

**Bioingénierie
magnétique : reproduire
les tissus musculaires
humains in vitro**



Édito

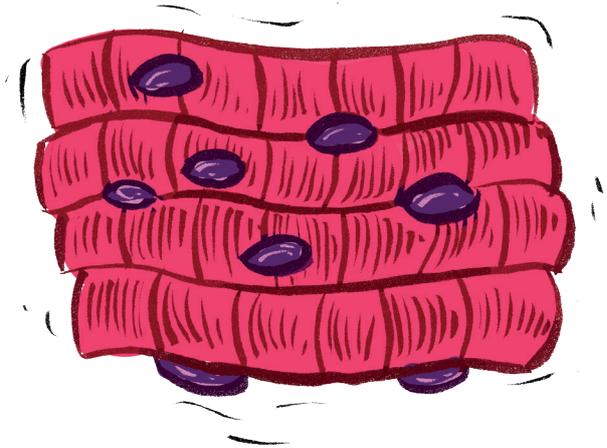
Ce livret de vulgarisation scientifique illustre les travaux de recherche effectués au Laboratoire MSC Campus Paris Rive Gauche.

Sommaire

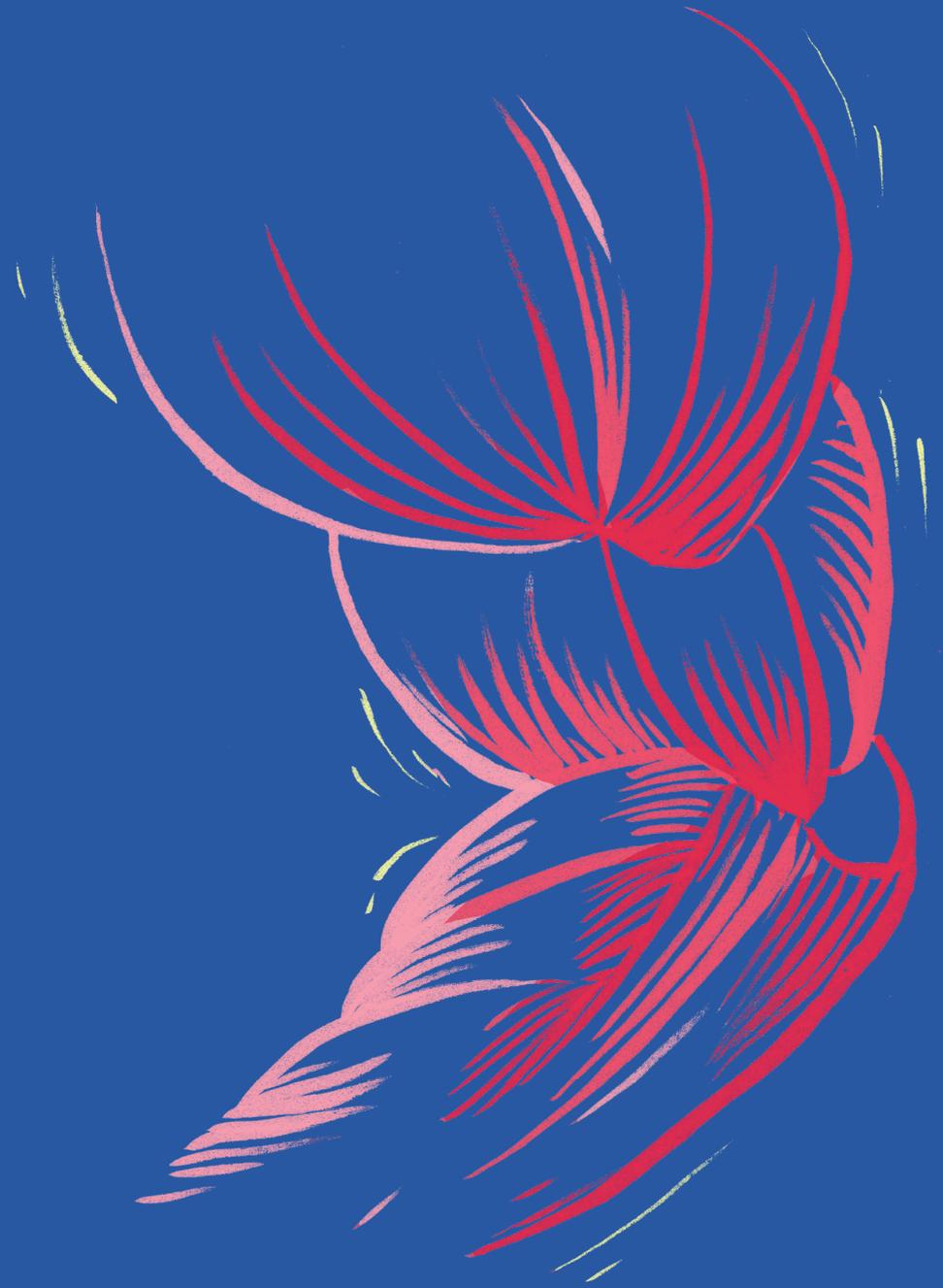
Introduction.....	6
1) Qu'est-ce qu'une cellule?.....	8
2) Créer des tissus modèles.....	16
3) Appliquer une force magnétique.....	18
4) Organiser les cellules des tissus modèles.....	22
Conclusion.....	28
Remerciements.....	30

