

Les Organes Artificiels : Fantasme ou Innovation ?

L'exemple du cœur

EPFL



Nithujaa Thirunavukkarasu
Louise Montlahuc
Cyann Sprüngli
Timur Ünver
Hema Gouled

Qu'est-ce qu'un organe artificiel ?

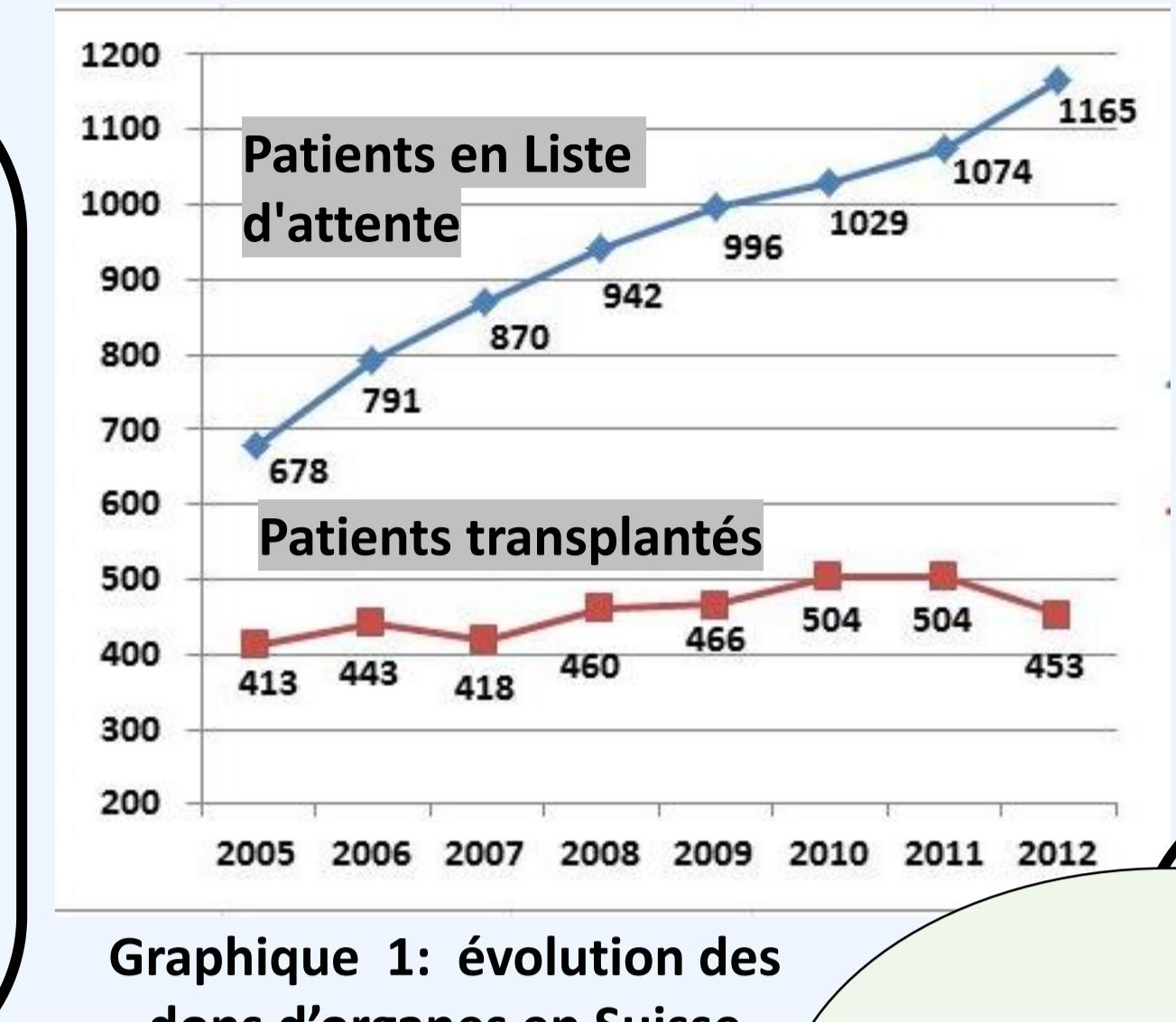
- Organé fabriqué par l'Homme
 - 1. Matériaux non-organiques
 - 2. Fonctionnant sans ressources fixe (ex. alimentation électrique)

Historique

- Premières prothèses datent de 600 av. J-C
- Première xénogreffe en 1905 : rein de chèvre par Mathieu Jaboulay
- Premier «organe» artificiel : dialyse en 1943 par Willem Kolff.

Où en est-on aujourd'hui ?

- Dons insuffisants par rapport au nombre de patients sur liste d'attente
- L'entreprise française Carmat a vendu son premier cœur en 2021
- Autres organes en voie de conception
- Enjeux techniques qui demandent des technologies toujours plus récentes



Est-ce une solution contre le rejet immuno-supresseur ?

