



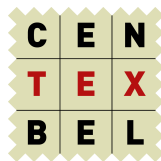
Interreg efface les frontières
Interreg doet grenzen vervagen



UP **Dimetex**

Dispositifs Médicaux Textiles

Etude des perspectives de développement des technologies textiles en ingénierie cellulaire et tissulaire



Débuté en novembre 2008, **DIMETEX**, Dispositifs Médicaux TEXTiles, est un projet **Interreg IVA FW** de coopération transfrontalière Franco-Wallon. Il est financé pour moitié par le Fonds Européen de Développement Régional.





Interreg efface les frontières
Interreg doet grenzen vervagen



Dimetex

Dispositifs Médicaux Innovés

Sommaire

Présentation de DIMETEX	3
1 De quoi parlons-nous ?	4
1.1 La médecine régénérative ¹	4
1.2 Le textile technique médical	5
2 Méthodologie de l'étude	7
3 Les applications cliniques de l'ingénierie tissulaire	8
3.1 Vue d'ensemble des produits commercialisés en ingénierie tissulaire	8
3.2 Quelles perspectives pour les technologies textiles en ingénierie tissulaire ?	9
3.3 Matrice Technologies / Applications	10
3.4 Détails par applications	11
4 Une technologie émergente : l'electrospinning	15
5 Synthèse	16
ANNEXE – Liste des abréviations	18
ANNEXE – Liste des publications étudiées	19
ANNEXE – Liste des brevets étudiés	27



Interreg efface les frontières
Interreg doet grenzen veragen



Dimetex

Dispositifs Médicaux Textiles

Présentation de DIMETEX

Débuté en novembre 2008, DIMETEX, Dispositifs MEDicaux TEXTiles, s'inscrit dans un programme de coopération transfrontalière **Interreg IVA** France-Wallonie. Il est financé pour moitié par le Fonds Européen de Développement Régional.

Les partenaires de ce projet sont UP-Tex, Pôle de compétitivité textile, Eurasanté, Agence de développement de la région Nord Pas de Calais pour la filière Santé, Centexbel, Centre Textile Belge et le CETI, Centre Européen des Textiles Innovants.

Le projet **DIMETEX**, a pour objectif de renforcer et promouvoir la compétitivité de la filière Textile-Santé sur l'Eurorégion Nord. Il a donc pour but de favoriser les opportunités de rencontre et de collaboration entre acteurs de la santé et du textile.

Le segment médical est l'un des principaux segments à atouts et forts attraits pour les producteurs de textiles techniques. Plusieurs secteurs ont été identifiés comme pouvant représenter des opportunités importantes de développement pour les PME de la région :

- Hygiène et soins
- Filtration
- Orthèses
- Implants et supports de culture

Dans le cadre de cette dernière thématique, DIMETEX a fait mener une étude par le cabinet de conseil NODAL sur « *les perspectives de développement des technologies textiles en ingénierie cellulaire/tissulaire* ».

1 De quoi parlons-nous ?

1.1 La médecine régénérative¹

La **médecine régénérative** est un domaine émergent des biotechnologies qui a pour but de restaurer les tissus et activités fonctionnelles. Elle intervient lorsque des cellules, tissus ou organes ont été endommagés par un traumatisme soudain, une maladie ou des anomalies génétiques. Deux approches peuvent être considérées:

- L'**ingénierie tissulaire** que l'on peut présenter par le développement *in vitro* de substituts biologiques.
Les biomatériaux sont alors employés pour diriger l'organisation, la croissance et la différenciation des cellules, en apportant un support physique et des signaux chimiques.
- La **thérapie cellulaire** dans la prévention ou le traitement des pathologies humaines par l'administration de cellules choisies, multipliées, traitées ou modifiées *ex vivo*.
Les biomatériaux peuvent alors être employés pour assurer un environnement idéal aux cellules sélectionnées.

Dans les deux cas, la régénération est favorisée par l'utilisation et le traitement *in vitro* de cellules, qui peuvent provenir de différentes sources (autologues, allogéniques, ...) et être de différents types (cellules souches, cellules différenciées, ...).

Contrairement à la médecine régénérative, dans la chirurgie que l'on appellera « classique », qui emploie des substituts non biologiques, la régénération tissulaire se fait *in vivo* par les cellules de l'organisme.

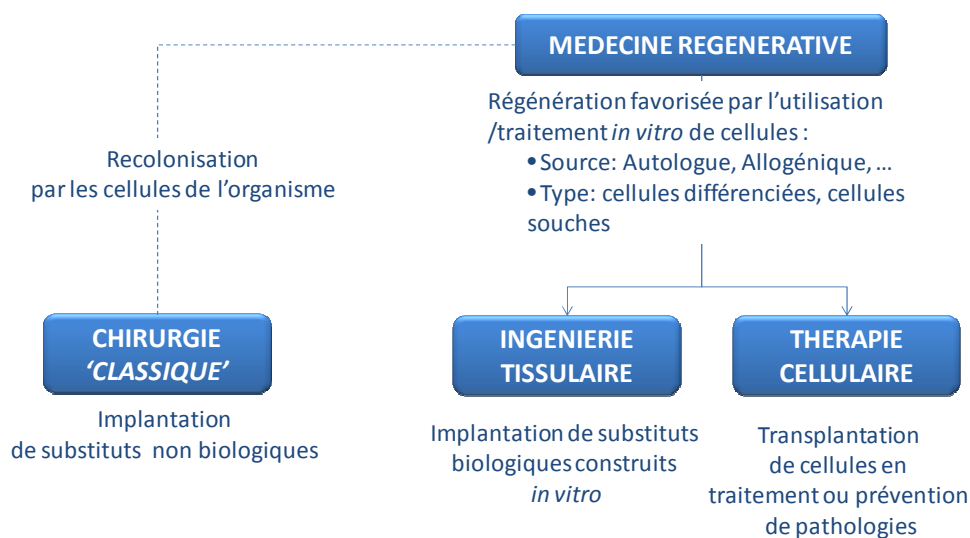


Figure 1: Quelques définitions

¹Thérapies cellulaires et ingénierie tissulaire, Février 2007, Bionest partners

Que l'on parle de *chirurgie classique*, ou de médecine régénérative, lorsqu'un matériau support est nécessaire, il doit posséder des propriétés spécifiques et répondre à des exigences communes :

- Force, rigidité
- Biocompatibilité
- Ratio surface/volume conséquent
- Préserver de la réaction inflammatoire

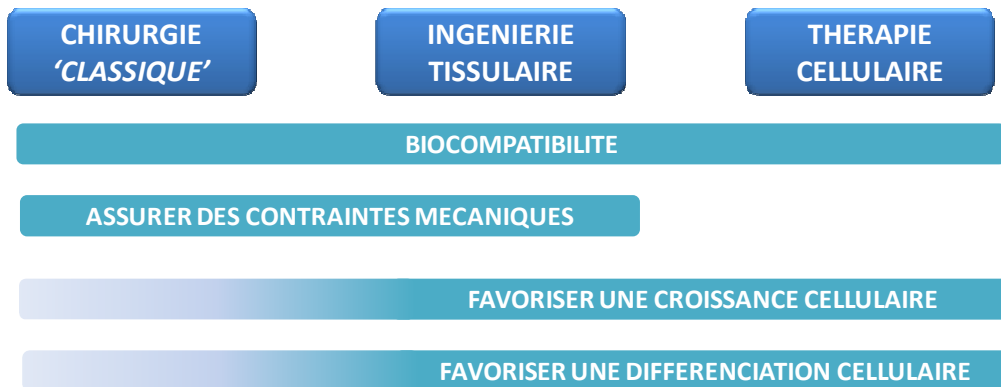


Figure 2: Des exigences communes aux trois domaines

Les matériaux textiles sont une classe de biomatériaux qui peuvent répondre à ces exigences. Une nouvelle technique de préparation de ces matériaux, l'**electrospinning** attire de plus en plus d'industriels et de chercheurs.

1.2 Le textile technique médical

Le textile peut être défini d'une manière simple comme une structure composée de fibres. On comprend que cette définition laisse entrevoir un large éventail d'applications. En effet, selon leurs applications finales, la nature des fibres utilisées (polyester, polyéthylène, polyamine, polypropylène et dérivés, acide polylactique, ...), leurs mises en œuvre et leurs traitements varient.

