

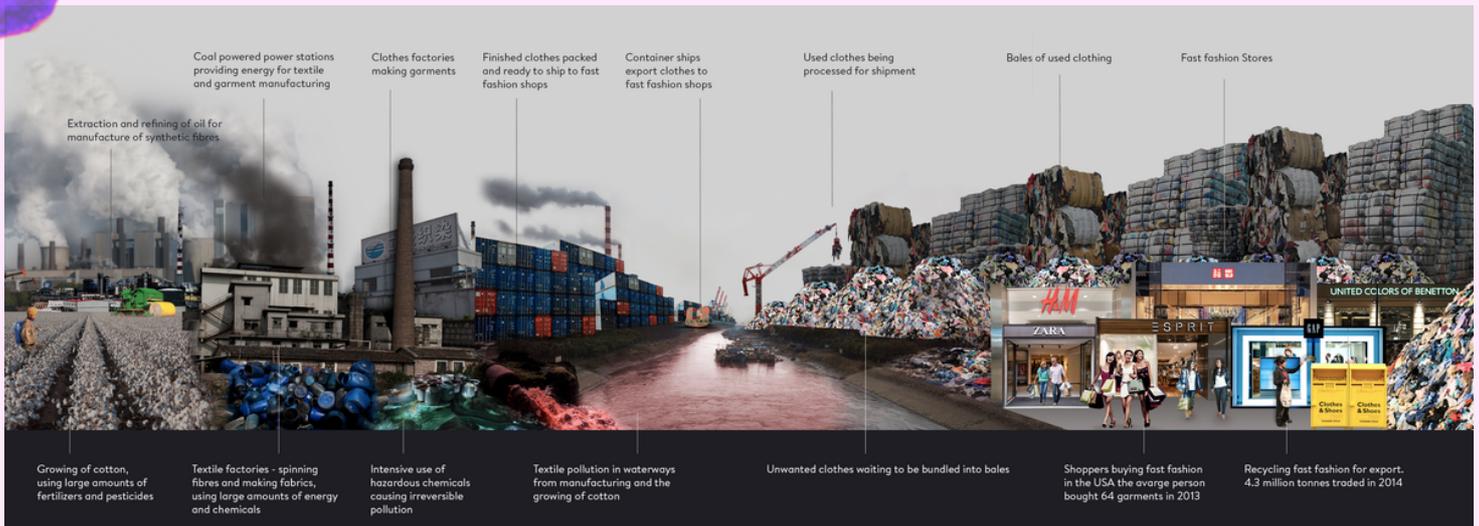
Olivier Dalbe
Juillet 2023

**GOMMER LES BIAIS DE
LA CIRCULARITE
DANS LA MODE**

par la bioinspiration

Model in a Waste recycling plant / VIKTOR DRACHEV/TASS

EXECUTIVE RECAP



L'industrie textile mondiale occupe une place de choix en termes de pollution et d'émissions de GES. Ressources sous pression, chimie toxique, wet processing hyper carboné du Scope 3, surproduction systémique adossée aux faibles coûts d'un mix matières de plus en plus pétrosourcé, fin de vie des produits non anticipée... La linéarité inhérente à la conception des collections semble avoir atteint un **pic de nocivité pour les écosystèmes**.

En 2021, 99% (!) des marques sondées par Textile Exchange déclaraient avoir une stratégie de circularité... bien qu'en phase de développement pour 32% d'entre elles. Dans l'ensemble, **l'incorporation de matière recyclée est la mesure la plus largement retenue**, ce que confirment notamment les analyses de Kearney (Circular Fashion Index), Fashion Revolution (Fashion Transparency Index), et l'analyse des rapports RSE de marques par la Fondation Eileen Fisher. Reléguant ainsi au second plan écoconception, réparabilité, économie de la fonctionnalité, extension de fin de vie et autres outils circulaires.

Dans les faits, seuls 9% des matériaux utilisés pour la production textile sont issus de filières de recyclage. Provenant de bouteilles de PET dans leur grande majorité, sortant ainsi ce polymère de la boucle vertueuse qui le caractérisait, pour être sous-cyclé dans un vêtement synthétique. Par ailleurs, le fait d'utiliser un matériau recyclé ne signifie pas pour autant que la fibre pourra être à nouveau recyclée. La fin de vie étant rarement considérée dans la mise au point de nouveaux produits, il y aura certes eu extension sur l'utilisation, mais la prochaine étape sera caractérisée par du downcycling dans le meilleur des cas, ou dispersion/enfouissement/ incinération la plupart du temps. **Loin donc des objectifs de circularité.**

L'inefficacité actuelle du recyclage est multi-factorielle: la collecte est inopérante (manque d'infrastructures), le tri est superficiel (automatisation requise en complément du tri manuel), le gisement est contaminé (absence d'écoconception), le recyclage chimique (permettant d'obtenir une fibre au standard du marché) est balbutiant. Pour Mc Kinsey, comme pour Fashion For Good, le constat reste le suivant : en l'**état actuel d'immaturité des technologies et de manque de rentabilité sur plusieurs maillons de la chaîne de valeur, la compétitivité des prix de fibres recyclées face au fibres vierges n'est pas assurée.**

EXECUTIVE RECAP

De facto, seul 1% des matières utilisées en production provient effectivement d'une boucle textile-to-textile, considérée fréquemment comme la solution centrale aux problèmes de l'industrie. Élément de prospective: même si nous arrivions à combler les 99% manquants pour un recyclage en boucle fermée, les collections étant synthétiques à plus de 70% (Textile Exchange), nous n'aurons pas résolu le **problème majeur de la pollution des océans aux micro-plastiques**. Dont la mode est le 1er contributeur, à hauteur de 35%. Recyclés ou vierges, polyester, polyamide, élasthane et consorts continuent à passer les filtres de nos machines à laver et stations d'épuration.

La boucle fermée à des niveaux significatifs étant actuellement hors de portée -contraintes de coûts colossales, contraintes de temps se comptant en décennie(s)-, nous pourrions nous inspirer du vivant pour placer en attendant les matériaux sur une boucle finale éminemment ouverte, positionnant leur réinsertion dans la biosphère comme priorité ultime, faisant appel à des **composants qui peuvent être à la fois abondants, renouvelables, régénératifs, et à l'innocuité assurée pour les écosystèmes** - contrairement à 92% des fibres utilisées actuellement- .

En parallèle, un bouclage de flux de matières fournissant la cellulose favorisant le passage « du champ à l'armoire» (Première Vision) aurait des avantages multiples. Réinstaurer ainsi l'**adéquation "déchet = ressource"** , approche inversée par rapport aux paradigmes de linéarité actuels, basée sur des déchets organiques largement disponibles, permettrait un ré-équilibre du système, et une mise en place de réelle circularité à l'instar du vivant.

Par ailleurs, faire appel à la biofabrication ouvrirait de nouvelles perspectives: la fermentation de levures et bactéries, ainsi que l'utilisation de mycélium et de protéines recombinantes offrirait une **alternative aux fibres d'origines végétales, animales ou fossiles** qui portent toutes les trois dans leur forme actuelle atteinte à nos écosystèmes, tout en diminuant la pression sur les surfaces arables. En exploitant les déchets de la biomasse en tant que matière première, ce type de production additive s'inscrirait dans le sens d'une réelle circularité de molécules intégralement biosourcées et biodégradables .



["Polybion and GANNI Fabrics of the Future Unveil Stunning Bacterial Cellulose-Made Blazer"](#)

Changement d'échelle. Pour compléter ces injonctions à une démarche sincèrement circulaire, déployer le mode de fonctionnement du vivant suivant aurait du sens: **l'organisation à l'échelle locale**. Réunir sur un même périmètre les acteurs de l'équivalent industriel d'une chaîne trophique permettrait de gérer les flux sur le territoire, donnant par la même une option supplémentaire d'approvisionnement aux producteurs à proximité, et de faire interagir ses acteurs efficacement, de façon cyclique, avec rétrocontrôle.

Autre stratégie du vivant pertinente pour favoriser l'avènement d'une réelle circularité dans la mode: **la coopération**, qui permet à des espèces potentiellement concurrentes de coopérer lorsque des intérêts communs se dessinent. Les obstacles à la circularité sont nombreux, aussi bien au niveau de la supply chain que lorsqu'il s'agit de tester de nouveaux modèles, souvent assortis d'un désavantage concurrentiel pour les précurseurs. Accélérer le rythme du changement requiert donc un effort concerté pour dépasser le stade de l'« adolescence » plus rapidement, que cette collaboration pré-concurrentielle pourrait nettement faciliter.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION: UN MODE DANS LA MODE?

L'INTENTION DE CIRCULARITE – Une idée vertueuse

1- CONTEXTE : LES IMPACTS DELETERES DE L'INDUSTRIE

- A- L'air // émissions de gaz à effet de serre (GES)
- B- L'eau // surconsommation et pollutions
- C- La terre. Et l'air à nouveau

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ECONOMIE CIRCULAIRE

3- LA LEGISLATION, OUTIL DE TRANSFORMATION

- A- France : Loi AGECE (Anti Gaspillage/ Économie Circulaire)
- B- Union Européenne : EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles

4- BENCHMARKS INDUSTRIE : MESURES DE CIRCULARITE

- A- Cas de Pyrenex, entreprise circulaire ?
- B- Material Change Insights Report 2021 – Textile Exchange
- C- Circular Fashion Index
- D- Analyse des rapports RSE de marques (Eileen Fisher Foundation)
- E- Fashion Transparency Index

UNE CIRCULARITE INSPIREE PAR LE VIVANT

1- ECHELLE DU PRODUIT

- A- Ré-intégrer la biosphère, seule fin de vie souhaitable
- B- Limiter le vivant pour révolutionner la mode?
- C- Flécher les investissements : un choix de société

2- ECHELLE ORGANISATIONNELLE

- A- Accélérer la déglobalisation
- B- Systématiser la collaboration pré-concurrentielle

REALISATION – En décalage avec l'intention

1- BALISAGE DE NOTIONS LIEES AU RECYCLAGE

- A- Typologies de boucles
- B- Process de recyclage textile
-

2- ETAT DES LIEUX : LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

- A- Moins d'1% de fibres textiles recyclées en 2021
- B- Freins techniques : pourquoi 99% ne sont pas recyclés
- C- Escamotée derrière le recyclage : la question de la fin de vie

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS vs MISE A L'ECHELLE

- A- Exemples d'innovations favorisant le recyclage
- B- L'éco-conception, mère du recyclage
- C- Facteur temps & facteur coûts
- D- Implications

4- DERRIERE LE RECYCLAGE : GES - SURPRODUCTION - SURCONSOMMATION

- A- Quel bénéfice GES du recyclage vs production vierge ?
- B- Business model des marques
- C- Comportement du consommateur

5- CONCLUSION / RECYCLAGE TEXTILE : NECESSAIRE... MAIS LARGEMENT LACUNAIRE

CONCLUSION: FAIRE MIEUX ET FAIRE MOINS

INTRODUCTION : UNE MODE DANS LA MODE

Vogue. PriceWaterhouseCoopers. Le WWF. The North Face. L'Union Européenne. Paris Good Fashion. Lenzing. La loi AGECE. Les Galeries Lafayette. Refashion...

Que ce soient les médias, les marques, les institutions, les metteurs en marché, les associations ou ONGs, les éco-organismes, les industriels : la profession s'est très nettement emparée du concept de circularité, devenu central dans la communication et la stratégie de ses acteurs majeurs ces dernières années. Le milieu a effectivement besoin de s'accrocher à un concept fort, tant ses impacts sont nombreux. Les méthodes de quantification, et donc les chiffres publiés, sont fréquemment soumis à débats. Pour ne prendre cependant qu'un indicateur, bien qu'également en cours de révision, l'ADEME estime dans son étude « *La Mode Sens Dessus Dessous 1* » les émissions annuelles d'équivalents CO2 du secteur à 4 GigaTonnes. Presque 10% des émissions annuelles émises par les activités humaines.

Nous nous attacherons dans cette étude à apporter dans un premier temps un éclairage sur l'intention de circularité de la profession, en mettant en regard le fonctionnement des cycles du vivant et l'économie circulaire censée s'en inspirer, après avoir évoqué le contexte et les enjeux qui y sont rattachés. Nous nous pencherons également sur les mises en application préconisées de circularité (législateurs et organisations nationales ou transnationales), et ferons un tour d'horizon de ce que les marques proposent réellement dans ce cadre.

Dans un deuxième temps, nous nous focaliserons sur les tenants et aboutissants du porte-étendard actuel de la circularité : le recyclage. Il s'agira de mesurer son efficacité dans les chaînes de valeur textile, d'identifier les technologies facilitatrices, et de mesurer l'ampleur des freins techniques qui s'opposent à un déploiement massif de ces technologies.

Enfin, une exploration sera menée pour investiguer le potentiel de la circularité textile de se rapprocher plus concrètement des cycles naturels qui ont inspiré la démarche. Nous nous pencherons ainsi sur les possibilités qu'a le vivant d'inspirer des modèles plus ambitieux, permettant une réelle réinsertion de l'activité dans les boucles de la biosphère, et convoquerons de nouveaux matériaux et systèmes biomimétiques qui permettraient d'emmener la filière vers une compatibilité optimisée avec les écosystèmes.



I.

L'INTENTION DE CIRCULARITE

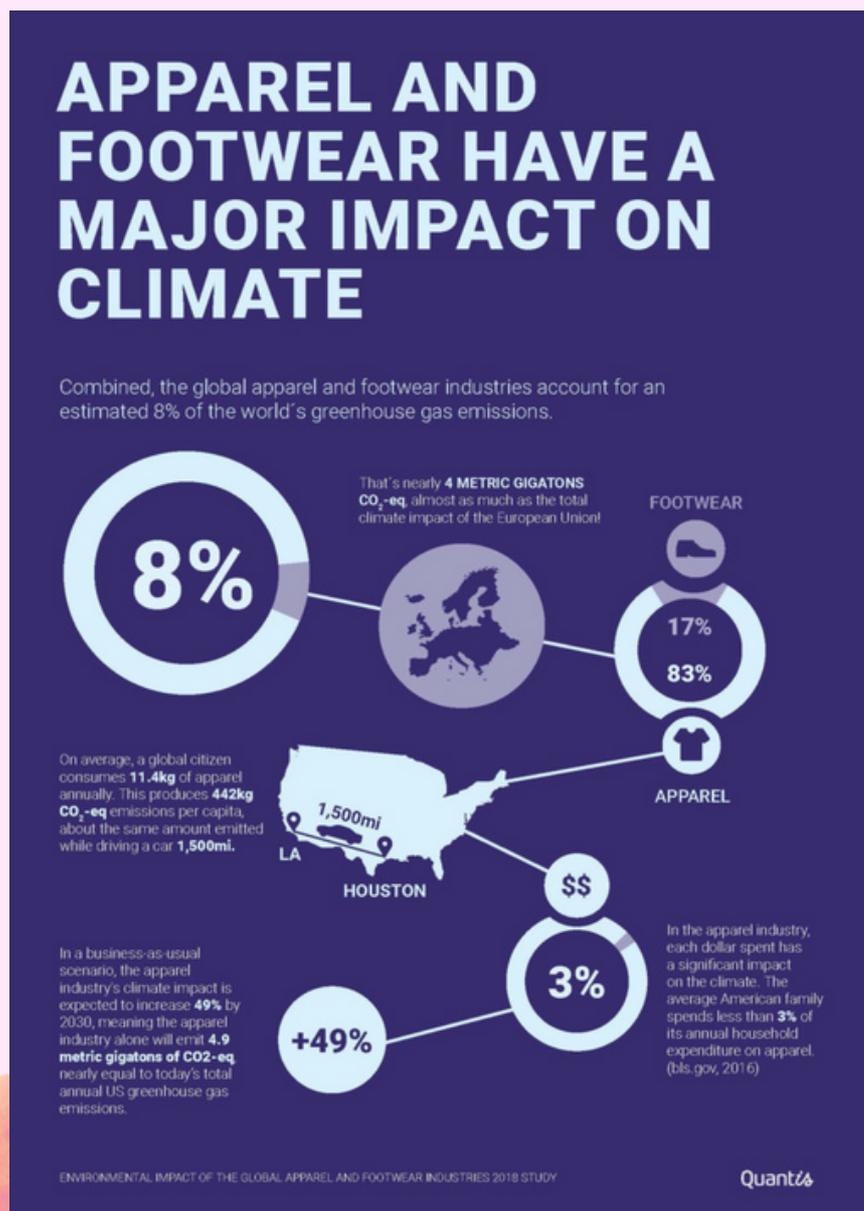
Une idée vertueuse

1- CONTEXTE : LES IMPACTS DELETERES DE L'INDUSTRIE

A- L'air // émissions de gaz à effet de serre (GES)

Entre 100 et 150 Mds de pièces sont produites chaque année selon les sources 2. Point de départ incontournable pour essayer de se saisir d'une réalité dont les effets ne peuvent être qu'à la hauteur de volumes colossaux engagés.

L'impact carbone évoqué en introduction est saisissant. Qu'il s'agisse de 10% de GES évoqués par l'ADEME ou la Banque Mondiale 3, 4% chez Mc Kinsey 4 – entité internationale de conseil en stratégie-, 8% chez Quantis - cabinet de conseil en stratégie environnementale- (illustration #1)... les mesures restent néanmoins vertigineuses, devançant largement les émissions de GES du transport aérien et du fret maritime cumulées.



La photo est certes saisissante. Le film l'est encore plus : identifiée en 2021 en tant que 3e industrie la plus polluante au monde, le World Economic Forum estime que ses émissions auront progressé de 50% en 2050 5! Sachant que d'après une étude menée par l'Institut Français de la Mode 6, les volumes d'exportation mondiaux ont déjà doublé entre 2002 et 2020, passant de 204 à 449 Mds US\$.

Au niveau du consommateur, le constat est tout aussi saisissant : l'étude de Teenage Lab relayée dans la presse en novembre 2022 montrait que Shein, marque d'ultra fast fashion, était responsable de 22 % des émissions CO2 des adolescentes françaises 7.

illustration #1

1- CONTEXTE : LES IMPACTS DELETERES DE L'INDUSTRIE

B- L'eau // surconsommation et pollutions

En phase aval : 500.000 tonnes de microfibres sont relâchées lors du lavage de vêtements par les consommateurs. L'équivalent de 50 milliards de bouteilles en PET. Soit un tiers des microplastiques présents dans les océans. C'est le tribut payé à notre utilisation de textiles pétro-sourcés.

En phase de production, deux effets majeurs sont à souligner. L'industrie est le 2e consommateur d'eau au niveau mondial, notamment par les quantités astronomiques requises pour la culture du coton conventionnel (3.000 litres pour un tee-shirt, 7.500 litres pour un jean, d'après le report *These Facts Show How Unsustainable The Fashion Industry Is* du World Economic Forum ⁸).

Cette même source attribue à la mode la 2e position également pour la pollution des eaux : 20% de la pollution industrielle des cours d'eau est directement attribuable au secteur, notamment à cause des phases de teinture et traitements dont les rejets sont déversés dans le milieu naturel.

Pour finir, l'utilisation de fertilisants à l'azote et au phosphore affectés à la culture du coton (4% de la consommation mondiale ¹), présents en excès dans les sols, finissent par s'écouler dans les nappes phréatiques et les cours d'eau, contribuant à une eutrophisation qui porte atteinte aux autres formes de vie aquatique.

C- La terre. Et l'air à nouveau.

Retour sur la production de coton : un quart des ventes mondiales de pesticides sont destinées à la culture de coton conventionnelle ⁹, pour seulement 2,3% des terres arables. Menace directe donc sur la biodiversité.

Quant à la fin de vie, le World Economic Forum estime qu'au niveau mondial, 12% des matériaux textiles sont perdus lors de la coupe et de la production (pre-consumer), et que 73% ¹⁰ finissent en décharge (post-consumer). Et donc enfouis ou incinérés. En volume et au niveau mondial, c'est le sort réservé à l'équivalent d'un camion poubelle par seconde. ¹¹

En ce qui concerne l'enfouissement de matières naturelles (telles que le coton) ou artificielles (telles que la viscose), leur biodégradabilité est compromise par leur environnement direct en décharge - plastiques et autres déchets ménagers-. Cette biodégradabilité initiale de la fibre est également freinée par l'intensité des traitements chimiques subis en phase de production, du blanchiment de la fibre à sa teinture en passant par son ennoblement ¹².

1- CONTEXTE : LES IMPACTS DÉLÉTÈRES DE L'INDUSTRIE

L'enfouissement de matières pétro-sourcées conduit quant à elle à une oxo-fragmentation de ces plastiques, et donc une dispersion portant également atteinte aux écosystèmes les recevant.

Notons également qu'en décharge, les temps de décomposition sont nettement allongés. Ils peuvent prendre des semaines, voire des années pour des fibres naturelles, et d'une trentaine à une centaine d'années pour des fibres synthétiques. Des substances toxiques peuvent être ainsi relâchées dans les sols, contaminant les eaux de ruissellement, en parallèle de rejets de dioxyde de carbone et de méthane.¹³

Mention spéciale pour les composés perfluorés ¹⁴ (également connus sous l'acronyme PFAS, ou encore l'appellation de « forever chemicals », composants chimiques imperméabilisants mais surtout volatils, persistants, bio-accumulables) des produits techniques/outdoor.

Si en revanche l'option retenue est l'incinération plutôt que l'enfouissement, les produits chimiques toxiques utilisés lors de la fabrication sont alors rejetés dans l'atmosphère (quand les infrastructures ne sont pas équipées de filtres), et accompagnés par le CO₂ et le méthane caractéristiques de la combustion.

Destruction de biodiversité, contribution massive au dérèglement climatique, exploitation démesurée de ressources naturelles, accumulation titanesque de déchets... le système mode est devenu largement instable. D'autant plus avec l'accélération des volumes entrants faramineux à laquelle la fast, puis l'ultra-fast fashion ont largement contribué, supérieurs aux capacités d'absorption, et accélérant en regard les volumes mis au rebut. Ainsi, entre 2000 et 2015, le nombre d'articles neufs mis sur le marché chaque année a doublé, passant de 50 à 100 milliards. Sur la même période, on estime que le taux d'usage aurait diminué de près de 36%. On produit donc plus de vêtements, que l'on utilise de moins en moins longtemps ¹⁵.

Sous la pression des médias, des régulateurs, des consommateurs - ou plus rarement pour des choix sincèrement éthiques -, les acteurs du secteur se sont emparés du sujet depuis plusieurs années, se positionnant sur un panel de solutions censées réduire les externalités délétères évoquées plus haut. Les principes de l'économie circulaire ont été retenus comme solution centrale (plus à ce sujet en fin du chapitre suivant), en parallèle d'efforts de traçabilité et de Science Based Targets.

Nous aborderons ces principes dans la partie suivante, en les mettant en perspective avec les cycles du vivant dont ils sont inspirés.

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

A- Lente incubation de l'économie circulaire – ancrage théorique

La surexploitation de ressources (renouvelables ou non-renouvelables) et l'accumulation massive de déchets évoqués plus haut sont caractéristiques d'un mode d'organisation linéaire de l'économie, suivant une séquence extraire / produire / consommer / jeter.

Son alternative, l'économie circulaire, prend ses racines dans la « symbiose industrielle » enseignée en géographie économique anglo-saxonne dans les années 1940, préconisant d'utiliser les ressources de façon optimale et d'éviter de produire des déchets. En 1966, Kenneth Boulding pose dans un article les bases de ce qu'il appelle l'« écosphère », comparant la terre à un vaisseau spatial, théorisant la mise en place d'une économie fermée dans laquelle l'homme doit s'insérer, au sein d'un système cyclique écologique.