Meilleure biocompatibilité en raison de tissus biohybrides, composés de:

- **Tissus cellulaires**
 - Favorisent les connections
- **Matériaux métalliques**
 - Pas de rejet immuno-supresseur

Avantage du tissu en maille de Titane:

- Métal résistant à la corrosion
- Adhérence aux tissus osseux et conjonctifs

Quels sont les défis afin de rendre l'appareil entièrement implantable ?

- Miniaturisation des matériaux électroniques
 - Les machines doivent s'insérer entièrement dans le volume restreint du corps humain tout en gardant leur fonctionnalité tel que conserver le débit sanguin.
- Maximisation de l'autonomie des dispositifs
 - Diminution de l'énergie dissipée afin d'augmenter l'efficacité et éviter d'abîmer les tissus.

Quels sont les défis afin d'assurer le bon fonctionnement interne ?

- Éviter les lésions tissulaires
- Réduire les effets thrombogènes
- Empêcher les risques de traumatismes des globules rouges

Prix d'achat, coût et temps de production du cœur artificiel

- Prix d'achat : 200 000 euros
- Temps de production: 13 ans
- Coût de production : 110 millions d'euros



Une entreprise française, des recherches à l'international

- Ouverture de l'étude pivot à d'autres pays de la zone UE (Kazakhstan, République Tchèque, Danemark)
- Etude d'opportunité sur le marché américain

Bibliographie

- Thibaut Raguin, Agnès Dupret-Bories, Christian Debry (25 janvier 2017) *Les organes artificiels*, M/S Revues, Volume 3 numéro 1, page 66-72
- Hutchison K, Sparrow R. (Novembre 2016), *What Pacemakers Can Teach Us about the Ethics of Maintaining Artificial Organs*. Hastings Cent Rep. 46(6):14-24
- Carpentier (2017), P. A. (s. d.). *Le projet CARMAT : cœur artificiel bioprotéthique totalement implantable*. 2. consulté le 25 avril 2022
- Graphique 1 : Wisstransplant-bilan-annual-alarming-moins-de-100-donneurs-d-organes-en-2012
- Graphique 2 : World Health Organization, Spanish Transplant Organisation (Octobre 2019), *International Report on Organ Donation and Transplantation Executive Summary 2017*, Global Observatory on Donation and Transplantation