Près de 10% du volume mondial des textiles techniques sont employés dans le médical et la santé sur trois familles d'applications :

- le linge plat (blouses, draps...)
- les orthèses (bas de contention, genouillères...)
- les implants chirurgicaux (ligaments, renfort abdominal...) que l'on a précédemment incluent dans le domaine de la *Chirurgie classique*.

Actuellement le textile est déjà fortement présent dans des applications de *chirurgie classique* avec des produits commercialisés en :

- Chirurgie viscérale avec, pour exemple, les plaques de réfection herniaire, bandelettes de traitement de l'incontinence et prolapsus
- Chirurgie vasculaire avec, pour exemple, les stents
- Chirurgie orthopédique avec, pour exemple, les ligaments de renfort
- Chirurgie neurologique avec, pour exemple, les implants de substitution et de protection de dure-mère.

On peut facilement imaginer que les propriétés des matériaux textiles utilisées actuellement en chirurgie dite *classique* peuvent être utilisables et transposables aux applications d'ingénierie cellulaire et tissulaire. Réciproquement, les avancées en ingénierie tissulaire et cellulaire offrent de nouvelles perspectives dans le développement d'implants plus innovants. En effet, les implants ne sont plus de simples substituts de tissus vivants mais doivent devenir de véritables outils de régénération de ces derniers.

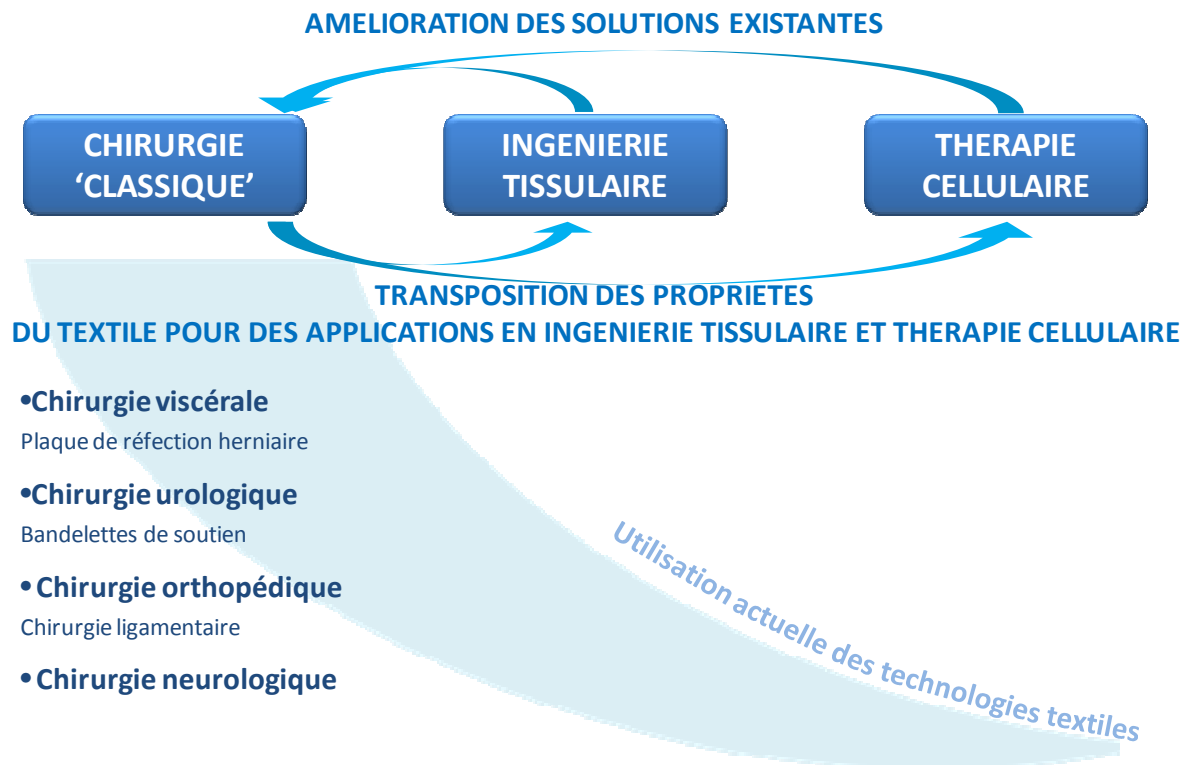


Figure 3: Intérêt du textile



Interreg efface les frontières
Interreg doet grenzen vervagen



Dimetex

Dispositifs Médicaux Innovants

2 Méthodologie de l'étude

Une recherche de publications a été menée sur la période 2005 à 2009 sur les revues scientifiques suivantes :

- Biomaterials
- Textile Research Journal
- Textile Science and Technology
- Journal of applied biomaterials & biomechanics
- Composites science and technology
- Journal of material science: materials in medicine
- Journal of biomedical materials research

Une étude des brevets a été menée la période 2005 à 2009 sur le site espacenet.fr en utilisant les mêmes mots-clés.

	Textile Science and Technology	Textile Research Journal	Journal of biomedical materials research	Composite science and technology	Journal of applied biomaterials & biomechanics	Journal of material science : materials in medicine	Brevets
	Hits	Hits	Hits	Hits	Hits	Hits	Hits
'tissue engineering'	0	13	879	68	12	1171	312
+ nonwoven	0	4	7	3	0	15	4
+ woven	0	7	7	11	0	67	13
+ knit	0	0	1	3	0	1	2
+ knitting	0	0	9	0	0	1	2
+ coat	0	0	105	4	0	166	2
+ biocidal	0	0	0	0	0	4	0
+ functionalisation	0	0	27	7	0	46	4

10 entretiens ont été réalisés auprès d'experts scientifiques des domaines des matériaux et de l'ingénierie tissulaire.

Université de Strasbourg	Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies
CHU de Nancy	Unité de Thérapie Cellulaire et Tissus
Université de Bordeaux	CIT biomatériaux
Université Paris XIII	Laboratoire de Biomateriaux et Polymères de Spécialité (LBPS)
Faculté de médecine de Genève	Département de Pathologie et Immunologie et cellules souches
Université de Liège	Bone and Cartilage Metabolism Research Unit
Université de Liège	Centre Interfacultaire des Biomateriaux
CHRU de Lille	Faculté de médecine de Lille II, immunologie et croissance des cellules nerveuses
Université de Valenciennes	LMP : Laboratoire des Matériaux et Procédés (Maubeuge)
Université Pierre et Marie Curie	Laboratoire de Chimie de la matière condensée, équipe matériaux du vivant

3 Les applications cliniques de l'ingénierie tissulaire

3.1 Vue d'ensemble des produits commercialisés en ingénierie tissulaire

Sur plus d'une centaine de produits commercialisés identifiés (utilisant ou non des matériaux textiles), on note une forte proportion de produits dédiés aux applications osseuses (substituts dentaires, substituts osseux rachidiens, implants orthopédiques, ...) et viscérales (réparation et renforcement pariétal des hernies, éventration et prolapsus uro-génitaux, ...).

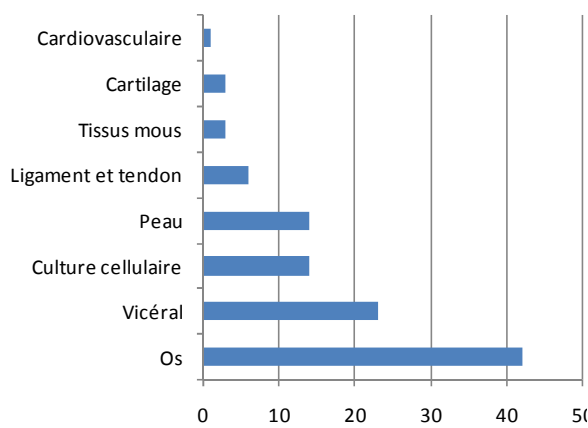


Figure 4: Répartition des produits commercialisés par applications

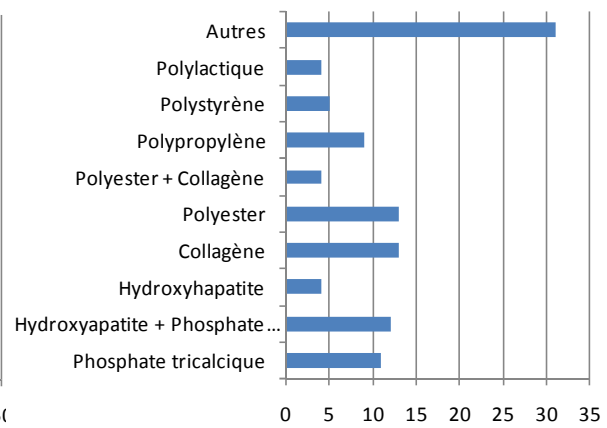


Figure 5: Répartition des produits commercialisés par matériaux (autres = acide hyaluronique, alginate, matrice osseuse déminéralisée...)