Introduction

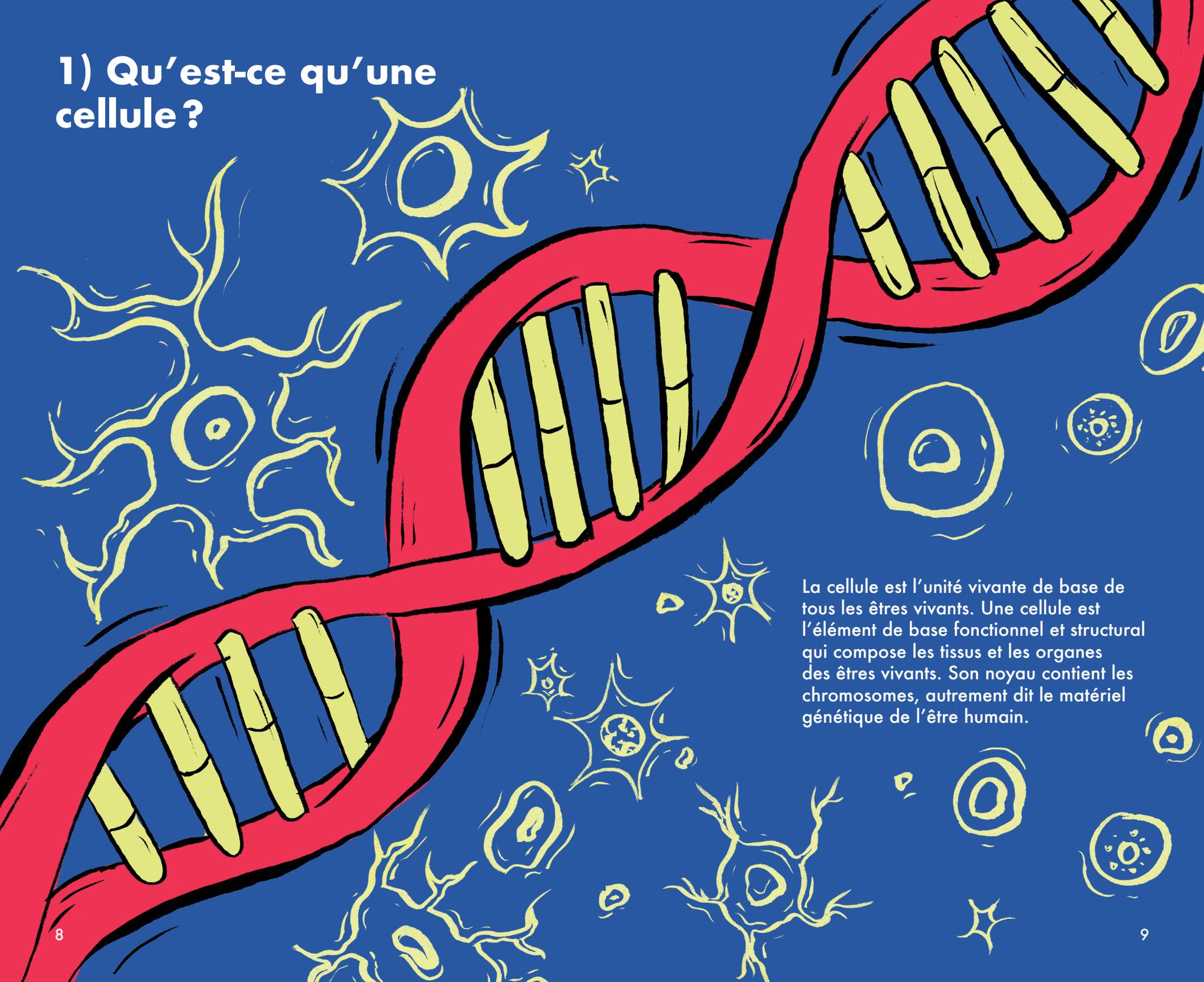
Le thème de cette recherche à la croisée entre physique, ingénierie, biologie et médecine est l'étude des propriétés mécaniques des tissus musculaires humains. L'objectif est de parvenir à reproduire l'architecture et la fonction de ces tissus mais aussi, de savoir comment les propriétés mécaniques des tissus sont modifiées en cas de pathologies.



tissu musculaire

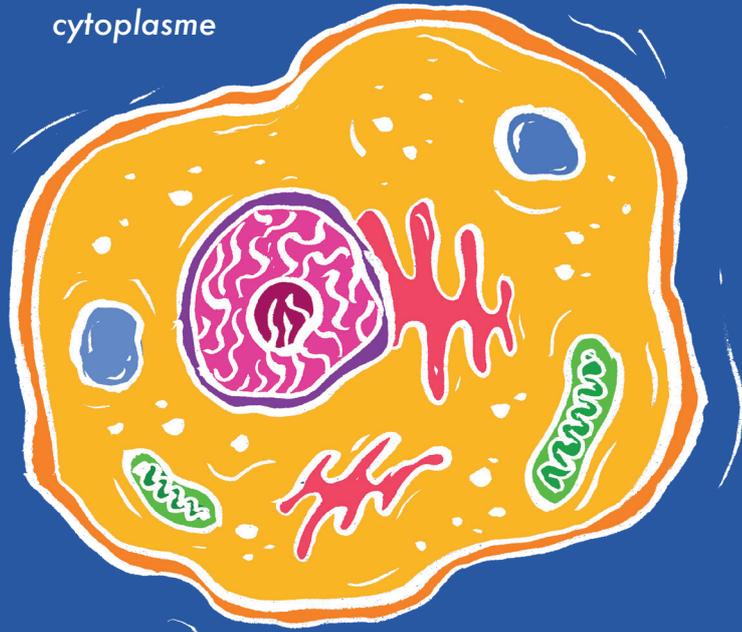


1) Qu'est-ce qu'une cellule ?