S'appuyant sur cette notion, Frosch et Gallopoulos publient un papier pour le Scientific American en 1989 (*Strategies for Manufacturing*), dans lequel ils proposent de transformer le système linéaire de l'économie en un système circulaire ¹⁶. En voici un extrait, dont la pertinence étonne trois décennies plus tard :

"The traditional model of industrial activity in which individual manufacturing processes take in raw materials and generate products to be sold plus waste to be disposed of should be transformed into a more integrated model: an industrial ecosystem. In such a system the consumption of energy and materials is optimized, waste generation is minimized and the effluents of one process ... serve as the raw material for another process. The industrial ecosystem would function as an analogue of biological ecosystems."

Un an après l'article de Frosch et Gallopoulos, Pearce and Turner, également inspirés par Boulding, donnent une première définition complète de l'économie circulaire, développée dans « *Environmental and Resource Economics Textbook* » (1990). ¹⁷

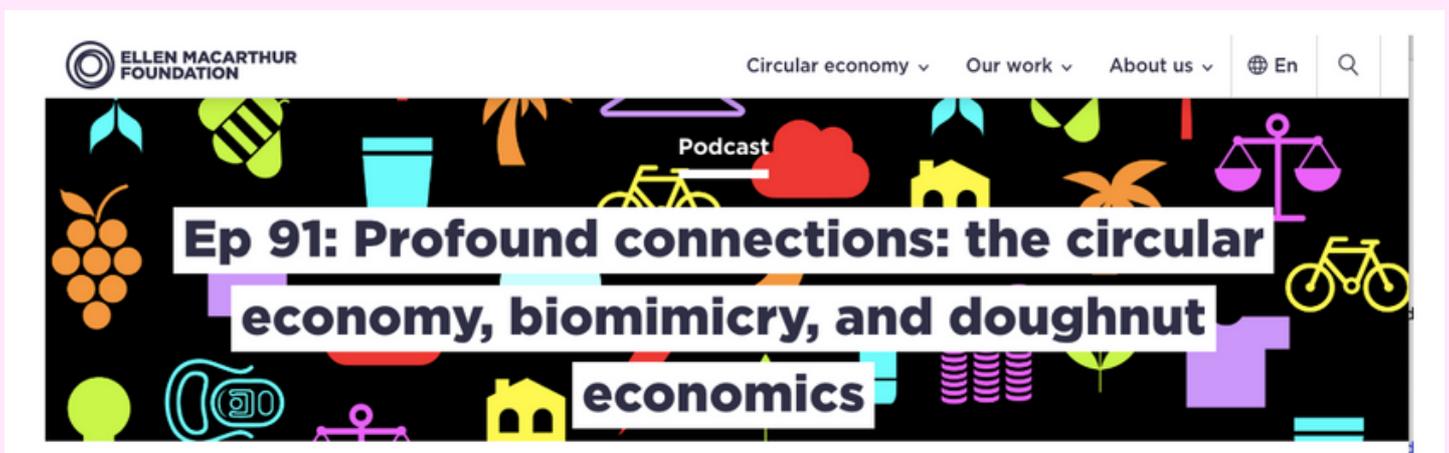
En 1997, Janine Benyus contribuait à développer le concept d'économie circulaire dans son ouvrage « *Biomimicry : Innovation Inspired by Nature* », prenant les écosystèmes et les boucles naturelles comme modèles productifs, visant à réintégrer le système de production à l'intérieur des cycles du vivant. L'écologie industrielle s'en inspire donc, le fonctionnement d'un écosystème, avec ses interactions et ses cycles « clos », se trouvant appliqué aux relations entre des entreprises géographiquement proches.

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Son livre est fréquemment cité en tant que référence sur le sujet de la circularité, à côté de parutions telles que celle de William McDonough & Michael Braungart (respectivement architecte et ingénieur chimiste), qui en livraient une interprétation dans « *Cradle to Cradle* » en 2002 ¹⁸. L'ouvrage présente une approche qui vise à développer des produits dont le cycle de vie est circulaire (du berceau au berceau) afin de pouvoir être récupérés et réutilisés continuellement ; il a également permis à l'économie circulaire de distinguer le cycle des produits techniques de celui des produits biologiques ¹⁶. Mais ce n'est qu'avec la création de la Fondation Ellen McArthur en 2010, avec notamment McKinsey pour partenaire, et une première publication en 2013 (« *Towards a Circular Economy* ») que le concept a réellement commencé à s'ancrer dans l'économie, puis la politique ^{16 17}. Les liens conceptuels avec le biomimétisme restent néanmoins forts ¹⁹ (illustration #2), la Fondation ayant croisé plusieurs écoles de pensée dont celles citées plus haut ²⁰:

- L'**économie de fonctionnalité** (qui consiste à substituer la vente d'un bien par l'usage de ce bien, incitant le fabricant à concevoir un produit durable).
- L'approche **Cradle To Cradle** (qui consiste à concevoir un produit de façon à maintenir la qualité des matières premières tout au long des différents cycles de vie du produit et ce, indéfiniment -ce qui revient à supprimer la notion même de déchet-).
- Le **biomimétisme** (qui consiste à prendre le vivant comme référentiel d'innovation responsable)
- L'**écologie industrielle** (qui consiste à représenter un système industriel comme un écosystème. L'objectif étant de chercher des synergies organisationnelles entre les acteurs économiques, et de minimiser l'exploitation des ressources et les impacts sur l'environnement).
- L'**économie bleue** (modèle économique récent qui considère également les déchets comme dotés de valeurs, prône le biomimétisme et l'innovation, et qui introduit la notion de ressource locale et de résilience, par opposition à l'économie verte).

illustration #2



De façon récurrente, le vivant et son approche cyclique sont ainsi présentés comme le socle de la réflexion circulaire. Nous allons à présent nous pencher rapidement sur les cycles biologiques sur laquelle cette approche est basée.

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ECONOMIE CIRCULAIRE

B- Les cycles biogéochimiques & la notion de déchet

Un écosystème est caractérisé par les échanges cycliques de matière qui s'établissent entre le biotope et la biocénose (l'ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace écologique donné, plus leurs organisations et interactions), et qui constituent des cycles biogéochimiques dont les plus importants concernent l'eau, le carbone, l'oxygène, l'azote, le soufre et le phosphore.

Le cycle de l'azote par exemple comprend 3 phases ²¹:

- 1) la fixation de l'azote atmosphérique par des bactéries spécialisées
- 2) la récupération de l'azote contenues dans les matières organiques mortes par des micro-organismes
- 3) la dénitrification par d'autres bactéries spécialisées qui transforment les nitrates en diazote avant qu'il ne retourne dans l'atmosphère.

Les cycles biogéochimiques induisent effectivement fréquemment des passages de l'état organique à l'état minéral. Les divers cycles en interaction confèrent à la biosphère une capacité d'autorégulation, qui contribue à la stabilité des écosystèmes ²².

Cette régulation est notamment liée au fait que processus de production et de décomposition sont séquencés le long des réseaux trophiques. A partir de matière minérale (eau, minéraux du sol, CO₂) et de photosynthèse, les écosystèmes produisent de la matière organique, processus essentiel de leur fonctionnement. Mais un autre processus lui fait effectivement face, complémentaire : la décomposition de cette même matière organique, lui permettant de retourner à l'état minéral ²³. **Cette transformation de la matière s'inscrit donc dans une boucle éminemment ouverte, ne limitant pas la façon dont elle sera réutilisée.**

Nuance sémantique : on entend parfois que le « déchet n'existe pas dans la nature ». En l'occurrence, il existe bel et bien, le vivant ne pouvant se maintenir qu'en métamorphosant de la matière et de l'énergie entrantes en déchets métaboliques ²⁴. En revanche, ce déchet sera la base d'une utilisation par un autre organisme, permettant le recyclage de la matière ainsi transformée. Notre espèce reste la seule à générer des déchets terminaux, dont une définition pourrait être la suivante : « Un déchet correspond à tout matériau, substance ou produit qui a été jeté ou abandonné car il n'a plus d'utilisation précise. » (ADEME).

"Waste is a design flaw as it doesn't exist in nature."

***Gabriela Hearst,
The Future of Creativity, gabrielahearst.com***

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

C- Principes de l'économie circulaire appliqués au secteur textile

a) Une définition de l'économie circulaire ?

Le concept n'est pas normé, les définitions sont par conséquent multiples :

o En 2019, lors de l'Assemblée sur l'Environnement des Nations Unies, l'économie circulaire a été décrite comme « un modèle dans lequel les produits et matériaux sont conçus de façon à ce qu'ils puissent être réutilisés, remanufacturés, recyclés, ré-exploités et par la même maintenus dans l'économie aussi longtemps que possible [25](#) ». Cette définition revêt un caractère essentiellement technique.

o Après avoir analysé 114 définitions, Kirchherr et al. ont livré une caractérisation du concept plus large : « un système basé sur des business-models qui remplacent la fin de vie par une réduction, ré-utilisation, recyclage et revalorisation des matériaux au cours des processus de production/distribution/consommation... avec pour objectif de réunir les conditions favorables à un développement durable, permettant de créer une qualité environnementale, une prospérité économique et une justice sociale, pour le bénéfice des générations actuelles et futures [17](#) ». Cette définition semble relativement complète, bien que la notion de prospérité économique ne distingue pas l'ODD #1 (éradication de la pauvreté) du cours des actions de multinationales.

o La définition donnée dans un récent rapport de PwC et du WWF intègre différentes stratégies d'économie circulaire [26](#) :

«L'économie circulaire soutient le développement durable en s'employant à protéger les ressources pour soutenir les générations actuelles et futures. Il faut, pour tendre vers cet objectif, réduire l'utilisation de ressources, les déchets, les émissions et les fuites d'énergie des produits au fil du temps en mettant en œuvre quatre stratégies distinctes: l'optimisation, la création de cycle, le ralentissement et la régénération des cycles de ressources». La vision se complète ici avec l'incorporation de notions de déchets et d'émissions, ainsi qu'une introduction de la notion de ralentissement.

o Notons que la tentative de mise en perspective par Geisendorf et Petulla (2018) des différents concepts de circularité selon le nombre de fonctions remplies -[figure #3](#)-, permettent à l'économie circulaire et à la démarche Cradle to Cradle de cocher le plus grand nombre de cases... éclipsant certains attributs du biomimétisme, tels que l'absence de déchets, la possibilité d'apporter des solutions dans les secteurs primaires et tertiaires également - seule l'industrie est retenue ici-, le fait d'être source de proposition sur un plan d'organisation macro-économique ou à l'échelle de l'entreprise, d'offrir de nouveaux outils de mesure, ainsi que des pistes d'organisation de nos sociétés (*nature as a model, measure, mentor* [27](#)).

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ECONOMIE CIRCULAIRE

Table 2.1. Categories and characteristics of circular economy concepts

Categories	Characteristics	Concepts									
		Circular economy	Cradle to cradle	Closed supply chains	Regenerative design	Blue economy	Industrial ecology	Reverse logistics	Performance economy	Natural capitalism	Bio-mimicry
Motivation(s)	Focus on environment	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Focus on profitability			•				•			
	Including social aspects	•	•		•	•			•	•	
Proposition for waste management	Efficiency and waste reduction	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Zero waste	•	•		•						
	Technological/biological substances	•	•								
Guidelines and tools	Business model perspective	•	•			•				•	
	Focus on operations		•	•	•		•	•			
	Measurability	•	•	•		•	•	•	•	•	
	Policy	•		•			•				
Economic sectors covered	Primary sector	•	•		•	•	•			•	
	Secondary sector	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Tertiary sector	•	•		•	•			•	•	
Economic scope	Macro-economic perspective	•				•			•	•	
	Meso-economic perspective		•	•			•				
	Micro: company level	•	•	•	•		•	•			
	Micro: product level	•	•		•			•			•
Activities during life cycle stages: Circular design of ...	Product development	•	•	•	•	•			•	•	•
	Raw material sourcing	•	•	•							•
	Production processes	•	•	•		•	•	•			•
	Use	•	•						•		•
	CRM							•	•		
	End of life/disposal	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Transportation	•	•	•	•	•	•				

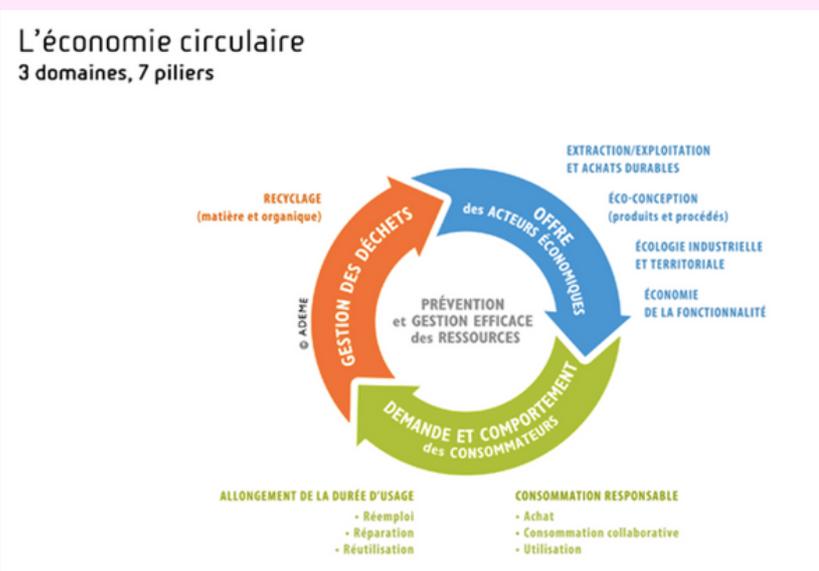
Note: CRM stands for customer relationship management

Source: Geisendorf and Pietrulla 2018, Table 1: 777 (for the citations underlying the assessments in this table, please see the source)

-figure #3 / UCL Institute for Sustainable Resources-

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ECONOMIE CIRCULAIRE

En France, suivant les recommandations de l'ADEME (dont l'Institut National de l'Economie Circulaire 28 s'est fait écho dans l'illustration #4 ci-dessous), les préconisations de circularité reposent sur une segmentation entre l'offre des acteurs économiques, le comportement des consommateurs, et la gestion de la fin de vie. Cette approche est relayée par nombre d'entités, du Pôle Eco-Conception 29 au Ministère de l'Economie 30 en passant par l'éco-organisme ReFashion 31.



Les principes thermodynamiques de conservation de l'énergie sont à la base de ce système d'organisation en boucle de rétro-actions, constituant les sept piliers de la sagesse de l'économie circulaire évoqués dans une analyse croisée Sciences Po x Ministères des Affaires Etrangères 32 : l'éco-conception, l'écologie industrielle, l'économie de fonctionnalité, le réemploi, la réparation, la réutilisation et le recyclage. Chacun de ces dispositifs permet en effet de garder des flux de matière de façon prolongée dans l'économie.

Le parti-pris de la Fondation Ellen Mc Arthur, référente sur le sujet, est en revanche de se focaliser sur le volet des marques / de l'offre, la conception prenant une place centrale, devant permettre d'atteindre les objectifs suivants 33 :

- Éliminer les déchets et la pollution*
- Conserver les produits et matériaux à leur valeur la plus élevée
- Régénérer la nature

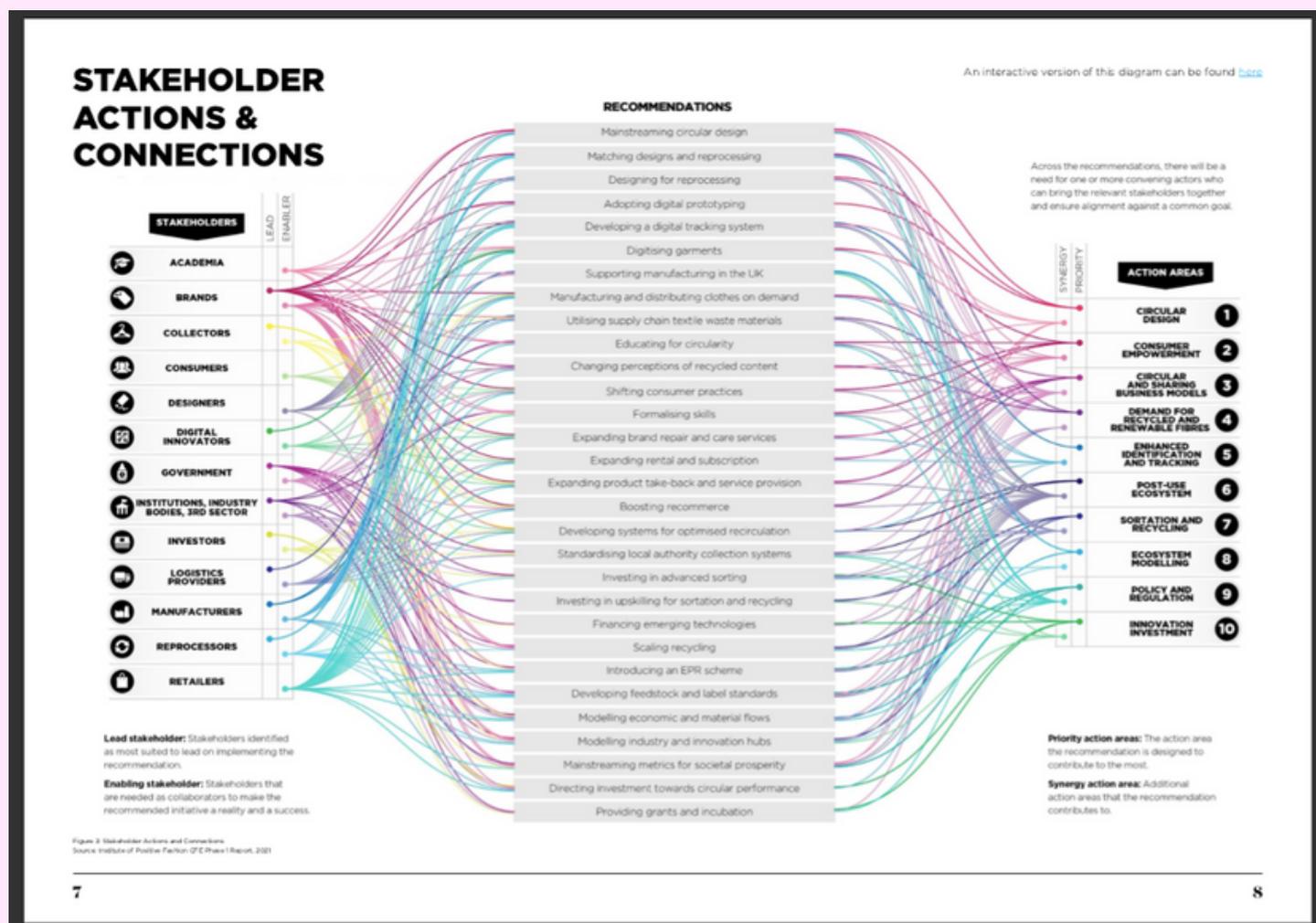
* Pour la fondation Ellen Mc Arthur, dans un cadre d'économie circulaire, les matériaux et composants ne deviennent jamais un déchet : ceux-ci sont supprimés intentionnellement en phase de conception. Grâce à ce re-design, les matériaux ou substances qui auraient pu finir en déchet deviennent la matière première pour d'autres utilisations, ou bien retournent à la biosphère.

Approche holistique de l'ADEME ou focalisée sur l'offre de la Fondation Ellen Mc Arthur, les briques constitutives restent cependant les mêmes. Elles sont inspirées par les 3R du mantra -à priori issu du mouvement écologique nord-américain des années 70- « Reduce, Reuse, Recycle » : réduire les déchets générés, augmenter la durée de vie des objets, et en dernier recours recycler. Les 3R ont été élargis à 5 (voire plus) ces dernières années, intégrant les notions de Refuse en premier lieu -la consommation excessive, les produits non soutenables...-, puis selon les sources, faisant précéder le recyclage par la notion de Repurpose (donner une autre vie/utilisation à l'objet que celle initialement prévue).

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

b) Économie circulaire appliquée à l'industrie de la mode

Les modalités d'application sont multiples. The Institute of Positive Fashion en a dressé une cartographie [34](#) assez complète, mettant en avant les préconisations en regard des acteurs concernés dans l'écosystème mode (disponible en version interactive [35](#)) :



30 modalités sont ainsi proposées, ayant un impact sur 10 points-clés, listés ci-dessous :

- Design circulaire
- Identification et tracking des produits
- Mise sur pied d'un écosystème post-utilisation
- Utilisation de fibres recyclées ou renouvelables
- Responsabilisation du consommateur
- Business models circulaires
- Tri et recyclage
- Législation
- Investissement en innovation

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

On notera certaines stratégies communes dans l'ouvrage *Circular Design For Fashion* 36 de la Fondation Ellen Mc Arthur, auquel marques et fournisseurs ont contribué – telles qu'Adidas, Burberry, Fibershed, Fast Retailing, Marine Serre, Renewcell, ThredUp, Timberland...- Les stratégies proposées sont, à nouveau, centrées sur l'aspect offre, et plus pragmatiques et adaptables du point de vue des marques :

- Fabriquer ce qui est vendu (*et non fabriquer et voir ensuite ce qui se vend !*)
- Utiliser des matériaux non dangereux, recyclés ou renouvelables
- Éliminer complètement les déchets sur les phases de production
- Créer des produits qui durent dans le temps
- Réparer ou reprendre les produits endommagés
- S'appuyer sur la data pour faciliter la durabilité produit
- Faire circuler les produits entre utilisateurs
- Restyler les produits
- Concevoir à des fins de reconception
- Régénérer

La Fédération Française du Prêt à Porter Féminin, celle des Industries du Vêtement Masculin ainsi que Lingerie Française ont produit en partenariat avec la Fédération de la Haute Couture et de la Mode, l'Alliance du Commerce et ReFashion un guide très complet d'*Ecoconception pour Marques Responsables* 37. Comme pour la Fondation Mc Arthur, le design tient ici une place prépondérante. Les recommandations émises dans le cadre de la roue de l'éco-conception (initiée par le designer Thierry Kazazian : *Il y aura l'âge des choses légères* 38) portent ainsi sur toutes les étapes du cycle de vie, de la définition du concept à la fin de vie, en passant par les choix matières, de production, de distribution. Et c'est également en phase de création que s'anticipent les dernières étapes de cette roue : usage, cycle de vie optimisé et fin de vie, pour pouvoir s'inscrire sur une trajectoire d'économie circulaire.

Afin de délimiter les concepts, le Pôle Écoconception 29 apporte les précisions suivantes :

- **l'éco-conception est une approche « micro » de la conception d'un produit et/ou d'un service.** Elle ne traite pas des processus concrets de recyclage par exemple, mais elle prépare les produits et services pour qu'ils puissent être recyclable (prêt au recyclage : recycling ready).
- **L'économie circulaire est un concept « macro » qui vise globalement la réduction de la consommation de ressources en fermant les boucles.** Elle s'intéresse donc à la réalisation concrète de ce bouclage.

2- ANCRAGES ET PRINCIPES D'ECONOMIE CIRCULAIRE

Les outils de mise en application de la circularité, loin de se limiter aux entités citées plus haut, sont pléthoriques. Global Fashion Agenda a par exemple partagé son *Circular Design Toolbox* 39, le SCIRT (System Circularity and Innovative Recycling of Textiles, soutenu par l'UE) a mis en ligne sa *Roadmap Towards a Circular Fashion System* 40, Première Vision a mis à disposition son *Livre Blanc Mode et Eco-Responsabilité* 41...

On constatera à nouveau que le séquençement peut différer, mais que les briques constitutives sont similaires. **Le cadre qui s'offre aux marques est donc large, généralement complet, s'adressant aux équipes en charge du design, mais aussi des approvisionnements, de la stratégie produit, de la mise en marché...**



Avant de nous pencher sur ce que les marques ont effectivement mis en pratique de ces concepts : synthétisons ce que les législateurs en ont retenu.

3- LA LEGISLATION, OUTIL DE TRANSFORMATION

Les initiatives non sectorielles liées à l'économie circulaire et faisant objet de décrets existent en Chine, en Allemagne, au Japon depuis plusieurs années. En revanche, orienter la législation vers l'industrie de la mode spécifiquement est relativement récent. La France semble être précurseur sur ce domaine, suivie par l'Union Européenne. L'objectif ici sera de déterminer les axes principaux retenus par le législateur permettant d'implémenter les principes évoqués plus haut.