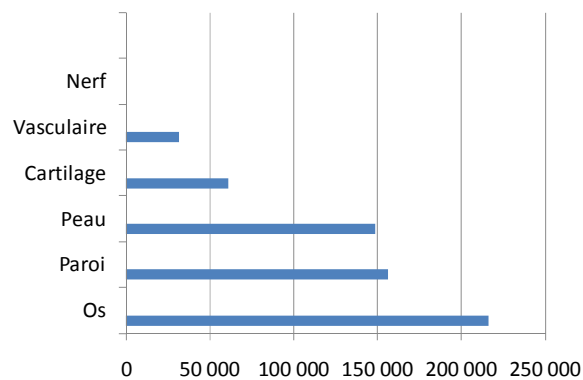


Figure 6: Nombre d'interventions en France en 2008 par domaine d'applications cliniques

3.2 Quelles perspectives pour les technologies textiles en ingénierie tissulaire ?

Les recherches en textile semblent s'orienter majoritairement vers des domaines d'application touchant à :

- la reconstruction **osseuse**
- l'ingénierie tissulaire **du cartilage**
- l'ingénierie tissulaire **vasculaire**

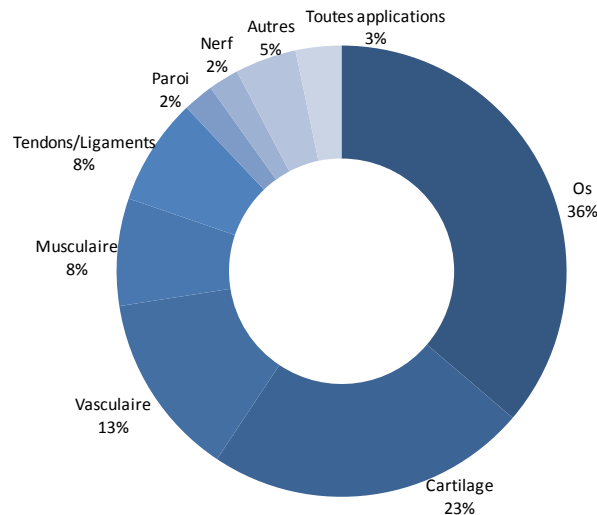


Figure 7: Répartition des publications (59 publications étudiées) par domaines d'application

Cette orientation se confirme sur l'étude d'une vingtaine de brevets (publiés entre 2005 et 2009).

Cette étude a porté sur 8 applications potentielles, pour lesquelles il existe des produits commercialisés et/ou une activité de recherche :

Recolonisation *in vivo* :

- Os
- Cartilage
- Tendons et ligaments
- Muscle, tissus mous et de soutien

Colonisation *ex vivo* :

- Peau
- Vasculaire
- Système nerveux
- Culture cellulaire et bioréacteur

3.3 Matrice Technologies / Applications

Matériau	Process	Peau	Os	Cartilage	Tendons et ligaments	Vasculaire	Musculaire, tissus mous, vessie	Système nerveux	Différenciation cellulaire
Oléfine	Polymérisation chimique par cycle ouvert		■				■		
Acide polyglycolique	Non-tissé					■	■		
	Coulée évaporation					■			
	Plateaux pressurisés					■			
	Polymérisation par synthèse chimique en solution				■				
Acide polylactique	Moulage, agents porogènes et moussants	■	■	■	■	■	■		
	Tricoté enduit par collagène			■					
	Electrospinning	■	■	■	■	■		■	
	Polymérisation par synthèse chimique en solution				■	■			
Acide polylactique et particule de tricalciumphosphate	Polymérisation chimique en solution et lyophilisation			■					
Polyhydroxyalkanoate	Electrospinning	■	■	■	■	■		■	
Polycaprolactone	Electrospinning	■	■	■	■	■		■	
Polyhydroxybutyratecohydroxyhexanoate	lixiviation							■	
Polycaprolactone	Nontissé	■							■
Polyéthylèneoxide et polycaprolactone	Electrospinning								
Polyéthylène	Polymérisation par synthèse chimique en solution				■				
Acide polycaprolactone	Polymérisation par synthèse chimique en solution				■				
Copolymères de polystyrène, polyoxyéthylène, acide polyacrylique									■
Biopolymère	Polymérisation chimique en solution et lyophilisation						■		

■ Application principale

■ Application secondaire

3.4 Détails par applications

OS	
Problématique	Fournir un support de recolonisation <i>in vivo</i> aux cellules osseuses
Solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Biocéramiques ayant des propriétés de biocompatibilité et de bioactivité en étant à la fois ostéoinductives et ostéoconductives - Phosphate tricalcique - Hydroxyapatite - Bioverre - Matrice osseuse déminéralisée
Quelques fournisseurs	Teknimed, Science for BioMaterials, Graftys, Bone Therapeutics, Biomatlante, Integra LifeScience, Protip
Limite des solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Réaction d'inflammation suite à l'implantation - Fragilité aux contraintes mécaniques
Besoins identifiés	<p>Matériau 3D combinant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Résistance mécanique - Porosité élevé - Bioactivité
<p>Perspectives pour les matériaux textiles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les matériaux textiles représentent un très bon compromis entre résistance à la déformation, rigidité, porosité, capacité de mise en place et fonctionnalisation pour améliorer sa bioactivité. - L'application privilégiée sera la reconstruction tissulaire osseuse de surface. - Le comblement osseux restera réservé aux biocéramiques de par l'épaisseur importante parfois souhaité. 	

CARTILAGE	
Problématique	Fournir un support d'implantation (<i>in vivo</i>) aux chondrocytes qui sont actuellement implantés par simple injection.
Solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Injection autologue sans support - Matrice d'acide hyaluronique - Matrice polymérique 3D biorésorbable
Quelques fournisseurs	Biotissue, Tigenix, Fidia, Genzyme
Limite des solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Fuite cellulaire et délocalisation de la croissance des chondrocytes - Les matériaux ne sont pas bioactifs
Besoins identifiés	Nécessité d'un support rigide capable d'agir comme matériau tampon dès son implantation.
<p>Perspectives pour les matériaux textiles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les propriétés de résistance mécanique des matériaux textiles peuvent satisfaire aux besoins médicaux exprimés. - La rigidité du textile permettra de maintenir les chondrocytes localisés sur la zone à réparer et d'offrir un matelas de renfort capable d'amortir et d'absorber les chocs et les déformations de la zone. - La flexibilité du matériau offre la possibilité de positionner l'implant facilement et de lui faire adopter la forme souhaitée. 	

VASCULAIRE

Problématique	Fournir un support pour la fabrication <i>ex vivo</i> d'un tronçon de vaisseau sanguin. Le tronçon (hors support) sera ensuite implanté.
Solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Autogreffe de vaisseaux sanguins - Pas de solutions au stade commercial - Travaux de R&D sur le textile - Pas de travaux identifiés portant sur d'autres types de matériaux support de cellules
Limite des solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Il n'existe actuellement aucun matériau capable de supporter la culture de vaisseau. - Chez certains patients, la chirurgie ne peut pas être envisagée pour des raisons pathologiques ou morphologiques.
Besoins identifiés	Biomatériau résorbable permettant une culture 3D.
Perspectives pour les matériaux textiles :	
<ul style="list-style-type: none"> - Le textile est étudié pour ses propriétés de flexibilité et de rigidité permettant de recréer artificiellement <i>ex vivo</i> une trame de croissance tissulaire colonisable. - La co-culture nécessaire à la formation d'un véritable nouveau vaisseau sanguin est compatible avec les matériaux textiles qui peuvent faire l'objet de culture cellulaire séparé avant réassemblage pour former un matériau à double couche avec une différenciation cellulaire propre à chacune des couches. 	