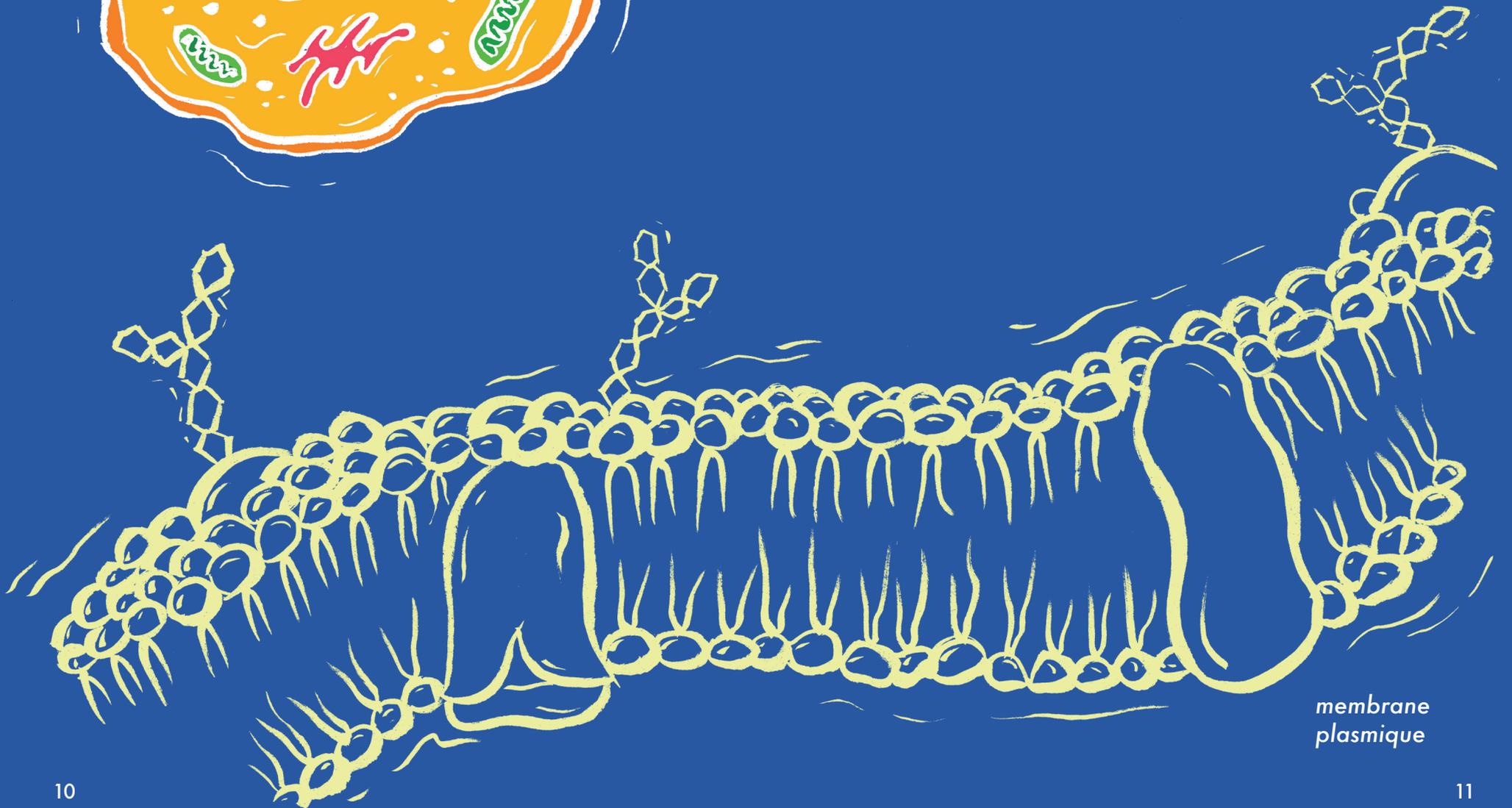


La cellule est l'unité vivante de base de tous les êtres vivants. Une cellule est l'élément de base fonctionnel et structural qui compose les tissus et les organes des êtres vivants. Son noyau contient les chromosomes, autrement dit le matériel génétique de l'être humain.

cytoplasme

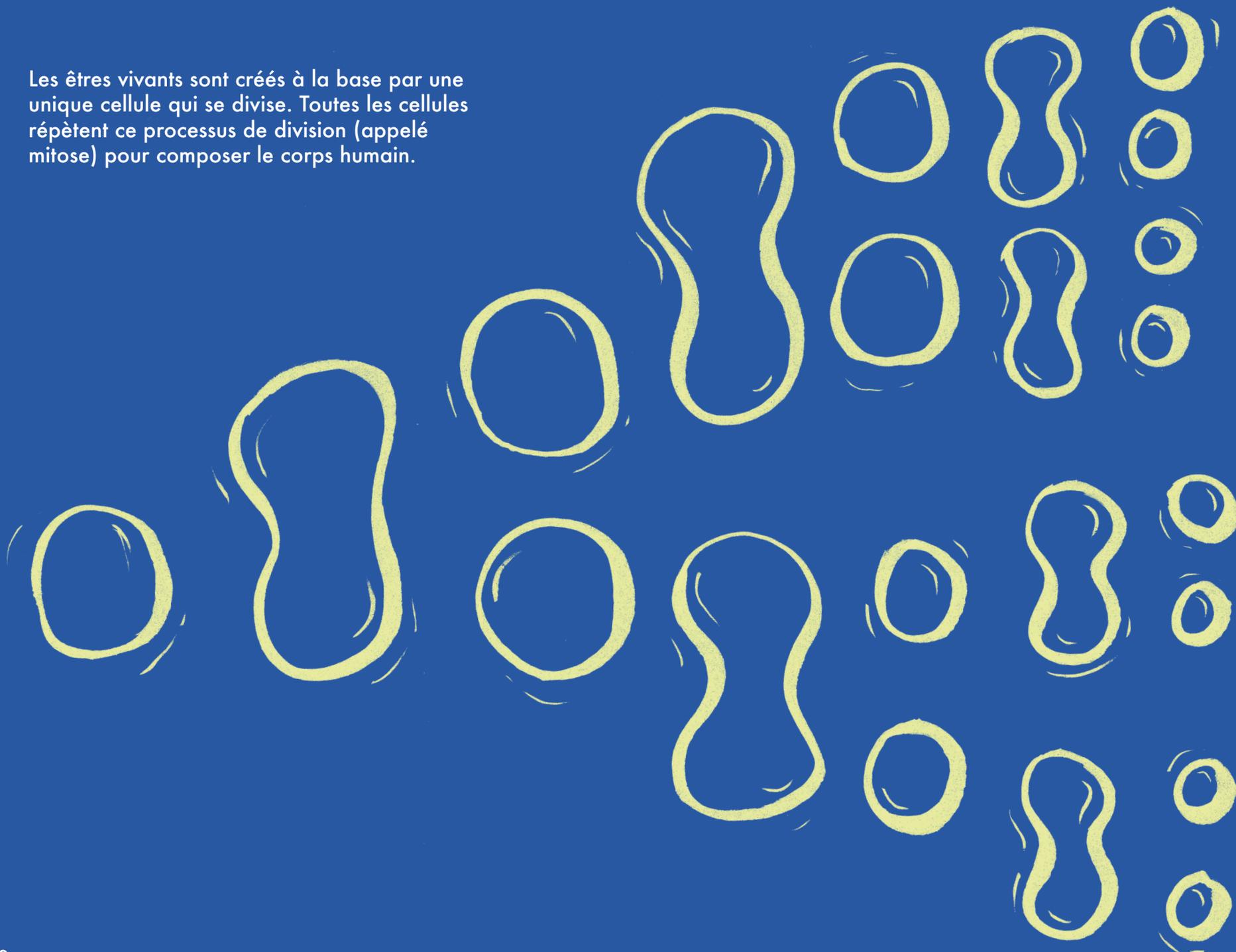


Une cellule est constituée d'une membrane plasmique contenant un cytoplasme, dans lequel se trouvent de nombreuses biomolécules telles que des protéines et des acides nucléiques.

