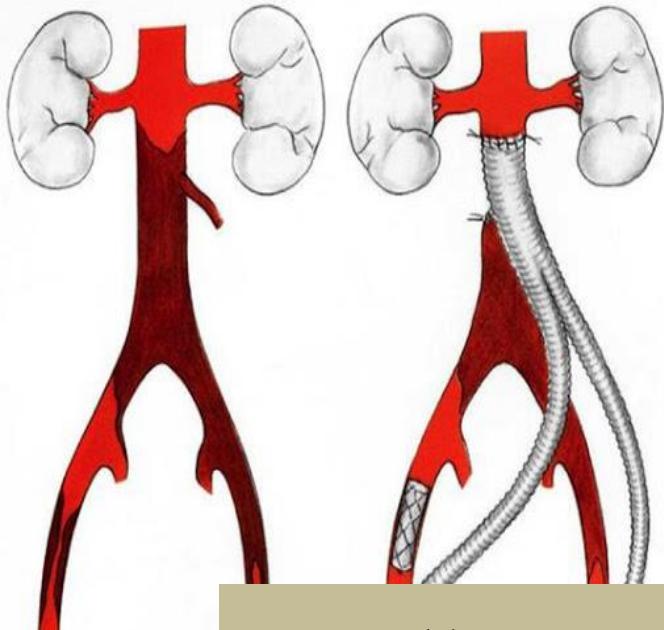
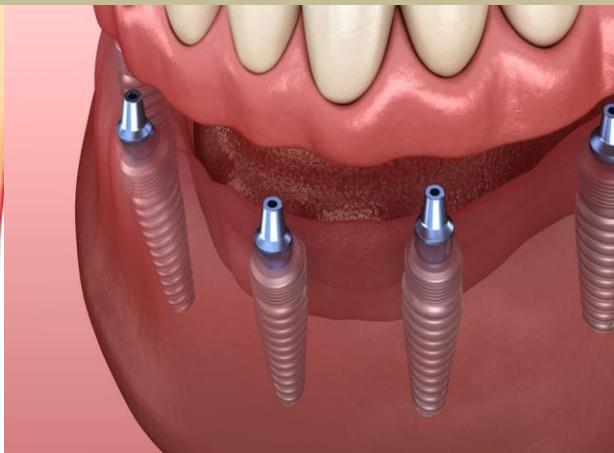
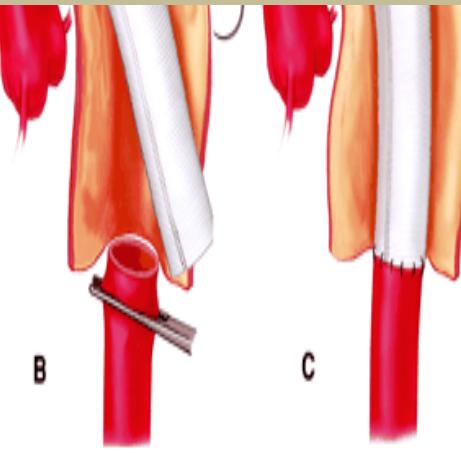


Recherche et Développement en Biotechnologie

Cours 3 : Biomatériaux



Les prothèses ont pour définition : « Pièce ou appareil destinés à remplacer totalement ou partiellement un organe ou un membre, ou à rétablir une fonction ». C'est ainsi que l'on parle de prothèses vasculaires, de prothèses articulaires etc.

