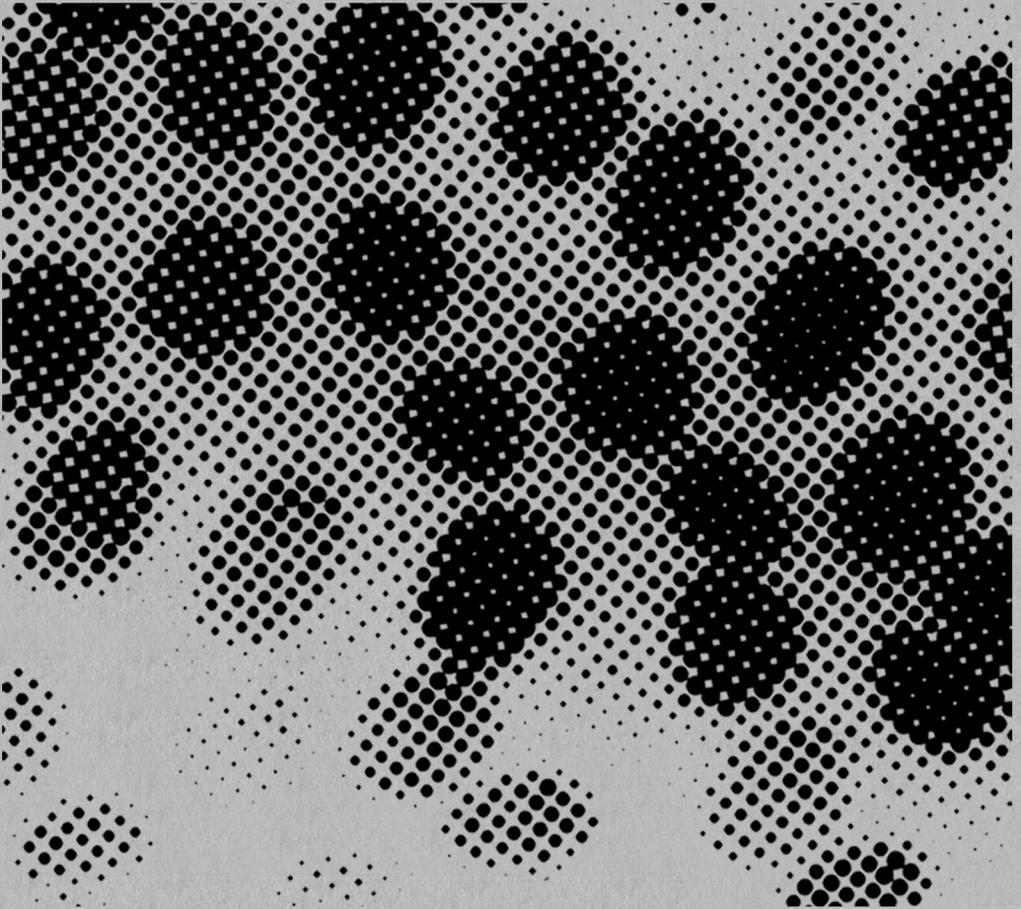


BIOMATIERES
BIODESIGNER



Thomas Carlier
2020

*« Toutes les inventions des hommes
ne sont que des imitations assez gros-
sières de ce que la nature exécute avec
la dernière perfection. »*

Buffon, Histoire naturelle

BIOMATIERES & BIODESIGNER

Thomas Carlier

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Sous la direction de Thierry de Beaumont et Charlotte Poupon
Ecole camondo
Janvier 2020

SOMMAIRE

1	QU'EST CE QU'UNE BIOMATIERE ?	p10
	1. Composer avec le vivant : Les Propamatières	
	2. Les nouveaux artisans : Les Animatières	
	3. Designer le vivant grâce à la bio-synthèse : Les Mutamatières	
2	UNE SOLUTION AUX ENJEUX DE DEVELOPPEMENT DURABLE ACTUELS	p38
	1. Environnement : Remplacer les matières polluantes dans le design	
	2. Société : Faire accepter ces nouvelles matières	
	3. Economie : De nouveaux apports pour l'industrie	
3	UNE NOUVELLE MANIERE DE CONCEVOIR	p53
	1. De l'atelier à la paillasse : L'hybridation de la biologie et du design	
	2. De nouvelles perspectives créatives pour le designer	
	3. L'apparition de limites éthiques dans le processus créatif	
	CONCLUSION	p61
	BIBLIOGRAPHIE	p65

INTRODUCTION

Quand la biologie devient une technologie du vivant et ouvre de nouvelles voies en matière d'industries, le designer découvre un nouveau terrain de jeu ainsi qu'une nouvelle boîte à outils à mettre au service de la création. Dans un futur proche les manufactures traditionnelles polluantes pourront-elles être remplacées par la fabrication biologique ? Aujourd'hui, des bactéries sont déjà domestiquées pour devenir des usines vivantes dédiées à la production de pigments. Si si, regardez attentivement la page de gauche. Voici une bactérie développée par la société française Pili. Placés dans une solution aqueuse chargée en sucre les micro-organismes se nourrissent des glucides et synthétisent des pigments. Ce système peu énergivore et très productif, pourra à terme répondre aux besoins de l'industrie du textile de manière plus efficiente que les teintures végétales; nécessitant quant à elles, de grosses surfaces agricoles pour un rendement limité.

Pour le créateur, il est essentiel de connaître les matériaux, outils et technologies qui peuvent transformer des concepts en produits finis. Un designer industriel sait utiliser le moulage plastique par injection, mais combien savent collaborer avec un ver à soie ou une algue? Comprendre et découvrir les possibilités des matériaux et biotechnologies vivantes devient essentiel pour l'industriel et le designer.

De nombreux artistes et scientifiques coopèrent déjà avec le vivant en s'affranchissant des codes de l'industrie créative moderne. Ils travaillent avec des champignons et des abeilles pour fabriquer des meubles et des vases.

Tout en ouvrant de nouvelles perspectives créatives aux designers, comment les biomatières répondent-elles aux enjeux de développement durable actuels ?

Dans le cadre de cette réflexion, nous tenterons de définir et réaliser une classification de ces biomatières au service du design. Nous nous interrogerons également sur les possibilités qu'offrent ces alternatives pour la société de manière écologique et économique. Pour finir nous aborderons les possibilités qu'elles apportent au métier de designer.



1.

QU'EST CE QU'UNE BIOMATIERE ?

Si les matériaux biomimétiques que nous connaissons aujourd'hui, s'inspirent et reproduisent les propriétés du vivant, les Biomatériaux eux, sont directement issus et produits par le vivant.

Cette "biofabrication" ouvre ainsi de nouvelles opportunités créatives pour le designer tout en visant de meilleures performances écologiques. Parmi les Biomatériaux, on peut nommer dans un premier temps les matières Biosourcées, quotidiennement utilisées dans le design et l'architecture d'intérieur, comme la laine, le bois, ou le chanvre. Mais aujourd'hui, les avancées scientifiques ont permis de développer de nouvelles typologies de Biomatières qui mettent en avant une vision du vivant comme un associé de production et non plus uniquement comme un stock de ressources. Mais dès lors, comment travailler avec la vie sans l'exploiter ? L'utilisation et la production de matières issues du vivant nous invite à nous interroger sur sa définition et notre rapport à lui. Au 19e siècle dans son livre, *Philosophie zoologique* paru en 1809 Jean baptiste Lamarck est le premier à délimiter la frontière entre le vivant et le non vivant, en qualifiant de vivant ce qui "respire" et "se reproduit". Aujourd'hui la définition s'est précisée et dans son article "Inertes ou vivant" paru en 2018 dans le journal du CNRS, Mathieu Grousson journaliste scientifique et Docteur en physique expose les bases de la définition d'un point de vue biologique comme: "l'Auto-organisation, le métabolisme, la reproduction et l'évolution". Un être vivant se développe et se maintient dans un état physique suffisamment longtemps pour se reproduire. Plus notre connaissance du vivant s'est développée, plus notre fascination pour celui-ci a grandi. Aujourd'hui il ne s'agit plus seulement d'imiter le vivant ou de le modifier mais également de collaborer avec lui. "Ouvrer avec

la nature en s'associant avec celle-ci"¹. Dans son livre *Un art écologique* l'historien d'Art Paul Ardenne évoque cette envie des artistes de travailler avec la nature pour partenaire. En 1960 Yves Klein, réalise *Vent Paris-Nice* en laissant s'exprimer la nature sur une des ses toiles. Il fixe sur le toit de sa voiture un canevas fraîchement enduit de bleu puis prend la route en direction de Nice. 1000 km plus tard la toile est transformée par les éléments. "Tandis que j'avalais la nationale 7 à 100 km/h, la chaleur, le froid, le vent firent que ma toile fut prématurément vieillie"². A qui revient la paternité de cette création ? à la nature ou au peintre ? Au deux. "Telle est la logique du partenariat, faire une partie du travail seulement mais permettre que le travail soit réalisé en son tout"³. Ici l'artiste collabore avec la nature de manière équilibrée en la considérant comme son associé. Aujourd'hui, Il est possible d'appliquer cette coopération manufacturière avec le vivant à une autre échelle. Le designer peut trouver des biotechnologies dans la nature, adéquates à la production de ses créations. C'est ce que l'on appelle la "biofabrication".