SYSTEME NERVEUX

Problématique	Fournir un support pour la fabrication <i>ex vivo</i> d'un nerf ou réseau nerveux pour implantation.
Solutions existantes	Pas de solutions au stade commercial.
Limite des solutions existantes	Aucune solution existante n'a été identifiée.
Besoins identifiés	Support de culture <i>ex-vivo</i> pour la croissance tissulaire nerveuse.
Perspectives pour les matériaux textiles :	
<ul style="list-style-type: none"> - Tout comme pour la reconstruction de vaisseau sanguin, la croissance dirigée d'un nerf nécessite une trame qui va guider la formation cellulaire. Le textile pourrait apporter une solution au problème de rigidité/flexibilité avec une forte porosité. - Un matériau textile support de culture biorésorbé durant la formation du nerf permettrait une implantation directe du tissu nerveux sans risque de rejet. Cette application, bien que très prometteuse médicalement, en est à un stade relativement précoce. 	

TENDONS ET LIGAMENTS

Problématique	Remplacer les tendons ou ligaments lorsqu'ils sont trop dégradés pour être suturés
Solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Polymères tressés ou tricotés - Polyester - Polyéthylène téréphtalate
Quelques fournisseurs	Bio-tex Ligaments, Ligament Advanced Reinforcement System, Cousin Biotech...
Limite des solutions existantes	<p>Les matériaux disponibles actuellement sur le marché ne sont pas biorésorbables et il est fréquent de devoir retirer l'implant pour cause de rejet.</p> <p>Les implants actuels ne permettent pas une recolonisation cellulaire.</p>
Besoins identifiés	Implant biorésorbable support de culture ayant des propriétés mécaniques similaires aux produits commercialisés en particulier concernant la résistance à l'élongation et à la torsion et qui permettrait une reconstruction <i>in vivo</i> du tissu.
<p>Perspectives pour les matériaux textiles :</p> <p>Le textile est le seul biomatériau utilisé à l'heure actuelle dans la pose de prothèse, de part les propriétés de rigidité, de solidité et de flexibilité conférées, mais ne permet pas la reconstruction tissulaire.</p> <p>Certains ligaments artificiels sont également utilisables pour le tendon. Un potentiel important existe dans la pose d'un implant biorésorbable support de culture bioactif.</p>	

MUSCLES, TISSUS MOUS ET DE SOUTIEN

Problématique	Colmater les lésions et éventrations (sans recolonisation).
Solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Polyester tissé ou tricoté - Polypropylène tissé ou tricoté - Silicone - Collagène
Quelques fournisseurs	Melc, Covidien, Cousin Biotech...
Limite des solutions existantes	Pas de biorésorbabilité des matériaux utilisés, entraînant parfois sur le long terme des problématiques de rejet et la nécessité de renouveler l'implant.
Besoins identifiés	Pas de réels besoins exprimés ou de manques constatés.
<p>Perspectives pour les matériaux textiles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intérêt potentiel pour un matériau biorésorbable, à condition de ne pas compromettre les performances actuelles acquises, soit une résistance mécanique importante et des systèmes de fixation efficaces évitant les ruptures et les défixations entraînant une nouvelle éventration. - Des matériaux formés par compression de feuillets de collagène commercialisés et remboursés pendant plusieurs années (Pelvicol) ont été retiré de la liste de remboursement du fait de résultats insuffisant en termes de recolonisation cellulaire au profit de matériaux textiles. 	

PEAU	
Problématique	Fournir un support à la culture de derme et d'épiderme <i>in vitro</i>.
Solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Greffe - Alginate - Collagène - Polycarbonate - Prépuce de nouveaux nés - Nylon - Glycosaminoglycane - Silicone
Quelques fournisseurs	Advanced Tissue Sciences, Integra LifeSciences, Invitrogen, Skinethic Organogenetics...
Limite des solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Les matériaux textiles sont généralement utilisés conjointement à d'autres matériaux. - Les résultats obtenus grâce à ces matériaux restent limités et les scaffolds obtenus par electrospinning n'ont pas montré les résultats escomptés.
Besoins identifiés	Matériau double couche avec derme et épiderme, agissant à la fois comme un support biorésorbable de culture tissulaire et une barrière aux infections.
Perspectives pour les matériaux textiles : L'utilisation des matériaux textiles semble limitée au profit de matériaux biologiques	

CULTURE CELLULAIRE	
Problématique	Fabriquer des cellules (pas du tissu) en quantité allant du gramme jusqu'à la tonne.
Solutions existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Les supports utilisés dans la culture cellulaire, dont la vocation n'est pas la synthèse d'un tissu, sont des matériaux plastiques très peu coûteux. Ils sont parfois traités pour rendre les parois adhérentes et permettre la croissance de tous types de cellules, en suspension et adhérentes. - Le collagène est parfois utilisé sous forme liquide en complément des matériaux plastiques. - Les bioréacteurs à cellules immobilisées utilisent des matériaux textiles synthétiques ou naturels : Feutrine, flanelle, toile de jute, velours, kaki, laine, polyester, lin, velcro.
Limite des solutions existantes et besoin	Dans les deux cas (culture cellulaire et bioréacteurs), les matériaux existants répondent au besoin.
Perspectives pour les matériaux textiles :	
<ul style="list-style-type: none"> - Une nouvelle utilisation du textile pourrait être la croissance de cellules réputées difficiles (cellules cardiaques, cellules souches). Ce cas ne concerne toutefois qu'un très faible nombre d'utilisateurs, dans les laboratoires de recherche. 	

4 Une technologie émergente : l'électrospinning

Il apparaît de cette étude qu'une des méthodes de transformation très majoritairement étudiée est l'**électrospinning**.

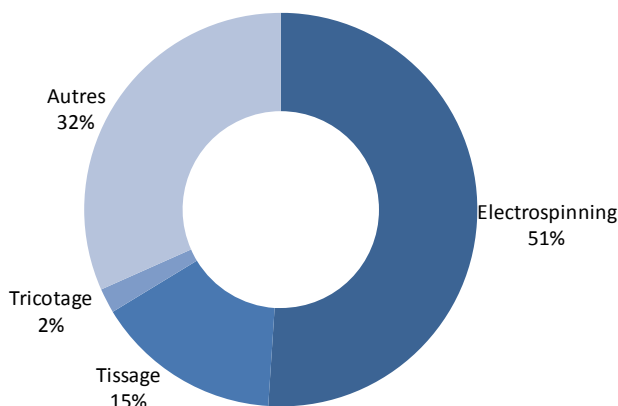
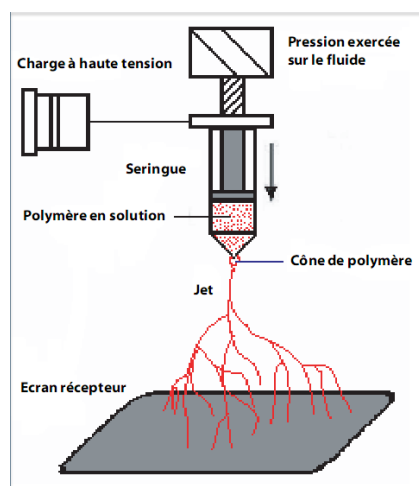


Figure 8: Répartition des publications (52 publications mentionnant le process) par process de fabrication



L'électrospinning est un procédé de transformation de matériaux textiles innovant utilisant les forces électrostatiques pour créer des nano-fibres de polymères. Ce procédé fait l'objet de nombreuses recherches à l'étranger mais également en France, pour des applications très diverses dont l'implantologie et la médecine régénérative.

Le polymère à transformer est dissous dans un solvant et introduit dans la seringue de l'équipement qui va le charger fortement. Des polymères fondus très peu visqueux peuvent également être utilisés.

L'écran récepteur possède une charge inverse à celui du polymère et lorsque la force électrostatique liée à la différence de potentiel est suffisante, le fluide s'étire du cône à l'écran récepteur formant de multiples nano-fibres. La variation de

concentration du polymère en solution, définie lors de la dissolution dans le solvant, permet de moduler la taille et le nombre de pores créés au sein du matériau créé.

L'écran récepteur peut être statique ou rotatif afin d'adapter la forme du matériau transformé aux besoins souhaités. Cet écran peut également être liquide et contenir différentes molécules et cellules à emprisonner. Il est également possible d'ajouter à la solution polymérique des nano-particules à intégrer dans le matériau final.