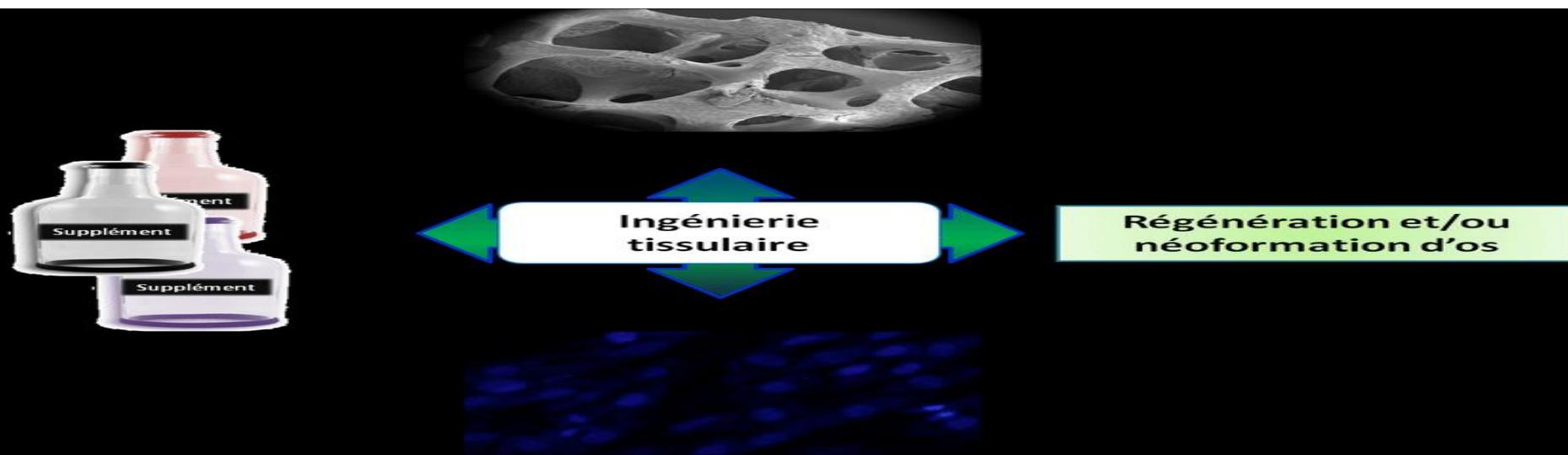


Elles étaient initialement constituées de matériaux créés à partir de produits naturels puis à partir de produits transformés par l'Homme (bronze, acier). Les matériaux ont ensuite évolué, composés de différents types d'alliages métalliques, céramiques et de polymères résorbables ou non.