A- France : Loi AGECE (Anti Gaspillage/ Économie Circulaire)

Ce décret, mis en application depuis janvier 2022, a plusieurs volets ⁴² visant spécifiquement l'industrie textile. Il a pour objectif une production plus responsable (affichage environnemental et social, taux minimal d'incorporation de matière recyclée), une meilleure information du consommateur (substances dangereuses, signalétique de tri), favoriser le réemploi et le recyclage (interdiction de destruction d'inventus, amélioration de la collecte), et le renforcement de la REP - Responsabilité Élargie des Producteurs – (incitation à faire reprendre sans frais les textiles usagés dont les consommateurs se séparent).

Les points faibles structuraux se trouvent renforcés (incitation à la collecte / au tri / au recyclage), et l'utilisation de matières recyclées est nettement encouragée. Le point focal porte donc sur les flux de matières et la transformation de ce qui finissait trop souvent en déchet. Les aspects de l'économie circulaire liés à l'écoconception, l'allongement de la durée de vie et la recyclabilité ne sont pas pour autant négligés : l'article 72 de la loi met en place une disposition autour du plan de prévention et d'écoconception s'appliquant aux marques nationales :

« Art. L. 541-10-12. – Tout producteur mentionné à l'article L. 541-10-1 est tenu d'élaborer et de mettre en œuvre un plan de prévention et d'écoconception ayant pour objectif de réduire l'usage de ressources non renouvelables, d'accroître l'utilisation de matières recyclées et d'accroître la recyclabilité de ses produits dans les installations de traitement situées sur le territoire national ⁴³. »



3- LA LEGISLATION, OUTIL DE TRANSFORMATION

B- Union Européenne : EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles

La stratégie de l'Union Européenne est volontariste et ambitieuse. La communication de la Commission au Parlement et aux états membres de mars 2022 détaille ses priorités [44](#). Le premier pilier évoqué concerne l'introduction de prérequis d'éco-conception, destinés à augmenter la durée de vie et la recyclabilité et à réduire les impacts néfastes sur l'environnement et le climat. A l'instar de la France, la destruction des invendus ne sera plus autorisée. La pollution aux micro-plastiques, trop fréquemment ignorée par ailleurs, fera l'objet de directives en termes de design produit et process de production et de prélavage.

Le consommateur sera mieux informé : un étiquetage plus clair sur les textiles et un passeport numérique pour les produits verront le jour, alors que la lutte contre le greenwashing s'intensifiera en garantissant l'exactitude des allégations environnementales des entreprises. Les règles en matière de responsabilité élargie des producteurs dans l'UE seront harmonisées, ainsi que les incitations économiques pour rendre les produits textiles plus durables. La stratégie de l'UE entend également relever les défis posés par l'exportation de déchets textiles, sujet de taille sur lequel nous reviendrons.

Un volet plus systémique aura pour objectif de mettre sur pied un plan d'action permettant aux acteurs de l'écosystème textile de réussir les transitions écologique et numérique et d'accroître la résilience.

L'aspect le plus ambitieux de cette stratégie reste néanmoins l'objectif -systémique également- de mettre un terme à la surproduction et surconsommation. Les entreprises de la fast fashion seront fortement encouragées à intégrer les principes de l'économie circulaire, contenir le nombre de collections par an, et réduire leur impact carbone et environnemental ! Un vœu pieu ? Quant à la surconsommation, la refonte des habitudes de consommation devra notamment être influencée par l'offre, les marques proposant des modalités circulaires telles que la location, la réparation et la seconde main.

Une stratégie très complète de l'UE donc, réellement à la hauteur des enjeux, et dont la mise en application sera intéressante à observer... L'observation de ce que les marques se sont appropriées de l'approche circulaire est en revanche plus immédiate, les analyses sur le sujet étant nombreuses. Nous nous pencherons dans le prochain chapitre sur quatre d'entre elles, après avoir évoqué à titre d'exemple une interprétation de l'économie circulaire dans une PME française.

4- BENCHMARKS INDUSTRIE / MESURES DE CIRCULARITE

A- Cas de Pyrenex, entreprise circulaire ?

Pyrenex est une marque française de prêt-à-porter et accessoires de maison, spécialiste du duvet, forte de 160 salariés. Dans le cadre du Master NID, j'ai eu l'opportunité de rentrer dans le détail de leur stratégie, de leurs process de création et développement produit, ainsi que de leur vision de l'écoconception et de la circularité.

Le positionnement de la marque à ce sujet est mis en avant sur son site [45](#) :

« Depuis plus de 160 ans, Pyrenex développe une série de savoir-faire inimitables de l'ennoblissement des plumes et du duvet jusqu'à la conception et la fabrication de produits pour la maison et l'habillement. Cette expertise est préservée et transmise de génération en génération. Elle permet de fonctionner en économie circulaire en rendant possible le recyclage et la valorisation d'un coproduit issu des filières agricoles locales. »

Économie circulaire et ce que Pyrenex considère comme du recyclage sont ici assimilés. Cette approximation se retrouve dans une parution presse [46](#) datant du 27 mars 2023 ayant pour titre *Pyrenex invite à l'évasion avec Happy Nomade*, le chapeau de l'article est le suivant : « Adeptes d'une conception durable et circulaire, le spécialiste français du duvet lance une collection printemps-été 2023 résolument polyvalente »... auquel la conclusion fait écho : « Un impact écologique minimisé, dans la pure tradition de Pyrenex qui, toujours fidèle à ses engagements en faveur de l'environnement, s'emploie à préserver les ressources naturelles en confectionnant ses vêtements avec des matières et des composants recyclés ». Circularité signifie ici à nouveau recyclage. Notons au passage la mention en fin d'article qui éclaire l'origine de cette interprétation ; elle n'est en l'occurrence pas le fait d'un journaliste peu formé à ces notions ; il s'agit d'un « contenu conçu et proposé par Pyrenex ».

Dernier élément : dans le plan d'action RSE Ambitions 2025, sous la rubrique : « développer des produits et services de qualité, respectueux des hommes et de la nature », l'objectif – non chiffré – est le suivant : « favoriser la sélection de matières recyclées, biologiques, ... (éco-responsables) ». A nouveau, l'input matière est le seul élément venant alimenter une approche dite circulaire.

Différentes interviews menées avec les parties prenantes sur la manière dont la circularité était actionnée concrètement en interne ont confirmé cette conception :

« Le plan RSE n'implique pas le plan de collection ou le design, seule la substitution matière est sur le radar. Il n'existe pas d'objectifs à date en pourcentage de produits durables. » Chef de produit outerwear.

« On dépend beaucoup de nos fournisseurs sur ce qu'ils peuvent nous proposer comme matériaux ». Design Lead apparel.

Réduire la circularité à la substitution matière n'est pas l'apanage de PME françaises peu formées sur le sujet de la circularité : nous constaterons par le biais de différents outils de mesure que les grands groupes internationaux font des raccourcis similaires.

4- BENCHMARKS INDUSTRIE / MESURES DE CIRCULARITE

B-Material Change Insights Report 2021 – Textile Exchange

Textile Exchange est une organisation à but non lucratif, qui pilote un panel de certifications (ex : norme GRS pour les fibres recyclées), promeut les matières textiles durables, rassemble des centaines d'acteurs de la mode et du textile au sein de groupes de travail et rédige des rapports sectoriels.

Dans le rapport cité en titre [47](#), 292 entreprises membres de Textile Exchange ont participé au benchmark volontairement. Il ne s'agit donc pas d'une photo exacte de l'industrie au moment du benchmark, mais le CA cumulé de ces entités s'élevait à 680 milliards de \$ (dont Adidas AG, Asics, ASOS, Calvin Klein, Desigual, H&M, Helly Hansen, Tommy Hilfiger, Hugo Boss, Icebreaker, Inditex, Kering Kiabi, Levi Strauss, Lululemon, Mango, NewBalance, Nike, Patagonia, Timberland, Vans, Veja)...soit déjà plus d'un tiers d'une industrie mondiale estimée à 1.500 milliards de \$, et par conséquent assez représentatif.

Premier fait marquant : 99% des sondés ont une stratégie circulaire (établie ou bien en cours de développement), cf [illustration #5](#). Pour les marques chez qui elle est établie : l'utilisation de matière recyclée arrive en 1ère position, avec 62% des participants. **Amalgame à nouveau entre recyclage et circularité.**



Illustration #5

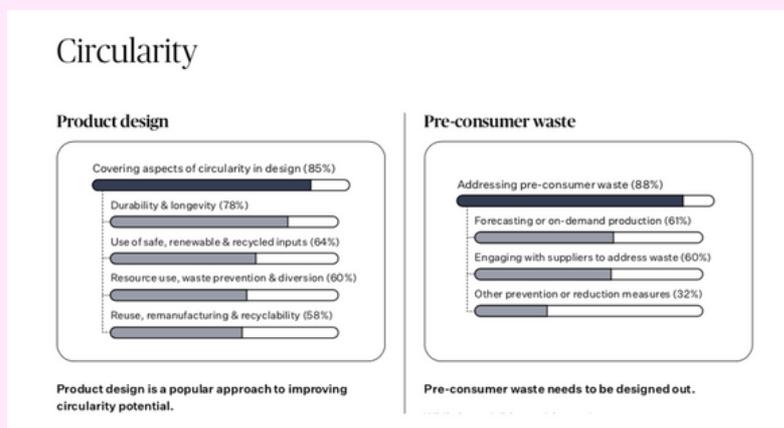


Illustration #6

En parallèle de la conception produit, la gestion des déchets pre-consumer semble également être un objectif fort pour 88% des marques ([illustration #6](#)). Focus sur le volet amont donc, car il s'agit de chutes de production essentiellement, qui se trouve être le plus simple et moins cher à gérer... mais également le moins impactant, correspondant à 12% des déchets totaux comme souligné plus haut par le World Economic Forum.

Un bémol sur cette analyse déclarative des marques : moins de la moitié d'entre elles se sont fixé des objectifs de circularité mesurables et inscrits sur une échelle de temps, les 54% restants se limitant à des objectifs qualitatifs, ou n'ayant pas d'objectifs du tout...

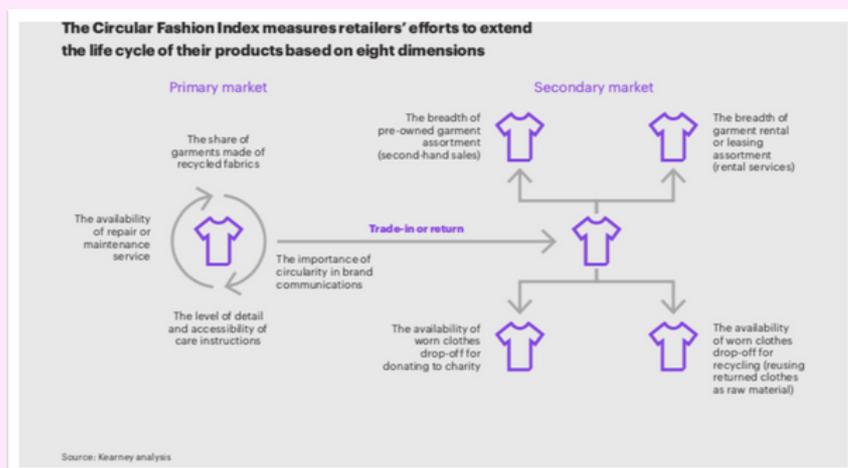
4- BENCHMARKS INDUSTRIE / MESURES DE CIRCULARITE

C-CFX: Circular Fashion Index

Kearney, cabinet de conseil en stratégie, a mis sur pied en 2020 un outil de mesure des performances de circularité des 100 marques les plus importantes opérant en Europe, quels que soient leurs pays d'origine.

Leur outil mesure les efforts des marques pour augmenter la durée de vie de leur produits, le score attribué s'appuyant sur 8 dimensions affectant cette longévité ([graphique #7](#)). Ces dimensions englobent le marché primaire (mise sur le marché de produits neufs) et le marché secondaire (seconde main ou recyclage). Ces performances ont été ensuite pondérées, donnant plus de poids à la seconde main, à la location de vêtements, ou la réutilisation de produits retournés en tant que matière première. Puis les scores ont été agrégés pour donner une note finale sur 10.

Illustration #7



Trois marques ont obtenu un score décent : Patagonia, The North Face et Levi's. Les 3 cochant nombre de cases des préconisations de circularité vues plus haut : elles mettent effectivement en avant le besoin de prolonger la durée de vie des produits, encouragent le retour d'anciens produits destinés à être triés pour vente en seconde-main, utilisation de matières première ou dons. En parallèle, elles offrent des services de réparation ou de customisation, et augmentent de façon significative la proportion de matériaux recyclés dans leurs gammes.

En revanche, 80% des marques analysées ont obtenu un score inférieur à 2,5/10 : 15% d'entre elles utilisent des matériaux recyclés à des niveaux crédibles, 46% le font sur une partie minimale de leur gamme, 39% n'en utilisent pas du tout. Et l'immense majorité se limite aux obligations légales relatives aux instructions figurant sur leurs étiquettes d'entretien !

Même sur des performances décevantes : l'utilisation de matières recyclées se retrouve à nouveau comme dénominateur commun de circularité chez la très grande majorité des marques observées.

4- BENCHMARKS INDUSTRIE / MESURES DE CIRCULARITE

D-Analyse des rapports RSE de marques (Eileen Fisher Foundation)

Le cabinet de conseil en design et technologie Pentatonic a mis sur pied une étude en 2022 intitulée « *Fashion's Waste Crisis and How to Solve It* » [48](#), missionnée par la Fondation Eileen Fisher – créée par la marque durable et avant-gardiste du même nom.

Il en ressort notamment que bien que le sujet de circularité soit devenu central, les démarches des entreprises sont pour le moins contrastées. Certaines marques investissent très peu, faisant preuve d'une prise de conscience limitée de la problématique, alors que d'autres publient des stratégies d'ensemble et ont lancé de multiples initiatives. **L'analyse des Sustainability Reports d'une trentaine de marques couvrant l'ensemble des segments de marché révèle à nouveau que l'amélioration des choix de matériaux est prioritaire**, et occasionnellement suivie de mise en place de services tels que la réparation.

A noter : la plupart ne communiquent pas sur les déchets, que ce soit au niveau de leur chaîne de valeur ou post-consumer. La question de la taille des collections, de leur fréquence de renouvellement, des volumes de production reste largement absente.

E- Fashion Transparency Index

Le Fashion Transparency Index [49](#) de Fashion Revolution est un classement annuel des 250 marques mondiales de la mode les plus influentes, dont le chiffre d'affaires est supérieur à 400M US\$, reflétant les différents segments de marché (luxe, sportswear, vertical retailers etc...) et zones géographiques (Europe, Amérique du Nord, Amérique du Sud, Asie et Afrique).

L'analyse 2022 souligne que :

- 46% des marques publient une stratégie de matériaux durable chiffrée et assortie d'une échelle temps (non précisé par l'analyse, mais sous-tendu par le recyclage)
- 21% des marques mettent en place de nouveaux business models destinés à étendre la durée de vie des produits tels que la location ou la seconde main
- 20% des marques offrent des réparations de produits

A noter : 28% (vs 18% en 2020) des grandes marques déclarent développer des solutions circulaires de recyclage textile-to-textile. Cependant, seules 4% communiquent sur le pourcentage de leur produits conçus pour faciliter la circularité – permettant aux matériaux des produits en fin de vie d'être transformés en matière première pour de nouveaux vêtements. Décalage donc entre intentions de circularité, et pratiques de circularité...

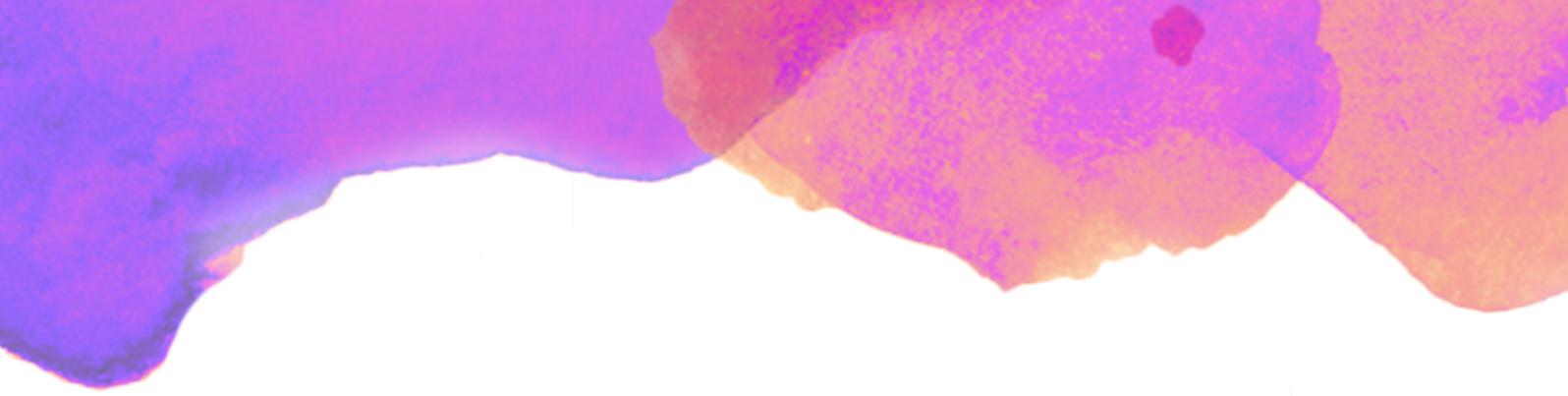
4- BENCHMARKS INDUSTRIE / MESURES DE CIRCULARITE

Ce benchmark ainsi que de nombreuses orientations de la législation démontrent que la mise en application de la circularité dans l'industrie se concentre essentiellement sur une de ses sous-composantes : le recyclage.

Comme le soulignent les auteurs du rapport cité plus haut : *Fashion's Waste Crisis and How to Solve It*, « *brands continue to promote their efforts on the lowest hanging fruit* ». Il est effectivement plus facile de se focaliser sur une modification – bien que relativement marginale pour la majorité des acteurs – des matières utilisées. La chaîne de valeur reste essentiellement inchangée, les marges assez peu impactées sur les proportions actuelles, et les risques inhérents au changement de business model évités.



Nous nous focaliserons dans la deuxième partie de cette étude sur le recyclage, avec pour ambition de distinguer les méthodologies existantes ou en développement, de mesurer son efficacité, d'identifier les freins structurels, et de questionner son déploiement à terme.



II.

REALISATION

En décalage avec l'intention



1- BALISAGE DE NOTIONS LIEES AU RECYCLAGE

A- Typologies de boucles

Le bouclage de flux de matière sur lequel repose le recyclage est caractérisé dans la théorie du climax, dont l'inventeur est un spécialiste américain de l'écologie des successions végétales, Frederic Clemens [50](#). Le parallèle est établi en écologie scientifique avec les écosystèmes industriels et leurs différents stades de maturation.

Les écosystèmes juvéniles se caractérisent ainsi par un faible recyclage de la matière, des flux de matière ouverts, une forte compétition entre espèces. Toujours selon la théorie du climax, le terme normal de l'évolution des écosystèmes est le stade mature, qui se caractérise par un fort taux de recyclage des éléments et des flux de matière quasi-cycliques. Ces écosystèmes matures font preuve d'une forte résilience et d'une remarquable durabilité. [51](#)

Les flux de matière évoqués sont distingués selon deux types de boucles, détaillés dans les définitions du recyclage relayées par deux organismes experts.

Comme nous le rappelle Paris Good Fashion, accélérateur de transition durable dans la mode, dans un rapport récent [52](#) :

« L'ISO 14021 qualifie de recyclé un matériau qui a été retraité à partir de matières récupérées au moyen d'un processus de fabrication et transformé en un produit final ou en un composant destiné à être incorporé dans un produit. » Les matériaux recyclés, aussi appelés « matière première secondaire » (MPS), font référence à la fois au contenu post- consommateur et pré-consommateur, provenant soit du recyclage de produits textiles (boucle fermée), soit d'autres industries (boucle ouverte).

L'éco-organisme du secteur, ReFashion, fait également cette distinction en termes de boucles dans son dossier d'avril 2021 sur le recyclage de textiles et chaussures [53](#) :

« Le processus du recyclage consiste à transformer les textiles et chaussures non-réutilisables en nouveaux produits, chiffons, géotextiles, fibres ou plastiques composites. Il offre par conséquent de multiples débouchés en boucle fermée (appliqués à la filière textile), mais aussi et surtout en boucle ouverte, par exemple dans le bâtiment, l'automobile ou la plasturgie. L'occasion d'utiliser une matière déjà disponible et d'économiser ainsi des ressources naturelles. »

Gérard Bertolini, directeur de recherches au CNRS, confirme que le recyclage permet de limiter ou de ralentir la création d'entropie du système matière [54](#), insistant sur le fait qu'un taux de recyclage très élevé ne peut être obtenu que par l'intermédiaire de boucles fermées.

La boucle fermée est en effet la préconisation majeure de l'ensemble des organisations qui tentent de définir l'avenir du recyclage textile, et ce pour deux raisons (dont nous évoquerons les incidences plus tard dans ce chapitre). En amont, la boucle textile- to-textile a pour objectif d'exploiter l'afflux colossal de déchets au sein de la filière. En aval, elle permet d'éviter la perte de valeur due au downcycling actuellement constaté dans le passage vers d'autres industries.

1- BALISAGE DE NOTIONS LIEES AU RECYCLAGE

B- Process de recyclage textile

Il existe trois types de technologies de recyclage, bien qu'il soit en général fait référence soit au recyclage mécanique (le plus utilisé actuellement), soit au recyclage chimique (sur lequel les investissements se concentrent), décrits dans l'illustration #8.

Le recyclage mécanique consiste en un ensemble de traitements 55 tels que la découpe, l'effilochage – obtention de fibres par cylindres rotatifs équipés de picots-, le défibrage -effilochage permettant de conserver des fibres plus longues et de meilleure qualité-, et le broyage – obtention de fibres très courtes ou de poudres-.

Le recyclage thermo-mécanique a pour objet d'associer la fusion des fibres synthétiques à un traitement mécanique (tel que l'extrusion, l'injection...) pour obtenir une Matière Première Recyclée. 56

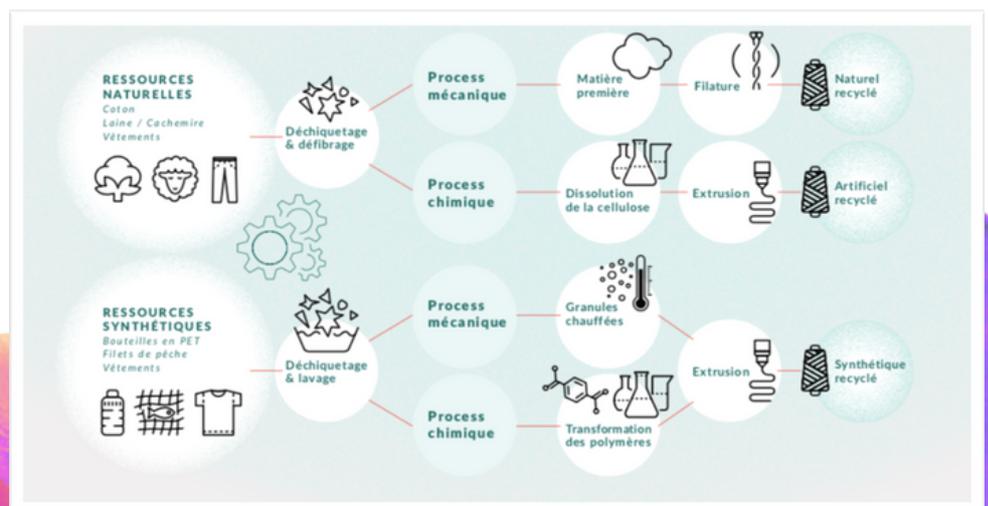
Le recyclage chimique -ou recyclage moléculaire- permet la décomposition des fibres par voie chimique ou enzymatique, permettant de revenir aux constituants de base 56. L'étude menée par l'agence (Re)Set pour Paris Good Fashion, dans le cadre du projet GRAAL, distingue les processus suivants :

- o la dissolution sélective (solvants utilisés sur matériaux synthétiques)
- o le pulping (solvants utilisés sur matériaux cellulosiques)
- o le recyclage hydrothermal (eau+chimie verte+ pression + hautes températures)
- o la solvolysse (seule approche chimique ou enzymatique permettant un retour au monomère).