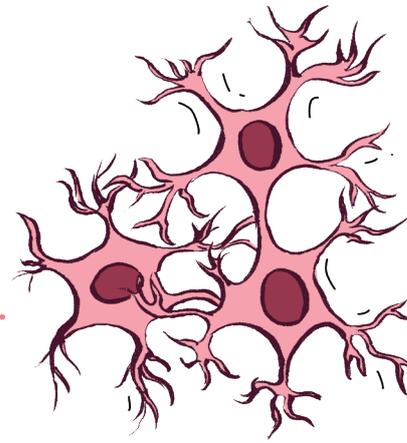
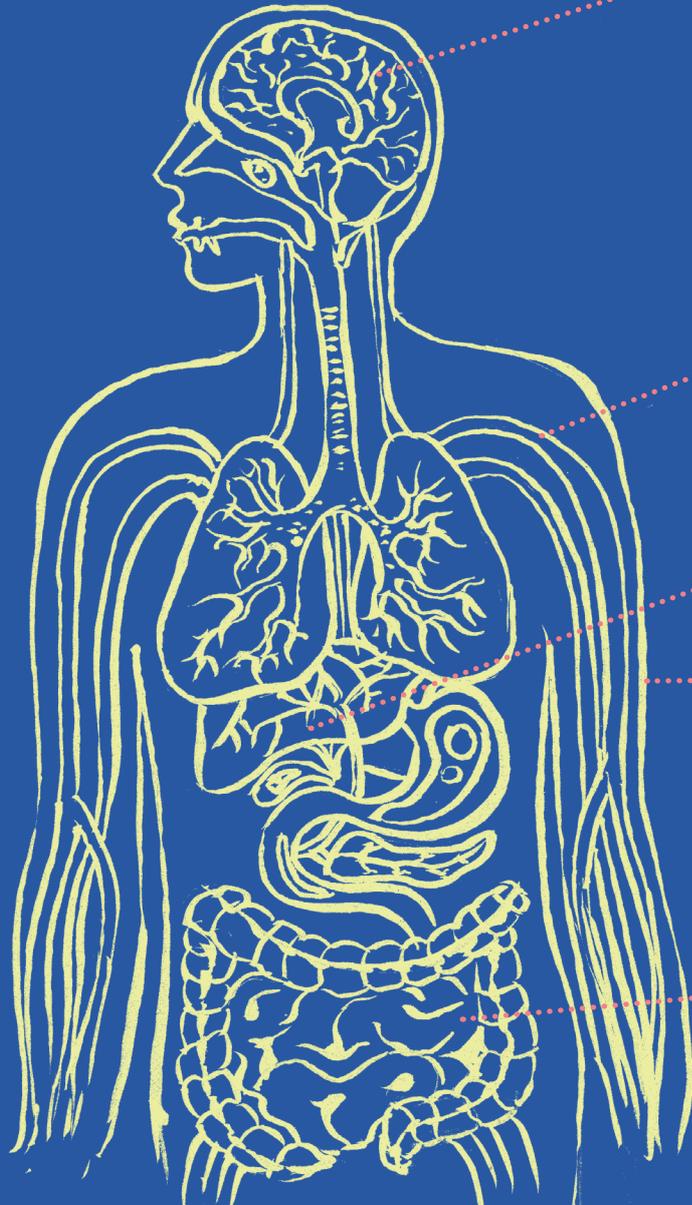


membrane plasmique

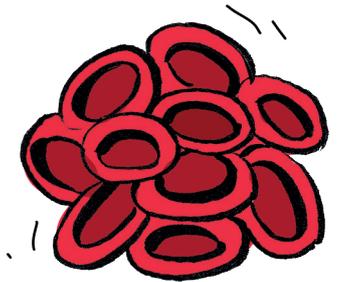
Les êtres vivants sont créés à la base par une unique cellule qui se divise. Toutes les cellules répètent ce processus de division (appelé mitose) pour composer le corps humain.



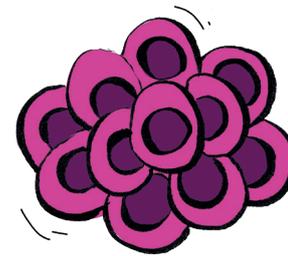
Chaque cellule fonctionne de manière autonome mais en adéquation avec toutes les autres. Cette unité remplit toutes les fonctions de l'organisme : le métabolisme, le mouvement, la croissance, la reproduction, la transmission des gènes, la création et le bon fonctionnement de nos muscles, de notre cerveau, de notre système digestif... La diversité de ces fonctions requiert une spécialisation des cellules à partir d'un patrimoine génétique unique, c'est le processus de différenciation.