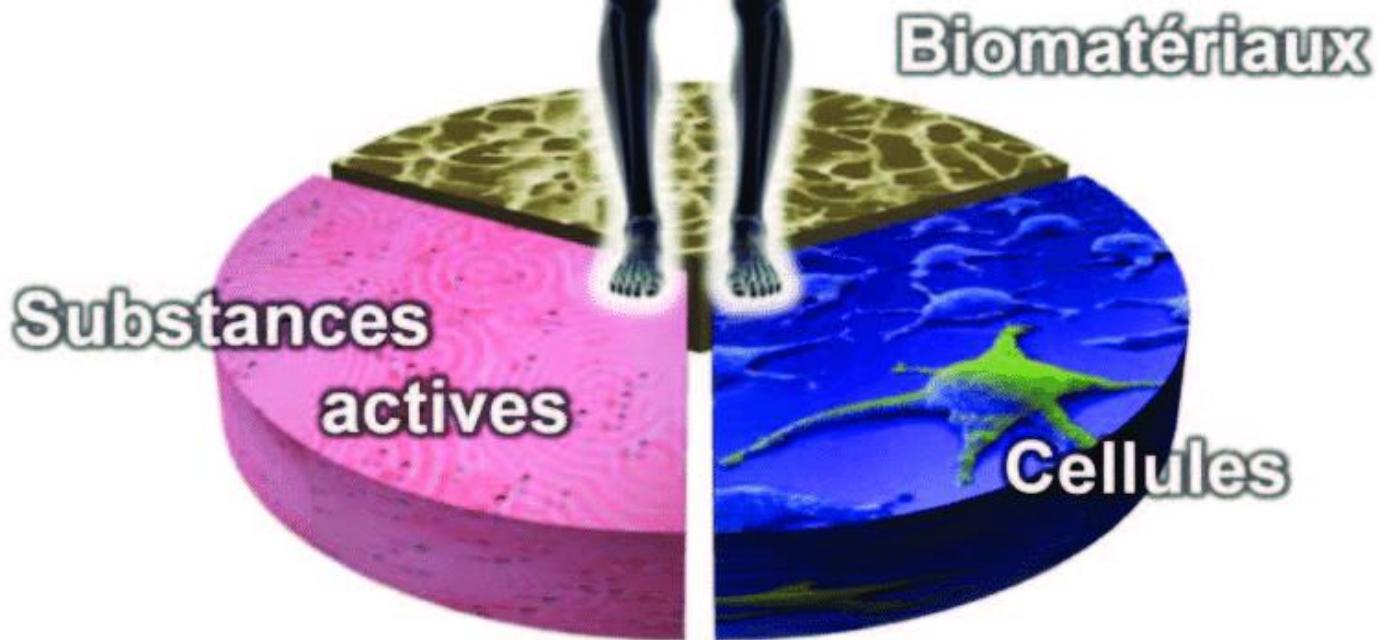


L'Ingénierie Tissulaire

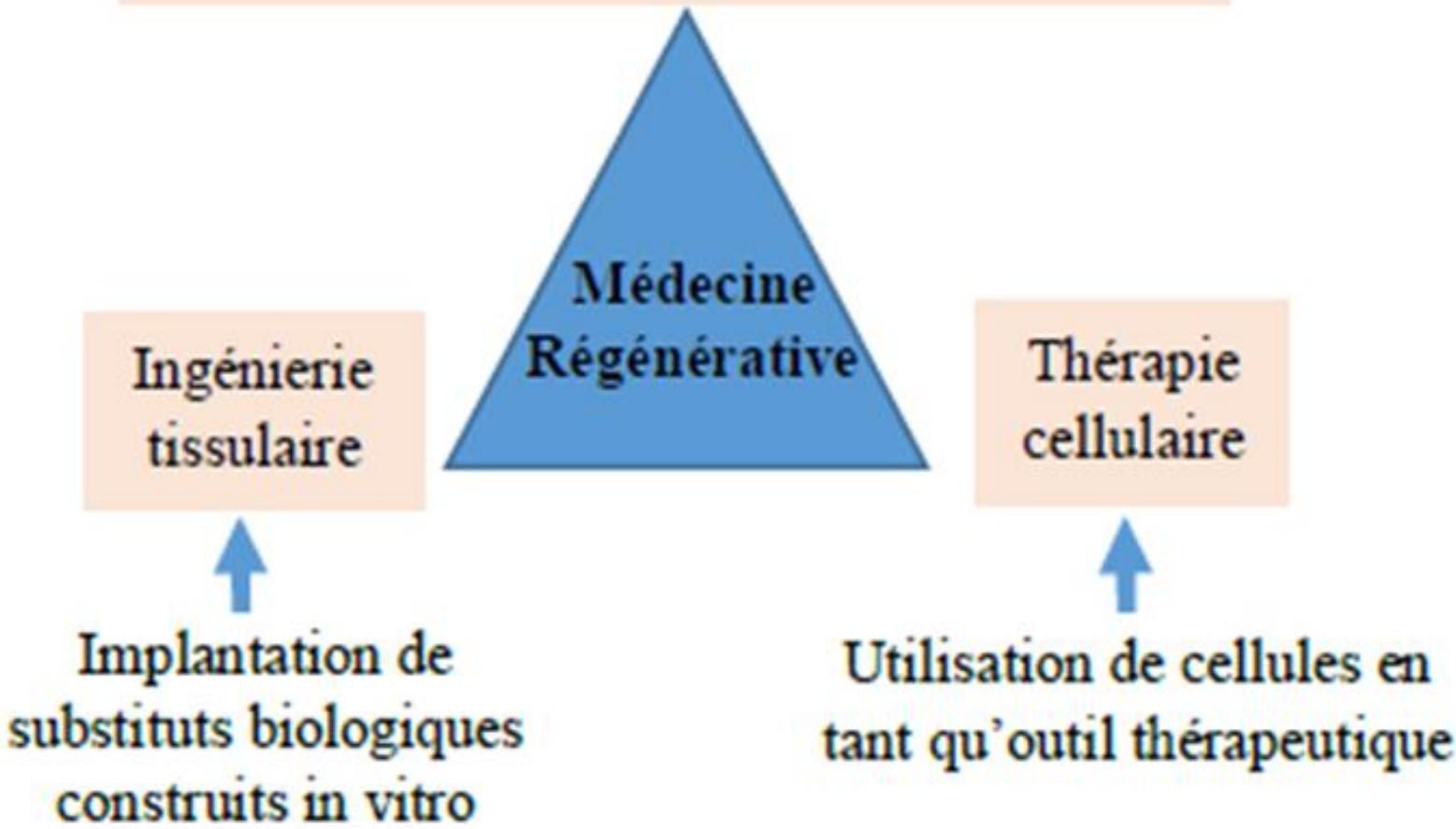
L'ingénierie tissulaire, au carrefour des sciences du vivant et des sciences de l'ingénieur, a pour but de remplacer, maintenir ou améliorer la fonction de tissus humains, grâce à des substituts tissulaires incluant des éléments vivants. Il s'agit donc d'élaborer des tissus artificiels, en utilisant (isolément ou en association) des cellules, des matrices et des facteurs bioactifs. Leur association est un biomatériau hybride qui réunit des composés biologiques (cellules, facteurs de croissance, ou protéines d'adhésion) et des matériaux (polymères, céramiques).