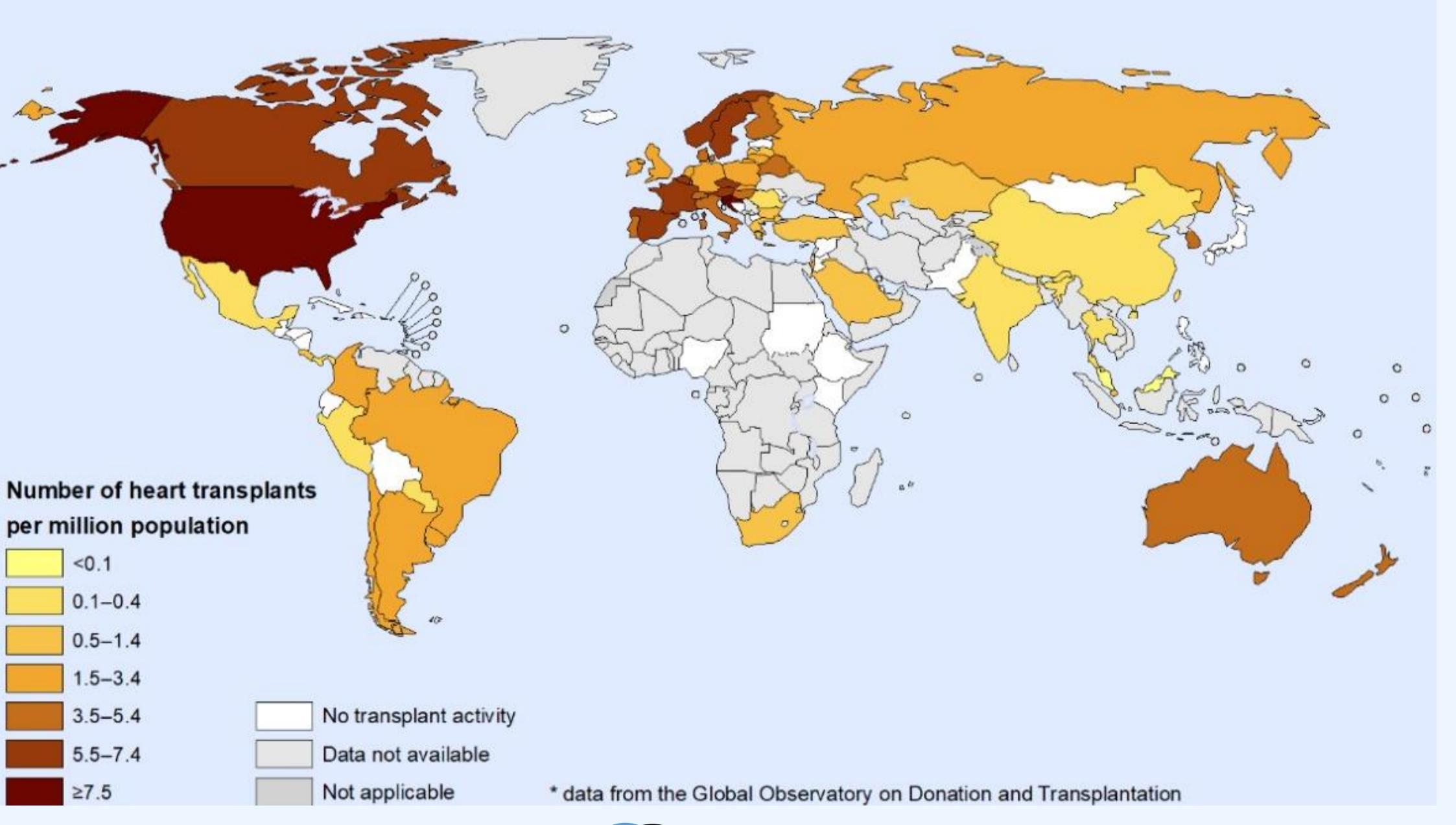
Durabilité

Technique

Economique

Graphique 2: Transplantation de cœur dans le monde

Heart transplantation activities, 2017*



Peut-on s'assurer d'un avenir durable pour les organes artificiels ?

D'appareils de transition à organes autonomes:

Aujourd'hui machines permettant survie avant transplantation (dialyse, assistance cardiaque, ...)

- De plus en plus de tests concluants (entreprises comme Carmat): une transplantation à vie envisageable
 - Le développement des technologies et savoir-faire (notamment en Suisse): bientôt une commercialisation à grande échelle ?

Une transition innovante ?

- Développement de nanomatériaux synthétiques à faible coût (origine non-animale): meilleure intégration et prévention d'éventuels effets secondaires
- Impression 3D: meilleure visualisation lors de conception et rapidité accrue lors de la pose

Mais des problèmes encore prépondérants:

- S'adapter au patient (enfant en croissance, morphologie...)
- Populations restreintes sont moins traitées que d'autres (aveugles, sourds...)
- Accroître la surveillance du patient via technologies de l'organe: relève de la confidentialité
- Expertise requise

Pour quelles raisons les développer ?

A. Don d'organes = chaîne de solidarité

- Entr'aide entre morts et vivants.
 - Des dons bénévoles, anonymes et surtout gratuits

B. L'organe artificiel pourrait au contraire s'inscrire dans le marché économique (Les médicaments en sont l'exemple parfait

- Concurrence des produits, Traitements coûteux,...

Est-ce la meilleure solution contre le refus/manque du don d'organes ?

Moyens contre la pénurie d'organes :

i. La solution actuelle : "agir sur les vivants"

- sensibilisation
- commercialisation :
 - Mais profits financiers = inacceptables d'un point de vue éthique
 - contraire à la dignité humaine
 - marchandisation du corps humain
 - pression excessive en faveur du don

- Impliquant le volontariat + n'influencant pas sur le nombre d'organes disponibles :

N'arrive pas à contrer la pénurie.

ii. Xénotransplantation

- Risque de stigmatisation à l'encontre du receveur
- Manque de respect : élevage et abattage de nombreux animaux génétiquement modifiés à des fins de recherches

Les autres solutions proposées ont des désavantages. Ainsi, les organes artificiels pourraient être la solution du futur.

Problématique actuelle et urgente

Nombre de dons insuffisant

- Espérance de vie élevée, meilleure sécurité routière
 - Moins de morts sur les routes → une des principales sources des stocks d'organes
- Votations de mai 2022 : modification de la loi sur la transplantation
- Solution moins sélective et plus confortable
 - Sans composé vivant → compatibilité pour tous groupes sanguins
 - Permet une vie presque "normale"

Risque de limitation géographique et économique

- Pas disponible partout...
 - Besoin d'infrastructures, de financement, de personnel compétent...
- ...ni pour tout le monde
 - Les organes et leur traitement coûtent cher
 - Risque (surtout dans les pays en voie de développement) : patients aisés deviennent prioritaires

Concurrence et influence des intérêts commerciaux

- Avantage : développement boosté, rapide pour les patients
- Problème : conflit d'intérêt entre manufacturiers et patients
 - incompatibilité entre les marques (pas standardisé)
 - impossibilité de changer pour un appareil plus récent
 - solution : standardiser → pas toujours possible (utilisation de logiciels propriétaires)

Conclusion:

Les organes artificiels allient des défis techniques d'efficacité, de sécurité et de durabilité des matériaux tout autant qu'ils posent des problèmes éthiques quant à leur représentation dans l'imaginaire collectif et à leur accès aux patients, influencé par des facteurs socio-économiques. Leur développement s'avère néanmoins prometteur et l'avènement de ces derniers auprès du grand public n'est désormais plus qu'une question de temps.