L'électrospinning est une méthode récente en France qui semble s'imposer comme technique efficace permettant l'entre-maillage ultra-condensé de fibres dont les applications sont illimitées puisque la densité peut être modulée pour mimer la structure tissulaire humaine, avec des besoins applicatifs particuliers pour l'os, le cartilage et le système vasculaire.

L'équipement d'électrospinning utilisé pour le médical peut être plus expérimental et ad hoc que les machines industrielles (type Elmarco). Des sociétés telles Nanostatics (US), IME (NL), MECC (J) peuvent fournir des équipements d'électrospinning. Cela ne rend pas l'équipement incompatible avec les volumes des applications médicales.

5 Synthèse

Le tableau ci-dessous présente la part de matériaux textiles actuellement utilisés dans le traitement pathologique des tissus humains, l'opportunité de développement et le potentiel de croissance des nouvelles technologies textiles.

- La *proportion actuelle de textile* a été évaluée en fonction des produits commerciaux identifiés et des consultations d'experts.
- Le *potentiel de développement* a été apprécié qualitativement en fonction des publications, des brevets et des consultations réalisées.
- Le *volume* a été évalué en fonction du nombre d'interventions chirurgicales en France.

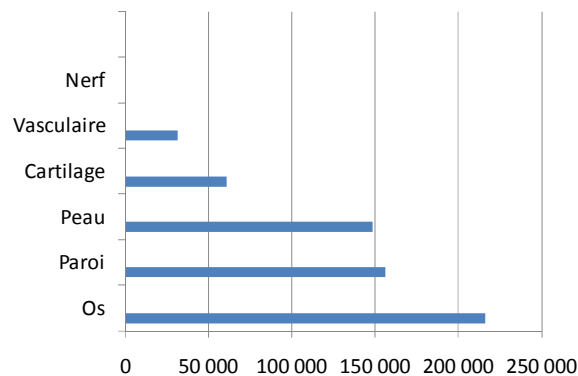
















Figure 9: Nombre d'interventions en France en 2008 par domaine d'applications cliniques (Sources = Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation)

Ceci a permis d'évaluer les domaines d'applications privilégiés dans lesquels les technologies textiles présentent un potentiel d'innovation plus important :

- **reconstruction osseuse** : les prothèses traditionnellement utilisées en orthopédie sont peu à peu remplacées par des polymères biodégradables permettant la réparation naturelle de l'os. Les implants orthopédiques évoluent donc de plus en plus vers des solutions d'ingénierie tissulaire, dans lesquelles le textile peut alors jouer le rôle de support spécifique de croissance de cellules osseuses.
- **ingénierie tissulaire vasculaire** : les substituts synthétiques (utilisant notamment du textile) sont performants pour les revascularisations des artères de moyen et gros diamètres, mais donnent des résultats moyens lorsqu'il s'agit de revasculariser des artères de petit diamètre. D'autre part, un autre challenge auxquelles pourraient répondre les technologies textiles réside dans la construction *in vitro* de vaisseaux.
- **ingénierie tissulaire cartilagineuse** : les traumatismes et les pathologies dégénératives ostéo-articulaires demeurent des défis cliniques majeurs. L'ingénierie tissulaire pourrait permettre d'ouvrir de nouvelles fenêtres thérapeutiques dans le traitement de ces atteintes dont le vieillissement de la population ne fait qu'accroître l'impact socio-économique.

Applications	Proportion actuelle de textile	Potentiel de développement du textile	Volume	Intérêt des applications textiles par rapport aux autres technologies existantes	Priorité
Os			Fort	Limite actuelle des biocéramiques. Potentiel pour les composites et les matrices 3D.	↑↑↑
Cartilage			Fort	Besoin d'un matériau 3D, rigide, flexible, ostéoinductif et ostéoconductif.	↑↑↑
Vasculaire <i>ex vivo</i>	Pas de produits commercialisés (R&D)		Faible	Aucune concurrence, la seule méthode alternative est l'autogreffe, technique qui n'est pas toujours réalisable.	↑↑↑
Système nerveux <i>ex vivo</i>	Pas de produits commercialisés (R&D)		Faible	Pas d'alternative. Fort potentiel de développement sur le long terme.	↑↑
Tendons et ligaments			Moyen	Concurrence actuelle ne permet pas reconstruction tissulaire.	↑↑
Musculaire, tissus mous et de soutien			Fort	Les textiles sont très présents dans les tissus de soutien, bien qu'ils ne soient pas biorésorbables et répondent aux besoins.	↑
Peau			Fort	Forte concurrence, les technologies textiles n'ont montré que des résultats limités	↑
Culture cellulaire et bioréacteurs			Faible	Pas d'intérêt dans la culture de cellule isolée sans vocation de formation de tissus.	-

ANNEXE – Liste des abréviations

- PLA : Acide polylactique, bioplastique résorbable
- PLGA : Acide polylactique coglycolique, bioplastique copolymérique résorbable
- PCL : Polycaprolactone, Polyester biorésorbable
- PE : Polyéthylène, thermoplastique, non-biorésorbable
- PET : Polyéthylène téréphtalate, thermoplastique, non-biorésorbable
- PEG ou PEO : Polyéthylène Glycol ou Polyoxyéthylène, Polyether, non-biorésorbable
- PP : Polypropylène, thermoplastique
- PS : Polystyrène, thermoplastique non biorésorbable
- PHA : Polyhydroxalcanoates, biopolyester biorésorbable
- Acide polyacrylique : Agent gélifiant
- TCP : Phosphate tricalcique, biocéramique ostéoinductive et ostéoconductive biorésorbable
- HA : Hydroxyapatite, biocéramique ostéoinductive et ostéoconductive peu biorésorbable
- DBM : Demineralized Bone Matrix

ANNEXE – Liste des publications étudiées

Journal	Titre de l'article	Matériau	Procédé	Application	Année	Commentaire / auteurs	Laboratoire
Textile Research Journal	Development of Novel Scaffolds for Tissue Engineering by Flock Technology	collagène, gélatine, polyamide	floquage électrostatique	Os	2007	Anja Walther, Anne Bernhardt, Wolfgang Pompe, Michael Gelinsky, Birgit Mrozik, Gerald Hoffmann, Chokri Cherif, Helge Bertram, Wiltrud Richter, and Gerhilt Schmack	
Textile Research Journal	Preparation of Polyethylene Oxide/Chitosan Fiber Membranes by Electrospinning and the Evaluation of Biocompatibility	polyethylene oxide to chitosan (60:40)	electrospinning	Vasculaire, blessure	2008	Ching-Wen Lou, Jia-Horng Lin, Ko-Chung Yen, Chao-Tsang Lu, and Chia-Yi Lee	
Textile Research Journal	Electrospun Nanoporous Fiber	Polybutylenes succinate dans du chloroforme (PBS/CF)	electrospinning	-	2008	Yue Wu, Jian-Yong Yu, and Chi Ma	
Journal of applied biomaterials & biomechanics	Engineering injured spinal cord with bone marrow-derived stem cells and hydrogel-based matrices: a glance at the state of the art	Hydrogel	-	Os	2008	Perale G., Bianco F., Giordano Carmen, Matteoli M., Masi M., Cigada A.	
Journal of applied biomaterials & biomechanics	A computational modeling approach for the characterization of mechanical properties of 3D alginate tissue scaffolds	alginate	-	-	2008	Nair K., Yan K.C., Sun W.	
Journal of applied biomaterials & biomechanics	Porous biodegradable microtubes-based scaffolds for tissue engineering, part I: production and preliminary in vitro evaluation	copolymère multi-phase poly-lactide-caprolactone	tissé	Os, cartilage, muscle	2008	Pertici G., Maccagnan S., Mueller M., Rossi F., Daniele F., Tunesi Marta, Perale G.	
Journal of applied biomaterials & biomechanics	The effect of cross-linking time on a porous freeze-dried collagen scaffold using 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl)carbodiimide as a cross-linker	collagène	dry freezing	-	2008	Haparanta A-M., Koivurinta J., Hamalainen E-R., Kellomaki M.	
Journal of applied biomaterials & biomechanics	Optimization of cell seeding efficiencies on a three-dimensional gelatin scaffold for bone tissue engineering	gélatine	-	Os	2006	Jones G., Cartmell S.H.	
Journal of applied biomaterials & biomechanics	Porosity and mechanical properties relationship in PCL porous scaffolds	Polycaprolactone	phase inversion/salt leaching	-	2007	Guarino V., Causa F., Ambrosio L.	
Journal of applied biomaterials & biomechanics	Concentration and M/G ratio influence the physicochemical and mechanical properties of alginate constructs for tissue engineering	alginate	-	Cartilage	2006	Enobakhare B., Bader D.L., Lee D.A.	