Les enjeux de qualité de fibre finale et d'effets sur les écosystèmes varient en fonction des procédés retenus. Le recyclage mécanique permet une transformation limitant les impacts environnementaux ; la fibre obtenue est cependant généralement de moins bonne qualité et doit être mélangée avec une fibre vierge pour répondre aux standards du marché.

Moins répandu, le recyclage chimique nécessite plus d'énergie (donc source de GES) et l'adjonction de solvants. Il permet cependant un retour à la structure initiale du polymère -voire du monomère-. Ainsi purifié, le polymère peut être de nouveau exploité pour donner une fibre aux propriétés identiques à celles d'une fibre vierge 37.

Illustration #8 (Guide Pratique de l'EcoConception pour Marques Responsables -Fédérations textiles multiples-)



2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

A- Moins d'1% de fibres textiles recyclées en 2021

92 millions de tonnes de déchets textiles sont produites par an au niveau mondial. Ce chiffre, sourcé sur le site du programme environnement de l'ONU [57](#), communiqué à l'occasion du Copenhagen Fashion Summit de 2017 -et toujours relayé en l'état sur de nombreux supports- date en fait de 2015 [58](#). En l'absence de statistiques mises à jour, on peut estimer que la réalité de fin 2023, propulsée depuis 2015 par l'ultra-fast fashion, aura des chances de dépasser les 100 millions de tonnes, sur une trajectoire projetée à plus de 130 millions d'ici 2030 [59](#).

La production annuelle de textile a quant à elle atteint le niveau record de 113 millions de tonnes en 2021, d'après le rapport publié en octobre 2022 par Textile Exchange [60](#). Pour le contexte : le volume a quasiment doublé depuis les 58 millions de tonnes mesurées en 2000, et la trajectoire 2030 cumulerait 149 millions de tonnes.

Il apparaît dans le même rapport que bien que la part de fibres recyclées au niveau mondial ait atteint 8,9% du total utilisé en production en 2021, moins d'1% de ces fibres provient de textiles recyclés pre- et post-consumer.

Ce décalage s'explique par le fait que les matières pétro-sourcées (qui représentent 64% des fibres utilisées en 2021) aient le plus fort taux d'incorporation de fibres recyclées -15% du total, cf [fig #9](#), et que 99% de ces fibres recyclées proviennent d'une autre industrie. En l'occurrence, celle des bouteilles de PET. Déséquilibrant au passage la boucle efficace et fermée des dites bouteilles.

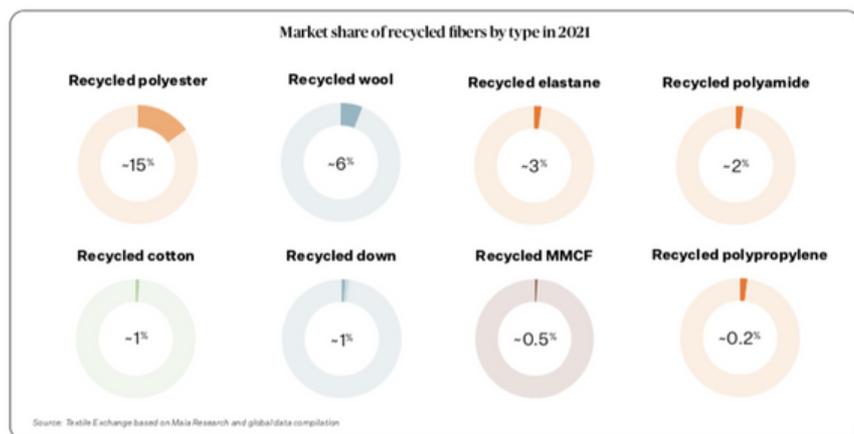


Figure #9 / Textile Exchange

Bien que limités (moins de 9% au niveau mondial donc), ces flux de réinsertion sont en l'occurrence caractéristiques d'une économie dite du recyclage, et non de l'économie circulaire mise en avant par de nombreux industriels, les déchets textiles n'étant pas exploités pour fabriquer de nouvelles matières.

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

B- Freins techniques : pourquoi 99% ne sont pas recyclés

La collecte est partielle

En France-

ZeroWaste France a mené une étude [61](#) sur les flux de textiles sur le territoire national en 2020. Il en ressort que pendant que 517.000 tonnes étaient mises sur le marché en France, on en collectait environ 200.000 tonnes. Le différentiel entre les volumes entrants et sortants s'explique par la proportion de vêtements effectivement utilisés (ou bien oubliés dans des placards), et celle de vêtements jetés dans la poubelle de tout-venant.

Rapportée au niveau individuel, la collecte représentait 3,7kg par personne en 2019, contre 7,7kg en poubelle noire, finissant incinérés ou enfouis.

Mêmes ordres de grandeur du côté institutionnel : la collecte de 2021 est estimée à 244.000 tonnes par le Ministère de la Transition Ecologique [62](#), permise par les 44.000 points d'apport volontaire répartis sur le territoire. Imaginons de façon arbitraire que le tri soit techniquement accessible à 80% des 67 millions de français recensés en 2018 (laissant de côté les plus jeunes et les plus anciens), nous répartirions 44.000 points de collecte sur 53 millions de personnes, soit 1 pour 1.200 personnes. Dessinant un premier décalage entre besoins et infrastructures.

En Europe-

Fashion For Good prenait la mesure des flux sur 6 pays européens (Allemagne, Espagne, UK, Pays Bas, Belgique, Pologne) dans son analyse de 2022 "*Sorting For Circularity – Europe* » [63](#). Face aux 5,4M de tonnes mises en marché en 2019, la collecte s'élevait à 2,1M de tonnes, soit 39% : sensiblement les mêmes proportions qu'en France.

La question du manque d'efficacité de la collecte est donc triple : elle porte sur le comportement et l'éducation du consommateur (qui jette deux fois plus que ce qu'il ne dépose en collecte), la répartition d'infrastructures privées comme publiques, mais surtout sur l'absence d'options de recyclage en aval de la filière qui limitent l'intérêt d'une collecte intensive.

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

B- Freins techniques : pourquoi 99% ne sont pas recyclés

Le tri est complexe

Le tri aujourd'hui est essentiellement manuel. Cette approche est efficace pour repérer les pièces destinées à la seconde main (réutilisation). En revanche, elle s'avère inadéquate pour l'identification précise des typologies de fibres, identification nécessaire pour un recyclage mécanique ou chimique de haute qualité. Pour alimenter ces filières de recyclage, il serait nécessaire de faire succéder au tri manuel un tri automatique ou semi-automatique, portant sur les pièces non réutilisables, pour un tri par type de fibre et par couleur.⁶³

Obstacle supplémentaire : les travaux de la chaire Biarritz Active Lifestye Industry de l'ESTIA ⁶⁴ soulignent par ailleurs le fait que les process de tri n'intègrent pas encore de cahier des charges propres aux opérations de recyclage (par exemple : la séparation des tissus éponge des cotons blancs).

La valorisation du gisement pose question

En France-

ReFashion précise que sur les 200.000 tonnes collectées en 2020, 156.000 tonnes ont été triées et « valorisées » ⁶⁵. L'écart entre collecte et tri est dû à 3 facteurs : cession pour l'essentiel à d'autres opérateurs, écrémage -redirection par les opérateurs associatifs vers leurs boutiques des pièces réutilisables- et produits souillés.

Une fois triés, les volumes collectés sont répartis de la façon suivante (illustration #10) :

Réutilisation	56,5% dont 95% à l'export, sujet traité dans la section suivante
Recyclage	33,3%
CSR (def)	9,1%
Valorisation énergétique	0,7%
Elimination	0,4%

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

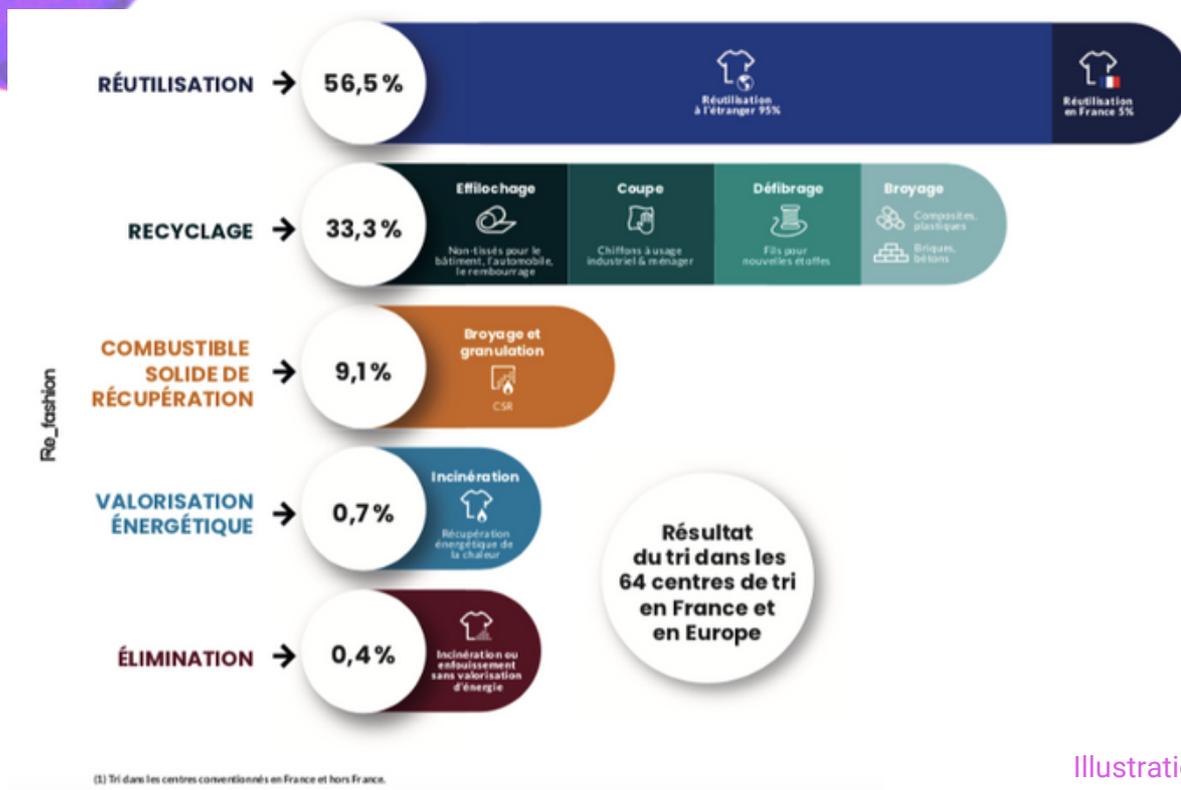


Illustration #10 / ReFashion

Le recyclage mentionné ici (33,3% des volumes) se subdivise en 4 parties. L'effilochage (non-tissés pour d'autres industries, à des fins de rembourrage ou isolation par exemple), la coupe (chiffons à usage industriel et ménager), le broyage (composites plastiques, briques), et enfin le défibrage, qui permet de recréer du fil pour de nouvelles étoffes. Seule la dernière opération permet de valoriser les fibres ainsi recyclées, les 3 premières consistant à downcycler un matériau qui n'aura probablement pas de vie au-delà. Ceci est à nouveau caractéristique d'une économie du recyclage plutôt que d'une économie circulaire.

Autre constat : plus de 10% des volumes sont toujours incinérés ou enfouis.

Une analyse plus fine des chiffres fournis par ReFashion des volumes triés en 2020 met en lumière deux éléments :

- 1) sur les 56,5% réutilisés (exportés), 80% des produits ne sont plus de premier choix.
- 2) En 2020, le recyclage se résumait à l'effilochage et la coupe. Soit 100% de sous-cyclage...

En Europe-

Sur les 1,7M tonnes de textiles retenus dans l'analyse de Fashion For Good, les répartitions sont proches de celles observées en France. 49% sont réutilisés / exportés, la découpe en chiffons / le downcycling / la faible valorisation cumulent 30%, et **seuls 2% sont recyclés pour obtenir une nouvelle fibre.**

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

B- Freins techniques : pourquoi 99% ne sont pas recyclés

Contamination des gisements

Nous avons probablement ici la raison majeure pour laquelle la valorisation des déchets textiles est limitée : le gisement (volumes collectés puis triés, soit la matière première devant alimenter le recyclage) et les technologies de recyclage actuelles ne sont pas alignés.

La contamination de gisements marque ainsi le décalage entre les produits collectés et l'exploitation qui peut en découler, et a 3 origines majeures :

o La construction multi-couches

L'exemple usuellement utilisé est une veste d'outdoor : shell extérieur qui protège des éléments, ouatinage pour apporter de la chaleur, lining interne. Cet assemblage de matériaux multiples ne peut aujourd'hui être recyclé efficacement, à l'inverse de produits mono-couches telles qu'un sweatshirt ou un jean. Fashion For Good nous rappelle dans son rapport [63](#) que ces produits représentent environ 7% des volumes collectés, et qu'ils sont intégralement voués à être downcyclés.

A noter pour la partie qui suivra de mise à l'échelle des technologies : il n'y a pas d'études de cas disponible en Europe quant au désassemblage manuel (on peut donc imaginer que les coûts de la main d'œuvre est rédhibitoire), et que les technologies disponibles pour un désassemblage automatique sont balbutiantes.

o Les points durs

Tous les matériaux autres que le tissu, et qui sont directement attachés à un vêtement, sont appelés garnitures. Ce sont les fermetures à glissière, les boutons, les broderies, les étiquettes, les perles, les motifs, etc... Séparer ces points durs pour recycler uniquement la fibre ne se fait que manuellement en ce moment, ou ne se fait pas à cause du coût de main d'œuvre induit. ReFashion [66](#) relaye le fait que les entreprises de tri et recyclage des textiles considèrent ce problème comme « LE » goulet d'étranglement empêchant un recyclage industriel des textiles. Bien que de nombreuses solutions d'automatisations pour séparer les points durs soient en cours de développement, leur interconnexion fait encore défaut.

Le rapport de Fashion For Good, [63](#) décidément riche en données, indique qu'un tiers des produits monocouches qui peut servir de matériau de base au recyclage ne contient aucun point dur... ce qui signifie en creux que les deux-tiers sont en l'état des technologies à ce jour inexploitable !

Notons qu'en parallèle des points durs, de nombreux perturbateurs (certaines colles, teintures, impressions) contaminent également le gisement.

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

o Les mélanges matières

Ce même rapport chiffre également la portion de matériaux mélangés dans le gisement qui devrait servir de base au recyclage : hormis pour les tee-shirts dont plus des 2/3 sont en 100% coton, les autres catégories de produit sont composées en moyenne à 40% de mix matières. (tableau #11).

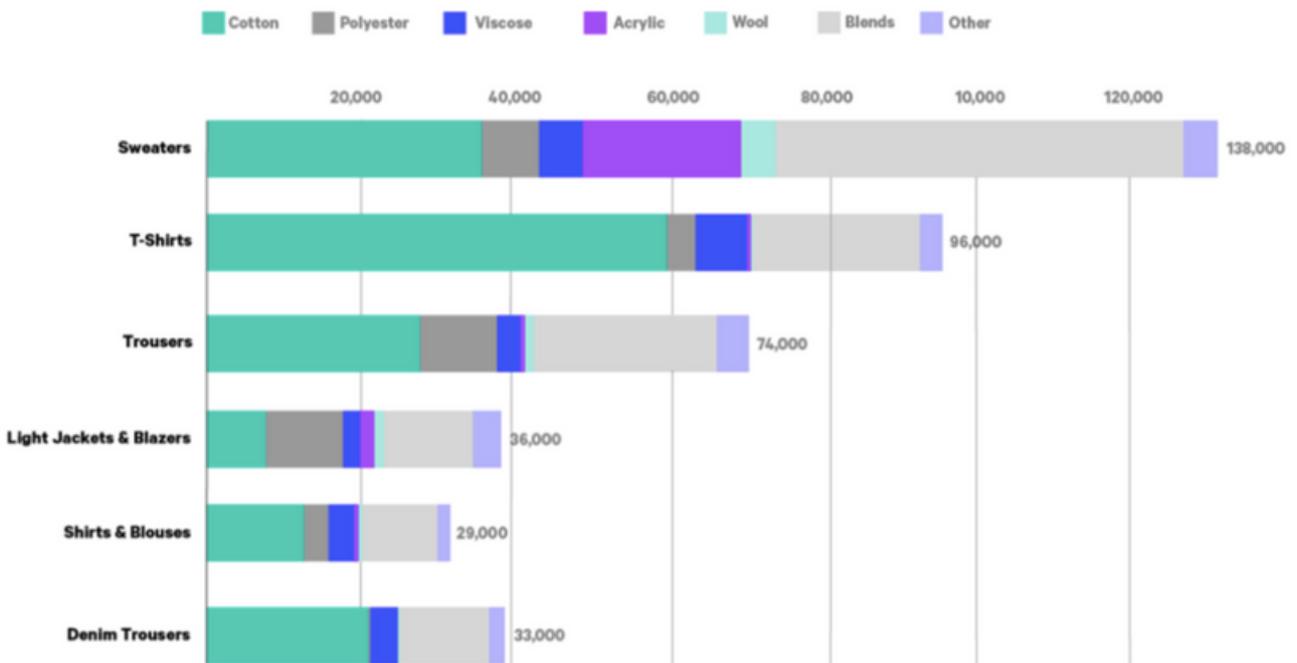


FIGURE 11: BREAKDOWN OF THE FIBRE COMPOSITION OF THE MOST COMMON PRODUCT TYPES IN THE FRACTION. SOURCE: CIRCLE ECONOMY AND FASHION FOR GOOD (2022)

tableau #11

Ces mix matières (le poly-coton étant le plus répandu), parfois qualifiés de « mélanges monstrueux » ⁶⁷, sont en effet un barrière significative au recyclage mécanique actuel, incapable de les séparer.

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

C- Escamotée derrière le recyclage : la question de la fin de vie

Recyclé ≠ recyclable / circulaire

Mis en évidence par les multiples occurrences de sous-cyclage évoquées plus haut : le fait d'utiliser un matériau recyclé ne signifie pas pour autant que la fibre pourra être à nouveau recyclée. Si sa fin de vie n'est pas considérée dans l'acte de conception ou de recyclage lui-même, il y aura certes eu extension sur une utilisation, mais pour ensuite finir en déchet (illustration #13). Loin donc des objectifs de circularité.

Nombreuses sont hélas les allégations de trajectoire circulaire de la part de marques se contentant d'utiliser une matière recyclée non recyclable, les incidences de la fin de vie cette matière n'étant pas intégrées.

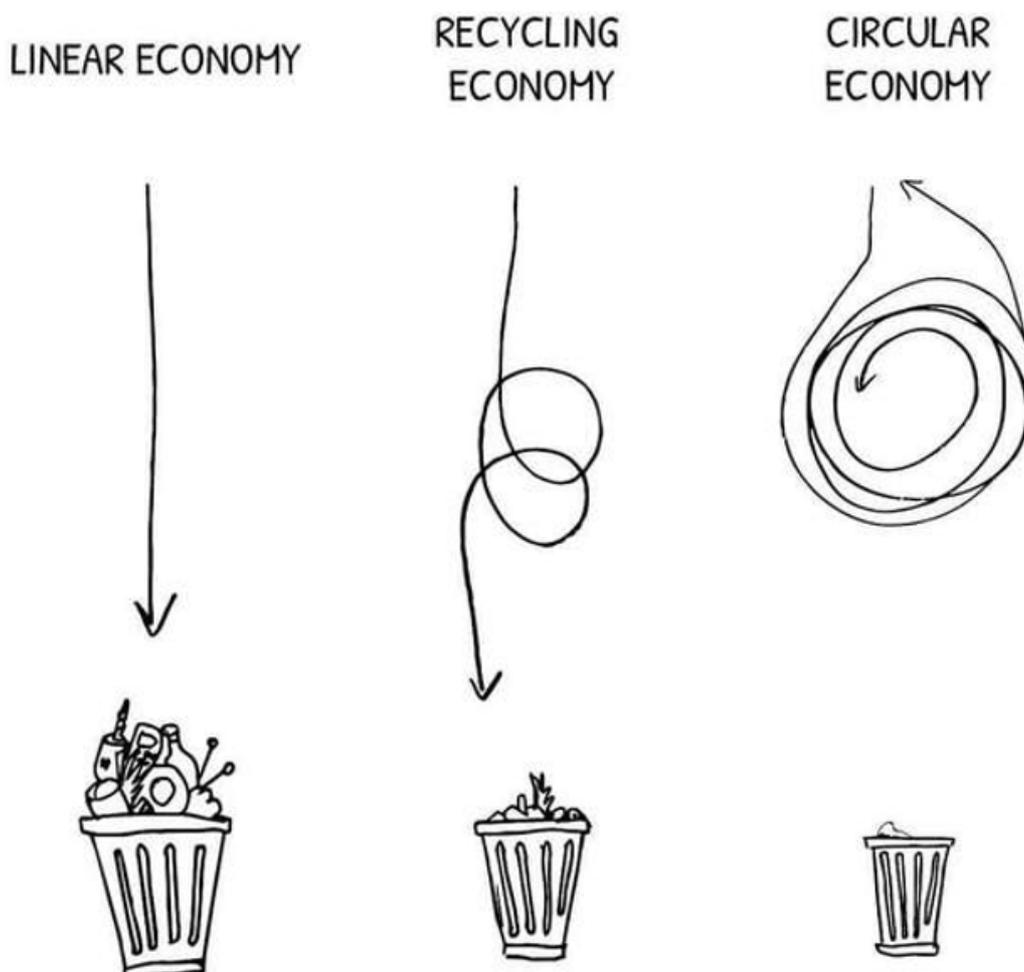


Illustration #13 / Community Material Trader

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

C- Escamotée derrière le recyclage : la question de la fin de vie

L'euphémisme de l'export post-tri

Nous l'avons vu plus haut : plus de la moitié des volumes collectés en Europe sont « exportés », et donc revendus aux pays en développement.

Dans un papier d'octobre 2022 [69](#), France Info quantifiait la réalité de cette transaction commerciale au niveau du Ghana. Un des premiers importateurs de vêtements usagés du continent, le pays reçoit chaque année 800 millions d'articles de seconde main. Pour une population de 32 millions d'habitants... Collines de déchets largement constituées d'habits usagés, plages poubelles qui reçoivent les déchets textiles drainés vers la mer lors de la saison des pluies : la qualité médiocre des produits reçus en nombre croissant fait exploser les invendus, qui finissent dans le biome local.

Analyse similaire dans un rapport de Greenpeace datant de juin 2022 nommé *L'Afrique, Dépotoir de la Fast Fashion* [70](#) : d'après des organisations kenyanes, 30 à 40% des volumes reçus n'ont aucune valeur marchande. 150 à 200 tonnes de déchets textiles finissent ainsi jetés, brûlés, ou envoyés dans des décharges gigantesques. Qui ne disposent pas des infrastructures pour les traiter.

