturation des protéines).

Autour de ces cellules, on trouve une matrice extra-cellulaire avec de nombreuses fibrilles de petit calibre et courtes de longueur (**collagène de type II**).

Dans le réseau formé, se trouvent des protéoglycanes abondants et de grande taille. Ils sont caractéristiques des matrices extra-cellulaires de chondrocytes.

1\ Constitution du cartilage.

Les gros assemblages de cartilage sont formés par la liaison sur l'acide hyaluronique (GAG), sur les placements de nombreuses molécules de protéoglycane (avec partie protéique et chaîne de glucose amino-glycane).

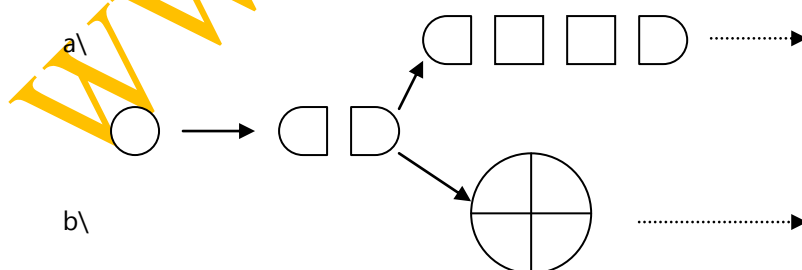
2\ Nutrition du cartilage.

La structure du cartilage est importante dans sa physiologie car c'est le **seul tissu vivant qui est sans capillaire sanguin**. Il est pourtant constitué de cellules vivantes. Les cellules reçoivent les nutriments depuis les capillaires situés à l'extérieur du cartilage, via, les super-assemblages de protéoglycane.

Lors de la compaction du cartilage, l'eau et les substances dissoutes des assemblages, sont chassées vers le liquide articulaire et vers les vaisseaux sanguins. A la décompression, des fluides riches en nutriments pénètrent et sont mis à disposition des cellules pour leur nutrition. **La vie de ce tissu dépend de ces mouvements mécaniques.**

3\ Constitution du cartilage.

Les cellules cartilagineuses se divisent et selon la disposition de ces divisions, on obtiendra deux types de tissus.



En a, les divisions amènent à des **pires de cellules**. C'est un **groupe isogénique axial**. On trouve ces divisions dans les **zones d'élongation des os**.

En b, on voit le cas des divisions dans la **tête des os** et dans la **périphérie des vertèbres**. L'origine est **isogénique coronaire**.

Remarque : c'est à partir de cartilage isogénique axial que se fait l'**ossification endochondrale**.

B\ L'os.

L'os est formé de cellules disposées dans une matrice extra-cellulaire : ce sont les **ostéocytes**. La matrice est appelée « **osséine** » ; elle est faite de **collagène de type I**. Elle contient des protéoglycanes et surtout, **sert de support aux dépôts minéraux** qui donnent la solidité de cette matrice.

Les ostéocytes ont des caractéristiques très proches de celles de chondrocytes : **beaucoup de réticulum endoplasmique rugueux**, un **golgi bien visible** → ce sont des *cellules sécrétrices de protéines*. A la périphérie, on trouve des *fibres de grosse taille* (collagène de type I). *Quand on s'éloigne, la matrice devient minéralisée*. Les cellules bénéficient d'un *apport de nutriments en émettant des prolongements cytoplasmiques* qui se dirigent vers les capillaires sanguins.

Autour des capillaires on voit une couronne de cellules qui envoient des prolongements. Les *cellules lointaines envoient des prolongements sur les cellules précédentes* (avec des **jonctions ouvertes**). → On a une *organisation en rangées concentriques* de cellules.

La coupe d'un os décalcifié montre une organisation avec plusieurs rangées de cellules (en cercle) qui est caractéristique des os longs : **les systèmes de Havers**.

L'os est un tissu vivant capable de se remodeler, de se refaire : **c'est un tissu dynamique**. On peut voir en coupe des systèmes fonctionnels et d'anciens systèmes non fonctionnels. Ce **remodelage est possible grâce à l'intervention dans les os, d'une catégorie cellulaire particulière : les ostéoclastes**. Ces cellules sont des **cellules géantes, plurinucléées** et qui présentent une **polarité fonctionnelle**. Ces cellules ont, à l'un des pôles, une grande surface de membrane formée de microvillosités. La face opposée est lisse. Malgré cette constitution, c'est une **cellule libre**.

Au pôle avant, il y a sécrétion d'hydrolases qui dégradent les protéines de la matrice osseuse, *ce qui crée un passage pour l'entrée d'un capillaire*. → On va avoir un **nouveau système** qui se développe à partir d'un système déjà formé. *Cette capacité permet l'augmentation du diamètre de l'os et la soudure des fractures*.

L'ossification endochondrale :

L'ébauche cartilagineuse n'est pas vascularisée. Il suffit qu'un capillaire sanguin pénètre, pour que se crée une zone d'ossification. Les **ostéoclastes broutent le cartilage comme l'os**. On va obtenir une région ossifiée de plus en plus grande, jusqu'à atteindre le plein diamètre.

La croissance en hauteur est possible grâce aux ostéoclastes qui dégradent une colonne de chondrocytes pour permettre l'entrée d'un nouveau capillaire.

III\ Le tissu musculaire, rapide rappel.

	Muscle lisse	Muscle squelettique	Muscle cardiaque
Noyau	1, central	Plusieurs, périphériques	1, central
Myofilaments	Non	+ + +	+ + +
Taille cellulaire	Petite (10 à 20µm)	Grande	Petite
Jonctions intercellulaires	Jonctions ouvertes + GAP	NC	+ + + * Jonctions qui donnent les stries scalariformes, formées de plusieurs composants * Jonctions avec les cellules de surface * Jonctions ouvertes dans la ligne des cellules