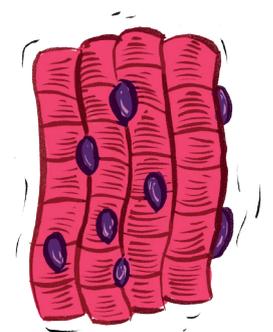
cellules nerveuses



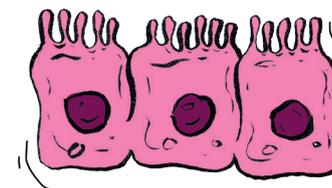
cellules sanguines



cellules hépatiques



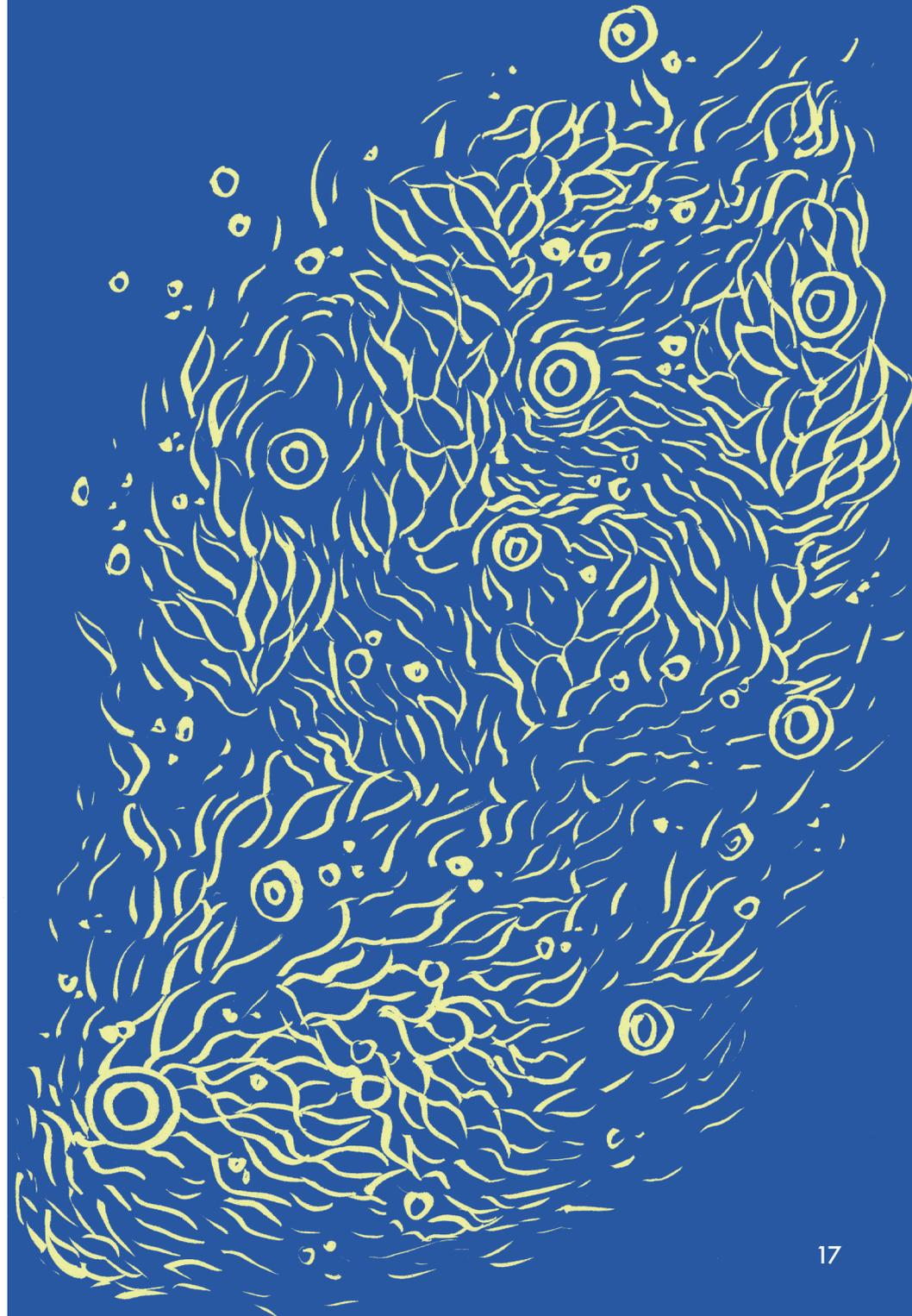
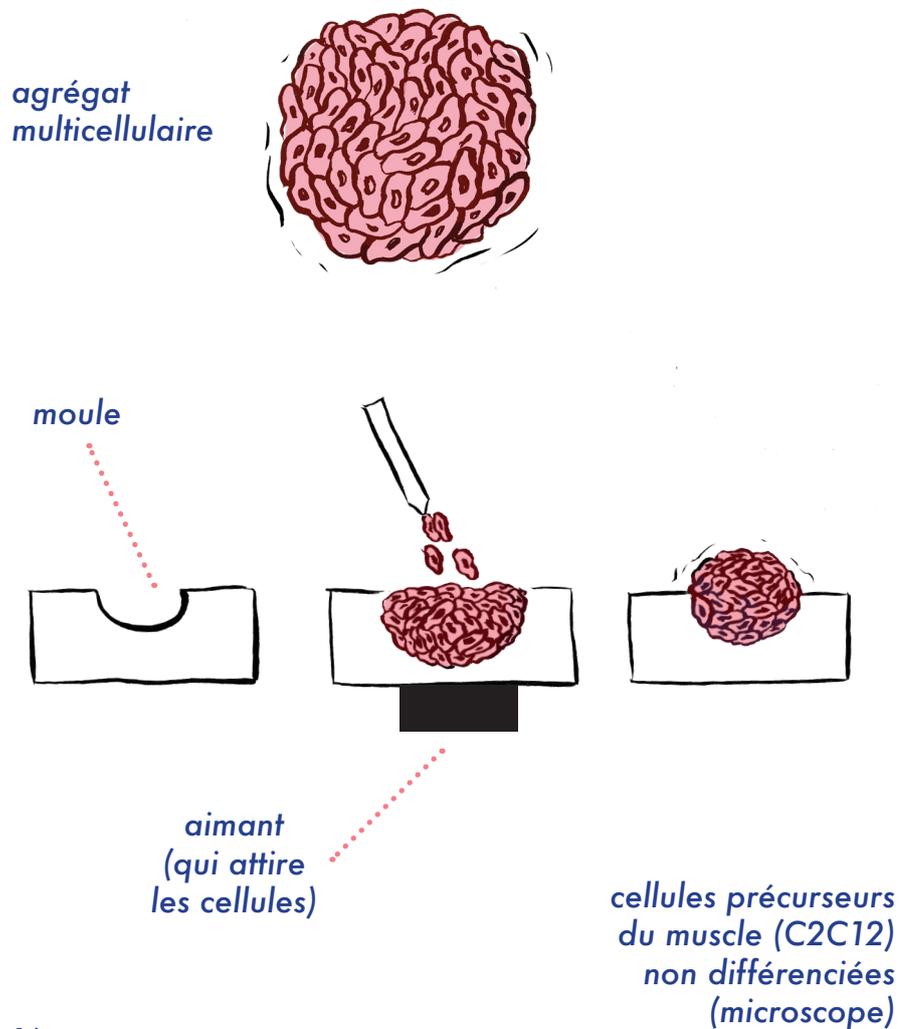
cellules musculaires