Même constat reporté par FashionNetwork [71](#) concernant le désert d'Atacama au Chili. Le pays s'est spécialisé dans le commerce de vêtements d'occasion depuis plus de 40 ans (46.000 tonnes reçues en 2021). Plus de la moitié des produits usagés reçus finissent éparpillés dans le désert, du fait de l'engorgement du circuit. Ces décharges sauvages sont régulièrement incendiées pour en réduire les nuisances, provoquant d'épais nuages de fumées toxiques dus aux plastiques brûlés, menaçant un écosystème unique et très fragile.

Volumes colossaux qui saturent les marchés, 2e et 3e choix qui freinent la revente, absence d'infrastructures : c'est effectivement le cocktail parfait pour que nos « exportations » -déchets déguisés serait un terme plus approprié ?- finissent dans les milieux naturels.

Les ballots reçus sont largement composés de vêtements en polyester : bien qu'il n'existe pas de chiffres officiels sur la composition de ces ballots, le polyester représentait 52% de la production textile mondiale en 2019 [72](#). On peut imaginer que cette proportion soit encore plus élevée dans les ballots exportés, car plus résistant que le coton (qui lui représente 23% de la production mondiale). Le cocktail en question prend une saveur particulière.

Revenons sur les effets délétères du polyester -et consorts- pour en saisir pleinement les incidences.



Image satellite de déchets textiles dans le désert d'Atacama, Chili (source : SkyFi.com)

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

La question centrale des matériaux pétro-sourcés

Ce chiffre, évoqué en introduction, reste confondant : 35% des micro-plastiques rejetés dans les milieux marins proviennent de textiles issus de l'industrie pétrochimique.

Ces derniers représentent les deux tiers de la production mondiale de fibres (62% de ce qui est mis en marché [47](#), en ajoutant le polyamide, l'élasthanne, l'acrylique... aux volumes du polyester ci-dessus).

Que cette catégorie de matériaux soit celle dans laquelle les taux d'utilisation de matériaux recyclés sont les plus élevés, avec 15% de la production annuelle -et bien que détournés d'une boucle circulaire de bouteilles en PET- sert effectivement le discours des marques. Ces dernières restent en revanche très discrètes dans l'ensemble sur la pollution des océans.

Les 500.000 tonnes annuelles de microfibrilles [73](#) provenant du lavage de matières synthétiques sont de plus amenées à croître. De 51M tonnes de matières synthétiques produites au niveau mondial en 2016, les volumes étaient passés à 53M en 2017, 55M en 2018, 57M en 2019, puis nous avons atteint 60M en 2021 [60](#)... La croissance est rapide, et les matériaux pétro-sourcés sont appelés à asseoir leur dominance en volume sur les projections 2030 de Textile Exchange ([illustration #14](#)), à 80M de tonnes. Appelant ainsi les volumes de microfibrilles relâchées à suivre la cadence, s'agrégeant au 24.000 milliards de pièces de microplastiques estimés en 2021 par l'Université de Kyushu [74](#) dans les couches supérieures des océans. L'équivalent de 30 milliards de bouteilles de 50cl.

FIGURE 3: GLOBAL FIBER PRODUCTION PROJECTION FROM THE TEXTILE EXCHANGE

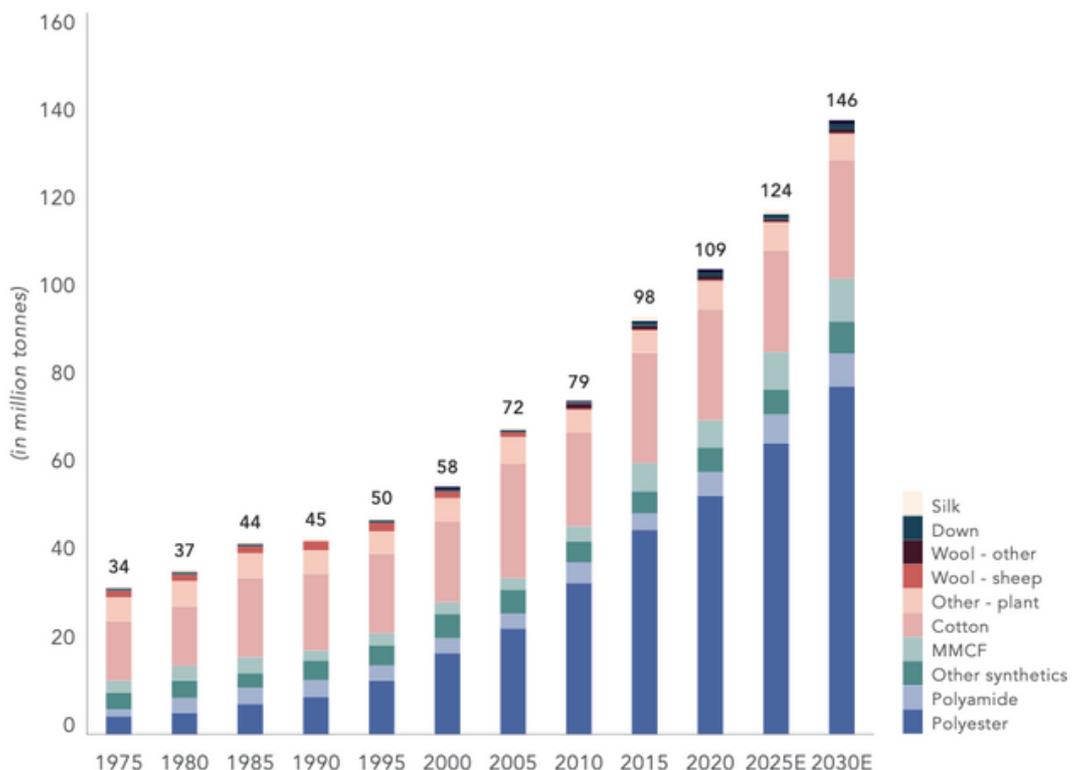


Illustration #14
/ Textile Exchange

2- ETAT DES LIEUX: LES FLUX DE MATIERES ACTUELS

« The fashion industry is churning out new designs so quickly that their inventory can almost be considered single use plastic »

the Story of Stuff Project

Les besoins énormes de quantités d'eau pour la culture de coton, 2e matériau utilisé dans le textile en volume, étant en passe de souffrir des conditions hydriques à venir : on peut imaginer un report sur les matières synthétiques qui viendra encore accélérer ces projections, déjà acté par certains industriels indiens ⁷⁵ développant leur capacité de production de plastiques textiles pour compenser les pertes anticipées sur les volumes de coton récoltés.

Les impacts toxicologiques et endocriniens sur les espèces directement et indirectement concernées (dont nous faisons partie en tant que super prédateur) sont donc appelés à suivre cette accélération. En avril 2022, National Geographic relayait les estimations relatives à certaines populations d'oiseaux menacées par une exposition généralisée aux perturbateurs endocriniens chimiques contenus dans les plastiques. L'article évoquait également des études en laboratoire sur des espèces de poissons démontrant que les plastiques pouvaient endommager le système reproducteur et exercer un stress sur le foie.

Pour conclure : que la fibre soit vierge, sous-cyclée, ou ayant une réelle dimension circulaire, faire appel aux matériaux pétro-sourcés a des incidences trop destructrices pour souhaiter leur perpétuation.

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

A- Exemples d'innovations favorisant le recyclage

Automatisation du tri

Un état des lieux [76](#) est proposé en 2020 par l'agence Terra, missionnée par ReFashion. La séparation manuelle ne permettant pas d'obtenir les niveaux de fiabilité, de rapidité et de faisabilité économique requis : l'automatisation s'avère donc nécessaire pour distinguer, après un tri manuel, les matériaux exploitables sur le gisement non réutilisable.

- Spectroscopie : tri matière

La spectroscopie répond à ces impératifs. Une onde électromagnétique est envoyée sur la fibre ciblée, interagit avec la structure chimique de la fibre, et sera mesurée après interaction pour produire un spectre (la signature chimique de la fibre). Comparer cette signature à une base de données permettrait donc d'en déterminer la composition.

Ce système de reconnaissance automatisé requiert 3 éléments :

- Un spectromètre
- Une bibliothèque de matières
- Un algorithme de reconnaissance

A date, c'est la spectroscopie utilisant les ondes du proche infrarouge NIR (Near Infra Red) qui est plébiscitée. Les challenges techniques restent cependant nombreux, notamment pour l'identification des mix matières, et la présence de pigments sombres freinant les infrarouges.

- RFID : tri matière et couleur

La radio-identification (Radio Frequency IDentification) est une méthode basée sur des radio-étiquettes, puces implantées sur un produit, et contenant un identifiant permettant d'en retrouver les informations. Le tri en fin de vie s'opérerait par simple lecture de la puce.

Les challenges opérationnels sur cette technologie sont nombreux : elle nécessiterait une utilisation par toutes les marques, des formats d'information normalisés, une forte durabilité de la puce, et une gestion des données agrégées. Ce serait une solution de moyen / long-terme uniquement si elle devait être retenue, le temps que la collecte intègre suffisamment de puces pour que le système soit opérant.

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

- Technologies complémentaires

Pour compléter la technologie NIR en cours de développement, le tri des couleurs devrait se faire par caméra, le tri des métaux se ferait par séparateur magnétique ou machine à induction, la reconnaissance de substances interdites telles que les plastiques bromés par spectrométrie par fluorescence X... Un empilement de technologies donc, et par conséquent de coûts, et incidemment de freins à l'efficacité du tri.

Pour le contexte : six sites européens sont pour l'heure équipés dans le domaine l'automatisation du tri, par spectrométrie, et six autres projets sont amenés à émerger selon le rapport. L'horizon de faisabilité d'un tri optimisé semble donc lointain, et ce même pour une région avant-gardiste en la matière.

“Nous pouvons avoir le vêtement le plus recyclable du monde, mais si nous ne disposons pas de l'infrastructure nécessaire pour l'acheminer vers la bonne technologie de recyclage, nous avons échoué”

***Kate Riley, Textile Exchange,
Recyclage & Mode Durable, vogue.fr***

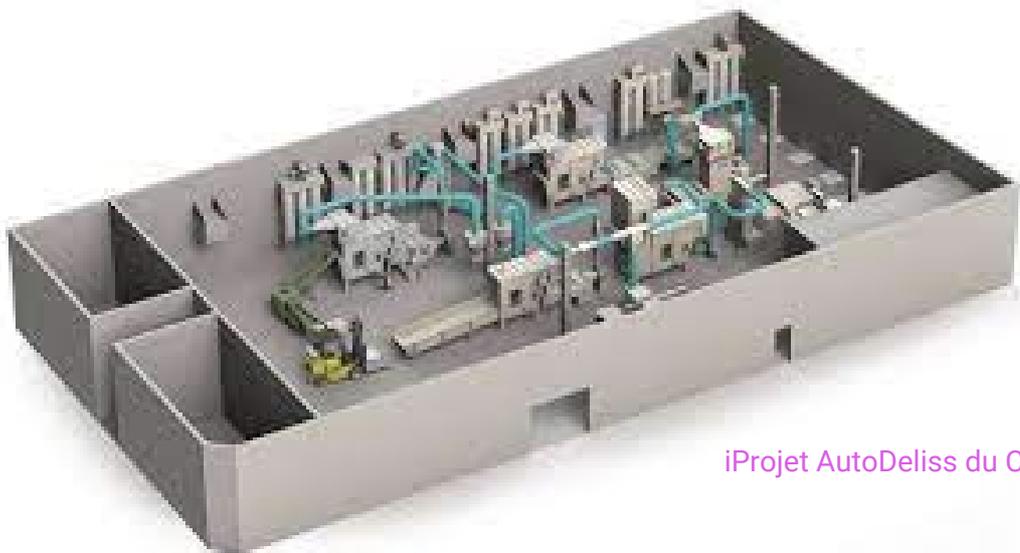
3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

Technologies permettant de valoriser le gisement non exploité ou sous-cyclé

- Faciliter le recyclage mécanique

Le retrait manuel des points durs (délissage) évoqués plus haut, ainsi que d'autres perturbateurs tels que les fonds de poche, les doublures, les étiquettes, est une étape coûteuse en temps et en personnel.

Passer à un délissage automatique est à l'étude, avec par exemple en France les projets d'industrialisation tels qu'AutoDeliss par le Centre Européen de Textiles Innovants ou la création d'une ligne de délissage automatique par la société Nouvelles Fibres Textiles.



iProjet AutoDeliss du CETI / ReFashion

Une alternative consiste à découper un matériau en petites portions - les chiquettes-, permettant le délissage sur chiquettes, consistant en une détection automatique et gestion séparée des points durs. Le CETIA (plateforme d'innovation dédiée au tri et au démantèlement automatisés des articles textiles) développe une technologie de reconnaissance des garnitures sur chiquettes, nommée TrimClean.

Fashion Network précise dans un article d'avril 2023 ⁷⁷ que ces approches automatisées sont essentiellement au stade de la R&D ou de la preuve de concept, avec des retours d'expérience limités. Ces procédés par essence plus coûteux, pourraient ainsi être réservés aux matières à forte valeur ajoutée. Pas de mise à l'échelle significative dans un futur proche donc.

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

Technologies permettant de valoriser le gisement non exploité ou sous-cyclé

- Développer le recyclage chimique / enzymatique

Ce procédé intervient en première instance sur certains matériaux, mais également en complément de recyclage mécanique selon le type de fibres. Pour mémoire, l'intérêt de cette technologie est de restituer une qualité de fibre équivalente à la fibre vierge, contrairement au recyclage mécanique.

Dans son rapport de 2021 : Scaling Circularity, Global Fashion Agenda (organisation à but non lucratif qui promeut la collaboration dans l'industrie de la mode à des fins de soutenabilité) fait un tour d'horizons des développements en cours.

Sur les 3 typologies de fibres recyclables chimiquement, et réellement circulaires, le recyclage cellulosique (coton ou matières artificielles) est le plus avancé industriellement. Adidas présentait ainsi en juillet 2022 une capsule produit développée avec Spinnova 78 sur des déchets cellulosiques, Zara (qui a d'ailleurs investi 100M€ chez Infinited Fiber 79) faisait de même en décembre 2022 avec Evrnu 80. L'entreprise suédoise Renewcell 81 a ouvert en 2023 la première usine à échelle réellement commerciale de recyclage chimique de pulpe textile-to-textile cellulosique, après avoir passé 10 ans à développer sa technologie 82.

Le nombre d'acteurs est cependant limité, les volumes par conséquent réduits, freinant pour l'instant une déclinaison d'ampleur (« readiness to scale » exprimée par Global Fashion Agenda en figure #15).

Illustration #15/ GFA

RECYCLING TYPE	INPUT/ FEEDSTOCK	OUTPUT	EXAMPLE PLAYERS	READINESS TO SCALE
Regenerative cellulosic	Man-made cellulosic fibers and cotton fabric (>80%)	Man-made cellulosic – has the same quality as virgin and can have cotton-like properties	RENEWCELL, INFINITED FIBER, Spinnova, EVRNU, SAXCELL, IONCELL	Technology is commercially scalable – however capacity is still limited
Regenerative synthetic	>80% Polyester (textile waste); solid colours, knits and woven	Polyester with same quality as virgin polyester	EASTMAN, loop, I/EO2, gr&n, CARRIOS	Promising technologies at pilot scale Challenge to scale rapidly given "catch 22" (no demand until cost is down; higher cost than virgin until scale is up; risk of scaling due to technology uncertainty and uncertainty of feedstock supply)
Regenerative blended recycling	Blended fabrics, i.e. printed, multi-coloured textiles	Cellulose powder/pulp and PET pellets/fiber/monomers	BLACK TEXX, irc, worn again	Several technologies tested at pilot scale, need to improve purity and drive scale to improve economics

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

Les deux autres typologies de fibres concernées par le recyclage chimique – et circulaire-, à savoir les synthétiques et les matériaux mélangés, sont quant à elles sur une « readiness to scale » moindre, les technologies étant pour la plupart à l'étape de développement. Carbios ⁸³ par exemple, est une société française soutenue notamment des marques de sport et d'outdoor, très consommatrices de matières pétro-sourcées). Leur procédé de biorecyclage utilise une enzyme capable d'extraire de façon sélective le polyester en le dépolymérisant, et de le régénérer afin de retrouver une fibre vierge. Comme les concurrents mentionnés en figure #15, l'entreprise est toujours en phase pilote. Même constat sur le recyclage circulaire des fibres mélangées proposée par Worn Again ⁸⁴, mais pas pour Circ ⁸⁵ (image #16), qui a depuis le rapport de GFA passé le stade du développement, et commercialisé une capsule produit de poly-coton recyclé, également en partenariat avec Zara (avril 2023).

Une prise de recul sur ces chiffres fait apparaître que les matériaux les plus présents en proportion -fibres synthétiques et mélangées- sont ceux pour lesquels les solutions de recyclage effectif sont... les moins avancées.

Illustration #16/ Circ



Danville, Virginia-based [Circ](#) is on a mission to recycle fashion waste back into textiles, over and over again. Image courtesy of Circ.

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

B- L'éco-conception, mère du recyclage

Dans son *Livre Blanc sur la Mode et l'Eco-Responsabilité* 41, Première Vision met en avant les caractéristiques d'une conception vertueuse. On retrouve parmi celles-ci :

- Le choix de compositions favorisant la circularité, en optant pour des produits mono-matière ou des mélanges recyclables.
- L'anticipation dès la création, du devenir du produit après usage, avec des perspectives de réemploi, de réparation, de recyclage, ou d'upcycling.

Suivre ces recommandations de recyclabilité, favorisant la création d'un gisement plus homogène, plus exploitable, éliminerait effectivement nombre des problématiques techniques listées plus haut. Cet aspect de l'écoconception, bien que souligné par les acteurs accompagnant le changement, reste cependant anecdotique en termes d'adoption par les marques (à l'exception des plus engagées telles que 1083, qui propose des produits recyclés, recyclables et consignés).

Plusieurs obstacles peuvent se présenter à la mise en route de ce volet spécifique de l'écoconception. Différents scénarios ont été constatés au cours de mes expériences professionnelles : il peut s'agir d'un manque de sensibilisation des équipes de leadership, ou d'absence de formation des équipes de création. Les CFOs peuvent faire barrage à des modes de conception et de sourcing qui viennent trop nettement peser sur les coûts. Les équipes marketing et commerciales peuvent craindre de perdre des parts de marché si elles ne se soumettent pas aux attentes de leurs consommateurs : enlever l'élasthanne d'un jean peut être vécu comme un moindre confort, réduire les mix matières peut sur-simplifier certains modèles alors perçus comme trop basiques, la mono-matérialité sur les produits techniques reste un challenge...

Le manque patent d'information du consommateur est de plus mis en avant par un article de Fashion Network titré « *La mode durable, un concept insaisissable pour beaucoup de consommateurs* » 86. Ce manque d'éclairage ne facilite effectivement pas la transition vers des gammes plus recyclables, l'aspect demande ne poussant pas l'offre. Comment un utilisateur lambda percevrait-il la présence de coutures Resortecs 87, qui fondent si exposées à une chaleur de plus de 90 degrés pendant 30 minutes et facilitent ainsi le désassemblage, même s'il ne lave son linge qu'à 40 degrés ?...

“The saddest aspect of life right now is that science gathers knowledge faster than society gathers wisdom”.

Isaac Asimov, Isaac Asimov's Book of Science and Nature Quotations

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

C- Facteur temps et facteur coûts

Premier constat en termes d'investissement requis : pour certains pays, le décalage entre les volumes collectés et la capacité de tri (illustration #17) requiert, pour être réduit, de construire les infrastructures nécessaires. Les coûts du tri sous-traité à l'étranger étant plus attractifs pour certains pays (Pays Bas et UK par exemple 63), la mise en place de solution locales pourrait ne pas voir le jour tant que la rentabilité ne sera pas au rendez-vous. Comme le précise l'ESTIA, la matière première -les vêtements usagés- n'est actuellement pas largement accessible sur les territoires, les systèmes de collecte actuels privilégiant un modèle économique à l'export 64.

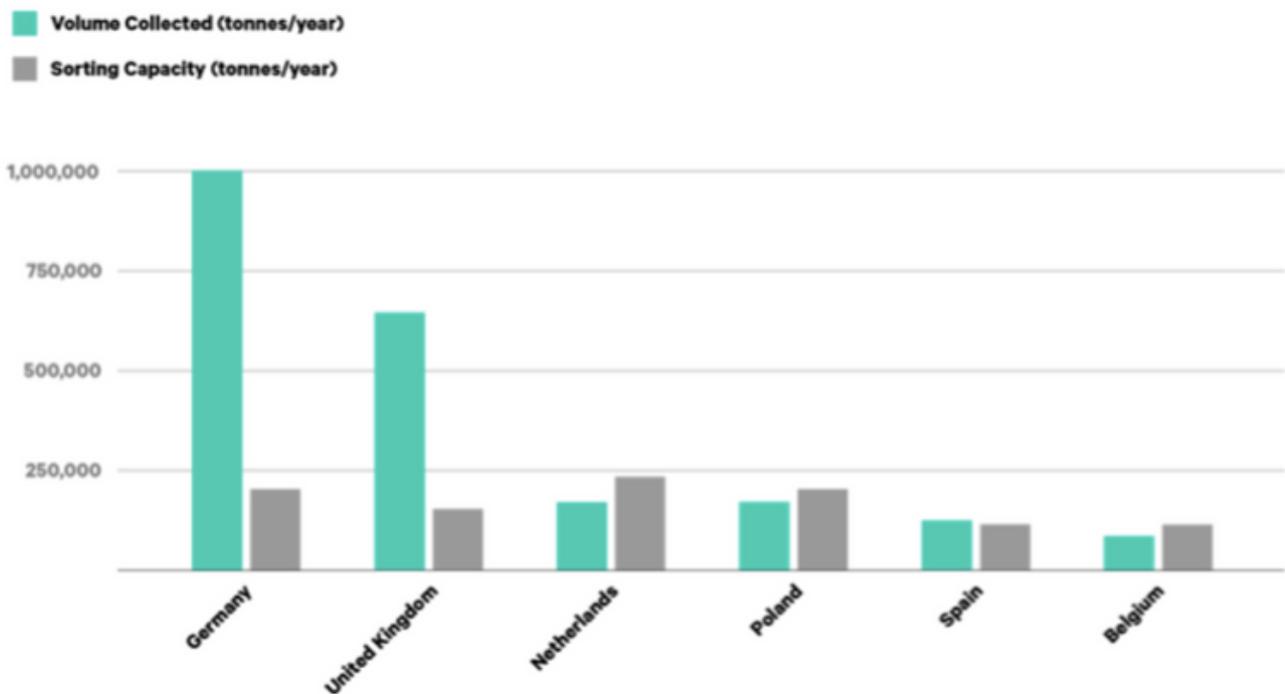


FIGURE 4: TEXTILES COLLECTION VOLUMES AND SORTING CAPACITY IN FOCUS COUNTRIES. SOURCE: CIRCLE ECONOMY AND FASHION FOR GOOD (2022)

Illustration #17 / Fashion For Good

La collecte et le tri sont par ailleurs des activités fortement consommatrices de main d'œuvre. Comme nous l'avons vu précédemment, le tri automatique - qui demande des investissements massifs- ne se substituerait pas au tri manuel, mais viendrait le compléter. Seul le tri manuel permet effectivement d'identifier les pièces qui ont le potentiel d'être revendues pour de la seconde main. Mc Kinsey a estimé en 2022 que cette opération est la plus rentable pour les opérateurs de tri, alors que la vente de vêtements aux recycleurs est peu profitable, voire parfois réalisée à perte. 88

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

C- Facteur temps et facteur coûts

L'adjonction de tri automatique serait donc une source de coûts supplémentaire. Le rapport de Fashion For Good: *Sorting for Circularity Europe* 63 précise qu'un retour sur investissement alloué au développement de tri automatique et de déliassage automatique n'est en l'état pas envisageable. Mettre sur pied l'infrastructure permettant un tri à des fins de circularité requiert donc des investissements publics aussi bien que d'acteurs privé de cette chaîne de valeur. Ces surcoûts resteraient néanmoins à intégrer à la matière première ainsi créée.