La biofabrication fait son apparition dans le domaine de la médecine régénérative⁴ à la fin des années 70 avec la fabrication des premières peaux synthétiques. Ces peaux sont dans un premier temps développées pour les grands brûlés, avec pour objectif final de faire "pousser" des pièces de rechange pour le corps humain, et à terme produire des organes.

Bien que la "biofabrication" soit issue du domaine de la médecine, en appliquant ce principe à d'autres organismes vivant que le corps humain, elle prend une dimension créative bouleversante pour le design et l'industrie.

La présentation de ces Biomatières sera le point de départ de notre analyse. Nous avons décidé de répartir ces collaborations en 3 grandes classes, que nous avons nommé et définit :

Les Propamatières, les Animatières et les Mutamatières.

1. Paul Ardenne, *L'art écologique*, Le Bord de l'Eau, collection La Mulette, p34.

2. Citation de Yves Klein *ibid.*, p35.

3. *ibid.*, p35.

4. Axel Kahn, *Cellules souches et médecines régénératives*, Med-sci, vol 18, p503.

1.COMPOSER AVEC LE VIVANT : LES PROPAMATIÈRES

Propamatière, n.f : Matière issue d'un organisme qui prolifère en créant une masse biologique. Une fois figée, cette masse biologique devient exploitable. Ce Nom est composé du terme Latin *propagatio* qui signifie propagation.

Les expérimentations d'artistes et de designers autour de cette question ont permis de donner un nouveau regard sur les organismes invasifs et proliférants comme les champignons, les algues et certains végétaux. En effet, si la croissance rapide qui constitue l'identité de ces espèces invasives peut être vue comme un aspect négatif, cette caractéristique peut également, si on lui donne un cadre, devenir une perspective créative pour le designer et une opportunité de concevoir de façon plus durable.

Prenons dans un premier temps l'exemple du projet de biodesign "ALGA" du Designer Samuel Tomatis diplômé de l'ENSCI en 2017. Cette série d'objets développée autour du design et de l'architecture éphémère utilise les algues vertes comme une matière première.

L'eutrophisation des mers Bretonnes dû au ruissellement des fertilisants agricoles dans l'eau, provoque le sur-développement des végétaux aquatiques. En se décomposant cette matière organique devient polluante, toxique et nocive pour les écosystèmes qui l'entoure. En partant de ce constat, Samuel Tomatis décide de valoriser ce déchet organique en matière première pour la production d'objets. La prolifération de ces algues vertes devient alors un atout permettant "d'élever ce déchet local au rang de production positive et durable afin qu'il serve au design et à l'agencement"⁵.

Avec l'aide du chercheur et chimiste Antoine Rouilly, il s'est intéressé à la composition des algues pour exploiter au mieux leur richesse plastique: texture, souplesse, opalescence et résistance mécanique. Il a ainsi développé un bioplastique thermoformable pour réaliser l'assise de sa chaise Alga. En faisant appel à différents savoirs-faire et en coopérant avec différents corps de métier, Samuel Tomatis a composé ce que nous pourrions nommer un écosystème créatif afin d'explorer l'intégralité des



5. Samuel Tomatis, *Dossier de presse bourse Agora 2017*.

propriétés du matériau. Après avoir développé un textile à l'aide d'un tisserand en utilisant la fibre des algues, il expérimente actuellement la création de papiers avec un artisan papetier traditionnel breton.

Dans cet exemple le designer ne contrôle pas l'apparition et le développement des algues, il les utilise comme une matière première présente à l'état naturel. Mais il est également possible de se placer en amont du cycle de vie de l'organisme et de guider sa croissance.

C'est ce que le designer Jonas Edvard, diplômé de L'Académie royale d'art de Copenhague, montre dans sa série d'objets "MYX" créée en 2013. En cultivant du mycélium de pleurotes, l'appareil végétatif souterrain des champignons, dans une forme prédéfinie il développe une nouvelle méthode de création. Le mycélium provenant d'une ferme agricole est placé dans un moule contenant un substrat à base de déchets organiques⁶.

Le mycélium se développe dans le substrat en créant un réseau de fibres qui se densifient pour atteindre des propriétés mécaniques qui lui confèrent une fois séché, résistance et pérennité. Il faut compter entre deux et trois semaines pour obtenir un Abat-jour utilisable. Il ne s'agit donc plus ici d'injecter du plastique dans un moule mais bien de composer avec le vivant en lui donnant un cadre. La collaboration avec le vivant fait alors partie intégrante du processus de création. Le designer semble ici se transformer en néo-agriculteur, dans le but de "faire pousser" ses objets au rythme du vivant.

L'organisme peut ainsi se développer dans un écosystème qui lui est favorable, et le designer obtient un Biomatériau fonctionnel et biodégradable.



2. DE NOUVEAUX ARTISANS : LES ANIMATIÈRES

Animatière, n.f : Matière non vivante fabriquée par des organismes au cours de leur cycle de vie. Ce nom est composé du terme Latin Anima qui signifie le souffle, l'âme.



Certains organismes produisent eux même une matière, comme le ver à soie, l'araignée ou bien certaines bactéries. En embauchant ces organismes comme "collègues" et en guidant leur travail, le designer leur donne un nouveau statut: celui d'un artisan seul capable d'appliquer son savoir-faire.

L'artiste plasticien Tomas Libertiny est un des premiers a avoir exploité cet axe en mettant en relation nature et technologie. Dans la lignée de l'apiculture, il décide en 2005 de collaborer avec un essaim d'abeilles pour son projet "Made by bees", en posant empiriquement les bases d'une coopération manufacturière avec le vivant. Pour stocker leur miel et leur descendance, les abeilles fabriquent dans leur habitat une structure alvéolaire en cire naturelle. L'apiculteur guide cette construction naturelle, en disposant des cadres en bois à l'intérieur de la ruche. Après plusieurs mois de recherches, Tomas a réussi à orienter le comportement des abeilles pour qu'elles créent des ruches autour d'une structure légère en fils de fer reprenant la forme d'un vase. Les abeilles continuent à vivre, et construire leur habitat sans modification de leurs besoins fondamentaux. Entre dix et trente jours suffisent pour la création d'un vase et les couleurs varient en fonction des espèces de fleurs butinées⁷. En suivant le rythme de vie de ces animaux, la production est naturelle et respectueuse de l'environnement. Le designer doit s'adapter au rythme du vivant et apprendre à créer avec lui.

Cette méthode de collaboration fonctionne aussi à très petite échelle comme celle des micro-organismes. La *Sporosarcina pasteurii* est une

7. Marie-Ange Brayer et Olivier Zeitoun, *La Fabrique du vivant*, Edition HX 2019, p216.



18

bactérie tout à fait étonnante. Derrière ce nom se cache un organisme capable de calcifier le sable. Cette bactérie permet de transformer le sable en une roche similaire au grès. En utilisant ce principe dans son projet "A RADICAL MEANS", l'artiste et biologiste Damian Palin a réussi à mettre au point un tabouret étonnant. Après avoir réalisé le moule de son assise, il y a injecté une pâte contenant du sable, de l'eau, les bactéries ainsi que des nutriments pour nourrir ces dernières. En s'alimentant, elles sécrètent des sédiments de calcaire qui viennent s'intercaler entre les grains de sable et ainsi créer une roche naturelle en quelques heures⁸. Cette méthode trouve déjà des applications dans le domaine de l'architecture, elle a permis notamment à des chercheurs hollandais de l'université de Delft de mettre au point un Béton "auto-cicatrisant". Quand il se fissure des bactéries contenues dans des capsules viennent réparer les brèches permettant ainsi de rallonger la durée de vie de la construction⁹.

Si le designer peut observer le vivant sous un nouveau jour en le considérant comme un associé lui offrant ses services, c'est que les avancées scientifiques en matière de biologie lui ont permis aujourd'hui d'aborder une toute nouvelle manière de composer avec le vivant, en créant de toutes pièces les organismes dont il a besoin.

19

8. William Myers, *Bio Design Nature science créativité*, Thames & Hudson 2018, p88.

9. Ibid., p82.

3. DESIGNER LE VIVANT GRÂCE À LA BIO-SYNTHÈSE : LES MUTAMATIÈRES

Mutamatière, n.f : Matière issue de la modification génétique d'un organisme vivant. Ce nom est composé du terme Latin mutatio qui signifie modifier.

Dans son projet Biolace¹⁰, l'artiste Carole Collet se projette en 2050 dans un monde où le designer a les capacités de repenser le vivant, de modifier la forme des racines d'une plante pour qu'elles produisent un tissage exploitable dans l'industrie du textile en s'affranchissant de milliers d'années d'évolution naturelle. Les clés de ce monde existent aujourd'hui grâce à l'accélération des découvertes dans le domaine de la modification génétique. Du point de vue du design cette nouvelle biotechnologie a de quoi faire rêver, en repoussant toutes les frontières de la création, elle donne accès à un imaginaire inexploré jusqu'alors.