cellules intestinales

2) Créer des tissus modèles

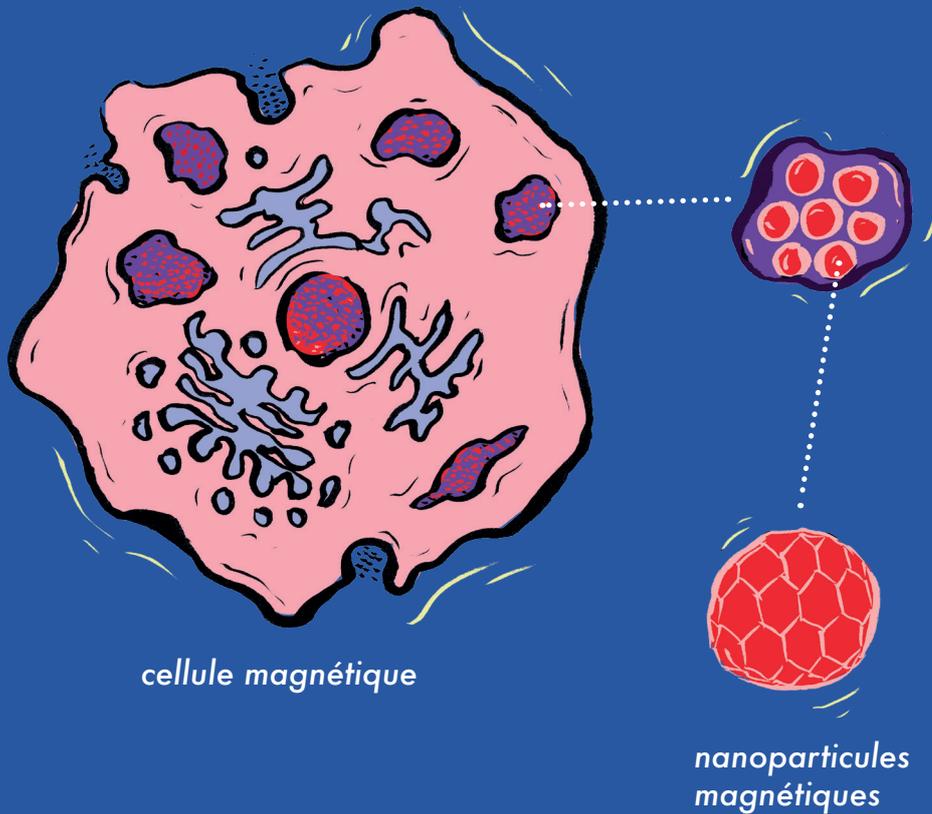
Les chercheurs vont créer un petit modèle de muscle en partant de cellules indifférenciées. Ces cellules adhèrent les unes aux autres et forment un « tas » : il s'agit de l'agrégat multicellulaire. On peut contrôler la forme de cet agrégat grâce au moulage magnétique (en introduisant les cellules dans un moule).



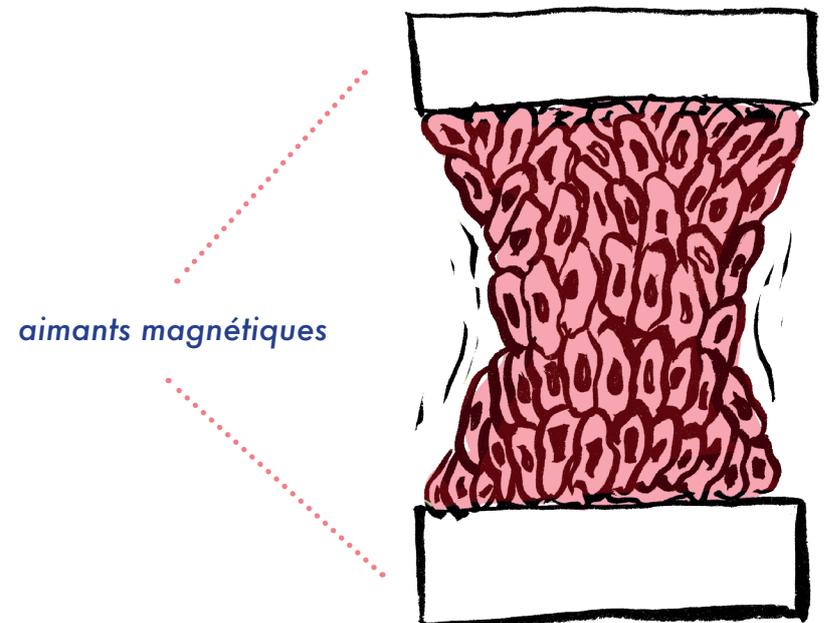
3) Appliquer une force magnétique

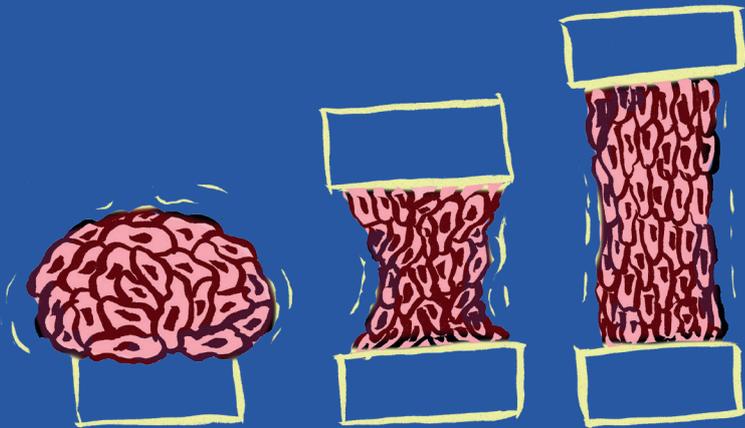
On va appliquer des forces sur cet agrégat multicellulaire afin de le manipuler grâce à un champ magnétique.

Pour cela, on introduit des nanoparticules magnétiques à l'intérieur des cellules afin qu'elles soient attirées par les 2 aimants qu'on placera de part et d'autre de l'agrégat afin de l'étirer.



Ces nanoparticules s'aimantent en présence d'aimants externes, la cellule est ainsi également transformée en aimant. Les cellules sont d'abord attirées par les deux aimants puis elles adhèrent les unes aux autres, et créent un modèle de mini tissu musculaire.