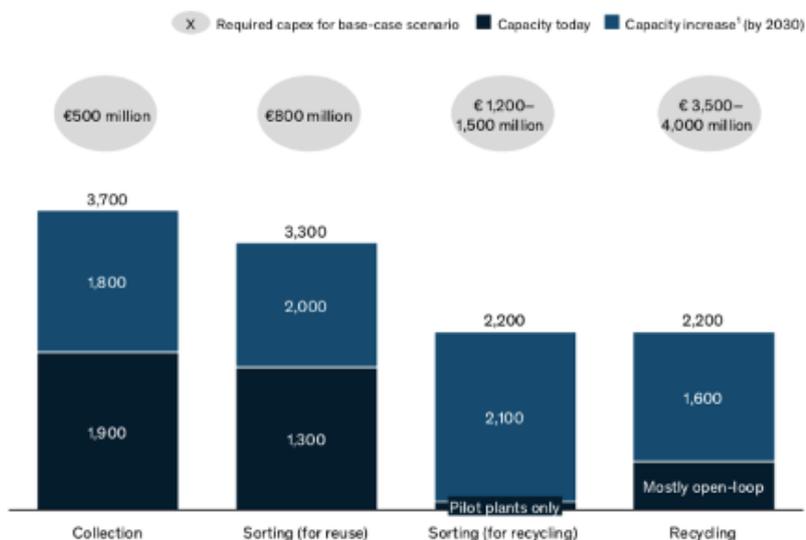
Ce même rapport souligne que tant que les technologies de recyclage ne seront pas à l'échelle, le sous-cyclage en produits tels que chiffons ou non-tissés restera plus viable économiquement que le recyclage textile-to-textile.

Global Fashion Agenda 89 estime à ce sujet que les investissements requis au niveau mondial pour un développement de technologies de recyclage, opérationnelles dès 2030, sont de l'ordre de 5 à 7 milliards de USD.

Des montants similaires – entre 6 et 7 milliards d'Euros- sont retenus par Mc Kinsey... mais à l'échelle de l'UE uniquement (*Scaling textile recycling in Europe* 88)- illustration #19-.

Exhibit 16
Scaling the textile recycling value chain to reach the base-case scenario will require total investments of €6 billion to €7 billion.

Recycling value chain: Overview of required capacity development, thousand tons



Mise en perspective de ces montants : les 6 à 7 milliards d'euros investis permettraient de faire grimper le recyclage en boucle fermée jusqu'à 18%, voire 26% des déchets textiles totaux (base 1% en 2020). Un progrès notable, mais qui laisse présager des besoins de financements encore plus massifs pour que le recyclage textile to textile soit largement majoritaire en fin de vie.

Illustration #19/ Mc Kinsey

Pour Mc Kinsey, comme pour Fashion For Good précédemment, le constat reste le suivant : en l'état actuel d'immaturation des technologies et de manque de rentabilité sur plusieurs maillons de la chaîne de valeur, la compétitivité des prix de fibres recyclées face aux fibres vierges n'est pas assurée. Une phase de transition s'avère nécessaire, dans laquelle un support financier institutionnel (par le biais de la REP par exemple) et une surcote pour les produits incorporant des fibres recyclées seraient nécessaires.

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

D- Implications

La collecte aujourd'hui est loin d'être complètement opérationnelle. Le tri est loin d'être complètement opérationnel. Le recyclage est loin d'être complètement opérationnel. L'éco-conception et la facilitation de la recyclabilité ne pilotent pas les collections.

Les estimations partagées plus haut impliquent des investissements massifs, sur des business-models non avérés, et un nombre d'acteurs très fragmenté. La demande ne tire pas réellement l'offre, l'offre ne permet pas de développer la demande, aboutissant à un statut quo opérationnel.

Les projections ci-dessus, annoncées à horizon 2030, ont à priori peu de chances de se réaliser dans les délais proposés. Moins tenus par des impératifs de faire consensus que Mc Kinsey, des organismes tels que Zero Waste Europe projettent l'avènement d'un recyclage à l'échelle sur des périodes plus longues. Dans leur rapport *Beyond Circular Fashion* 90 de janvier 2023, l'ONG estime que le recyclage chimique, considéré comme game changer, n'en est qu'à ses balbutiements, et bénéficie d'investissements limités de la part des marques. Sa mise en application à grande échelle pourrait ainsi prendre plusieurs décennies.

Interviewés par l'agence de conseil Pentatonic -missionnée par la Fondation Eileen Fisher- dans le rapport vu en première partie (*Fashion's Waste Crisis And How To Solve It* 48), deux experts font écho à l'analyse discordante de Zero Waste Europe. Dr Ashley Holding, fondateur de Circuvate, agence de conseil spécialisée en recyclage et économie circulaire, considère qu'une échelle de temps réaliste pour une mise à l'échelle du recyclage serait de l'ordre d'une trentaine d'années. Dans les 5 prochaines années, quelques usines auront acquis une taille nécessaire, mais ne pourront en cumulé traiter qu'une fraction infime des déchets textiles. Pour Tanja Karila, d'Infinite Fiber Company (spécialisée dans le recyclage chimique de cellulose), finaliser un projet, construire une usine qui gère 300.000 tonnes par an, et accroître les capacités de production ne peut se faire que sur une longue période.

Conséquence : le temps que les budgets soient sécurisés, les infrastructures créées, les marques réellement impliquées... les déchets textiles continueront de polluer massivement.

Notons également que construire les infrastructures pour des déchets qui ne devraient pas exister en premier lieu (surproduction d'un côté, absence d'éco-conception de l'autre) nous ancrera durablement dans le modèle du gaspillage qui nous caractérise. Les effets sont traités, pas les causes

3- ESQUISSES DE SOLUTIONS VS MISE A L'ECHELLE

“Even if textile recycling was close to scalable (it’s not), recycling still relies on consumers getting their textile waste to the right facilities. For perspective, in the US only 5-6 per cent of the plastic bottles produced are recycled even though over 60 per cent of municipalities have curbside recycling and 94 per cent of the population has access to recycling facilities.

If we haven’t achieved a critical mass for something as simple as plastic bottles, does it make sense for the fashion industry to continue to pin its sustainability hopes on recycling our clothing which is far more complex and costly?

The more the media covers the idea of preferred materials as a solution to fashion’s environmental footprint, the more consumers, investors and policymakers will think that’s enough – only it’s not even close.”

Kristen Fanarakis, Viewpoint: the media’s role in sustainable fashion, apparelinsider.com

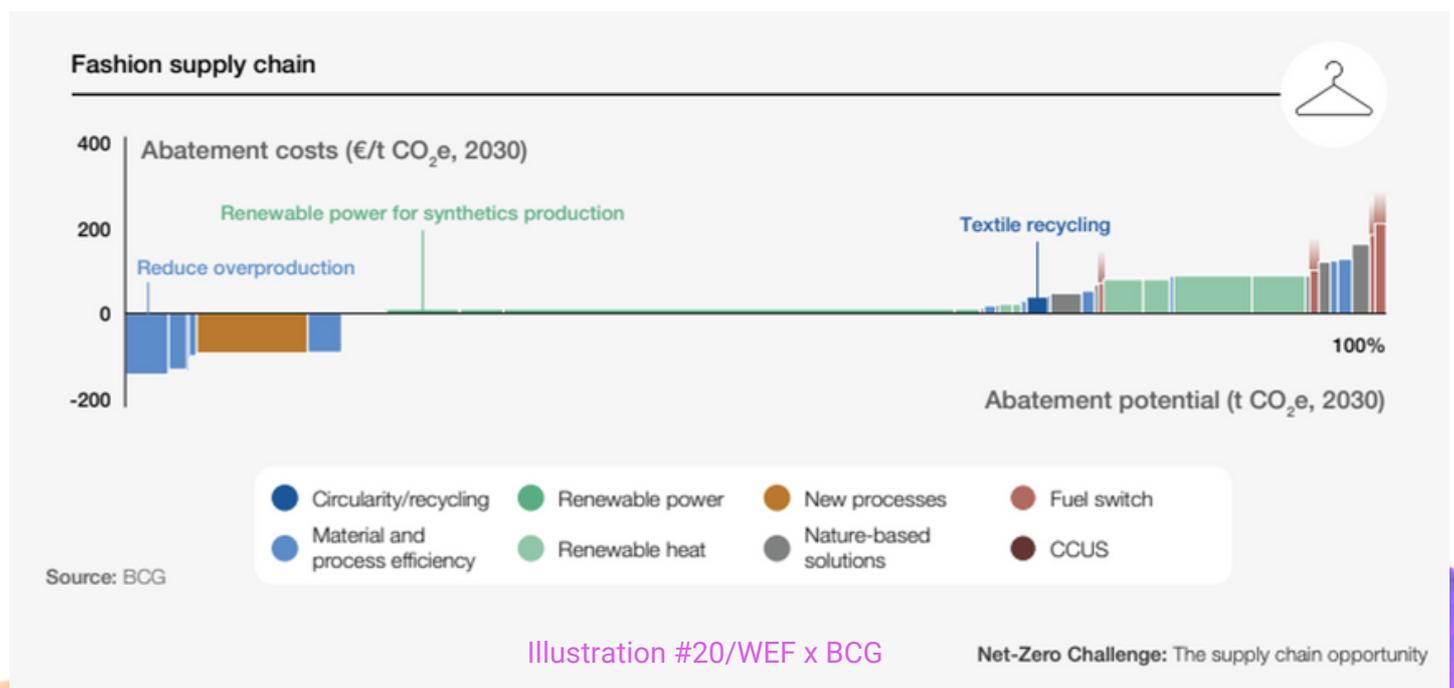
4- DERRIERE LE RECYCLAGE : GES - SURPRODUCTION - SURCONSOMMATION

A- Quel bénéfice GES du recyclage vs production vierge ?

Global Fashion Agenda 89 admet qu'il y a des débats sur les bénéfices du recyclage, le process étant très consommateur d'énergie, et agrège donc les GES avec la consommation d'eau et l'utilisation des sols pour parvenir à conclure à un bénéfice environnemental positif. Qui n'est donc pas chiffré, mais cependant amené à s'améliorer de par la transition énergétique...

Focus à titre d'exemple sur le recyclage du PET : le recyclage mécanique, d'après un rapport de 2021 des Nations Unies (*Identifying Low Carbon Sources of Cotton and Polyester Fibers* 91), permet une réduction de 66% d'émissions de GES comparée à la production de fibres vierges. Un chiffre impressionnant a priori, mais qui n'intègre pas le besoin d'ajouter de la fibre vierge au matériau recyclé mais mécaniquement dégradé, faisant baisser le pourcentage global de réduction de GES. Le recyclage chimique, toujours selon la même source, permettrait une réduction de 5 à 27% d'émissions de GES. Une moyenne de 14%, certes appréciable, mais néanmoins limitée.

L'analyse de Quantis « *Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries Study* » 92 souligne le fait que le recyclage de fibres n'impacte pas les étapes de production liées, par exemple à la teinture et à la finition. Ainsi, la recapture et réutilisation de fibres réduirait au mieux les émissions totales du secteur d'environ 10%. **Même en atteignant un objectif – irréaliste- de recyclage de 40% des déchets textiles en 2030, l'impact GES ne serait qu'une réduction marginale de 3 à 6%.** Même ordre de grandeur pour le rapport World Economic Forum x Boston Consulting Group « *Net Zero Challenge :The Supply Chain Opportunity* » 93 de janvier 2021, qui estime que seules 2% des émissions du secteur peuvent être réduites grâce au recyclage (illustration #20).



4- DERRIÈRE LE RECYCLAGE : GES - SURPRODUCTION - SURCONSOMMATION

B- Business model des marques

Les pratiques du secteur, basées sur des chaînes de valeur mondialisées et des coûts de production faibles, rendent la récupération à des fins de refabrication, la réparation et le recyclage plus chers que l'achat de nouveaux vêtements [94](#).

Au cours des dernières décennies, l'utilisation de fibres synthétiques peu onéreuses a largement alimenté un business-model basé sur la surproduction : créer -ou s'assurer de capturer- les envies du consommateur, surcommander pour ne pas rater de ventes : ces approches ont été largement permises par le coût faible des surstocks ainsi créés - ou de leur élimination, l'incinération faisant partie des fins de vie choisies par les marques quand la législation ne les en empêche pas-. **Le World Economic Forum estimait en 2022 que 40% (!!)** des matières produites ne passent pas entre les mains des consommateurs, et finissent incinérées ou enfouies [95](#).

L'analyse par la fondation Changing Markets (*Fossil Fashion: The Hidden Reliance of Fast Fashion on Fossil Fuels* [96](#)) met en lumière la dépendance de l'industrie aux matériaux pétro-sourcés, et leur position devenue centrale dans le modèle catastrophique de la fast fashion. **Fossil Fashion expose ainsi la forte corrélation entre l'utilisation de fibres synthétiques – dont le polyester, premier matériau utilisé par le secteur et à la croissance soutenue- et la capacité des marques à vendre des volumes croissants de vêtements à prix très bas et jetables.**

Synthetics Anonymous (*Fashion Brands Addiction to Fossil Fuels* [96](#)) a analysé les collections Spring Summer 21 de 46 marques de fast fashion, sport et luxe. 12 de ces marques ont été scrutées en profondeur, mettant en relief la proportion de matières pétro-sourcées dans les collections (un 79% confondant chez Uniqlo, 2/3 des gammes chez Zara et H&M). Il est intéressant de noter la proportion de ces mêmes matières dans leurs capsules « soutenables » (Zalando utilise 72% de synthétiques dans ses gammes classiques, et 69% dans ses gammes dites durables!).

Pour de nombreux observateurs, dont Zero Waste Europe [90](#), cette surproduction constitue l'impact majeur de l'industrie, bien avant la gestion des produits en fin de vie. Or les outils législatifs actés portent sur les produits et les déchets post-consumer, et non sur les facteurs systémiques : la surproduction étant une caractéristique systémique d'un modèle dépendant à la croissance, les mesures législatives actuelles ne traitent pas la maladie, mais un de ses symptômes.

4- DERRIERE LE RECYCLAGE : GES - SURPRODUCTION - SURCONSOMMATION

“Fundamentally the economy does not reward a company for recovering their waste, or using renewables, or natural materials. So it requires a total redesign of the business model and systems to make this kind of thing work.”

Mart Drake-Knight, co-founder of Teemill Tech and Rapanui clothing brand, ethical-clothing.com blog

4- DERRIÈRE LE RECYCLAGE : GES - SURPRODUCTION - SURCONSOMMATION

C- Comportement du consommateur

L'objectif du recyclage réellement vertueux est de conserver la valeur la plus haute le plus longtemps possible. Les acteurs de la fast fashion donnent le message inverse : la valeur faible associée aux produits incite à les jeter ou les remplacer rapidement. Et quand le message porte sur le recyclage, il induit l'idée que l'acte de consommation est inoffensif, appelant à acheter plus de vêtements ou à les jeter, car une machine magique de recyclage [96](#) résoudra tous les problèmes.

Les bacs de recyclage chez H&M et Zara [94](#) deviennent ainsi un placebo effaçant toute culpabilité, encourageant à consommer plus.

Les sciences comportementales s'accordent à dire que les modes par défaut du cerveau les plus ancrés sont les habitudes et le fait de copier ses pairs [97](#) (*Evolving social influence in large populations*). Une désescalade de frénésie consumériste ferait ainsi face à ces deux obstacles majeurs, et non conscientisés, rendant leur accès d'autant plus ardu... Pour ne rien faciliter, une étude de l'IFM confirme que le niveau d'information du consommateur concernant les impacts de ses achats textile est très limité ([illustration #22](#))

Le consommateur, ses considérations

[Illustration #22/IFM](#)

Mode durable : un manque d'information persistant

80%

des consommateurs estiment ne pas avoir assez d'information sur la mode durable

- L'incompréhension du sujet (39%)
- Les lieux d'achat inconnus (30%)

Source : IFM Enquête consommateurs 2021

Institut FRANÇAIS de la MÈDE

“Most fashion editors are pop culture experts, not scientists, and that makes them super vulnerable to greenwashing.”

Alec Leach, The world is on fire but we're still buying shoes

5- RECAP: RECYCLAGE TEXTILE : NECESSAIRE... MAIS LARGEMENT LACUNAIRE

Utiliser les déchets en tant que ressource, principe du vivant essentiel, reste une solution de bon sens, absolument nécessaire. Si on ne le pose pas en tant que réponse aux problématiques de surproduction et de surconsommation, le recyclage a un rôle évident à jouer pour alléger la pression en amont sur les écosystèmes, et la valorisation en aval de ce qui a le potentiel de devenir une matière première.

Bien que central, ce principe du vivant se heurte à de nombreux biais dans son application dans nos systèmes anthropiques.

Voici un rappel des freins majeurs évoqués dans cette 2e partie, et de ses incidences.

Les verrous structurels sont puissants

Les aspects financiers de croissance du chiffre d'affaires et de maximisation de profits des marques sont en contradiction avec les coûts inhérents au recyclage et à la circularité des produits mis sur le marché. Elles se contentent ainsi d'un saupoudrage d'incorporation de polyester recyclé, peu impactant sur les marges et la supply chain, d'autant plus que leurs consommateurs ne les challengent pas sur la manière dont leurs produits sont fabriqués.

Les consommateurs manquent significativement d'éclairage sur les tenants et aboutissants des vêtements qu'ils achètent en masse (au même titre que les autres biens qu'ils consomment). Les impératifs culturels d'appartenance et de paraître, poussés par des techniques marketing hyper puissantes et des prix agressifs, incitent à une accélération de rotation de leurs garde-robes, et les clés de la désescalade ne sont pas en vue.

Le système de recyclage actuel n'est pas circulaire

Le matériau qui pilote la quasi-totalité des intrants recyclés chez les marques provient des bouteilles de PET, naturellement sans points durs, sans perturbateurs, et au niveau de pureté requis. Matériau sous-cyclé dans des vêtements qui ne permettront pas de conserver sa valeur initiale.

Quant aux vêtements collectés, ils sont également sous-cyclés, leur conception, leur composition et les technologies employées ne leur laissant essentiellement comme option qu'un devenir en produits de valeur moindre tels que chiffons ou non-tissés pour d'autres industries. Des sous-produits dont la fin de vie débouchera probablement sur de l'enfouissement ou de l'incinération.

5- RECAP: RECYCLAGE TEXTILE : NECESSAIRE... MAIS LARGEMENT LACUNAIRE

Le système de recyclage actuel est inopérant

Le triptyque actuel collecte, tri, recyclage conduit essentiellement à polluer les écosystèmes, de façon directe (enfouissement et incinération localement) ou indirecte (« export » de 2nd ou 3e choix, le plus largement contributeur), et au sous-cyclage évoqué plus haut.

Le recyclage textile considéré comme réellement efficient (en boucle fermée) est quasiment inexistant à ce jour avec moins d'1% des déchets traités.

De plus, bien que les impacts sur la biodiversité soient moindres lors du recyclage que de la production de fibres vierges, son empreinte carbone est soumise à débat, et naturellement liée aux sources d'énergie utilisées dans les pays recycleurs.

L'échelle temps est incertaine

La montée en puissance des infrastructures de collecte, des technologies de tri et de recyclage requiert des investissements et des ajustements systémiques vertigineux. Le cumul de trois facteurs :

- absence de business case concluants,
- nécessité induite de financements publics,
- énorme capacité de traitement requise pour la centaine de millions de tonnes de déchets annuels

laisse à penser que le financement / développement / lancement de programmes permettant une mise en adéquation entre volumes de déchets disponibles et volumes traités peut se compter en décennie (s).

Le système projeté n'est pas étanche

Dans cette configuration à terme, il faudra néanmoins fournir des efforts intenses (s'appuyer sur 5 méthodes de recyclage, parfois combinées) pour espérer atteindre 75% de boucle fermée [89](#). Soit 25% de dissipation dans le meilleur des cas, et beaucoup de conditions à remplir pour y arriver.

Retour sur la théorie du climax [51](#), dans un cadre de maturation de système industriel : après avoir bouclé les flux, permettant aux déchets de devenir des ressources, la phase suivante consiste à étanchéifier le système. Et s'il ne peut l'être, l'objectif devient alors de rendre la dissipation la plus inoffensive possible.

25% de dissipation dans le meilleur des cas : l'étanchéité du système est loin d'être atteinte. D'autant moins que cette proportion s'applique aux régions qui auront les infrastructures les plus abouties...

5- RECAP: RECYCLAGE TEXTILE : NECESSAIRE... MAIS LARGEMENT LACUNAIRE

L'afflux de substances nocives a par conséquent peu de chances de se tarir à moyen terme

Que le plastique soit vierge, ou bien passé par une étape de recyclage chimique ou enzymatique : il restera le premier matériau mis -ou remis- sur le marché, et appelé à croître. On ne trouve d'ailleurs pas les microfibres que dans les milieux marins : ils sont également aéroportés, et composent jusqu'à un tiers des poussières en suspension à l'intérieur des bâtiments ⁹⁸. Leurs incidences sur les écosystèmes suivront donc cette accélération évoquée plus haut, et nous continuerons à en retrouver également dans nos assiettes et nos organismes de façon croissante.

Une dissipation loin d'être inoffensive donc.

"Circular design is also about ensuring there is no leakage in the system that would harm nature. For instance, practices that use materials that impoverish soils or pollute oceans cannot be part of a circular design."

***Geraldine Vallejo,
Sustainability Programme Director, Kering***

Le contrepied de l'idéal de la boucle fermée?

Le livre blanc sur l'éco-conception de Première Vision mentionné plus haut ⁴¹ rappelle l'élément suivant : « une des devises de l'économie circulaire tient à la règle des 5 R : Refuser, Réduire, Réutiliser, Recycler, Rendre à la terre ».

Tant que les freins opérationnels subsisteront, peut-on prioriser la préservation de la biosphère ? Et donc s'assurer de pouvoir rendre à la terre ce que le recyclage ne peut gérer ?

Nous développerons cet axe dans la troisième partie, en questionnant également le potentiel du biomimétisme de révolutionner la mode, dans ses procédés et dans son organisation.



III.

