

Chapitre IV :

Différents biomatériaux

1- Classification des biomatériaux en fonction de l'interface formé avec les tissus

L'utilisation des biomatériaux ayant des propriétés spécifiques pour des applications médicales a été bien reconnue dans les années 70.

Au début, les recherches étaient concentrées sur les matériaux :

- suscitant une faible réaction avec les tissus hôtes,
- pouvant supporter des fortes charges.

Ces biomatériaux (appelés **matériaux bioinertes**) ont généré une révolution dans l'industrie céramique.

Aujourd'hui les biomatériaux sont largement utilisés pour la réparation de tissus et des organes défectueux surtout avec le progrès de la biologie cellulaire et l'ingénierie tissulaire.

Ces biomatériaux ont été classés en se basant sur le type de réaction entre le biomatériau et le tissu vivant:

Tableau 1: classification de biomatériaux

Type de biomatériau	Réaction de l'organisme	Matériau
Biotoxique	le rejet de tissu vivant à la proximité du matériau suite à un procédé chimique, galvanique ou autre procédé.	Alliages contenant le cadmium, vanadium et autres éléments toxiques. Les aciers, les carbures et le méthylméthacrylate.
Bioinerte	Le matériau est lié au tissu vivant par une capsule fibreuse d'épaisseur variante.	Tantale, titane, alumine et les oxydes de zirconium.
Bioactif	Formation d'un lien biochimique direct avec la surface du matériau accompagné d'une croissance libre.	Hydroxyapatite dense, phosphate tricalcique et certains bioverres.
Biorésorbable	Dissolution graduelle du matériau par le biosystème de l'organisme et son remplacement sans toxicité ou rejection.	Phosphate tricalcique, hydroxyapatite poreuse, sels de phosphate calcique, certain bioverres, polyuréthane.

Les biomatériaux peuvent être biotoxiques, bioinertes, bioactifs ou biorésorbables à de degrés variables.

En plus, la réaction du matériau avec le tissu vivant dépend de l'état physiologique de l'organisme.

Dans certains cas, des éclats d'acier peuvent être encapsulés dans une couche de tissu fibreux et conservés dans un corps humain pendant des dizaines d'années (comme un matériau bioinerte), tandis que dans un autre organisme dans une situation similaire; une toxicité peut se produire en conduisant à la mort .

2- Différents biomatériaux

Les biomatériaux regroupent des matériaux d'origine métallique, polymérique , céramique et naturelle.

Chacun a ses avantages et ses inconvénients et leur choix dépend de leur application et l'environnement biologique dans lequel il sera implanté.

On analyse leurs propriétés mécaniques et physico-chimiques en interface avec la biologie et la médecine.

La notion de **biocompatibilité** est essentielle dans le domaine des biomatériaux.

Classiquement, **biocompatibilité**: l'absence de réaction inflammatoire ou de toxicité.

Récemment, **biocompatibilité élargie**: la capacité d'un matériau à être utilisé avec une réponse de l'hôte appropriée dans une application spécifique".

on souhaite que le matériau ne soit pas nécessairement le plus inerte possible, mais au contraire fasse réagir le tissu vivant.

Par ex, les sutures résorbables dans lesquelles la réaction inflammatoire participe à la résorption ou les matériaux ostéoconducteurs qui facilitent la croissance osseuse.

1- Les métaux et alliages métalliques

C'est les "ancêtres" des biomatériaux, ce sont les 1^{ers} à avoir été utilisés pour faire des implants.

Le plus important est l'acier inoxydable, largement utilisé en chirurgie orthopédique (hanche, genoux,...). L'intérêt de l'acier inoxydable dans ce domaine réside dans ses propriétés mécaniques.

Aussi le titane, utilisé principalement en chirurgie orthopédique et pour réaliser des implants dentaires. On le trouve également dans les stimulateurs cardiaques et les pompes implantables.

L'un des avantages principaux du titane est sa bonne biocompatibilité : l'os adhère spontanément au titane.

On a aussi, les alliages à mémoire de forme sont une variante intéressante de cette catégorie. On utilise également des alliages Co, Cr, Mo, du Ta, etc.

II.2 Les céramiques

Ce sont de matériaux non métalliques et non organiques, elles se caractérisent par une température de fusion élevée et un comportement fragile, qui déterminent leurs domaines d'application.

Elles peuvent être cristallisées et/ou amorphes. On distingue la céramique traditionnelle et la céramique technique.

Les objets en céramique sont réalisés par solidification à haute température d'une pâte humide plastique (verres minéraux), ou frittage d'une poudre sèche préalablement comprimée.

Elles incluent des oxydes, des sulfures, des borures, des nitrures, des carbures, des composés intermétalliques, ...

Ex: Al_2O_3 et ZrO_2 utilisées dans les têtes de prothèses de hanche, ainsi qu'en odontologie pour les implants dentaires.