La reconstitution des organes endommagés et le remplacement des cellules déficientes restent le but principal des soin de santé.

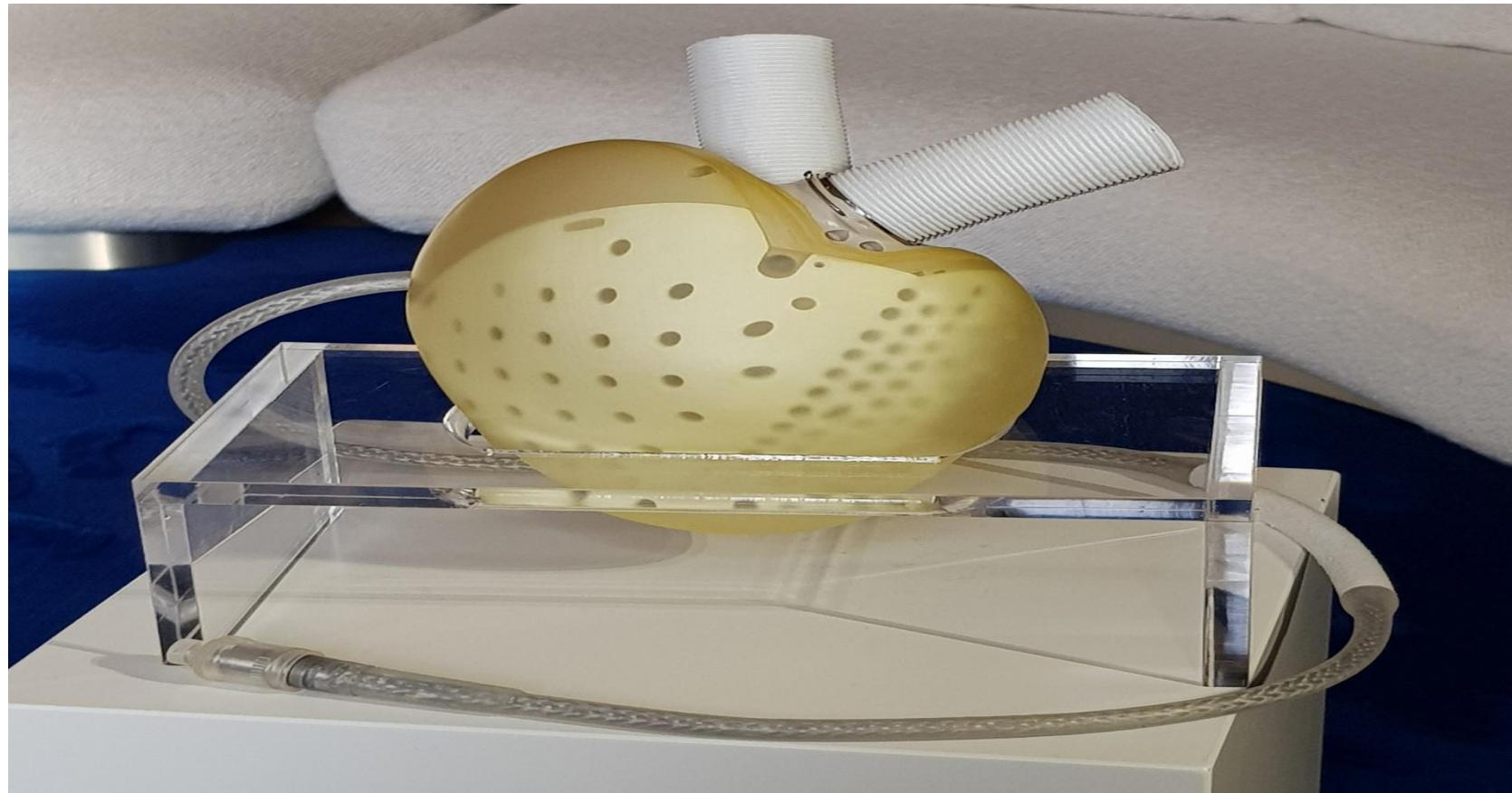


Ingénierie tissulaire + Thérapie cellulaire



Plusieurs cas sanitaires profitent de ce type de médecine comme les cas de destruction des cellules, tissu ou organe, des maladies dégénératives (maladie de Parkinson) et de nombreuses pathologies humaines (vasculaire, cardiaque, osseuse ...).

Développer des tissus de remplacement peut répondre au besoin croissant de patients porteurs de brûlures, de plaies diabétiques, ou autres plaies chroniques, de lésions du cartilage, des os et à tous les patients ayant subi une amputation chirurgicale, comme par exemple les femmes atteintes d'un cancer du sein.



Exemples de sites d'implantation de biomatériaux

Défaut osseux au niveau de l'os pariétal

Implantation sous-cutanée



Implantation musculaire

Défaut osseux en condyle fémoral



Développement des biomatériaux

Les besoins croissants en organes de remplacement sont justifiés par l'inéluctable outrage du temps sur le corps humain ainsi que les nombreuses maladies liées au passage des années.

Cependant, les transplantations classiques d'organes sont accompagnées de différents inconvénients :

La pénurie du nombre de greffons au premier rang,

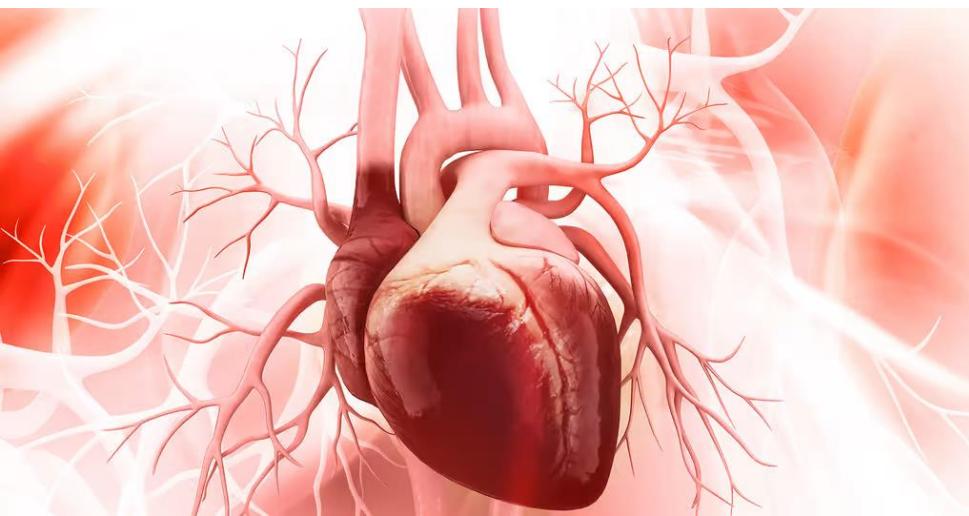
Le risque significatif de transmission d'agents pathogènes

L'obligation du suivi d'un traitement immunosupresseur.