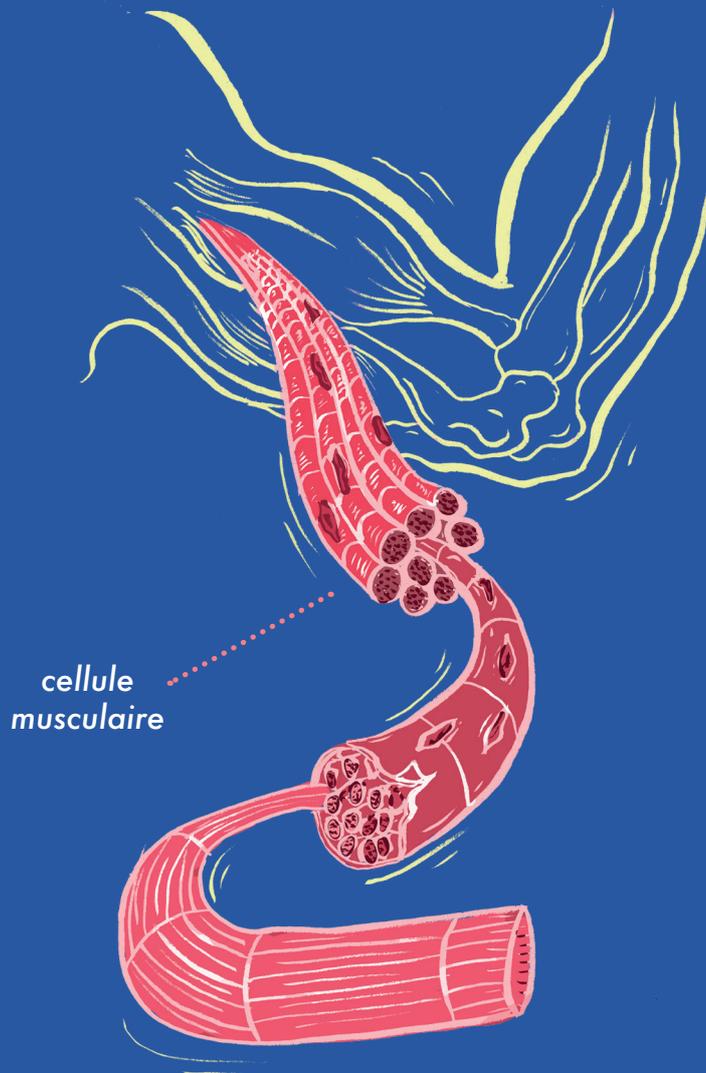




On peut mesurer les propriétés mécaniques de ces petits tissus modèles (s'ils sont plus ou moins rigides) et faire le lien avec les propriétés biologiques du tissu musculaire et des pathologies.

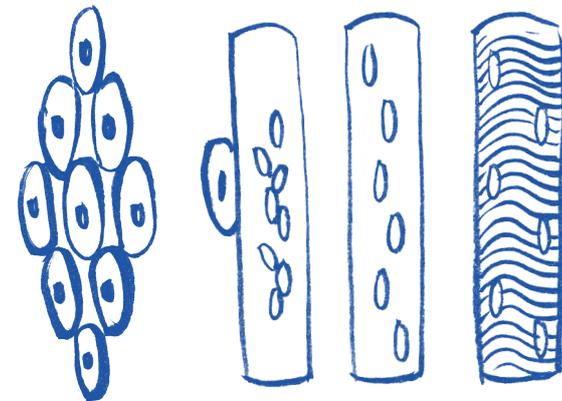
4) Organiser les cellules des tissus modèles

Au départ ces tissus modèles ne sont pas organisés, contrairement aux tissus musculaires de notre corps. Ces derniers sont constitués d'une multitude de grandes cellules fusionnées (c'est-à-dire nées de la fusion de plusieurs cellules non différenciées), alignées et collées les unes aux autres.



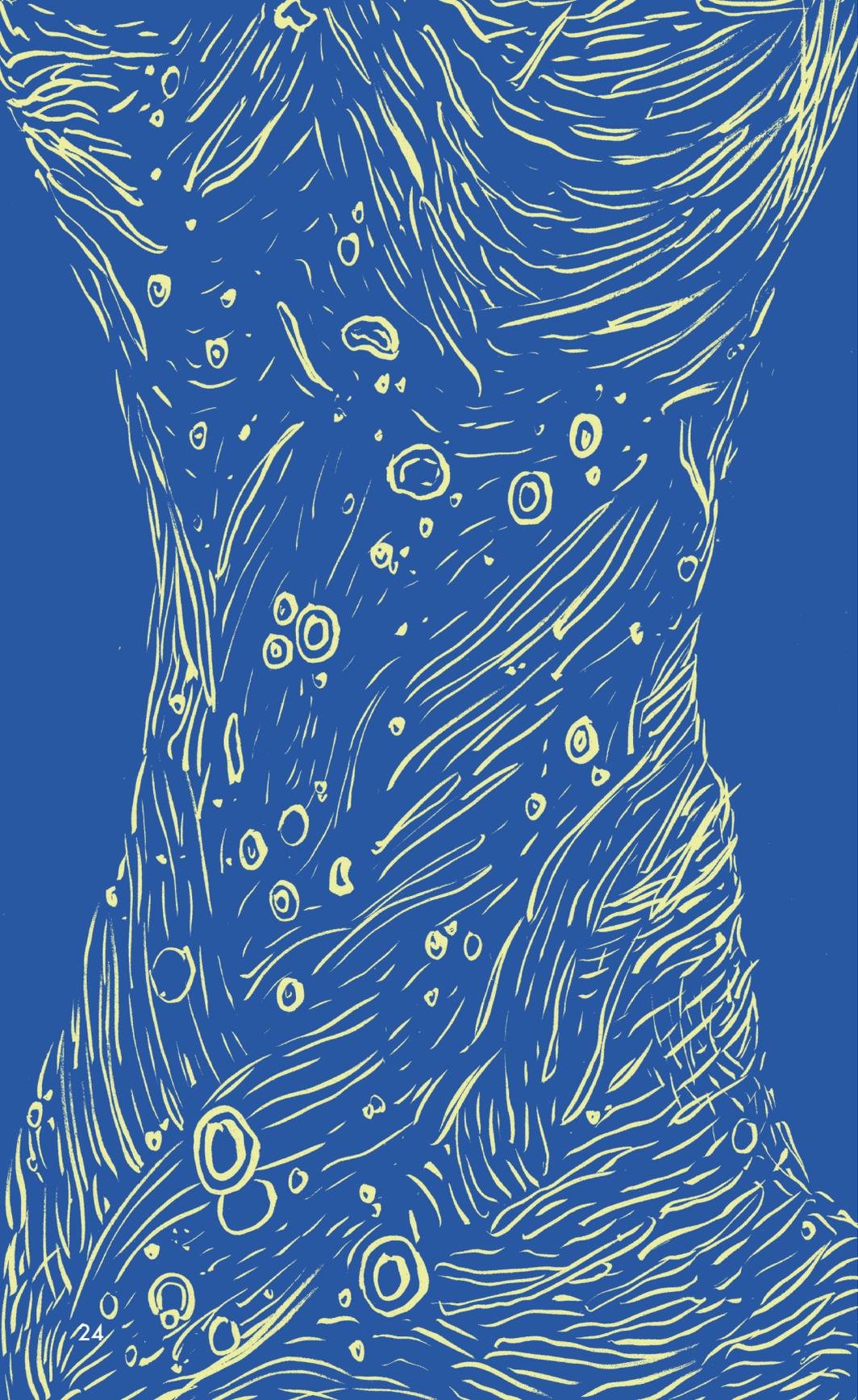
Elles s'étirent et se rétractent de manière synchronisée, ce qui permet la contraction musculaire. L'objectif est donc de créer un modèle de muscle reproduisant cet alignement de cellules fusionnées. Pour aligner les cellules composant le tissu modèle, on prélève des cellules capables de fusionner (comme les cellules précurseurs du muscle, qui sont prêtes à régénérer les cellules endommagées), on les étire. Ensuite, elles fusionnent.