Il faut signaler tout particulièrement les utilisations et les développements de deux céramiques à base de phosphate de calcium : l'hydroxyapatite (HA) et le phosphate tricalcique β (TCP).

Les HA peuvent être différenciées en fonction de leur origine **synthétique ou biologique**.

Les HA **biologiques** sont obtenues à partir de **l'os des bovidés** ou à partir du **corail**.

La **solubilité** des céramiques CaP est inversement proportionnelle au **rapport Ca/P**. À porosité égale, **le β -TCP** (Ca/P = 1,5) **est plus rapidement biodégradé** que **l'HA** (Ca/P = 1,67).

En effet, ces matériaux présentent l'**avantage** d'être **ostéoconducteurs**, c'est-à-dire de **favoriser la repousse osseuse** au contact et la colonisation par l'os .

En outre, l'HA poreuse et les céramiques à base de TCP sont **biorésorbables**.

Le principal problème avec l'HA est d'arriver à synthétiser une HA ayant juste la bonne taille de pores pour que la colonisation se fasse bien.

Les **pores** des os sont parfaitement **interconnectés** pour permettre **la vascularisation et le flux de nutriments organiques et inorganiques**.

La taille des pores est de telle sorte que les ostéoblastes et les ostéoclastes, ainsi que les cellules présentes dans le sang humain, peuvent facilement se lier à ces pores et se déplacer aisément.

La taille des pores doit être suffisante pour recueillir le développement des tissus organiques et inorganiques ainsi que la croissance de l'os.

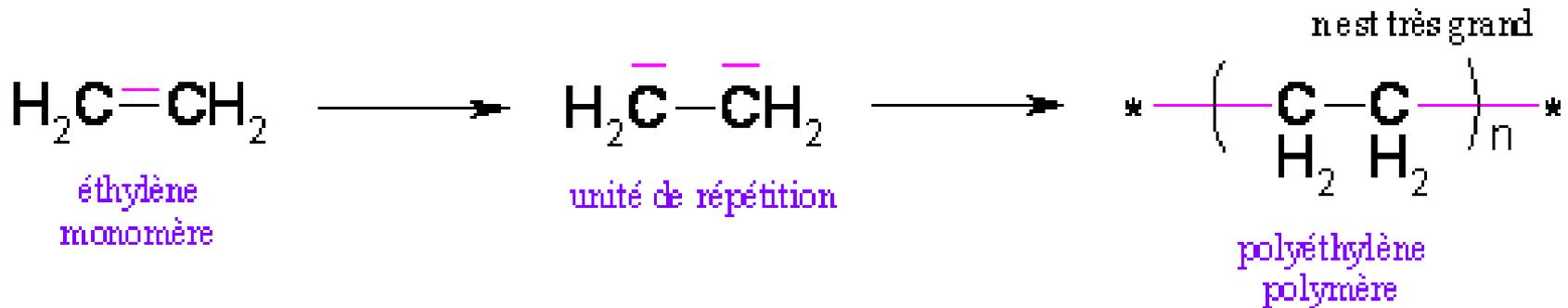
La taille de pore de 100 μm est nécessaire pour une bonne fonction d'un implant; alors que l'ostéoconduction exige une taille de pore plus que 200 μm .

Cependant, la présence des pores et surtout les macropores (100 à 600 μm) dans les implants affaiblie leurs propriétés mécaniques ce qui limite leurs utilisations dans des zones où les contraintes appliquées sont importantes.

On peut ajouter à cette catégorie de matériaux les verres au phosphate, ou bioverres de Hench, qui assurent un accrochage de type quasichimique avec le tissu osseux.

3- Les polymères

Un polymère est une macromolécule formée de **l'enchaînement covalent** d'un très grand nombre d'unités de répétition qui dérivent d'un ou de plusieurs **monomères** (appelés motifs).



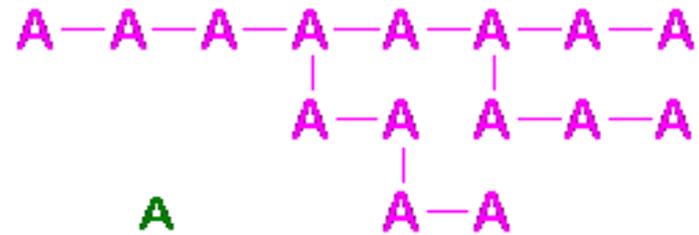
Il existe deux types de polymères :

- **Les homopolymères** : se sont des polymères qui ne possèdent qu'une seule unité. Parmi les homopolymères, on peut citer le polyéthylène.