20

Ce fantasme de créer et modifier le vivant est très ancien. On le retrouve notamment dans la légende hébraïque du Golem. Le Golem est une entité de forme humaine faite de glaise, et animée à l'aide d'un verset biblique inscrit sur son front. Il n'est pas doué de raison et sert son créateur. Mais le Golem devient un jour incontrôlable et le rabbin doit le détruire. Cette légende rappelle également la peur de l'homme face à sa création. Ce conte a sûrement inspiré le roman de Mary Shelley, *Frankenstein ou le prométhée moderne* dans lequel un scientifique, Victor Frankenstein, donne la vie à un être composé de cadavres humains qui fini par l'effrayer. Aujourd'hui, le mythe du Golem semble résonner à travers les évolutions scientifiques, nanotechnologiques et la modification génétique.

Il faut attendre le 20^{ème} siècle pour s'éloigner du simple fantasme et voire apparaître pour la première fois une définition scientifique du terme de "biologie de synthèse". En 1912, le biologiste français Stéphane Leduc publie son ouvrage *Biologie de synthèse* dans lequel il affirme qu'il faut analyser puis "fabriquer" pour valider nos connaissances en biologie. Il ne s'agit pas encore pour lui de créer ou modifier le vivant

10. Carole Collet, *Envie/Alive*, Fondation EDF, 2013, p27



21

mais de le reproduire synthétiquement afin de confirmer une théorie scientifique : “Quand on est arrivé à connaître le mécanisme physique de la production d’un objet ou d’un phénomène, (...) il devient possible (...) de reproduire l’objet ou le phénomène”¹¹.

C’est 60 ans après, en 1973 que deux chercheurs américains, Stanley Cohen et Herbert Boyer produisent le premier organisme génétiquement modifié. Suivent alors de multiples découvertes autour du génome comme l’invention du séquençage ADN en 1975 et la découverte des cellules souches embryonnaires par Martin Evans en 1981¹². En réponse à ces nombreuses expérimentations, le MIT organise en 2004 le congrès international “Synthetic Biology 1.0”. Cette conférence acte officiellement la naissance de la biologie synthétique contemporaine ainsi que sa nouvelle définition : “La biologie synthétique contemporaine correspond à la conception puis à la réalisation de systèmes complexes biologiques nouveaux, dotés ou non, de fonctions absentes dans la nature”.

La biosynthèse repousse les limites du vivant et ouvre ainsi le champ des possibles. Ainsi, les artistes n’ont pas tardé à se l’approprier pour leurs créations.

Se qualifiant de “bio-artiste”, l’américano-brésilien Eduardo Kac se tourne vers les domaines de la modification génétique et des biotechnologies dès la fin des années 1990. Au début des années 2000 son projet “GFP Bunny” sur le lapin Alba semble annonciateur du rapport entre la biosynthèse et la création. Alba est un lapin devenu fluorescent après l’injection d’un gène provoquant la bioluminescence. Ce lapin albinos est blanc avec des yeux rouges à la lumière du jour. Une fois éclairé sous une lumière ultraviolette il devient entièrement vert Fluorescent¹³. On obtient la protéine GFP, Green Fluorescent Protein, à l’origine de cette transformation, grâce à la mutation synthétique d’un gène trouvé à l’état sauvage dans la méduse *Aequorea Victoria*. Si cette expérience soulève de nombreuses questions éthiques que nous aborderons par la suite, c’est un des premiers exemples d’application de la biosynthèse au domaine de la création artistique. Il ne s’agit plus pour l’artiste de composer avec le vivant ou de lui donner un cadre mais de le modifier afin qu’il intègre entièrement le processus créatif.

C’est en 2010 qu’apparaissent les “ciseaux génétiques” CRISPR, véritable avancée scientifique qui révolutionne la biosynthèse. Le chercheur américain Craig Venter et son équipe publient les résultats d’une expé-



11. Stéphane Leduc, *La Biologie synthétique*, 1912.

12. André Gallais, *Histoire de la génétique et de l'amélioration des plantes*, Edition SYNthèse, 2018.

13. Valerie Hasson-Benilouche, Exposition Edouardo Kac GFP Bunny, 2019, www.galeriecharlot.com.

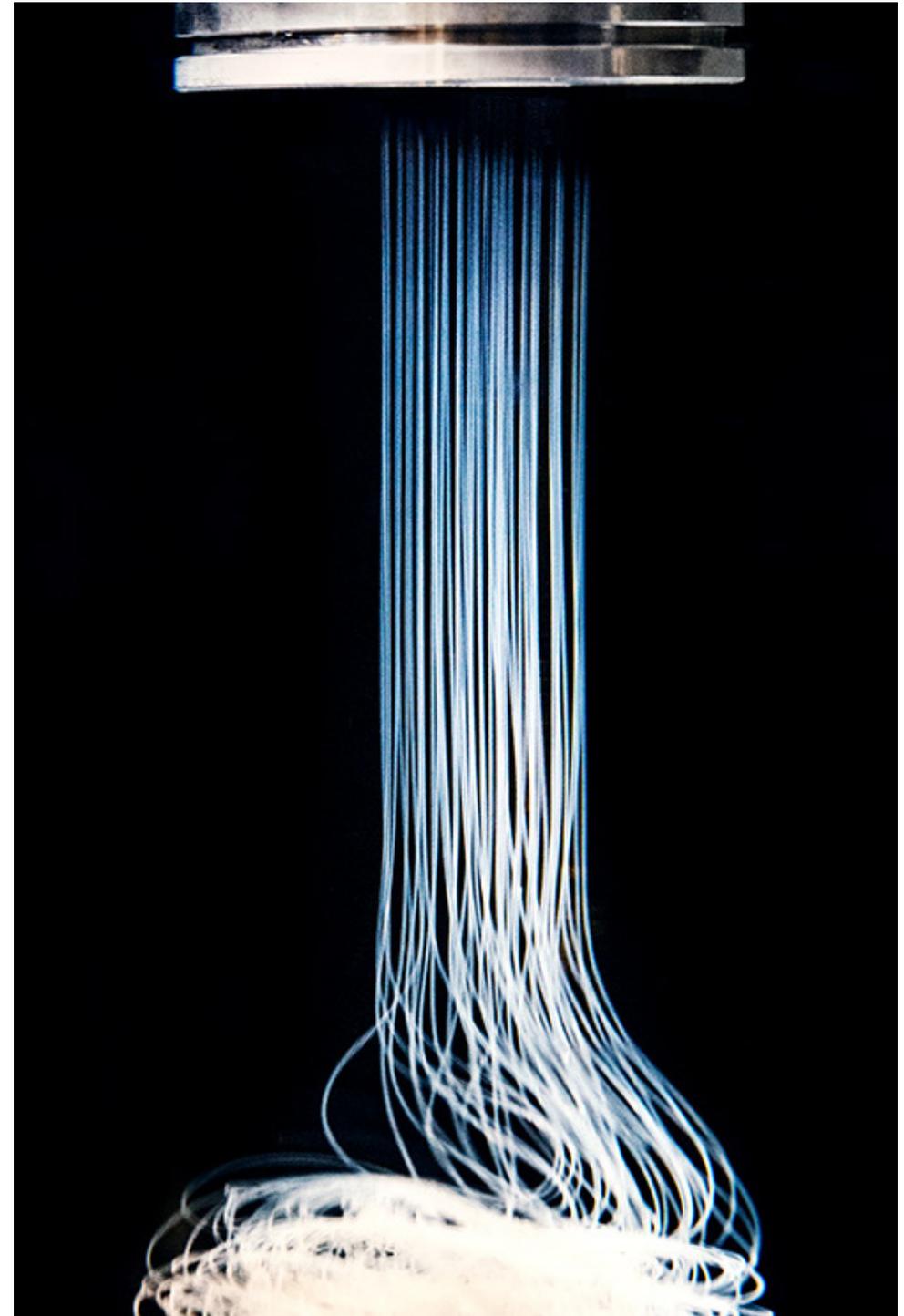
rience génétique dans la revue scientifique “Science”, ils ont créé la première “cellule synthétique” de l’histoire. Pour créer un être vivant il faut un chassis biologique qui sert de base. Pour cela on vide une bactérie de son génome original, puis on le remplace par un génome artificiel. Cette cellule, a survécu et s’est ensuite reproduite. Une nouvelle espèce est née de la main de l’Homme. Cette expérience a eu lieu grâce à l’invention des “ciseaux génétiques” CRISPR¹⁴. Cette méthode d’édition du génome démocratise le séquençage de l’ADN en le rendant plus simple et rapide. Toutes les cellules sont composées d’un long ruban d’ADN. Il faut dans un premier temps découper une partie précise de ce brin d’ADN pour désactiver le gène souhaité. On réalise cette coupure à l’aide d’une enzyme appelée Cas9 issue d’une bactérie. Dans un second temps on comble l’espace vide avec un autre gène qui apporte une nouvelle propriété à l’organisme. Cette expérience brouille les frontières entre le naturel et le synthétique. Cette bio-ingénierie se rapproche en quelque sorte d’un “Légo biologique” qui permet de composer des êtres sur mesure afin de répondre à des besoins précis. La biologie synthétique montre qu’elle est capable de reprogrammer le vivant délibérément en appliquant des techniques et des concepts propres à l’ingénierie. La matière vivante devient un matériau programmable.