Exemple :

Une agence de la biomédecine a mis en place avec l'ensemble des équipes de transplantation de nouvelles modalités d'attribution des greffons cardiaques.

La répartition des greffons se faisait selon deux principes. Le principe de l'urgence avec une attribution prioritaire des greffons pour les patients en situation d'urgence vitale (pour lesquelles une demande de priorité nationale était demandée), et le principe de l'éloignement entre le centre de prélèvement et de greffe avec une attribution des greffons aux équipes les plus proches du lieu de prélèvement (attribution locale, puis régionale et enfin nationale).



Il existait trois priorités nationales d'attribution des greffons (Super urgence 1, 2, 3) qui avaient été mises en place.

Elles avaient pour objectif de diminuer le nombre de décès de patients sur liste d'attente et le nombre de sorties de liste pour aggravation.

La principale priorité, qui était demandée, était la super urgence 1. Elle était accordée sur des critères de prise en charge du patient : hospitalisation ou réanimation et nécessité du recours à la perfusion d'inotropes ou d'une assistance circulatoire de courte durée. La super urgence 2 correspondait à une infection ou à une dysfonction d'assistance de longue durée et la super urgence 3 correspondait à un patient ayant un cœur artificiel total stabilisé.

Pour ces raisons, les scientifiques et les médecins ont depuis longtemps cherché des solutions alternatives à la transplantation d'organes humains. Il est peu de ces alternatives qui ne fassent appel à des biomatériaux, on peut citer : le traitement chirurgical des maladies dégénératives, cardiovasculaires, urologiques, ophtalmologiques, les traumatismes...



BIOMATERIALS

Propriétés des biomatériaux

Plusieurs études précliniques et cliniques ont testé diverses matrices (biomatériaux) *in vitro* et *in vivo*. La nature et la forme des biomatériaux permettent leur classification en synthétique ou naturelle (selon leur nature, protéique ou polysaccharidique) ou liquide visqueux, massique, poreuse, hydrogel et mousse (selon leur forme). En Ingénierie Tissulaire, des différents types de biomatériaux sont utilisés selon le domaine d'application.



Idéalement, les biomatériaux doivent satisfaire plusieurs propriétés avant toute évaluation clinique :

- La biocompatibilité

Aujourd’hui, les biomatériaux sont évoqués lors qu’il existe des interactions entre le matériau et les tissus ou les fluides vivants. Par exemple, les interactions qui s’établissent entre la cornée et les lentilles de contact ou entre le sang et l’hémodialyse. L’interaction biomatériaux/tissu biologique passe par la propriété de biocompatibilité du matériau.

La biocompatibilité correspond à l’absence de réaction inflammatoire et/ou de toxicité d’un substitut vis à vis du tissu avec lequel il interagit. Cependant, les biomatériaux résorbables ont évolué et ont acquis de nouvelles capacités ; ils ne sont plus seulement inertes mais aussi bioactifs afin de faire réagir l’hôte.

- La bioactivité qui lui permet de libérer de morphogènes ou de facteurs de croissance.
- La biodégradabilité pour s'intégrer dans les processus physiologiques de remodelage tissulaire.
- La prévention des réactions inflammatoires et immunologiques qui peuvent être suite à son implantation, en vue de préserver le tissu receveur.
- L'assurance d'un environnement tridimensionnel favorable à l'adhésion, la prolifération et la différenciation cellulaire

- La présence d'une certaine porosité pour permettre la migration des cellules et la diffusion des nutriments et des molécules.
- La capacité d'adhérer aux tissus, la résistance et la conservation de son intégrité mécanique pour éviter son écoulement ou sa fuite après implantation.
- Le pouvoir d'être stérilisé (sans affecter ses propriétés fonctionnelles) afin d'éviter les contaminations par des agents pathogènes.

Les principales classes de biomatériaux

Différents types de supports bi ou tridimensionnels sont utilisées en ingénierie tissulaire selon l'objectif de l'étude. Ces matériaux peuvent être des composants synthétiques, artificiels, naturels ou composites.