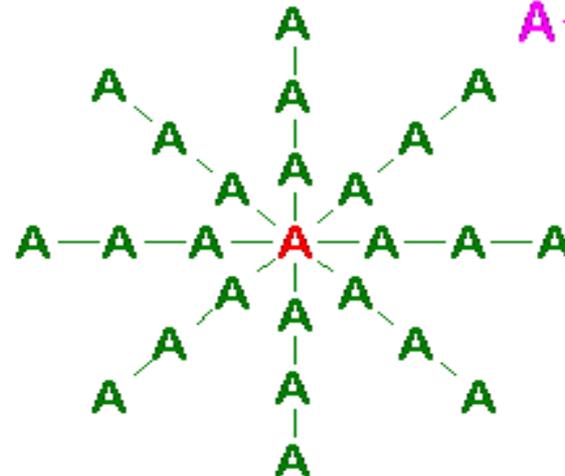
- linéaires



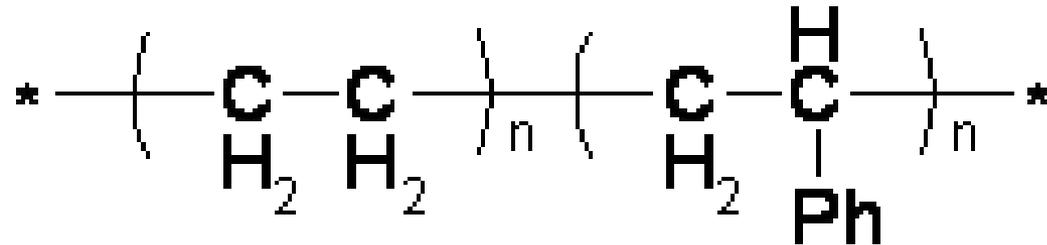
- branchés



- étoilés.



- **Les copolymères** : se sont des polymères qui possèdent plusieurs unités.



copolyéthylène-styrène

4- Les matériaux d'origine naturelle

Le souci de biocompatibilité des implants a orienté les chercheurs vers des matériaux logiquement biocompatibles puisque d'origine naturelle.

Outre les tissus biologiques retraités (ex : valves porcines), on trouve aussi : les greffes en général (autogreffes, allogreffes, hétérogreffes) ; le corail et le collagène.

A- Greffes

A.1- Autogreffe

C'est une greffe où donneur et receveur sont la même personne.

Le taux de réussite de ce type de greffe est maximal, étant donné que le complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) du donneur et du receveur est le même.

Aucune réaction immunitaire n'est déclenchée. Cependant, l'autogreffe implique la réalisation d'un second site opératoire et certains patients disposent d'un capital osseux insuffisant pour ce type de greffe.

A.2- Allogreffe

C'est une greffe où donneur et receveur font partie de la même espèce biologique mais, étant deux individus distincts, donneur et receveur possèdent des CMH différents.

Dans ces cas, la greffe s'accompagne d'un traitement immunosuppresseur visant à prévenir le rejet de la greffe.

Plus les CMH sont ressemblants, plus la greffe a des chances de réussite.

Ces greffes sont régies par les lois bioéthiques de 1994 et impliquent le respect du corps humain (consentement et anonymat du donneur).

A.3- Xénogreffe

C'est une greffe où le donneur est d'une espèce biologique différente de celle du receveur.

Le greffon subit préalablement une série de traitements afin d'éliminer toute trace d'agent infectieux.

Ces greffes présentent des risques de transmission d'agents infectieux (virus, prions) et elles sont disponibles en quantité limitée.

B- Corail

Il peut être utilisé en chirurgie orthopédique et/ou maxillo-faciale, grâce à la possibilité de recolonisation de ce matériau par les cellules osseuses.

Ce dernier est caractérisé par une porosité multidirectionnelle, interconnectée, proche de 50% et avec des tailles de pores comprises entre 150 et 250 μm .

Ses caractéristiques mécaniques sont proches de celles de l'os spongieux.

Il se compose majoritairement de cristaux de carbonate de calcium en phase aragonite.

Lors d'études *in vivo*, la biodégradation du corail a été démontrée par une vascularisation rapide de l'implant, suivie d'une phase de résorption de ce dernier au profit du tissu osseux. Cependant sa cinétique de résorption dépend du site d'implantation et du type de corail utilisé.

C- Collagène

Il est d'origine animale ou humaine.

Les applications du collagène sont très nombreuses :

- chirurgie esthétique,**
- pansements et éponges hémostatiques,**
- implants oculaires et pansements ophtalmologiques,**
- reconstitution de tissus mous et durs à l'aide de mélanges collagène-facteurs de croissance-HA,**
- peau artificielle (derme).**

Remarque

On note que HA d'origine naturelle c'est de l'os (généralement bovine) débarrassés de leur moelle osseuse. Selon les différents traitements subits, on peut la classer en fonction de la conservation ou non de la matrice protéinique, en particulier du collagène de type I. Seuls les produits conservant en partie la matrice protéinique ou le collagène de type I sont considérés comme des substituts osseux d'origine animale. Les autres sont assimilés à de l'HA.