24 Pour le designer et les industriels fabricants de matières premières, cette révolution biotechnologique apporte de nouvelles possibilités innovantes comme en témoigne les innovations de la société spécialisée de la conception de biotextiles Bolt Threads.

En 2015 cette société américaine réussit à produire de la soie d’araignée... sans araignée: le Microsilk™. Après avoir étudié les protéines de soie filées par les araignées, la société a développé des protéines inspirées de ces soies naturelles en utilisant la bio-ingénierie et notamment les ciseaux génétiques CRISPR pour mettre les gènes de ces protéines dans une levure¹⁵. Ils peuvent ainsi produire la soie en grande quantité par fermentation en utilisant de la levure, du sucre et de l’eau. Les micro-organismes se nourrissent et déconstruisent les glucides tout en synthétisant la fibre de soie sous forme de gel. Une fois le processus terminé, le gel est extrudé en fils. Ce système peu énergivore apparaît très productif. Ainsi il pourra répondre aux besoins de l’industrie du textile en produisant une fibre synthétique biodégradable deux fois plus élastique et résistante que le nylon.

14, Léa Ganapopoulo, *La révolution CRISPR Cas9*, Le Journal du CNRS, été 2016, p15.

15. Bolt Thread, Microsilk, www.boltthreads.com/technology/microsilk



25

EXEMPLES
EXEMPLES
EXEMPLES
EXEMPLES



1

SOIE DE BOMBIX

Séricyne	Animatière
<ul style="list-style-type: none"> • Chenilles de Bombyx • Feuilles de mûrier 	



Plutôt que d'utiliser les cocons de cet insecte pour ensuite en tirer les fils, cette entreprise leur fait directement réaliser les formes désirées. Les vers sont placés sur des moules d'objet à la surface desquels ils déposent une substance collante et rigide, la séricine. Un ver met ensuite trois jours à fabriquer un kilomètre de soie.

Ce procédé fonctionne à grande échelle, en témoigne cette collaboration avec l'éditeur italien Foscarini *p18*

2



CELLULOSE BACTÉRIENNE

Suzanne Lee

Propamatière

- Thé vert
- Sucre
- Bactéries
- Teintures naturelles

Adaptation du principe de fermentation du thé Kombucha. En se nourrissant du sucre les bactéries produisent une membrane qui grandit au fil des jours.

En quelques semaines les brassins de fermentation donnent naissance à des tissus en fibre de cellulose bactérienne.

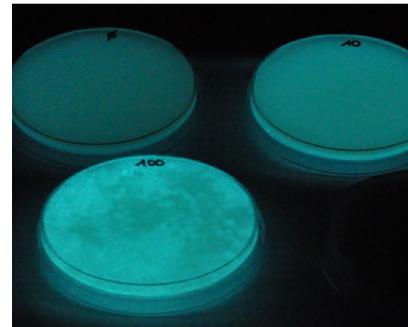
Cette matière se travaille comme le cuir.



3

BIOLUMINESCENCE

Glowee	Mutamatière
<ul style="list-style-type: none"> Bactérie modifiée avec un gène bioluminescent 	



Glowee développe une matière première bioluminescente faite de micro-organismes naturels et cultivables à l'infini. Ils améliorent ces micro-organismes pour les rendre plus performants en terme de production de lumière. Tant qu'ils sont alimentés en nutriments, ils éclairent.

Ce procédé trouve des à présent des fonctions dans l'éclairage d'évènementiel. A terme Glowee souhaiterait développer des solutions d'éclairages urbains.



4

LE CRISTAL

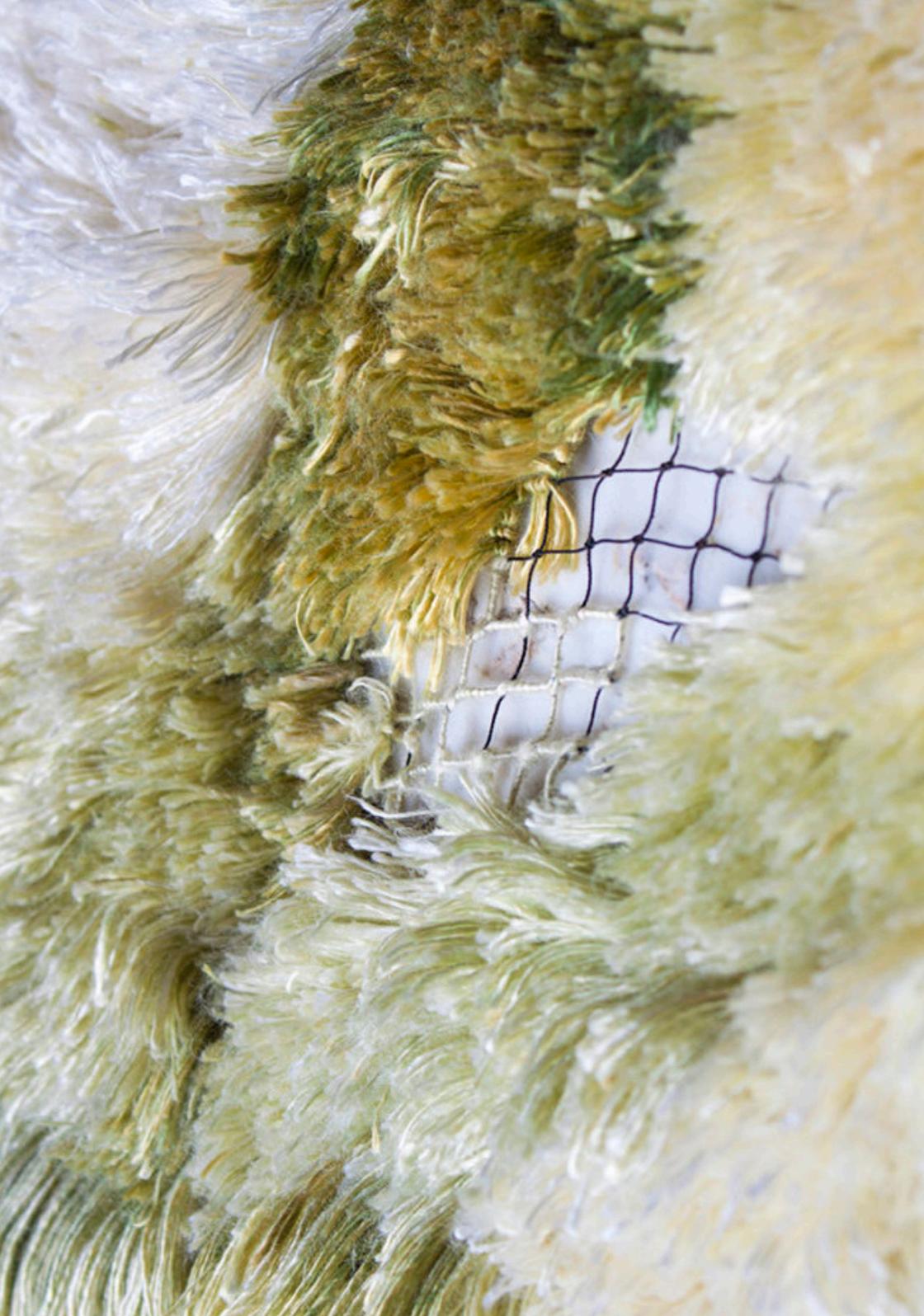
Tokujin Yoshioka	•
------------------	---

- Eau
- Cristaux de sel



Non, rassurez vous, le cristal, n'est pas vivant !
Pourtant sa manière naturelle de croître pourrait
le rapprocher d'une Propamatière.

Une structure en fil est plongée dans une cuve
contenant une solution saline de minéraux, sur
laquelle s'accumulent des cristaux.
Cette oeuvre nous plonge dans le caractère
aléatoire de la nature au rythme du vivant.



2.

LES BIOMATIÈRES : UNE RÉPONSE AUX ENJEUX DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ACTUELS

Pourquoi et comment permettre le passage de l'expérimentation en laboratoire à l'exploitation de ces biomatières dans notre quotidien ?

Aujourd'hui il devient nécessaire de réduire l'impact environnemental des activités humaines, car notre écosystème ne peut plus continuer à subir la pression de nos modes de consommation. Selon L'ONG global footprint, qui calcule chaque année la date du jour de dépassement, jour de l'année où l'humanité a épuisé les ressources renouvelables de la planète, il nous faudrait quasiment deux Terres pour tenir le rythme de notre consommation¹⁶. En 2019 cette date se situait le 22 juillet, alors qu'elle se situait le 21 septembre en 1999.