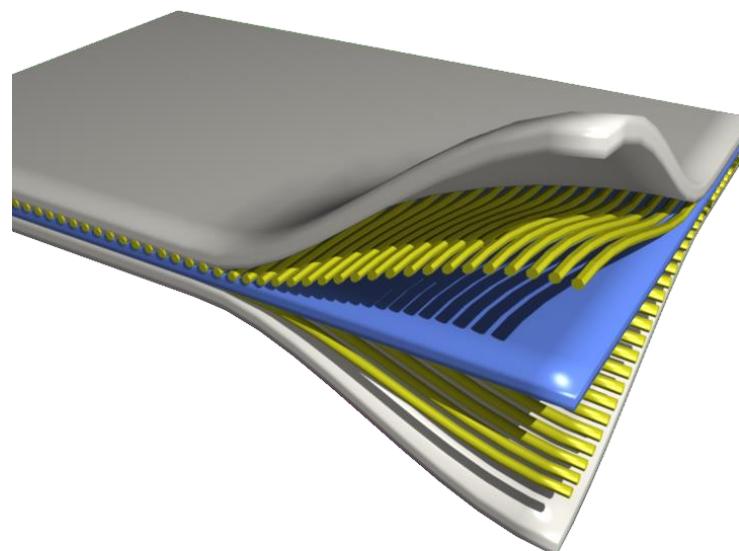
En suivant, sera présenté les principales classes de biomatériaux :

- ✓ Les métaux et alliages métalliques
- ✓ Les céramiques
- ✓ Les polymères synthétiques
- ✓ Les matériaux d'origine naturelle
- ✓ Les matériaux composites

1. Biomatériaux artificielles

On distingue parmi les matrices artificielles plusieurs catégories : les métaux et alliages métalliques, les céramiques, les polymères et la matière molle.

Les métaux et alliages métalliques sont les "ancêtres" des biomatériaux en vue qu'ils sont les premiers biomatériaux utilisés pour fabriquer des implants. Les plus importants du point de vue de propriétés mécaniques est **l'acier inoxydable** et de biocompatibilité est le titane.



Biomatériaux métalliques

- Exemples : titane (Ti), alliages Co-Cr, acier inoxydable.
- Avantages : haute résistance mécanique, longévité.
- Limites : corrosion possible, libération ionique, mismatch mécanique vs tissu.
- Acier inoxydable est utilisé en chirurgie orthopédique,
- Titane est utilisé en chirurgie orthopédique, implants dentaires, pompes implantables, stimulateurs cardiaques....

Biomatériaux céramiques

- Exemples : hydroxyapatite (HA), alumine, zircone.
- Avantages : excellente biocompatibilité osseuse, inertie chimique.
- Limites : fragilité, faible ténacité; utilisation principale en orthopédie et dentaire.

Biomatériaux polymériques

- Polymères naturels : collagène, chitosane, alginate.
- Polymères synthétiques : PLA, PCL, PEG, PMMA.
- Avantages : modulables chimiquement, biodégradables, propriétés mécaniques ajustables.

Les propriétés physiques et biologiques médiocres de ces matériaux peuvent limiter leur application clinique à long terme. Le souci de leur faible biocompatibilité, qui fait qu'elles provoquent souvent une réaction à corps étranger accompagnée de la formation de sténose ou de fistule, a orienté les chercheurs et de nombreuses équipes vers des matrices d'origine naturel.



2. Biomatériaux naturelles (biologiques)

Les matrices naturelles peuvent être considérées comme des alternatives aux matrices synthétiques, elles présentent une meilleure surface pour l'adhésion, la prolifération, la différenciation et la migration cellulaire.

Ces matrices jouent un rôle important d'une part, dans la réduction de fibrose et des phénomènes inflammatoires, et en favorisant le remodelage tissulaire d'autre part.



Biomatériaux d'origine végétale

Les fucanes : polysaccharides extraits des algues marines

La cellulose : dérivée des parois cellulaires

Utilisation

Anticoagulants

Utilisée pour les membranes de dialyse ou comme ciment de prothèse de hanche.