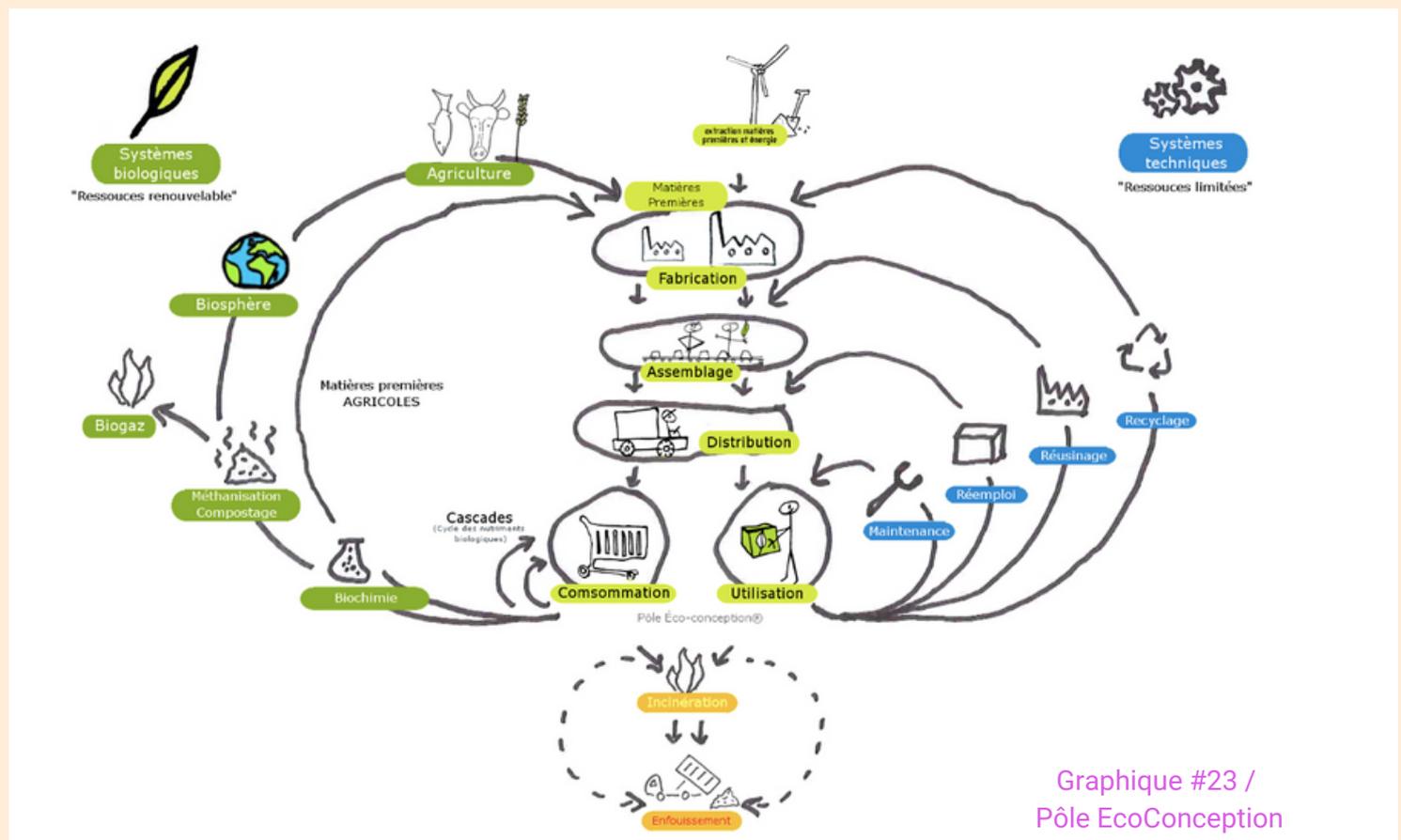
CIRCULARITE
Inspirée par le vivant?

1- ECHELLE DU PRODUIT

A- Réintégrer la biosphère, seule fin de vie souhaitable

Subordonner la boucle technique à la boucle biologique

Le Butterfly Diagram, inspiré par Braungart et McDonough -Cradle To Cradle-, popularisé par la Fondation Ellen Mc Arthur, se voit ci-dessous illustré par le Pôle EcoConception ([graphique #23](#)), et distingue nettement les systèmes biologiques des systèmes techniques.



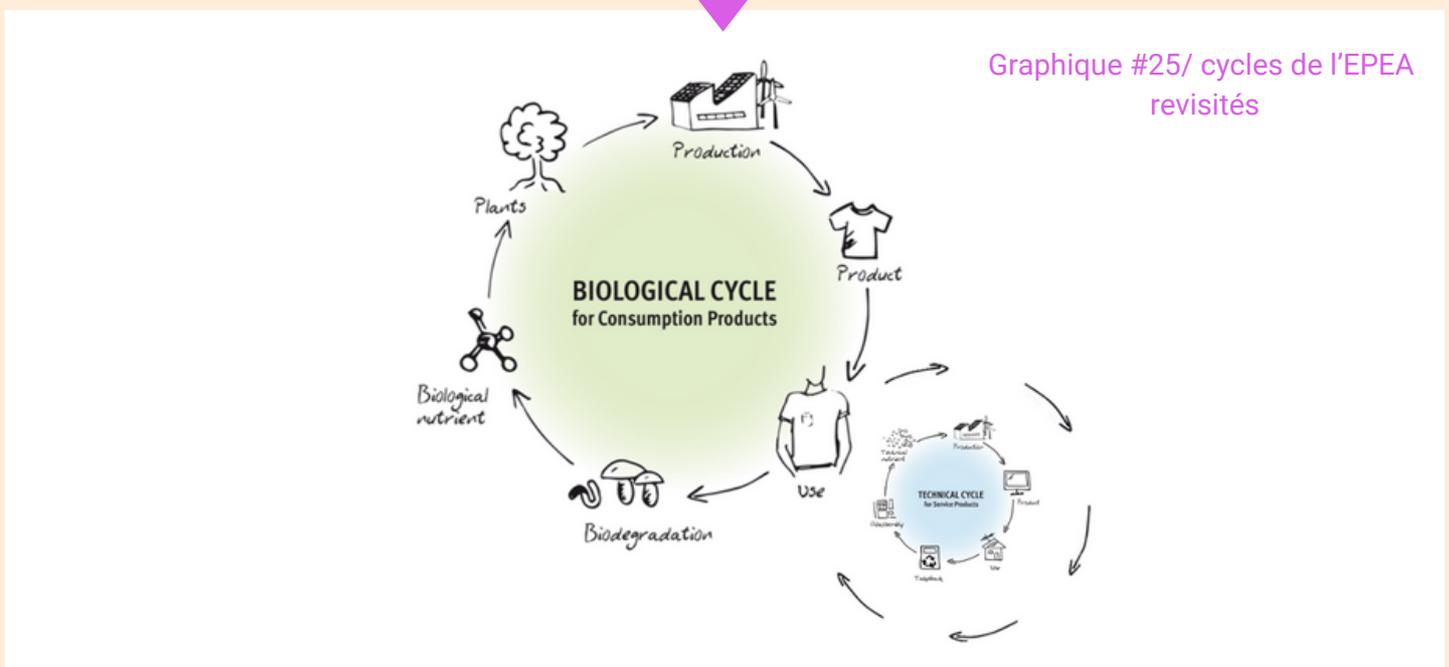
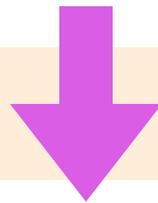
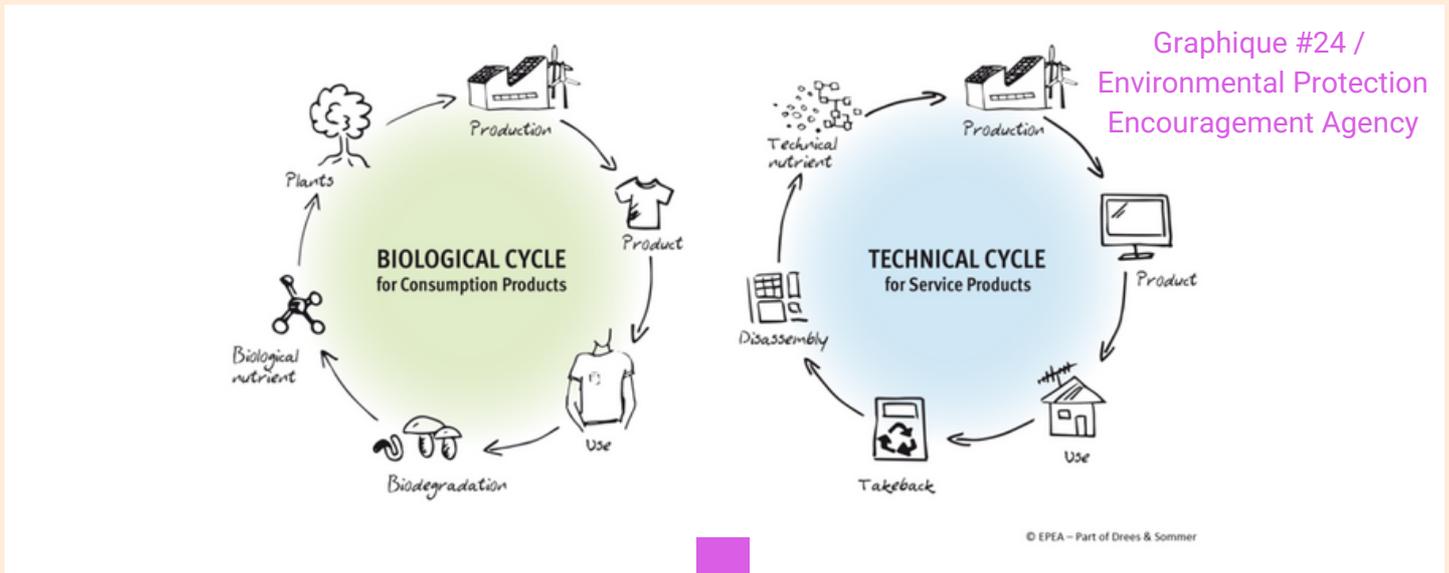
Imaginons à présent un denim en 100% coton, sans traitement chimique, ni coutures ou care label synthétiques, les rivets remplacés par des coutures en point d'arrêt, et les boutons métalliques remplacés par des boutons Infinito® 99 biodégradables.

L'objectif circulaire d'extension de durée de vie porterait ici sur les boucles techniques :

- La maintenance correspondrait à la réparation / le reprisage / la customisation
- Le réemploi serait synonyme de 2nde main
- Le réusinage favoriserait l'upcycling
- Le recyclage s'obtiendrait par des procédés chimiques pour conserver de hautes valeurs de fibres cellulosiques

1- ECHELLE DU PRODUIT

En revanche, plutôt qu'une séparation classique des cycles de ces diagrammes (graphique #24), une approche alternative serait de les faire communiquer (graphique #25).



1- ECHELLE DU PRODUIT

L'objectif de la fin de vie, après extension par les boucles techniques, serait ainsi de rejoindre la boucle biologique, comme dans la 2e partie revisitée du diagramme de l'EPEA (Environmental Protection Encouragement Agency 100), et donc de viser la biodégradabilité en tant que finalité ultime. Les cycles techniques seraient donc inféodés aux cycles biologiques, afin que les fuites inévitables de ce système puissent être absorbées par la biosphère. Le denim évoqué plus haut aurait donc le potentiel d'être recyclé si les conditions nécessaires sont réunies, mais présenterait surtout l'avantage de son innocuité en fin de vie, quel que soit le moment où elle se produit. La forte dissipation, que nos systèmes risquent à priori de perpétrer pendant longtemps, ne serait plus à craindre.

Faire glisser ainsi conceptuellement « cycles biologiques vs cycles techniques » vers « cycles biologiques x cycles techniques » permet un alignement avec une des dix stratégies avancées par Janine Benyus pour assurer le bien-être des écosystèmes 101: ne pas souiller son nid (notamment avec la chimie et les synthétiques omniprésents dans la mode).

“One of nature’s basic principles is that everything has its place: something springs to life, consisting of natural resources, and at the end it slowly disappears back into the earth. This is the most advanced closed-loop system ever.”

x

Article on end of life, closetheLoop.be

1- ECHELLE DU PRODUIT

La réflexion pourrait être poussée encore plus loin, en se posant la question (pour mieux la laisser en suspens !) de la suppression des cycles techniques dans la mode. Suivons la trame : le recyclage chimique permet un retour au niveau de la molécule à une qualité équivalente au matériau initialement utilisé -et en l'occurrence issu de la biomasse, excluant les synthétiques pour le panel de raisons évoquées précédemment-. Les process de filature, tissage, teinture, assemblage (rangs 1 à 3 du Scope 3, encadrés sur l'illustration #26) restent constants par ailleurs -que le matériau soit vierge ou recyclé- : est-ce que la perte de matière subie lors des phases de recyclage successives et la dépense énergétique du recyclage chimique (à mettre en regard avec la consommation d'énergie requise par la biomasse vierge) permettent toujours de justifier cette boucle fermée ? Est-ce que le focus actuel sur le textile-to-textile - qui requiert de lourds investissements, et dont les business models restent à construire- a du sens, mis en perspective avec un vivant qui disperse et ne trie pas, et dont les feuilles ne redeviennent pas forcément des feuilles ?... Le filtre de la boucle ouverte aurait justement un mérite supplémentaire : plutôt que de redouter l'entropie, frein à un recyclage technique idéal, on ferait de cette seconde loi de la thermodynamique une alliée dans la dispersion moléculaire sur laquelle le vivant fonctionne.

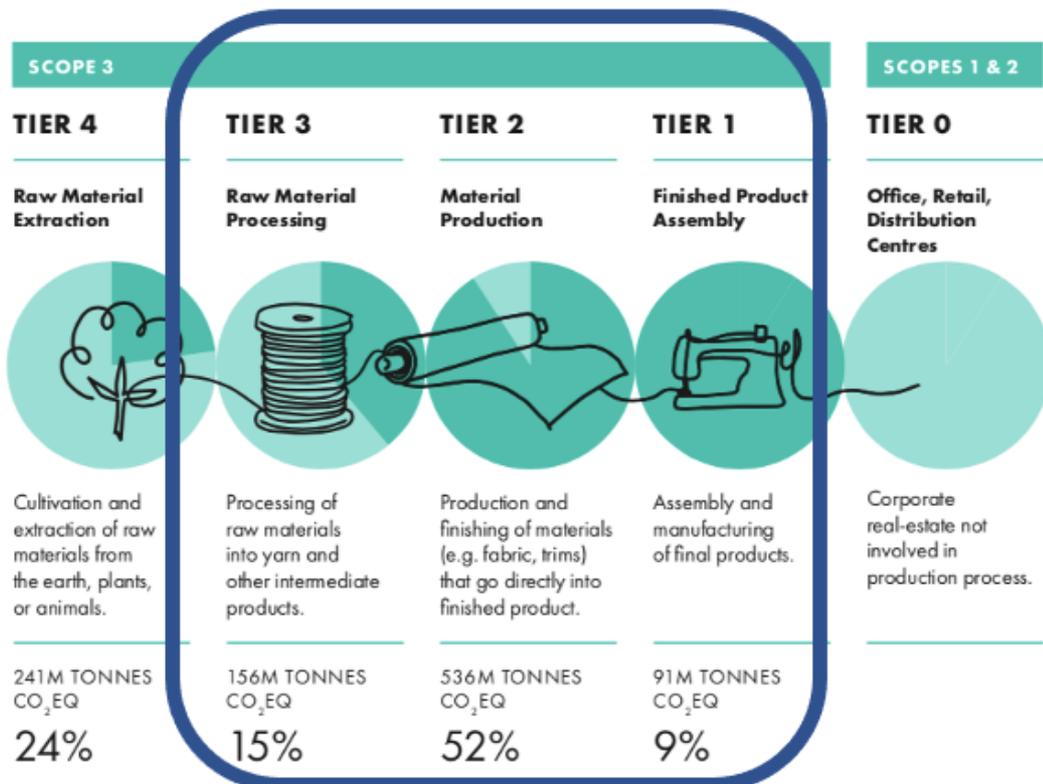


Figure 5. Four Tier Supply Chain Model and GHG Emissions per Tier. Source: WRI and Aii (2021).

1- ECHELLE DU PRODUIT

Pour étayer la réflexion sur le choix de boucle ouverte ou de boucle fermée : après l'angle GES, prenons un angle biodiversité, développé dans le rapport de la Fondation McArthur *The Nature Imperative – How the Circular Economy Tackles the Biodiversity Loss* 102. Deux éléments principaux sont mis en avant :

- Conservation des matériaux par le recyclage : l'accent est mis sur le fait que réduire la demande de ressources naturelles aide à préserver la faune et la flore, en leur laissant plus d'espace, et en évitant de polluer leur habitat.
- Développement de l'agriculture régénérative : les pratiques d'agroécologie, d'agroforesterie, de pâtures dirigées activent la fonction de puits de carbone des sols, améliorent leur santé, et permettent de continuer à cultiver les terres concernées plutôt que de devoir en défricher de nouvelles pour remplacer celles qui sont dégradées. L'amélioration de la santé des sols augmente également les capacités de rétention d'eau, réduisant la demande de ressources sous pression, et améliorant la résilience à des chocs naturels tels que les sécheresses tout en augmentant les récoltes. De plus, ces pratiques éliminent l'utilisation de fertilisants ou de pesticides.

Le recyclage laisserait effectivement plus de surface disponible à la biodiversité ; en revanche, le recyclage chimique (boucle fermée) implique de nombreux solvants, à même de porter atteinte à la biodiversité. Quant à l'agriculture régénérative, elle participerait plus de la boucle ouverte, aurait un effet positif sur la biodiversité... mais ne lui rendrait pas de terres !

Formulé autrement, dans une optique *nature as measure* chère à J. Benyus, qui de la boucle ouverte ou de la boucle fermée a le plus de chances de créer les conditions propices à la vie ?...

Les datas pour effectuer ces comparatifs ne sont pas tout à fait accessibles (cf débats sur l'efficacité énergétique du recyclage évoqués plus hauts, et absence de chiffres sur la préservation de la biodiversité que nous venons d'évoquer), mais poser la question sous cet angle aurait le mérite, dans une optique biomimétique, de nous guider vers ce qui serait le plus bénéfique pour la biosphère.

Que la boucle soit ouverte ou fermée, l'objectif de subordonner la boucle technique à la boucle biologique reste entier. Beth Rattner du Biomimicry Institute donnait l'argument suivant dans un article de *The Spin Off* 103 (magazine en faveur d'une mode progressiste et durable) : « **la nature a des producteurs primaires, des consommateurs et des décomposeurs, et tous s'appuient sur la dispersion, l'entropie. Sans la combinaison des trois, la succession dans le vivant ne peut prendre place. Si l'industrie de la mode entend être un acteur bienveillant, elle doit suivre les mêmes lois que la nature. L'objectif ultime n'est pas d'avoir un tee-shirt qui devient un autre tee-shirt, mais un tee-shirt qui contribue à un système de mode régénératif** ».

1- ECHELLE DU PRODUIT

Biodégradabilité ou compostabilité ?

La biodégradabilité a été évoquée dans la section précédente comme un objectif idéal de fin de vie des vêtements. La notion de compostabilité est cependant convoquée par l'industrie, et une confusion peut s'installer entre les deux, notamment selon les pays où l'on utilise ces termes.

En France, les différences sont bien bornées, comme le spécifient les définitions ci-dessous¹⁰⁴ :

« Un produit biodégradable est un produit qui est susceptible de se décomposer dans un environnement favorable (température, humidité, lumière...) et sous l'action de micro-organismes (bactéries, champignons, algues...). Il se décompose sans aucun effet néfaste sur l'environnement et dans un temps assez court au regard du temps humain. Il doit atteindre 90% de biodégradation en moins de 6 mois et la somme de tous les composants non biodégradables doit être inférieure à 5%.

Un produit compostable est biodégradable par nature. La différence, c'est qu'on apporte une aide à la décomposition afin d'accélérer le processus de dégradation dans une unité industrielle. L'aide se traduit par une forte température (entre 60 et 80°C), un taux d'humidité élevé (70% environ) et un taux d'oxygène tournant autour de 20%. De plus, pour qu'un produit soit compostable il faut, après plusieurs semaines de biodégradabilité, qu'il permette la fertilité des sols.

Biodégradable vs compostable: un produit biodégradable n'est pas forcément compostable. En effet, un produit est compostable lorsqu'il se transforme en compost après sa dégradation. Se transformer en compost signifie que le produit devient de la terre fertilisante. Un produit biodégradable n'assure pas forcément ce fait. De plus, un produit biodégradable se dégrade uniquement dans un milieu naturel. Là où dans le processus de compost il y a une action industrielle. »

Le bémol de cette définition est que la compostabilité n'est en fait pas strictement industrielle (certification Home Compost de l'organisme TÜV).

Au niveau international, la notion de biodégradabilité est moins bien délimitée qu'en France, (qui s'appuie notamment sur la norme ISO 14855:1999), et ne comporte pas nécessairement de précisions sur les délais et les conditions requises pour l'atteindre. C'est la raison pour laquelle la Fondation Ellen Mc Arthur retient la compostabilité comme objectif final ¹⁰⁵.

Dans la cadre de cette étude, c'est néanmoins la notion de biodégradabilité que nous retiendrons : c'est le processus par défaut du vivant, qui se produit effectivement sans intervention de l'homme, et dans tous les milieux, marin inclus – ces points n'étant pas nécessairement rencontrés dans la notion de compostabilité-.

Quelques designers précurseurs ont flirté avec la notion de décomposition : la collection « *The Target Flows* » de Hussein Chalayan en 1995 s'inscrit dans cette direction (ses créations ayant été enfouies, puis déterrées avant d'être scénarisés), ainsi que l'exposition 9/4/1615 de Maison Martin Margiela en 1997 dans laquelle matériaux et bactéries interagissaient ¹⁰⁶. Les ambitions étaient naturellement plus expérimentales et artistiques que sous-tendues par un souhait de biocompatibilité des créations. C'est néanmoins une rupture possible -souhaitable ?- que nous aborderons dans la prochaine section.

1- ECHELLE DU PRODUIT



***“Everything you make returns to the earth as food or as
poison”***

***Celine Semaan (Slow Factory),
Closing the Loop in Fashion, Financial Times***

1- ECHELLE DU PRODUIT

B- Imiter le vivant pour révolutionner la mode ?

Depuis l'avènement des fibres synthétiques et l'horizon qu'elles ouvraient en termes de technicité, performance, durabilité : l'industrie textile ne semble pas avoir vécu de transformation d'ampleur en termes de matériaux ou de construction sur les dernières décennies.

Quelques tentatives de gadgétisation ont certes vu le jour pour des applications très spécifiques, mais qui restent marginales dans leur déploiement, telles que les nanomatériaux (nanofibres ultra résistantes, nanotechnologies anti-odeur ou rafraîchissantes 107...) ou les smart textiles (tissus accoustiques, haptiques, diffuseurs de chaleur...108).

Seule l'impression 3D revêt un caractère réellement disruptif, bien qu'actuellement cantonnée à des dimensions telles que la personnalisation ou fabrication à la demande, avec le co-bénéfice de réduire les chutes de coupe de production. Son potentiel de réduction du nombre d'étapes de construction d'un vêtement reste freiné par un ticket d'entrée élevé, et les matériaux composites utilisés jusqu'à présent ne résoudraient pas les problématiques liées à la bioaccumulation de matières synthétiques et chimiques. Des développements sur des composites naturels sont certes en cours, mais restent niche ; et l'intensité de technologie inhérente à ces modes de fabrication n'est pas forcément compatibles avec une mise à l'échelle (la raréfaction des matériaux à terme entraînant une concurrence de tous bords).

L'industrie est dans son ensemble restée cantonnée sur des process bien rodés, sur-focalisée sur la progression de son chiffre d'affaires, de ses marges, du BPA (Bénéfice Par Action), dans ce que les anglosaxons qualifient de façon imagée d'une « *price race to the bottom* ». Serait-il temps pour le secteur de se réinventer ? De revisiter en profondeur son approche sur les matériaux, les méthodes d'assemblage, plutôt que de se cantonner à des tentatives incrémentales d'amélioration de la soutenabilité de leurs produits ?

La proposition du biomimétisme à l'échelle des matériaux pourrait être triple, et cumuler les avantages de diversité, de complémentarité et de redondance:

- Premier volet : faire appel à des composants qui peuvent être à la fois abondants, renouvelables, régénératifs, et à l'innocuité assurée pour les écosystèmes – contrairement à 92% 109 des matières utilisées actuellement.
- Le deuxième volet propose de réinstaurer l'adéquation « déchet = ressource ». Cette approche inversée par rapport aux paradigmes de linéarité actuels, basée sur des déchets organiques largement disponibles, permettrait un ré-équilibre du système, et une mise en place de réelle circularité à l'instar du vivant.
- Le 3e volet, plus disruptif, consisterait à s'appuyer sur les mêmes forces que celles qui ont initialement rendues notre planète propice à la vie - bactéries, enzymes, mycélium et algues- pour construire une industrie de la mode réellement biocompatible 110.

1- ECHELLE DU PRODUIT

“For a growing number of visionary designers, the future of fashion is interwoven with biology.”

Rachel Hadin, Designing the Future, atmos.earth

1- ECHELLE DU PRODUIT

Volet #1 : de nouvelles sources de matériaux circulaires

Pour mémoire, l'industrie textile repose essentiellement sur des approvisionnements matières dont les effets ne peuvent être ignorés:

- Matières pétro-sourcées (62% 109 de la production mondiale de fibres) : pollution aux microfibres et produits chimiques, émissions de GES en phase de production
- Coton conventionnel (24% 109 de la production) : dégradation des sols, forte consommation d'eau et de pesticides - le coton organique ne représente qu'1% de l'offre.
- Fibres cellulosiques artificielles (6% 109 de la production) : déforestation, perte de biodiversité, chimie intensive.