Compte tenu de l'épuisement des ressources et des impacts écologiques liés à leur extraction et à leur traitement, la recherche d'alternatives renouvelables est devenue de plus en plus importante au cours de ces dernières années. L'industrie des plastiques dépend encore aujourd'hui largement des ressources fossiles et doit donc rechercher des matériaux plus durables.

Le designer en tant que prescripteur de matières se place ainsi au cœur de cette nécessité de recherche de substituts.

Des plastiques d'origine biologique sont déjà sur le marché et peuvent

remplacer la plupart des plastiques conventionnels. Mais de nombreuses biomatières peinent encore à voir le jour. En cause le peu de visibilité auprès du public, et la réticence de certains industriels face aux coûts à engager pour passer à un mode de production en lien avec le développement durable.

Le développement durable est défini pour la première fois en 1987 dans le rapport Brundtland *Notre avenir à tous* de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies. "Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs."¹⁷ en se basant sur 3 piliers: l'Environnement, la société et l'économie.

Le designer peut ainsi se placer comme un véritable acteur de ce changement. Son travail sur les biomatières permet de répondre aux 3 piliers du développement durable.

En remplaçant les matières polluantes dans le design et en positionnant l'environnement au cœur de sa démarche créative, il pourra sensibiliser la société à l'utilisation de matières plus responsables tout en offrant de nouvelles opportunités durables et économiques aux industries .

¹⁶, Global Foot print, *Earth overshootday*, www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day

¹⁷. Commission mondiale sur l'environnement et le développement, *op.cit.*,

1. ENVIRONNEMENT : REMPLACER LES MATIÈRES POLLUANTES

Le Designer doit ajouter de nouvelles étapes à son processus de conception, car les critères d'un "bon produit" ont changé. À l'esthétique, l'ergonomie et l'utilité s'ajoute l'écoresponsabilité.

Le futur designer possède une responsabilité écologique. Ici la responsabilité, désigne "l'obligation ou la nécessité morale de répondre, de se porter garant de ses actions ou de celles des autres".

L'industrialisation de masse atteint aujourd'hui ses limites. Certaines matières utilisées dans le design, comme le plastique, participent grandement à cette crise écologique.

Selon une étude de l'ONU publiée en Juin 2018 sur 9 milliards de tonnes de plastiques produits depuis 1965, seul 9% ont été recyclés et 12% ont été incinérés, la majorité restante se retrouvant dans des décharges à ciel ouvert et dans les océans¹⁸.

De plus, le plastique est une des matières qui se décompose le plus lentement. À titre d'exemple, prenons l'étagère Cloud des frères Bouroullec éditée chez Cappellini. Il faudrait environ mille ans pour qu'une de ces étagères en polystyrène expansé disparaissent totalement.

Le designer doit pouvoir visualiser l'intégralité du cycle d'utilisation d'un produit pour garantir sa durabilité. Cette nécessité implique de nouveau questionnement dans la phase conception. Les matières du projet sont-elles recyclées? recyclables? sont-elles produites proche du lieu de fabrication? La méthode de fabrication est-elle consommatrice de ressources et d'énergie? Autant de questions qui amènent le designer à se responsabiliser quant à l'impact de ses créations. Il semble aujourd'hui nécessaire de revoir les matières des objets en fonction de leur durée de vie.

En France, près de la moitié de la production de plastique est destinée au secteur de l'emballage, et ce plastique ne sert que durant un court laps de temps¹⁹. Mais des solutions de remplacement sont dès à présent disponibles sur le marché.

Créée en 2007 par Eben Beyer et Gavin McIntyre, Ecovative design se spécialise dans la fabrication de matériaux de substitution au plastique et plus particulièrement au polystyrène.

Ils ont eu l'idée d'appliquer le champignon à l'industrie du packaging, en créant des briques de calage pour l'envoi de colis. Pour créer leur matière ils utilisent le mycélium et des déchets de l'industrie agricole moulés et séchés. Il faut pour le moment environ 5 jours pour réaliser une brique²⁰.

En se concentrant sur un produit, et en lui donnant une application concrète bénéfique à un domaine en particulier, ils réussissent à convaincre de grands distributeurs et consommateurs d'emballages, tel que Dell et Ikea. Ces partenariats leur ont permis de monter une première ligne de production à New York en 2012. Le potentiel industriellement viable de cette fabrication fait de cette Propamatière et d'Ecovative des exemples à suivre dans le passage de l'expérimentation à l'utilisation à grande échelle de ces matériaux. Ecovative vend même ses solutions aux particuliers grâce à une boutique en ligne.

Les nouvelles biomatières apportent généralement une nouvelle esthétique, de nouvelles couleurs et textures. Mais quelle plus value apportent-elles si elles s'ajoutent seulement à un catalogue de matières déjà bien rempli? Plutôt que d'inventer de nouvelles matières dans un but esthétique, il apparaît nécessaire de remplacer celles qui existent et qui polluent.

À la même manière de l'adoption du plastique à l'unanimité par les designers industriels des années 70, ces nouvelles matières durables peuvent permettre à une nouvelle génération de designer de s'émanciper de certains codes esthétiques et de trouver une nouvelle approche durable de leur métier.

18, ONU Environnement, *L'Etat des plastiques*, rapport 5 Juin 2018

19. Dalberg Advisors, *Pollution à qui la faute*, Rapport WWF, 2019, p39.

20. Ecovative Design, *Mycocomposite*, www.ecovatedesign.com



ECOVATIVE DESIGN
packaging
2017

2. SOCIÉTÉ: FAIRE ACCEPTER CES MATIÈRES AUPRÈS DU PUBLIC

Bien que le biodesign soit une solution positive pour le futur, son potentiel ne peut être exploité, que si il a une visibilité sur le marché, et donc si les designers appliquent ces biotechnologies aux produits du quotidien. Il semble nécessaire de faire un travail de séduction auprès du consommateur.

En effet dans le cas du biodesign, le designer joue un rôle de médiateur entre la science et les besoins quotidiens du public. Il faut reconnaître que pour le moment, en caricaturant un peu, un vêtement en champignon ou un tabouret en bactéries, ne semble pas des plus attrayants. Actuellement le designer expérimente, jongle avec ces nouvelles matières, explore un nouveau monde créatif, mais peu d'applications concrètes se retrouvent sur le marché et dans les mains du consommateur.

Le public à l'air réticent à l'idée de côtoyer le vivant de près.

Si l'homme s'extrait si souvent de la nature, et qu'il cherche à tout prix à l'éloigner de son habitat, c'est qu'il la craint.

En effet, François Terrasson, naturaliste Français pionnier dans l'approche philosophique de la géonomie, c'est à dire la science des rapports entre les sociétés humaines et leur environnement naturel, évoque dans son livre, *la peur de la nature*, les craintes de l'Homme : « Il y a mille raisons d'avoir peur de la nature : son indifférence, son immensité, ses incohérences, sa puissance, sa complexité, son agressivité quelquefois »²¹ La peur de ce qui grouille, de ce qui est gluant, la peur de cette vie organique incontrôlable. L'Homme semble même éprouver une sorte de dégoût, vis à vis de certains phénomènes naturels qu'il tient à distance et qu'il n'est pas prêt à faire entrer dans son quotidien. La matière organique rime avec saleté.

Mais le designer a le pouvoir de faire changer cette approche vis à vis des biomatières et de découdre les idées préconçues et les tabous sur les matières d'origines vivantes.

En reproduisant les caractéristiques visuelles de l'existant avec ces biomatériaux il sera plus facile de les faire accepter aux consommateurs et ainsi remplacer à terme les matières polluantes.



De par l'essence même de son métier, le designer fait évoluer la perception du public sur telle ou telle matière pour générer de nouvelles tendances.

Aujourd'hui certaines entreprises phare du design contemporain commencent à prendre en compte ces nouveaux enjeux. La maison d'édition italienne KARTELL, spécialisée historiquement dans la production d'objet en plastique vient de lancer sur le marché une nouvelle version des meubles iconiques Componibili dessinés en 1967 par Anna Castelli. Cette mise à jour écoresponsable de l'objet délaisse le plastique ABS pour faire place à un plastique renouvelable et biodégradable, entièrement issu de déchets agricole²².

Donner de la visibilité à ces matières et les faire accepter aux consommateur doit être le nouveau défi du designer.

Reprenons le cas de l'entreprise Bolt Thread. Cette société a rapidement réalisé l'importance de s'associer aux designers pour faire accepter et démocratiser ces nouvelles biomatières.

La styliste Stella McCartney a ainsi dévoilé au MoMA de New York en octobre 2017 une robe réalisée avec leur tissu en soie d'araignée synthétique Microsilk. Ce projet manifeste, a suscité l'intérêt de l'équipementier Adidas tout de suite décidé à expérimenter en développant un prototype de robe en soie pour les joueuses de Tennis.

Stella McCartney ne s'est pas arrêté là dans la promotion des Biomatières. Toujours en collaboration avec la marque Bolt Thread, elle a remplacé le cuir animal de son sac à main emblématique "Falbala"²³ par leur cuir de mycelium appelé Mylo™.