Biomatériaux d'origine animale

La chitine : polysaccharide extrait des carapaces de crustacés.

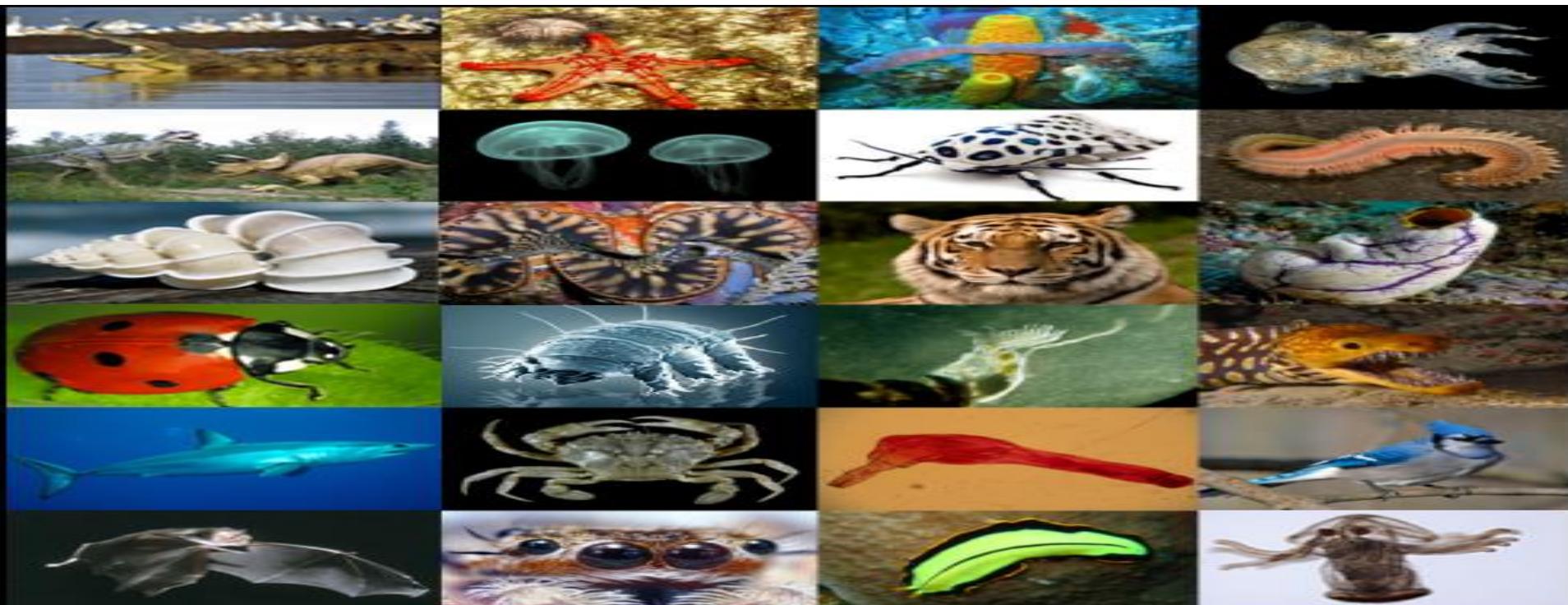
Le collagène : extrait de la peau ou du placenta humain

Utilisation

Utilisée pour les fils de suture, la chirurgie reconstructive et la peau artificielle

La cosmétologie et la chirurgie esthétique.

Les pansements et éponges homéostatiques



□ LES DOMAINES D'APPLICATION DES BIOMATERIAUX

- **Ophtalmologie (Lentilles de contact, Implants)**
- **Odontologie – stomatologie (Orthodontie, Implants)**
- **Chirurgie orthopédique (Prothèses articulaires, hanche, coude, genou, poignet, ...), Orthèses, Cartilage**
- **Cardiovasculaire**
- **Urologie/ néphrologie**
- **Endocrinologie-chronotherapie**
- **Chirurgie esthétique**
- **Chirurgie générale et divers**