Journal of applied biomaterials & biomechanics	Bioactive porous scaffolds for tissue engineering applications: investigation on the degradation process by Raman spectroscopy and scanning electron microscopy	bioverre	melt spinning	Os	2006	Moimas L., De Rosa G., Sergio V., Schmid C.
Journal of applied biomaterials & biomechanics	Porous hydroxyapatite ceramics for tissue engineering	hydroxyapatite	moussage	Os	2005	Herath H.M.T.U., Di Silvio L., Evans J.R.G.
Journal of biomedical materials research	In vivo performance of simvastatin-loaded electrospun spiral-wound polycaprolactone scaffolds in reconstruction of cranial bone defects in the rat model	polycaprolactone	electrospinning	Os	2009	Erhan Pikin, . Alper olu, Nimet Bölgen, brahim Vargel, Sarah Griffiths, Tark Çavuolu, Petek Korkusuz, Elif Güzel, Sarah Cartmell
Journal of biomedical materials research	Polymer surfaces structured with random or aligned electrospun nanofibers to promote the adhesion of blood platelets	Polyacrylonitrile	electrospinning	Sang	2009	Ling-Shu Wan, Zhi-Kang Xu
Journal of biomedical materials research	Cartilage tissue engineering on fibrous chitosan scaffolds produced by a replica molding technique	chitosan	moulage	Cartilage	2009	Guillaume R. Ragetly, Gregory J. Slavik, Brian T. Cunningham, David J. Schaeffer, Dominique J. Griffon
Journal of biomedical materials research	Preparation and immobilization of soluble eggshell membrane protein on the electrospun nanofibers to enhance cell adhesion and growth	polycaprolactone	electrospinning	Cartilage	2008	Jun Jia, Yuan-Yuan Duan, Jian Yu, Jian-Wei Lu
Journal of biomedical materials research	LIF-immobilized nonwoven polyester fabrics for cultivation of murine embryonic stem cells	polyester	non tissé	Toutes	2007	Gaye Çetinkaya, Hilal Türkolu, Sezen Arat, Hande Odaman, Mehmet A. Onur, Meneme Gümüdereliolu, Akn Tümer
Journal of biomedical materials research	Hydrophilic nanofibrous structure of polylactide; fabrication and cell affinity	PLA	electrospinning	Cartilage	2006	Shanta Raj Bhattarai, Narayan Bhattarai, Periasamy Viswanathamurthi, Ho Keun Yi, Pyoung Han Hwang, Hak Yong Kim
Journal of biomedical materials research	Modification of sericin-free silk fibers for ligament tissue engineering application	soie+gélatine	tissage	Ligaments	2007	Haifeng Liu, Zigang Ge, Yue Wang, Siew Lok Toh, Vallaya Sutthikhum, James C. H. Goh
Journal of biomedical materials research	Porous chitosan tubular scaffolds with knitted outer wall and controllable inner structure for nerve tissue engineering	chitosan	tissage	Nerf	2006	Aijun Wang, Qiang Ao, Wenling Cao, Mingzhi Yu, Qing He, Lijun Kong, Ling Zhang, Yandao Gong, Xiufang Zhang
Journal of biomedical materials research	A sandwich tubular scaffold derived from chitosan for blood vessel tissue engineering	chitosan	tissage puis trempage	Vasculaire	2006	Ling Zhang, Qiang Ao, Aijun Wang, Guangyuan Lu, Lijun Kong, Yandao Gong, Nanming Zhao, Xiufang Zhang
Journal of biomedical materials research	Polarized protein membrane for high cell seeding efficiency	PET + (collagène ou fibrine)	tissage	Cartilage	2007	Björn Atthoff, Cecilia Aulin, Catharina Adelöw, Jöns Hilborn
Journal of biomedical materials research	Assembly of bone marrow stromal cell sheets with knitted poly (L-lactide) scaffold for engineering ligament analogs	PLA	tissage	Os	2005	Hong Wei Ouyang, Siew Lok Toh, James Goh, Tong Earn Tay, Kyaw Moe

Journal of biomedical materials research	Novel fabricated matrix via electrospinning for tissue engineering	polycaprolactone	electrospinning	-	2005	Myung-Seob Khil, Shanta Raj Bhattarai, Hak-Yong Kim, Sung-Zoo Kim, Keun-Hyung Le
Journal of biomedical materials research	Responses in vivo to purified poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) implanted in a murine tibial defect model	PHBV	dissolution puis évaporation	Os	2009	CK. A. Wu, A. R. Pettit, S. Toulson, L. Grøndahl, E. J. Mackie, A. I. Cassady
Journal of biomedical materials research	Tissue regeneration and repair of goat segmental femur defect with bioactive triphasic ceramic-coated hydroxyapatite scaffold	hydroxyapatite	-	Os	2009	Manitha B. Nair, H. K. Varma, K. V. Menon, Sachin J. Shenoy, Annie John
Journal of biomedical materials research	Effect of 3D-microstructure of bioabsorbable PGA:TMC scaffolds on the growth of chondrogenic cells	acide polyglycolique	-	Cartilage	2009	Debi P. Mukherjee, Dollie F. Smith, Shelia H. Rogers, Janson E. Emmanuel, Kyle D. Jadin, Byron K. Hayes
Journal of biomedical materials research	A new biodegradable polyester elastomer for cartilage tissue engineering	poly(1,8-octanediol citrate) POC	salt leaching	Cartilage	2006	Yong Kang, Jian Yang, Sadiya Khan, Lucas Anissian, Guillermo A. Ameer
Composites science and technology	Tissue engineered composite of a woven fabric scaffold with tendon cells, response on mechanical simulation in vitro	Monofilament de PET (polyéthylène téréphthalate)	tissage	Tendons	2004	Implant permanent non-biorésorbable avec recolonisation cellulaire
Composites science and technology	Mechanical properties and modelling of a hydrophilic composite used as biomaterial	Multifilament de PET par enroulement filamentaire imprégné de polyuréthane	enroulement filamentaire	Ligaments	2006	Implant permanent non-biorésorbable sans recolonisation cellulaire avec traitement plasma oxygène améliorant les propriétés physiques et chimiques de surface
Composites science and technology	Electrospun nanofibers as a platform for multifunctional, hierarchically organized nanocomposite	Nanofibres de biopolymères résorbables	electrospinning	Vaisseaux sanguins, nerfs, muscles lisses	2009	Scaffolds pouvant intégrer des molécules bioactives, des enzymes, des nanoparticules, recevoir des traitements de surfaces, une bonne adhésion de surface et compatibles avec les couches de polyélectrolytes
Composites science and technology	Electrospinning of polymer nanofibers: Effects on oriented morphology, structures and tensile properties	Nanofibres de PCL, PLA, PLGA	electrospinning	Peau, tendons, ligaments, os	2010	Possibilité de créer des matériaux composites
Journal of material science: materials in medicine	In vivo evaluation of a new composite mesh (10% polypropylène/90% poly-L-lactid acid) for hernia repair	Monofilament de PP tricoté et recouvert avec du PLA	tricot	Hernies	2007	Les améliorations de ce composite sont une réduction de l'intensité de la réponse immunitaire et de l'inflammation, une meilleure biocompatibilité, une absence de réduction progressive de l'implant. Le point faible étant une adhésion initiale

plus faible que les autres produits, qui s'améliore progressivement.