Pour le designer, il ne s'agit pas seulement de développer de nouvelles esthétiques mais également de répondre à un nouveau besoin, celui de la durabilité et de faire accepter ces nouvelles biomatières comme une nouvelle norme.

22. Charles Boyer, *La Componibili de Kartell se pare de bioplastique*, étapes., Mai/Juin 2019

23. Bolt Thread, *Mylo*, www.boltthreads.com/technology/microsilk

3. UN SYSTÈME ÉCONOMIQUE ET DE NOUVEAUX APPORTS POUR L'INDUSTRIE

Aujourd'hui on voit apparaître une approche du design dite circulaire. C'est une méthode de conception où les produits sont adaptés aux principes de l'économie circulaire, c'est à dire réutilisables et recyclables. Le design contribuerait ainsi à une croissance économique durable. La Fondation Ellen MacArthur et l'agence de design IDEO ont produit un guide : *The circular design guide*²⁴ qui synthétise un ensemble d'outils pour inscrire le design dans cette économie circulaire: "la conception circulaire serait une façon d'aborder le design dans une optique de développement social, durable.» tout produit doit être pensé sur la durée. Quand il conçoit un objet, le designer doit penser au scénario de vie de celui ci, de sa production à sa fin. Combien de temps va t-il être utilisé, comment va t-il être jeté, recyclé ? De nombreuses questions qui permettent d'aiguiller le designer vers le choix d'une matière et d'un procédé de fabrication.

Les biomatieres entrent dans une approche du design circulaire, elles sont compostables et biodégradables tout en étant une opportunité pour l'industrie qui cherche à se passer des énergies fossiles dont elle dépend fortement aujourd'hui.

Le rythme de fabrication des matières issues du vivant paraît souvent trop lent par rapport aux standards de production actuels. Pourtant dans certains cas, il apparait intéressant de noter que l'utilisation de biomatières peut permettre un gain de temps et des gains financiers considérables. Prenons l'exemple de Mycowork²⁵ une entreprise qui produit du cuir de mycélium. Trois semaines suffisent pour créer une membrane de la taille d'une vache, quand il faut compter environ trois ans d'élevage avant de pouvoir exploiter la peau d'une bête. A cela viennent s'ajouter les économies faites sur l'alimentation des animaux et les produits chimiques de traitement des peaux.

24. IDEO, *The circular design guide*, Fondation Ellen MacArthur, 2018, www.circulardesignguide.com

25. *Mycowork*, exemple détaillé à la page de ce mémoire.

Il existe un dernier avantage offert par les biomatières. Étant issues du vivant, elles contiennent des nutriments qui leur permettent de servir d'engrais une fois leur cycle d'utilisation terminé.

En les utilisant comme déchets organiques elles contribuent à la naissance d'une seconde génération de produit. On appelle cela le "cradle to cradle".

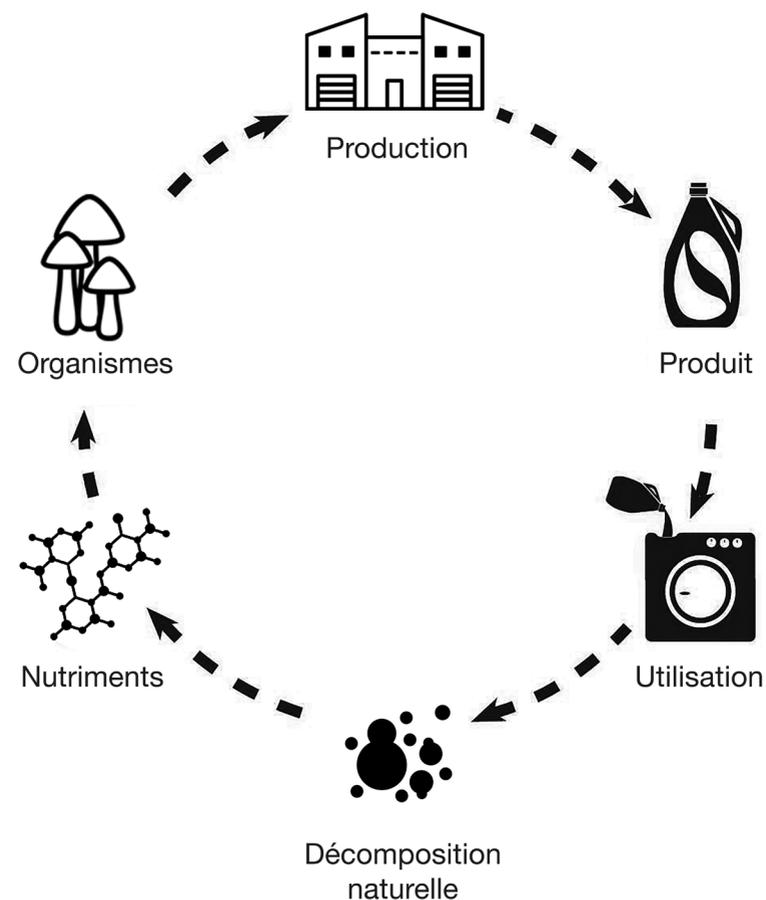
« cradle to cradle » est un livre paru en 2002 de Michael Braungart , chimiste et William McDonough architecte Américain. Le titre peut se traduire en français par : du "Berceau au Berceau".

Dans cet ouvrage²⁶, ils ouvrent des perspectives nouvelles dans le cycle de vie d'un produit. Pour avoir un impact environnemental positif, un produit ne doit plus suivre la logique classique du "cradle to grave" c'est à dire du berceau à la tombe via le processus : extraction - production - consommation - destruction. Le cycle de vie du produit doit pouvoir être renouvelé à l'infini : la conception et la production du produit nécessite d'être pensées afin que celui-ci puisse resservir entièrement c'est le "cycle biologique".

Pour accompagner leur thèse, les auteurs décident de mettre en place la certification international C2Ctm qui permet de distinguer les produits conçus sur ce modèle économique. Depuis 2002 environ 150 fabricants et 2000 produits à travers le monde ont reçu ce label. Dans le domaine de l'architecture d'intérieur, le fabricant de revêtement de sol Tarkett à fait certifié en 2019 un sol sans PVC totalement biodégradable.

Les biomatières de par leur fabrication organique suivent ce " cycle biologique" défini dans l'ouvrage du cradle to cradle.

Ces matériaux apportent une réponse aux besoins croissants de construire et de fabriquer des produits avec un impact écologique aussi neutre que possible.

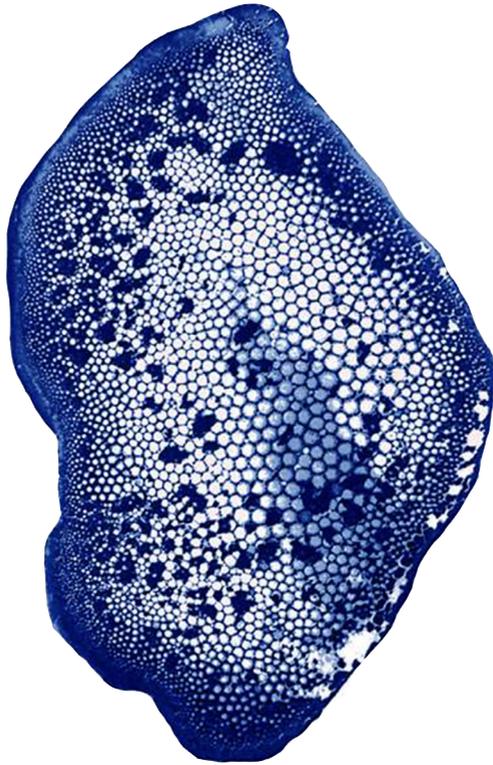


3.

UNE NOUVELLE MANIERE DE CONCEVOIR

«je cherche une manière de donner aux matériaux les qualités techniques dont j'ai besoin. Je veux pouvoir dire à une bactérie: Tisse moi un fil, aligne le dans cette direction, rend le hydrophobe et construit le autour de cette forme »

Suzanne Lee



1. DE L'ATELIER À LA PAILLASSE : L'HYBRIDATION DE LA BIOLOGIE ET LE DESIGN

La définition du design se renouvelle continuellement. C'est une discipline poreuse. Elle s'approprie le savoir et la technique d'un domaine pour apporter, via sa méthodologie et sa réflexion une réponse ou une solution à un autre domaine. Le design comme "un processus intellectuel créatif, et humaniste, dont le but est de traiter et d'apporter des solutions aux problématiques de tous les jours, petites et grandes, liées aux enjeux économiques, sociaux et environnementaux."²⁸ La pluridisciplinarité et l'interdisciplinarité font partie intégrante de la profession.

Dans la première partie de ce mémoire nous avons mis en évidence trois types de coopération avec le vivant. Tous les exemples que nous avons cités mettent en avant un lien fort et systématique entre scientifiques et designers. Grâce à ces relations, les frontières entre les deux professions disparaissent peu à peu.