Il s'agit de la différenciation musculaire : la transformation d'une cellule en cellule musculaire.

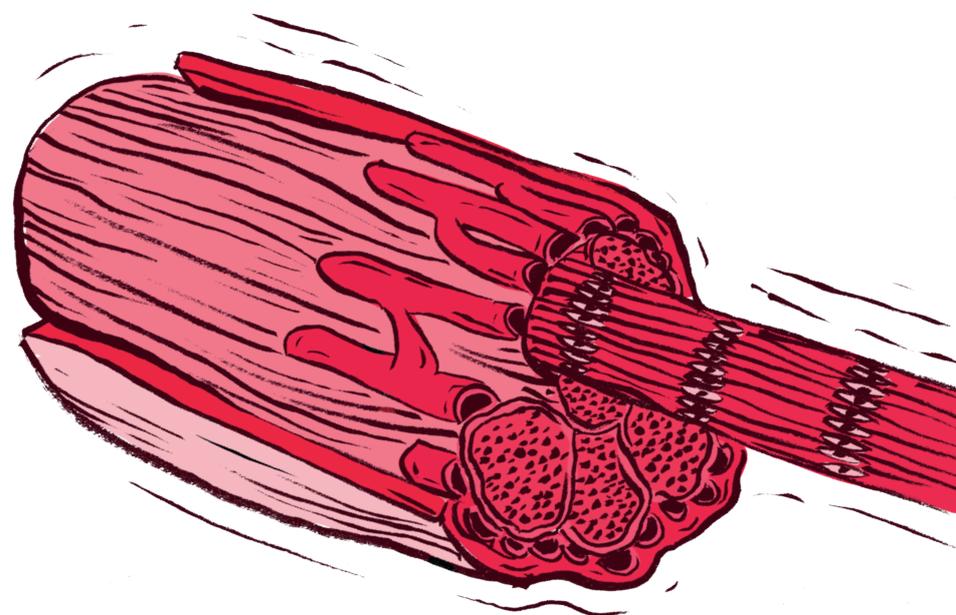


cellules
précurseurs
du muscle

cellules
fusionnées
(transformées
en cellules
musculaires)

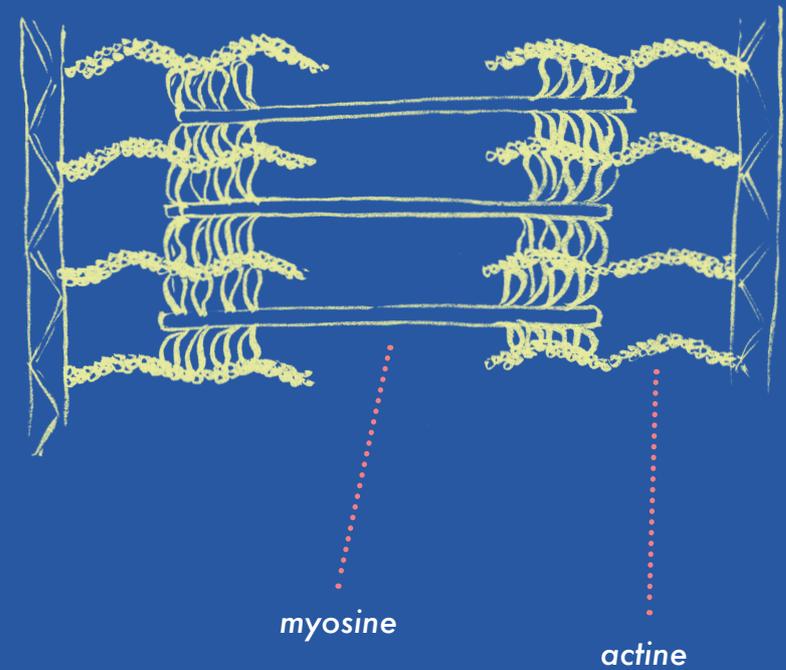


fibre musculaire



*cellules précurseurs
du muscle (C2C12)
fusionnées (microscope)*

Les protéines permettent d'assurer la fonctionnalité des cellules et y ont une fonction précise. Deux protéines rentrent particulièrement en jeu : la myosine qui permet la contraction musculaire en tirant sur l'actine. Leur organisation change quand les cellules se transforment en cellules musculaires, on les observe donc dans ces modèles.



Conclusion

Le but du projet est d'avoir des mini-tissus fiables en terme d'organisation par rapport à nos muscles.

On pourrait à terme l'utiliser comme plateforme pour tester des médicaments et des pathologies, ce qui est fait actuellement sur des souris. À terme, on irait jusqu'à implanter des tissus artificiels chez des malades.

Ce projet a déjà pu montrer que le simple étirement des cellules conduit à la formation de mini-tissus musculaires.

À terme, ces tissus modèles pourraient permettre une médecine personnalisée.

Remerciements

Merci à Myriam Reffay, Irène Nagle et l'équipe du laboratoire de m'avoir accueillie et partagé leurs travaux de recherche !

Laboratoire de recherche : Laboratoire MSC
Campus Paris Rive Gauche

Institut de recherche :

Design graphique : Christina Rostaing

Typographie : Futura

Vulgarisation scientifique : Laboratoire MSC,
Christina Rostaing

Imprimerie : Recto Verso, Vitry-sur-Seine

Coordination du projet : Qlife, EPSAA

Édition : 2023/2024