Journal of material science: materials in medicine	Biofunctionalized poly(ethylene glycol)-block-poly(e-caprolactone) nanofibers for tissue engineering	Nanofibres de PEG-b-PCL	electrospinning	Peau	2008	La fonctionnalisation chimique par un peptide (GRGDS améliorant l'adhésion cellulaire) a lieu en solution, avant l'electrospinning
Journal of material science: materials in medicine	Effect of direct RDG incorporation in PLLA nanofibers on growth and osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells	Nanofibres de PLLA fonctionnalisées par incorporation de peptide RGD	electrospinning	Os	2009	La fonctionnalisation par incorporation du peptide RDG promeut l'adhésion, la croissance et la différenciation ostéogénique
Journal of material science: materials in medicine	Improvement of cytocompatibility of electrospinning PLLA microfibers by blending	Composite de microfibras de PLLA et de PVP (polyvinyl pyrrolidone)	electrospinning	Vasculaire	2009	La fonctionnalisation améliore la cytocompatibilité
Journal of material science: materials in medicine	Effect of biomimetic conditions on mechanical and structural integrity of PGA/P4HB and electrospun PCL scaffolds	PGA non-tissé recouvert de P4HB et PCL	electrospinning	Vasculaire	2008	La résistance mécanique obtenue et le maintien de celle-ci sont supérieurs dans le cas du PCL que du PGA
Journal of material science: materials in medicine	3-D Nanofibrous electrospun multilayered construct is an alternative ECM mimicking scaffold	PCL, PCL et collagène, PCL et PLA, PCL et PEO	electrospinning	Os, cartilage	2008	Les scaffolds en collagène seuls se résorbent trop vite et une combinaison avec des fibres textiles donnent meilleurs résultats. Le composite PCL et collagène donne les résultats les plus satisfaisants
Journal of material science: materials in medicine	A cartilage tissue engineering approach combining starch-polycaprolactone fibre mesh scaffolds with bovine articular chondrocytes	Fibres de PCL et amidon de maïs	filage état liquide et liaison	Cartilage	2007	Le matériau supporte efficacement l'adhésion, la prolifération et la différenciation. Ce matériau ne souffre pas de problème d'acidification liés à sa dégradation
Journal of material science: materials in medicine	Fabrication and characterization of biodegradable nanofibrous mats by mix and coaxial electrospinning	Nanofibres de PLLACL et TFE (Frifluoroéthanol)	electrospinning	-	2009	Le matériau biodégradable possède des propriétés antibactériennes de fait de la délivrance progressive du TCH)

Journal of material science: materials in medicine	Influence of nanofibers on the growth and osteogenic differentiation of stem cells: a comparison of biological collagen nanofibers and synthetic PLLA fibers	PLLA	electrospinning	Os	2009	Les fibres de PLLA sont stables et permettent de supporter croissance et différenciation mais l'adhésion et la stabilité durant la croissance cellulaire sont à améliorer
Journal of material science: materials in medicine	Studies of P(L/D)LA 96/4 non-woven scaffolds and fibres; properties, wettability and cell spreading before and after intrusive treatment methods	Multifilaments de PLDLA cardées et aiguilletées traitées au plasma oxygène froid	non tissé	Musculaire	2007	Le traitement plasma réduit l'hydrophobicité et augmente la pénétration du liquide de culture et le développement cellulaire
Journal of material science: materials in medicine	Synthesis of gelatin-containing PHBV	PHBV et gélatine contenant du TFE	electrospinning	NIH 3T3 à vocation tissulaire	2008	Le composé permet une adhérence privilégiée avec les cellules NIH 3T3
Journal of material science: materials in medicine	RGD-fonctionnalisation of PLLA nanofibers by surface coupling using plasma treatment: influence on stem cell differentiation	Nanofibres de PLLA électrospinnées couplé au peptide RGD par traitement plasma oxygène	electrospinning	Os	2009	Le groupement favorise la différenciation cellulaire en ostéoblaste
Journal of material science: materials in medicine	Fabrication and characterization of chitosan coated braided PLLA wire using aligned electrospun fibers	Polyéthylène téréphtalate tissé recouvert de polyvinylidène fluorure (PVDF)	tissage	Vasculaire et valve cardiaque	2009	Le traitement au PVDF est non-cytotoxique, rend le matériau de base légèrement moins perméable à l'eau mais plus hémocompatible. L'amélioration de la croissance cellulaire n'a pas été mise en évidence
Journal of material science: materials in medicine	Encapsulation and controlled release of lysozyme from electrospun poly(caprolactone)/poly(ethylene glycol) non-woven membranes by formation of lysozyme-oleate complexes	Encapsulation d'un complexe de lysozyme oléagineux et relargage progressif au sein d'un scaffold de PCL/PEG électrospinné	electrospinning	-	2008	
Journal of material science: materials in medicine	3-D Nanofibrous electrospun multilayered construct is an alternative ECM mimicking scaffold	Nanofibres de PCL et de collagène	electrospinning	Os, cartilage	2007	

Journal of material science: materials in medicine	Effect of biomimetic conditions on mechanical and structural integrity of PGA/P4HB and electrospun PCL scaffolds	PCL électrospinné et PGA non-tissé	electrospinning	-	2007	
Journal of material science: materials in medicine	Electrospinning of novel biodegradable poly(ester urethane)s and poly(ester urethane urea)s for soft tissue-engineering applications	Polyester uréthane et polyester uréthéane uréa	electrospinning	Tissus mous	2009	
Journal of material science: materials in medicine	Nanofibrous membrane of collagen-polycaprolactone for cell growth and tissue regeneration	PCL et collagène	electrospinning	Os	2009	Le collagène améliore l'affinité avec l'eau, l'élongation mécanique et la dégradation
Biomaterials	Minimally invasive maxillofacial vertical bone augmentation using brushite based cements	Biocéramique	-	os	2009	Faleh Tamimi, Jessu Torres, Enrique Lopez-Cabarcos, David C. Bassett, Pamela Habibovic, Elena Luceron, Jake E. Barralet Faculty of Dentistry, McGill University, 3640 University Street, Montreal, QC, Canada H3A 2B2 Ciencias de la Salud III, Universidad Rey Juan Carlos, Alcorcon, Spain Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain
Biomaterials	Evaluation of poly(3-hydroxybutarate-co-3-hydroxyhexanoate) conduits for peripheral nerve regeneration	poly(3-hydroxybutarate-co-3-hydroxyhexanoate)	electrospinning	nerf	2009	Yu-Zhu Bian, Yang Wang, G. Aibaidoula, Guo-Qiang Chen, Qiong Wu Protein Science Laboratory of the Ministry of Education, Department of Biological Sciences and Biotechnology, Tsinghua University, Beijing 100084, China Multidisciplinary Research Center, Shantou University, Shantou 515063, Guangdong, China College of Life Sciences and Technology, Xinjiang University, Wulumuqi 830046, Xinjiang, China
Biomaterials	The differentiation of embryonic stem cells seeded on electrospun nanofibers into neural lineages		electrospinning	Toutes	2009	Jingwei Xie, Stephanie M. Willerth, Xiaoran Li, Matthew R. Macewan, Allison Rader, Shelly E. Sakiyama-Elbert, Younan Xia Department of Biomedical Engineering, Washington University in St. Louis, Campus Box 1097, One Brookings Drive, St. Louis, MO 63130, USA
Biomaterials	Hierarchical scaffolds via combined macro and micro-phase separation		séparation de phase		2010	Peter A. Goerge, Katie Quinn, Justin J. Cooper-White School of Engineering and Australian Institute for Bioengineering and Nanotechnology, University of Queensland (Australia)