Les biologistes cherchent à améliorer notre compréhension du vivant en explorant les fonctionnements de celui-ci. Lors de leurs observations ils mettent en évidence des propriétés techniques sans forcément concrétiser ces découvertes. Le designer devient alors un médiateur à la charnière entre les découvertes en laboratoire et les réalités du quotidien. En expérimentant avec ces recherches le designer entame un processus permettant de soulever des idées et révéler de nouvelles formes aboutissant ou non à un bien ou un service. Le but étant d'obtenir des résultats uniques et surprenants. En véritable chef d'orchestre le scientifique manipule le vivant grâce à un matériel et un savoir faire technique qui facilite l'expérimentation.

Traditionnellement le designer travail avec des matériaux et des méthodes de fabrication pré-définies.

Mais on observe, dans le cas de la biofabrication, un déplacement de l'intervention créative du designer, qui n'opère plus exclusivement au bout de la chaîne industrielle. Pour apporter une plus-value et une dimension novatrice à ses projets, il intervient en amont directement dans le laboratoire de recherches pour développer sa matière première et un processus de fabrication sur-mesure issu du vivant.

En proposant une relecture de nos connaissances du vivant, la biologie et le design se mélangent pour former une discipline hybride où théorie et applications vont de paire.

Pour permettre cette hybridation il faut faciliter l'ouverture des laboratoires et former les designers à de nouvelles manières de penser. Sans pour autant être des experts les futurs biodesigns ont besoin de s'approprier ce savoir scientifique pour changer leur capacité à observer les matériaux présents dans la nature. Malheureusement les laboratoires sont encore peu accessibles. Le coût des appareils de mesures les rendent chers à mettre en place, et les protocoles et règles de sécurité rendent les expériences compliquées pour le créateur néophyte.

La démocratisation de cette démarche ainsi que l'envie d'ouverture de la science donne naissance à des "Biohackerspaces", des lieux alternatifs ou scientifiques, artistes, designers et ingénieurs, échangent sur le principe de l'open source. Chacun apporte son savoir-faire au croisement entre l'artisanat et la recherche scientifique.

En France nous pouvons citer l'exemple de "La Paillasse". Fondée en 2014 par Thomas Landrain. Ce biohackerspace, à mi-chemin entre le laboratoire et l'atelier se trouve au centre de Paris. Au delà de jouer le rôle d'incubateur, "La Paillasse" crée une communauté qui promeut l'utilisation de la science comme un outil au service des créatifs.

L'émergence de ce type de lieux, qui encouragent la collaboration et la créativité interdisciplinaire, répond au besoin du designer de renouveler ses principes de création, pour adopter des méthodes plus propres, plus durables lui permettant ainsi de développer une nouvelle boîte à outils créative.

2. DE NOUVELLES PERSPECTIVES CRÉATIVE POUR LE DESIGNER

Le potentiel artistique de ces biotechnologies pour les designers est énorme, car il est encore peu exploité aujourd'hui et toujours au stade de l'expérimentation. Par définition, le designer donne forme aux choses, il a pour habitude, de dessiner, de conceptualiser et de formuler ses projets, tout en leur donnant un aspect esthétique. En composant avec le vivant, il n'est plus le seul maître de la silhouette finale d'un produit. Le processus créatif découle du rythme et des caractéristiques d'un organisme qui produit déjà certaines formes.

Prenons l'exemple du cuir de mycélium produit par l'entreprise Mycoworks. Fondée par le plasticien Philip Ross en 2013 cette entreprise américaine développe une multitude de cuirs végétales à base de mycelium. Le principe de production est similaire à celui utilisé par Jonas Edvard sans son projet "MYX". Le mycélium se développe dans le substrat en créant un réseau de fibres qui se densifient pour atteindre une masse. Mycoworks ajoute à ce substrat de l'Agar Agar²⁹. Ce gélifiant naturel vient apporter de la souplesse à ce biomatériau et lui confère des caractéristiques proches du cuir. Après plusieurs passages au four et sous des presses industrielles il est possible de faire varier la couleur, l'épaisseur et le grain de ce cuir végétal pour imiter parfaitement le cuir animal de différentes espèces: Autruche, vache, crocodile..etc Ce procédé de fabrication ouvre une nouvelle perspective pour le designer. Le cuir de mycelium n'est pas limité en taille, il peut donc permettre au designer de voir plus grand en s'affranchissant des coutures imposées par les dimensions des peaux d'origines animal.

Grâce à la biosynthèse, il est aussi possible de personnaliser la résistance, la texture, le poids et l'élasticité d'un matériau d'un point de vue cellulaire. Les curseurs modifiables sont si nombreux que les compositions et donc les matériaux qui en découlent semblent illimités. En réutilisant ou en reprogrammant les caractéristiques génétiques d'une espèce présente à l'état sauvage, serait-il possible de créer un canapé tapissé de cuir de mycelium changeant de couleur à la manière d'un caméleon ?

Le designer et philosophe néerlandais Koert van mensvoort questionne ces nouvelles possibilités en 2012 dans son projet fictif "Rayfish sneakers". Les Rayfish sneakers³⁰ sont des baskets en cuir de galuchat personnalisables grâce à une catalogue de motifs issus du vivant. En croisant génétiquement un raie avec d'autres poissons comme le poisson clown on obtiendrait un cuir de galuchat possédant les caractéristiques graphiques du poisson clown; la variété des motifs présents chez les poissons permettant une multitude de possibilités.

Ce projet factice est matérialisé par un site internet. Le designer y met en scène avec humour ses produits en réalisant une vidéo promotionnelle, une boutique en ligne et des faux avis consommateurs.

Tout en évoquant les innombrables possibilités de ces biotechnologies pour le design, ce projet amène à se questionner sur les limites éthiques de ces manipulations génétiques au service de la création.

29. Philip Ross, *Mycoworks leather*, www.mycoworks.com

30. Koert Van Mensvoort, *Rayfishsneakers*, www.nextnature.net/projects/rayfish-footwear

3. TRAVAILLER AVEC LE VIVANT : L'APPARITION DE LIMITES ÉTHIQUES DANS LE PROCESSUS CRÉATIF

Manipuler les organismes vivants est un geste qui soulève de nombreuses questions éthiques et légales. La démocratisation et la simplification de la thérapie génique CRISPR Cas9 permet aujourd'hui à un laboratoire de modifier génétiquement un organisme avec peu de moyens financiers. Les avancées de la science sont allées plus vite que les débats éthiques qui les accompagnent généralement. Avoir les capacités technologiques signifie-t-il que nous sommes prêts à passer le cap? Possédons-nous le droit d'exploiter ou de modifier un être vivant pour que ses caractéristiques techniques ou esthétiques correspondent à nos besoins? Les débats autour de la bioéthique se concentrent pour l'instant essentiellement sur la modification génétique dans un but médical pour l'Homme. Le premier texte visant à encadrer ces pratiques pour limiter les dérives commerciales date de 1997. En effet, à cette date l'UNESCO publie la déclaration universelle sur le génome humain et les droits de l'Homme. L'article premier de cette déclaration définit le génome comme un patrimoine caractérisant l'espèce humaine, qu'il est nécessaire de protéger. "Le génome humain sous-tend l'unité fondamentale de tous les membres de la famille humaine, ainsi que la reconnaissance de leur dignité intrinsèque et de leur diversité. Dans un sens symbolique, il est le patrimoine de l'humanité." Dans ce texte seul le clonage humain est totalement prohibé.

En 2015 cette déclaration est mise à jour, le comité international de bioéthique de l'Unesco appelle au vu des avancées rapides de la science à "une interdiction temporaire de l'ingénierie génétique de la lignée germinale humaine". et signifie que « les interventions sur le génome humain ne doivent être admises que pour des raisons préventives, diagnostiques ou thérapeutiques et sans apporter de modifications chez les descendants » sous peine de « mettre en péril la dignité inhérente et donc égale de tous les êtres humains et de faire renaître l'eugénisme, déguisé comme l'accomplissement du désir d'une vie améliorée ».

La communauté scientifique internationale est majoritairement unanime à ce sujet comme le montre le cas des jumelles chinoises génétiquement modifiées.

En 2018 à l'aide des ciseaux génétiques CRISPR cas9, le chercheur chinois Dr.Jiankui et son équipe font naître deux jumelles génétiquement

modifiées afin de leur conférer une résistance génétique au virus du VIH dont était porteur le père. Le franchissement de cette ligne rouge à provoqué un scandale international aboutissant à la condamnation à 3 ans de prison ferme pour le Dr.Jiankui le 20 décembre 2019.

Les limites sont donc assez claires concernant les modifications génétiques de l'Homme et le transhumanisme, mais qu'en est-il des autres organismes ?

On modifie génétiquement les êtres vivants depuis les années 80, c'est ce que l'on appelle communément les OGM. Un organisme génétiquement modifié peut être végétal ou animal.

Les OGM les plus répandus sont des végétaux à destination de l'agroalimentaire comme le soja et le maïs. La législation autour de ces espèces varie d'un pays à l'autre. En France il est interdit de cultiver du maïs OGM tandis qu'aux Etats Unis près de 88% des cultures de maïs sont modifiées. En 2017 au Canada, le ministère de la santé a autorisé la société Aquabounty à commercialiser un saumon modifié génétiquement, capable de grandir deux fois plus vite qu'un saumon normal, permettant ainsi d'accroître la capacité de production d'un élevage de poissons. Bien que l'exploitation alimentaire soit restreinte dans certains pays, il existe très peu de restrictions quant à la conception d'un OGM, et les laboratoires possèdent le droit de breveter le vivant pour conserver l'exclusivité de leurs créations.

Pour le désigner le peu de législation autour de la modification du vivant a des avantages et des inconvénients. D'un côté il est totalement libre légalement parlant de créer ce qu'il souhaite.

De l'autre il fait face à une discipline nouvelle qui n'a pas encore assez de recul pour répondre à toutes les questions qu'elle soulève.

Sommes-nous responsables de l'organisme que l'on crée ? Ces nouveaux organismes ont-ils un impact sur la biodiversité existante ? Ces solutions sont-elles réellement en accord avec des courants de pensées écologistes? Des dérives industrielles sont-elles à prévoir ?

31. Anabelle Laurent, *Qui à peur des bébé génétiquement modifiés?*, usbek & rika, 2018
<https://usbeketrica.com/article/bebes-genetiquement-modifies>



60

CONCLUSION

Face à l'urgence écologique, le designer se doit de prendre en compte l'impact environnemental de ses projets. Les biomatières sont de réels alternatives aux matières polluantes utilisées actuellement dans l'industrie du design, et permettent de nouvelles opportunités créatives intéressantes. En effet, ces matières ouvrent la voie à de nouvelles façons de penser le design, en apportant des processus de fabrication aux antipodes de nos méthodes de production actuelles.

Les designers semblent avoir fait le tour des possibilités et des techniques liées aux plastiques. Les matières issues du vivant peuvent apporter un nouveau souffle à une génération de créateurs qui tarde à se renouveler et à trouver son identité.

Cependant, pour remplacer les matières polluantes à grande échelle, il faut faire accepter ces biomatériaux auprès des consommateurs encore réticents à l'idée de faire entrer des organismes vivants dans leur quotidien. Le designer doit se muer en médiateur entre les découvertes scientifiques, l'écologie et les besoins de la société.

61

Les biomatériaux créent le lien entre durabilité et créativité qui manquait jusqu'à présent au principe d'éco-conception. Une nouvelle révolution industrielle effervescente est en marche, elle s'annonce pleine de surprises et se passe sous les microscopes. Devenez Biodesigner!

MERCI

Je tiens à remercier mes deux directeurs de mémoire Thierry de Beaumont et Charlotte Poupon, pour leur bienveillance, leur disponibilité ainsi que leurs nombreux conseils avisés.

Eva, merci pour ton soutien, tes références et ta relecture.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance à ma famille qui a enrichie ma réflexion au cours de longues et riches discussions.

Enfin merci à mes amis pour leurs remarques enthousiastes, j'espère que les Biomatières n'ont plus de secret pour vous !

BIBLIOGRAPHIE

1. QU'EST CE QU'UNE BIOMATIERE?

Paul Ardenne, *L'art écologique*, Le Bord de l'Eau, collection La Mulette, maj 2019

Axel Kahn, *Cellules souches et médecines régénératives*, Med-sci, vol 18, 2002.

Marie-Ange Brayer et Olivier Zeitoun, *La Fabrique du vivant*, Edition HYX 2019.

Bourse Agora, Samuel Tomatis, Dossier de presse bourse Agora, 2017.

Samuel Tomatis, *Alga*, Conférence le Chaudron, Ecole Camondo, 2019

Jonas Edvard, *Myx*, www.jonasedvard.dk

William Myers, *Bio Design Nature science créativité*, Thames & Hudson 2018.

Mat Fournier, *Quand la nature inspire la science*, Edition Plume, 2012

Sabrina Maroc, *Suzane Lee et Biocouture*, 2019,
www.medium.com/openbiofabrics/biocouture/

Nina Tandon et Mitchell Joachim, *Super Cells: Building with biology*, TED Book, 2014

Carole Collet, *Envie/Alive*, Fondation EDF, Livre de l'exposition, 2013.

Stéphane Leduc, *La Biologie synthétique*, Paris, 1912.

André Gallais, *Histoire de la génétique et de l'amélioration des plantes*, Edition SYNthèse, 2018.

Valerie Hasson-Benillouche, Exposition Edouardo Kac GFP Bunny, 2019,
www.galeriecharlot.com.

Léa Ganapopoulo, *La révolution CRISPR Cas9*, Le Journal du CNRS, été 2016.

Bolt Thread, *Microsilk*, www.boltthreads.com/technology/microsilk

2. UNE SOLUTION AUX ENJEUX DE DEVELOPPEMENT DURABLE ACTUELS

Global Foot print, *Earth overshootday*, www.footprintnetwork.org

Comission mondiale sur l'environnement et le développement, *Notre avenir à tous*, Oxford University Press, 1987

ONU Environnement, *L'Etat des plastiques*, rapport paru le 5 Juin 2018

Dalberg Advisors, *Pollution à qui la faute?*, Rapport WWF, 2019

Ecovative Design, *Mycocomposite*, www.ecovatedesign.com

François Terrasson, *La Peur de la Nature*, édition seuil, 1988

Charles Boyer, *La Comonibili de Kartell se pare de bioplastique*, étapes:, Mai/Juin 2019

IDEO, *The circular design guide*, Fondation Ellen MacArthur, 2018, www.circulardesignguide.com

66 **Michael Braungart et William McDonought**, *Cradle to cradle*, Edition Alternatives, 2002

Philipe Schiesser, *Eco-conception*, édition Dunod, 2011

Gunter Pauli, *L'économie bleue 3.0*, L'Observatoire, édition 2019

Nathalie Blanc et Julie Ramos, *Ecoplasties Art et environnement*, édition Manuella, 2010

Viktor Papanek, *Design for a real world*, Thames & Hudson, 3e edition 2019

3. UNE MANIERE DE CONCEVOIR

Suzanne Lee, *Grow your own clothes*, Conférence TED Londres, Mars 2011

Alliance française des Designers, Définition du design, www.alliance-francaise-des-designers.org

Nora oxma, *Design at the interaction of technologie and biologie*, Conférence-TED, 2015

La Paillasse, *Le laboratoire participatif*, <https://lapaillasse.org/>

Philip Ross, *Mycoworks leather*, www.mycoworks.com

Koert Van Mensvoort, *Rayfishsneakers*, 2012 www.nextnature.net/projects/rayfish-footwear

Anabelle Laurent, *Qui à peur des bébé génétiquement modifiés?*, usbek & rika, 2018, www.usbketrica.com/article/bebes-genetiquement-modifies

Emma von der Leest, *Growing the next génération of designer*, Conférence TEDX Rotherdam, 2019

Bernadette Bensaude-Vincent et Dorotheé Benoit-Browaey, *Fabriquer la vie*, Edition seuil, 2011

Gwenaelle Bertrand et Maxime Favard, *Biodesign : De la paillasse à l'établis*, usbek & Rika, www.usbketrica.com/article/biodesign-la-paillasse-plutot-que-l-etabli

Léa Ganapopoulo, *Quelle éthique pour les ciseaux génétiques*, Le Journal du CNRS, Juin, 2016, www.lejournal.cnrs.fr/articles/quelle-ethique-pour-les-ciseaux-genetiques

Généthique, *Comment protéger le génome Humain?*, 2015, <http://www.genethique.org/fr/comment-protger-le-genome-humain-patri-moine-de-lhumanite-64332.html#.XiDWtMhKhPZ>

Chrystèle Bazin, *George Church, nouveau Darwin ou imposteur génétique?*, Usbek & Rika, 2018, <https://usbketrica.com/article/george-church-nouveau-darwin-ou-imposteur-de-la-genetique>

Ministere de l'agriculture, *La situation des OGM en France*, 2018 <https://agriculture.gouv.fr/la-situation-des-ogm-en-france>

ICONOGRAPHIE

- p8. Pili, *teinture bactéries*.
- p13. Samuel tomatis, *Alga*.
- p15. Jonas Edvard, *Myx*.
- p16. Tomas Libertiny, *Made by Bees*.
- p18. Damian Palin, *A radical means*.
- p21. Carole Collet, *Biolace*.
- p23. Edouardo Kac, *Gfp Bunny*.
- p25. Bolt thread, *Microsilk*.
- p28-29. Séricyne, *Lampe Foscarini*.
- p30-31. Suzanne Lee, *Biocouture*.
- p32-33. Sandra rey, *Glowee*.
- p34-35. Tokujin Yoshioka, *Venus chair*.
- p36. Fenke Poort, *Sea me*.
- p37. Jonas Edvard, *Myx*.
- p42-43. Ecovative, *Seed*.
- p46. Kartell, *Componibili*.
- p52. Pili, *teinture bactéries*.
- p60. Jonas Edvard, *Myx*.