Biomaterials	Effect of fiber diameter, pore size and seeding method on growth of human dermal fibroblasts in electrospun polycaprolactone fibrous mat	Polycaprolactone	electrospinning	peau	2010	Joseph L. Lowery, Néha Datta, Gregory C. Rutledge	Department of Chemical Engineering, Massachusetts institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue Cambridge, MA 02139, USA Institute for Soldier Nanotechnology, Massachusetts institute of Technology, 500 Technology Square, NE47-400, Cambridge, MA 02139, USA Wellman Center for Photomedicine, Massachusetts General Hospital, 40 Blossom Street, Boston, MA 02114, USA Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology, Harvard Medical School, 25 Shattuck St. Boston, MA 02115, USA
Biomaterials	Alginate microcapsule for propagation and directed differentiation of hESCs to definitive endoderm	Alginate	Chimique	peau	2010	Methichit Chayosumrit, Bernard Tuch, Kuldip Sidhu	Diabetes Transplant Unit, Prince of Wales Hospital, NSW, Australia Stem Cell Laboratory, School of Psychiatry and School of Biotechnology and Biomolecular Sciences, University of New South Wales, NSW, Australia
Biomaterials	Reversible hydrogel formation driven by protein-peptide-specific interaction and chondrocyte entrapment	Hydrogel	Chimique	cartilage	2010	Fuyu Ito, Kengo Usui, Daigo Kawahara, Atsushi Suenaga, Tei Maki, Satoru Kidoaki, Harukazu Suzuki, Makoto Taiji, Masayoshi Itoh, Yoshihide Hayashizaki, Takehisa Matsuda	CREST, Japan Science and Technology Agency, 4-1-8 Honcho, Kawaguchi, Saitama 332-0012, Japan Laboratory for Genome Exploration Research Group, RIKEN Genomic Sciences Center, 1-7-22 Suehiro-cho, Tsurumi-ku, Yokoyama 230-0045, Japan Genome Science Laboratory, RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako 351-0198, Japan Genome Biotechnology Laboratory, Kanazawa Institute of Technology, Hakusan, Ishikawa 924-0838, Japan Computational and Experimental System Biology Group, RIKEN Genomic Sciences Center, 61-1 Ono-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, Kanagawa 230-0046, Japan Division of Biomolecular Chemistry, Institute for Materials Chemistry and Engineering, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan
Biomaterials	Gelatin-fibrinogen cryogel dermal matrices for wound repair: preparation, optimisation and in vitro study	Gelatine et fibrinogène	Chimique	peau	2010	Maria B. Dainiak, Iain U. Allan, Irina N. Savina, Lisa Cornelio, Elizabeth S. James, Stuart L. James, Sergey V. Mikhailovsky, Hans Jungvid, Igor Yu. Galaev	Protista Biotechnology AB, IDEON, DE 223 70, Lund, Sweden School of Pharmacy and Biomolecular Sciences, Brighton University, Brighton, UK Department of Biotechnology, Lund University, P.O. Box 124, SE-22100, Lund, Sweden

Biomaterials	Scaffolds with covalently immobilized VEGF and Angiopoietin-1 for vascularization of engineered tissues	-	-	vasculaire	2010	Loraine L.Y. Chiu, Milica Radisic	Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto, 200 College St. Toronto, Ontario M5S 3E5, Canada Institute of Biomaterials and Biomedical Engineering, University of Toronto, 164 College St., Rm.407, Toronto, Ontario M5S 3G9, Canada Heart & Stroke/Richard Lewar Centre of Excellence, University of Toronto, Ontario, Canada
Biomaterials	Modulation of the resorption and osteoconductivity of alpha-calcium sulfate by histone deacetylase inhibitors	Alpha-calcium sulfate	-	os	2010	Hong-Moon Jung, Gin-Ah Song, Yong-Keun Lee, Jeong-Hwa Baek, Hyun-Mo Ryoo, Gwan-Shik Kim, Phil-Hoon Choung, Kyung Mi Woo	Department of Cell & development Biology, Dental Research Institute and BK21 Program, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul 110-749, Republic of Korea Department of Dental Biomaterials Science, Dental Research Institute and BK21 Program, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul 110-749, Republic of Korea Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Tooth Bioengineering National Research Lab, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea
Biomaterials	The use of progenitor cell/biodegradable MMP2-PGLA polymer constructs to enhance cellular integration and retinal repopulation	PGLA	Chimique		2010	Budd A. Tucker, Stephen M. Redenti, Caihui Jiang, Jesse S. Swift, Henry J. Klassen, Meghan E. Smith, Gary E. Wnek, Michael J. Young	Schepens Eye Research Institute, Harvard Medical School, Department of Ophthalmology, Boston MA 02114, USA University of California, Irvine School of Medicine, Department of Ophthalmology, Irvine, CA 92697, USA Case Western Reserve University, Department of Chemical Engineering, Cleveland, OH 44106, USA Case Western Reserve University, Department of Macromolecular Science and Engineering, Cleveland, OH 44106, USA

ANNEXE – Liste des brevets étudiés

Intitulé	Matériau	Procédé	Application	Date	URL	Mot clé
Method of producing organization engineered cartilage with inner support	Polyéthylène hautement poreux nonbiodégradable coaté par un réseau non-tissé de PGA	(non disponible en anglais)	Cartilage	2008	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?C=CN&NR=101134118A&KC=A&FT=D&date=20080305&DB=EPODOC&locale=fr_fr	Nonwoven
Polycarbonate nonwoven film and preparation method thereof	Polycarbonate électrospinné	electrospinning	Non-précisée	2008	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20080206&CC=CN&NR=101117755A&KC=A	Nonwoven
Degradable and absorbable polymer nano fibrous membrane materials and preparation process and use thereof	Fibres nanométriques d'acide hyaluronique	(non disponible en anglais)	Non-précisée	2006	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20060927&CC=CN&NR=1837274A&KC=A	Nonwoven
Method of immobilization of clusters of ligands on polymer surface and use in cell engineering	Fonctionnalisation de surfaces polymériques avec immobilisation à haute densité de ligands par traitement plasma argon, oxygène ou ammoniaque	(non disponible en anglais)	Non-précisée	2005	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20050317&CC=US&NR=2005058685A1&KC=A1	Functionalization
Biofunctional fibers	Fonctionnalisation de surfaces polymériques tissées ou tressées (PLA, PGA, PLGA) par conjugaison covalente avec des ligands et ou des facteurs de croissance par traitement plasma	tissage	Non-précisée	2005	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/description?CC=US&NR=2005058692A1&KC=A1&FT=D&date=20050317&DB=EPODOC&locale=fr_fr	Functionalization

Nano fibrous tissue engineering blood vessel and preparation thereof	Electrospinning en deux couches de polymères synthétiques et naturels	electrospinning	Vasculaire	2008	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?D B=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20080709&CC=CN&NR=101214393A&KC=A	Woven
Bone-imitation tissue engineering stent material based on electric-woven super-fine fiber	Electrospinning de matériaux textile	electrospinning	Os	2007	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?D B=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20071114&CC=CN&NR=101069755A&KC=A	Woven
Polymer electrostatic spinning film, preparation and use in biological detection	Electrospinning de polymères sous forme d'un film	electrospinning	Non-précisée	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?D B=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20090422&CC=CN&NR=101413183A&KC=A	Woven
Non-woven fabric for biomedical application based on poly (ester-amide)s	Electrospinning de polyester amide	electrospinning	Non-précisée	2007	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?D B=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20070712&CC=WO&NR=2007078568A2&KC=A2	Woven
Non-woven scaffold for tissue engineering	PLG ou PLA aiguilleté ou mat de fibres		Non-précisée	2007	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?D B=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20070222&CC=WO&NR=2007022149A2&KC=A2	Woven
Electrospun blends of natural and synthetic polymer fibers as tissue engineering scaffolds	PLA, PCL, PLGA, PGA electrospinné avec d'autres protéines	electrospinning	Non-précisée	2006	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?D B=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20061123&CC=US&NR=2006263417A1&KC=A1	Woven
Bioactive, resorbable scaffolds for tissue engineering	Fibres de verres bioactives tissées coatable par des polymères biorésorbables	tissage	Os et cartilage	2005	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?D B=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20050602&CC=US&NR=2005118236A1&KC=A1	Woven

Biomaterials for regenerative medicine	Chimique	Non-précisée	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/claims?CC=US&NR=2009311221A1&KC=A1&FT=D&date=20091217&DB=EPODOC&locale=fr_fr
Gellan gum based hydrogels for regenerative medicine and tissue engineering applications, its system, and processing devices	Chimique	Non-précisée	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20090820&CC=WO&NR=2009101518A2&KC=A2
Polymer scaffold material for cultivating cells	Chimique	Cellule	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/description?CC=WO&NR=2009010194A1&KC=A1&FT=D&date=20090122&DB=EPODOC&locale=fr_fr
Polymer carrier	Chimique	Non-précisée	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=2009170959A1&KC=A1&FT=D&date=20090702&DB=EPODOC&locale=fr_fr
Nano/macroporous bone tissue scaffolds for regenerative medicine	Chimique	Os	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20090513&CC=EP&NR=2056893A1&KC=A1
Regenerative medicine devices and foam methods of manufacture	Mousse	Non-précisée	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20090319&CC=US&NR=2009075371A1&KC=A1
Tissue-engineered constructs	Non-précisé	Non-précisée	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/claims?CC=EP&NR=2075015A1&KC=A1&FT=D&date=20090701&DB=EPODOC&locale=fr_fr
Method of fabricating a tissue engineering scaffold	Chimique	Non-précisée	2009	http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=fr_fr&FT=D&date=20090122&CC=WO&NR=2009011978A1&KC=A1