Hormis le coton organique, il existe des alternatives moins impactantes au coton conventionnel et fibres artificielles. Il s'agit essentiellement de fibres végétales « oubliées » telles que le chanvre, le jute, l'ortie... Comme le coton et le lyocell (cellulose de bois), s'il n'y a pas eu de traitements chimiques en phase d'ennoblissement, ces fibres cellulosiques sont naturellement biodégradables. Leur avantage par rapport au coton et à la viscose est double : ces plantes ont pour avantage de ne pas s'appuyer sur la chimie (pesticides pour le coton, dissolution de pulpe de bois pour la viscose), et leurs besoins en eau sont bien moindres (pas d'irrigation, contrairement au coton, et pas d'eau pour la dissolution, contrairement à la viscose).

Cette sobriété et cette innocuité font de ces fibres végétales des alternatives réellement vertueuses. Deux bémols cependant : premièrement, la fibre n'est pas aussi facile à transformer que pour les matériaux existants. Par ailleurs, les sols auront besoin à moyen terme d'être priorisés pour des cultures arables, ou en tant que puits de carbone et réservoirs de biodiversité. Ces deux éléments plaident en faveur de sources alternatives de fibres, d'autant plus significatif qu'un transfert des volumes alloués aux matières pétro-sourcées serait urgent.

L'une de ces alternatives est disponible en dehors des surfaces arables ; bien que moins concentrée en cellulose que les végétaux évoqués précédemment, elle croît rapidement, n'est effectivement pas en concurrence en terme d'utilisation de sols, et serait 400 fois plus efficace qu'un arbre en terme de capture de carbone 111 : les algues.

Keel Labs 112, une startup new-yorkaise, propose de créer des fibres textiles à partir de laminaire (*laminaria digitata*), une macroalgue benthique qui pousse très rapidement et abondamment dans les eaux côtières de l'hémisphère nord. Pour ce faire, Keel Labs plonge la laminaire dans un bain de sel, en extrait le biopolymère alginate, le fait sécher en poudre pour produire ensuite un matériau nommé Kelsun 113, prêt à être filé.

Les équipes de Carbonwave, extension de C-Combinator, se sont également concentrées sur une algue brune, pélagique cette fois, et problématique de par sa prolifération récente. Il s'agit des sargasses, sources d'hypoxie en mer, et d'émissions de méthane et d'ammoniaque une fois échouées 114, dont les polymères sont extraits pour la fabrication de non-tissés.

Cette démarche de valorisation de ce qui jusque-là était considéré comme une externalité négative des industries agricoles (les rejets d'azote et de phosphates) est inspirante à plus d'un titre, comme nous le verrons dans la partie suivante.

1- ECHELLE DU PRODUIT

Volet #2 : réinstaurer l'adéquation déchet ➔ ressource

Nous l'avons constaté plus tôt : cette approche, leçon de sagesse du vivant ignorée par l'industrie moderne, se doit d'être priorisée afin de réduire la pression sur l'extraction en amont, et l'accumulation de déchets en aval.

Le rapport de Première Vision [41](#) déjà mentionné, souligne que certaines cultures agro-alimentaires peuvent générer jusqu'à 60 % de résidus non exploités, ouvrant un large potentiel d'exploration de cette biomasse. 1 kg de fruits pouvant produire jusqu'à 1,5 kg de déchets agricoles, les activités de sourcing commencent à s'intéresser à cette nouvelle valorisation de fibres, alternative à des filières en tension.

Utiliser les fibres issues de résidus agricoles revêt par ailleurs une dimension supplémentaire : cela permettrait non seulement de fournir des alternatives riches en cellulose à l'industrie textile, mais également d'éviter -selon leur origine- l'incinération à large échelle des résidus post-récoltes. Le rapport *Spinning Future Threads* de la Fondation Laudes indique que dans les pays en développement, cette incinération reste l'option la moins coûteuse, l'utilisation de ces résidus à destination de fourrage, paillage, litière ou compost ne pouvant en absorber qu'une faible quantité [115](#).

Posant comme pré-requis à leur sélection une densité de cellulose de 30% minimum, et la disponibilité de molécules de cellulose suffisamment longues pour les transformer en fibres textiles robustes, la Fondation a identifié, ne serait-ce qu'en Asie du Sud Est, des volumes annuels dépassant le milliard de tonnes de déchets agricoles pouvant être upcyclés ([figure #27](#)).

Global annual volumes of viable agricultural residues (million tonnes)

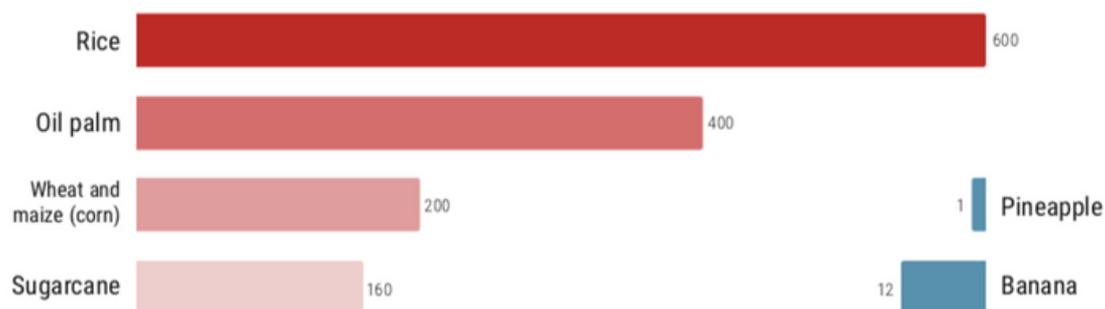


Figure 4. Current annual global supply of viable agricultural residue that may apply to cellulose (left) and natural fibers (right). Data from: Institute for Sustainable Communities et al., *Spinning Future Threads: The Potential of Agricultural Residues as Textile Fibre Feedstock* (June 2021). Available at: https://laudes.h5mag.com/laudes/agri-waste-report-highlights/home/9656/agri-waste-report-2021_07_01.pdf

Illustration #27 / Laudes Foundation

1- ECHELLE DU PRODUIT

Ces sous-produits de l'activité agricole se trouvent en l'occurrence en abondance, au niveau mondial. Certaines start-ups s'en sont emparées pour en faire la matière première de leur activité.

- Circular System, par le truchement de leur technologie Agraloop BioFibre 116, transforme les tiges, feuilles ou pétioles de chanvre, de lin oléagineux, et la paille dont les fibres sont traitées et affinées pour pouvoir être filées (photo #27).
- Pangaia, marque anglaise qui se définit en tant que *Material Science Company*, s'appuie sur les déchets de production d'ananas et de bananes (les feuilles en l'occurrence, originaires, généralement laissées à l'abandon ou brûlées après les récoltes fruitières), pour les mélanger avec un lyocell de bambou et générer le fil de leur FruitFiber 117.
- Natural Fiber Welding structure Mirum 118, son alternative au cuir, à partir de sous-produits agricoles tels que la fibre de coco (déchets de la production d'eau et d'huile de coco) et la poudre de liège (reliquat de la fabrication de bouchons), stabilisés avec de l'hévéa naturel.
- Orange Fiber 119 exploitent quant à eux une fraction du million de tonnes d'écorces d'orange et d'agrumes jetés chaque année par l'industrie agro-alimentaire sicilienne, par un procédé chimique d'extraction de la cellulose qui formera un polymère prêt à être filé.
- Quant à the Hurd Co., ils ont mis au point Agrilose 120, la première pulpe de fibre cellulosique (habituellement retrouvée dans la viscose / le lyocell, générée par des traitements chimiques agressifs sur pâtes de bois) provenant intégralement de déchets agricoles.
- Élargissant le panel de déchets organiques exploitables, TômTex Co. crée son matériau à partir de résidus de crustacés, traitant la chitine (biopolymère extrêmement abondant) obtenue avec un process sans solvants, 100% biodégradable.



1- ECHELLE DU PRODUIT

L'exploitation pour le textile des résidus agro-alimentaires ne s'arrête d'ailleurs pas à la production de matière, comme en atteste la gamme EarthColors d'Archroma [121](#)- certifiée Gold C2C-. Ses teintures sont manufacturées à partir de coques d'amandes, d'écorces d'oranges, de résidus de betterave ou encore de palmier de Floride provenant de l'industrie de l'herboristerie.

A noter : les start-ups mentionnées plus haut se sont construites sur des valeurs de soutenabilité forte, souhaitant répondre à plusieurs problématiques (énergie, pollution, GES, déchets). On leur prêterait volontiers une intention bienveillante sur la chimie employée lors des processus de transformation en matière primaire secondaire, mais à quelques exceptions près, les informations sur leur technologie sont trop parcellaires pour l'affirmer.

Ont été délibérément ignorées dans les alternatives issues de déchets : toutes les initiatives dont le formule inclut, à des fins de stabilisation, l'incorporation de dérivés de pétrochimie. Ainsi Piñatex, un non-tissé composé des fibres extraites des feuilles d'ananas enduit de PLA provenant d'amidon de maïs, incorpore dans sa formule une adjonction de PU à hauteur de 10% [122](#). Frumat, Fruit leather et Vegea ont une base textile (naturelle ou synthétique) et utilisent des déchets de fruits, mais leurs enductions sont également un mix de matières biosourcées et de pétrochimie.

La capacité de bouclage des flux se trouve élargie par cette utilisation de déchets agricoles, la rédaction de Première Vision mentionnant « une approche qui pourrait être qualifiée de l'assiette à l'armoire, tant les matériaux upcyclés proviennent de végétaux habituellement rencontrés à table ». En résumé, les avantages sont nombreux : alternatives à des matières polluantes, design à partir de déchets, abondance, facilitateur de symbiose industrielle, maintien de biomasse en circulation...

En parallèle des procédés de transformation de déchets agricoles présentés, de nouvelles approches voient le jour. Ces résidus peuvent également servir de catalyseurs enzymatiques à des cultures de mycélium, ou bien de base pour une conversion microbienne de la cellulose, ou encore d'ingrédient pour un processus de fermentation de précision. Ecovative, NullArbor et Polybion sont des start-ups qui illustrent chacune de ces approches et dont nous détaillerons les modèles, les trois s'inscrivant dans un changement majeur de logiciel de l'industrie textile : la biofabrication.

1- ECHELLE DU PRODUIT

“Once the sewing machine has been replaced or sophisticated, once a designer can spray-on clothes or transmigrate fabrics to the body, new things will happen.

***The designer will become less artist, more technician.
He’ll be like an architect or engineer, with a sound
background in chemistry.”***

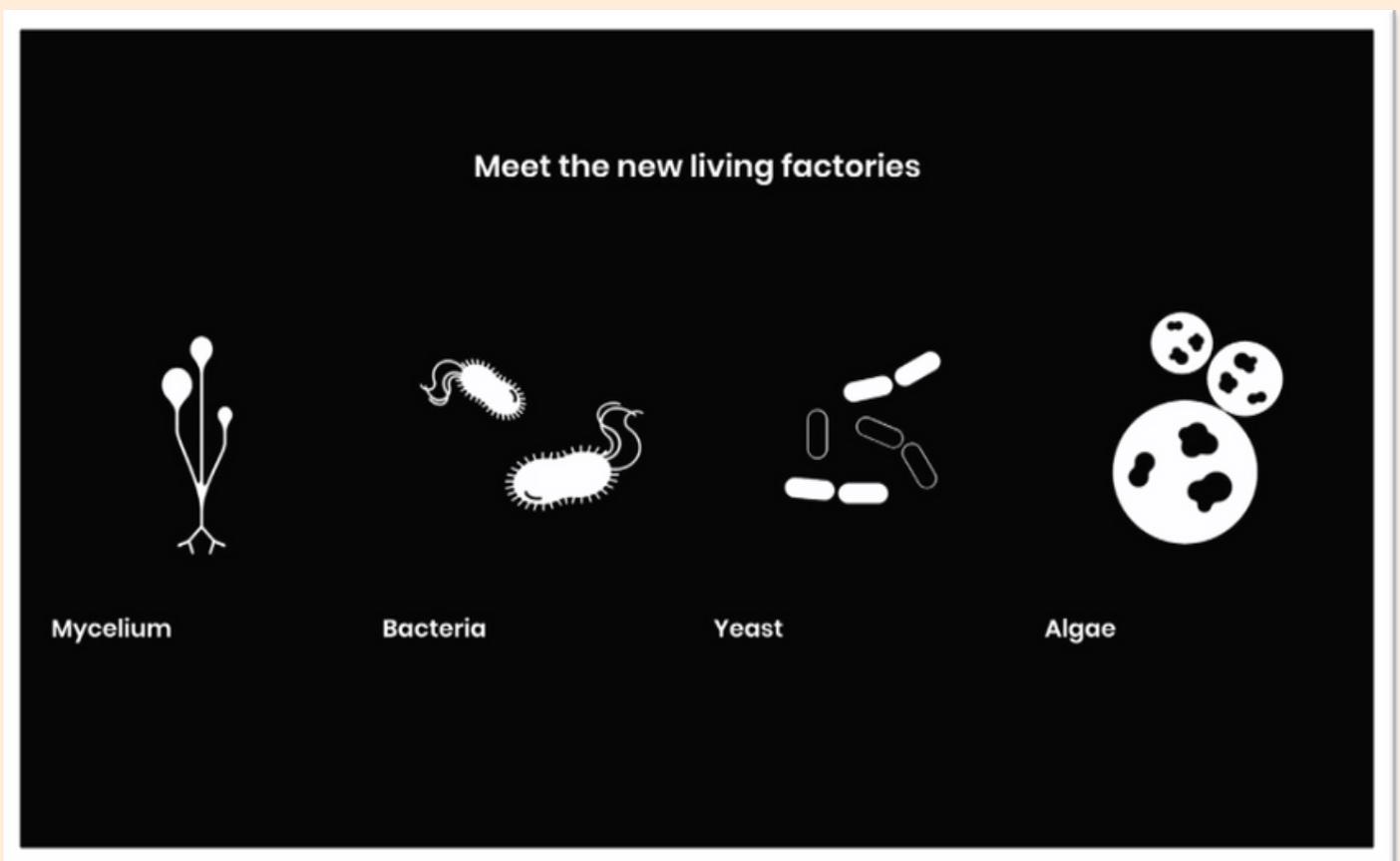
***Rudi Gernreich, 1971 in Suzanne Lee’s
“Fashioning the Future”***

1- ECHELLE DU PRODUIT

Volet #3 : la biofabrication, 4e révolution industrielle ?

Périmètre de la biofabrication

Comme l'explique un des précurseurs de cette discipline (Suzanne Lee, designer issue de Central Saint Martins dans son Ted Talk de 2019 [123](#)), il s'agit littéralement de fabriquer grâce à la biologie. Appliqué au textile : cela implique de remplacer les plantes, animaux ou pétrole utilisés pour fabriquer des matériaux à partir d'organismes vivants tels que les levures, les bactéries, les champignons ([graphique #29](#)).



Graphique #29 / Living Factories (screengrab by NNN) © Biofabricated

Cette démarche permet, dans l'exemple donné par Suzanne Lee sur la cellulose microbienne, d'utiliser des bactéries pour cultiver de la cellulose sur des périodes de temps très courtes, sans immobiliser de surfaces arables, au lieu de cultiver une plante comme le coton dans un champ pendant plusieurs mois. Par l'intermédiaire de bactéries immergées dans un liquide riche en nutriments, il est ainsi possible de faire fermenter des fils de cellulose qui s'organisent automatiquement en tissu. En diminuant l'eau, l'énergie et la chimie nécessaires pour produire le matériau, et en ne générant aucun déchet, on produit le tissu dans sa forme finale - une sorte de « **manufacture additive biologique** ».

1- ECHELLE DU PRODUIT

Le champ de la biofabrication dans la mode n'est cependant pas nouveau : une des premières expérimentations largement documentée remonte au début des années 2000, Suzanne Lee (à nouveau) lançant son projet BioCouture en 2003 [124](#), cultivant des tissus en fibre de cellulose bactérienne grâce à des souches de kombucha.

Au niveau industriel, un des pionniers fut l'entreprise californienne Bolt Threads, créée en 2009 [125](#). Elle a notamment mis au point après des années de développement le MicroSilk, une soie inspirée du fil d'araignée, fabriquée en laboratoire à partir de protéines introduites dans une levure et fermentées avec du sucre et de l'eau. 2 ans plus tard [125](#), sur la côte Est, la société Modern Meadows se constituait, également focalisée sur la biosynthèse de nouveaux matériaux, combinant également protéines et levures.

L'incubation de ce genre de technologies est longue par essence, et quelques start-ups ont atteint une maturité suffisante pour collaborer avec de grandes marques, permettant à la discipline de gagner en visibilité, aussi bien auprès des équipes de création que des consommateurs. Signe des temps d'ailleurs, et peut-être marqueur d'un point de bascule : l'accélération de partenariats entre géants textiles et biofabricants, tels que ceux d'Inditex et Lululemon avec Lanzatech [126](#), ou la prise de participation d'Asics dans Seevix Materials Science [127](#), deux start-ups dont nous détaillerons le process de fermentation plus avant .

Trois modes de biofabrication sont rencontrés de façon récurrente, dont le périmètre est délimité dans le rapport de 2020 « *Understanding 'Bio' Material Innovations: A Primer for the Fashion Industry* [128](#) » de BioFabricate et Fashion For Good:

Bio-assemblage

Les deux premiers modes se retrouvent dans la catégorie des matériaux bio-assemblés. On obtient dans ce cas une structure macroscopique cultivée directement par des micro-organismes.

Le bio-assemblage peut être envisagé comme un « sous-ensemble » de la bio-fabrication. Il se distingue à la fois par son échelle et par une notion d'auto-organisation du processus dont la majeure partie repose sur la biologie, et permet d'aboutir à un matériau final, prêt à être utilisé.

C'est le cas du cuir de mycélium par exemple, dont les filaments se développent et s'auto-organisent dans un moule ou sur un substrat, sous la forme d'une matière structurée et exploitable : il s'agit là de croissance dirigée, qui répond également à l'appellation de **fermentation solide**.

C'est aussi le cas de la cellulose cultivée par l'intermédiaire de bactéries évoquée plus haut, dont les cellules produisent de nano-fibrilles qui s'auto-assemblent en un matériau continu : il s'agit ici de **fermentation microbienne**.

1- ECHELLE DU PRODUIT

Connectant les volets 2 et 3 (exploitation des déchets et biofabrication), voici deux exemples de start-ups ayant mis en application ces principes :

- Croissance dirigée & déchets agricoles

Ecovative (présents sur Biomim'Expo en 2021) exploite les résidus de l'industrie agro-alimentaire -coque du maïs par exemple- en tant que substrat. Celui-ci sera la base d'une croissance dirigée des filaments de mycélium auquel Ecovative [129](#) va donner dans ses « fermes verticales » forme, densité, texture, sans aucune adjonction de produits chimiques.

- Fermentation microbienne & déchets agricoles

NullArbor – du latin « aucun arbre », une start-up australienne, utilise les déchets de noix de coco, et non des arbres, en tant que matière première pour synthétiser du lyocell. Ces déchets sont transformés par l'action de bactéries (*gluconacetobacter xylinus*), le matériau obtenu par fermentation étant ensuite déshydraté, constituant la cellulose bactérienne utilisée pour créer la fibre Nanollose [130](#) (Illustration #30).

Pas d'utilisation de terres arables, d'irrigation, de pesticides, de coupes d'arbres : l'empreinte de cette cellulose bactérienne est effectivement minimale en comparaison des matériaux « current gen » actuellement utilisés.

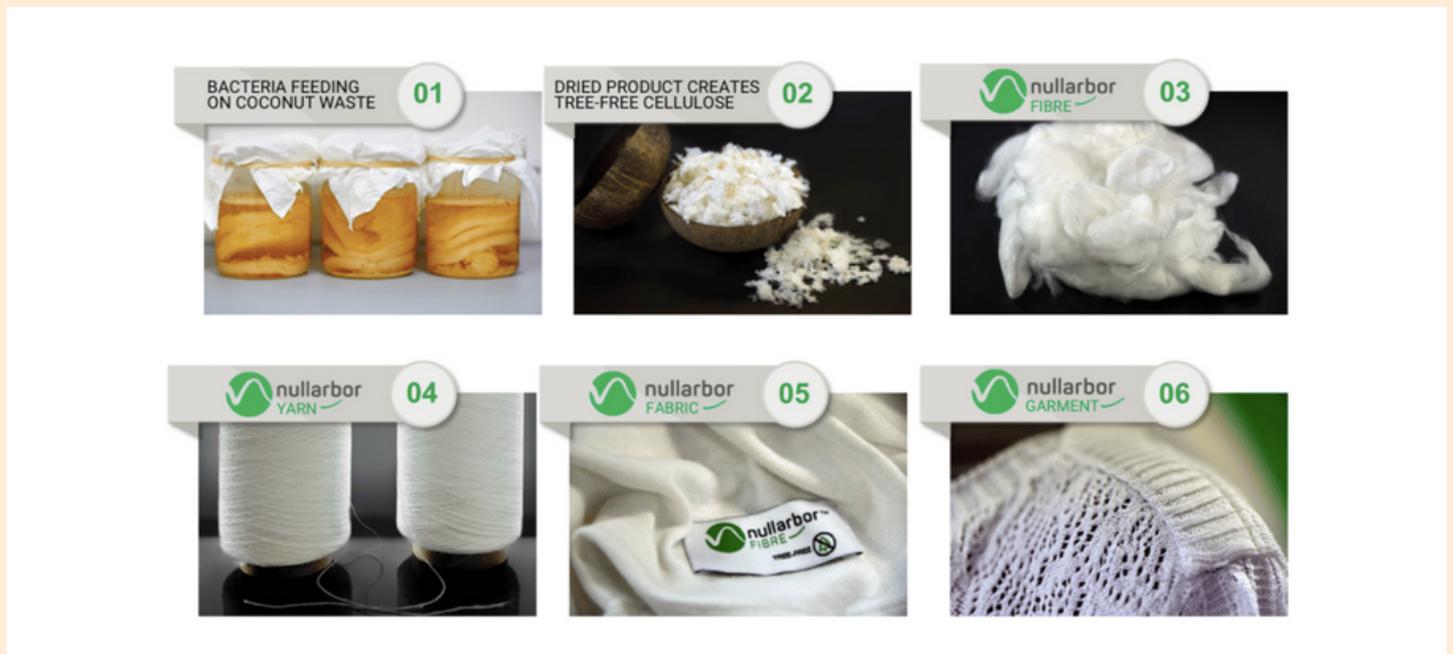


Illustration #30 / NullArbor

1- ECHELLE DU PRODUIT

Composants bio-synthétisés

Le troisième mode de bio-fabrication se retrouve dans la catégorie des composants bio-synthétisés. Il s'agit de molécules produites par des cellules vivantes ou des micro-organismes tels que les bactéries ou les levures, qui permettent notamment d'obtenir des protéines complexes telles que le collagène. Ces composants nécessitent un traitement mécanique ou chimique pour s'assembler, et composer une structure matérielle à l'échelle macroscopique.

Ce processus correspond à la **fermentation de précision**.

La synthèse de ces protéines requiert dans la plupart des cas une modification de l'ADN des micro-organismes hôtes. On parle alors de protéines recombinantes, notion exploitée dans l'industrie agro-alimentaires pour la création de certaines protéines vegan. [111](#)

Bolt Threads nous livre un aperçu du processus de synthèse de leur fibre répliquant les caractéristiques de la soie, MicroSilk, générée par des levures génétiquement modifiées (*bioengineering* étant l'appellation retenue) [131](#) : [figure 31](#).

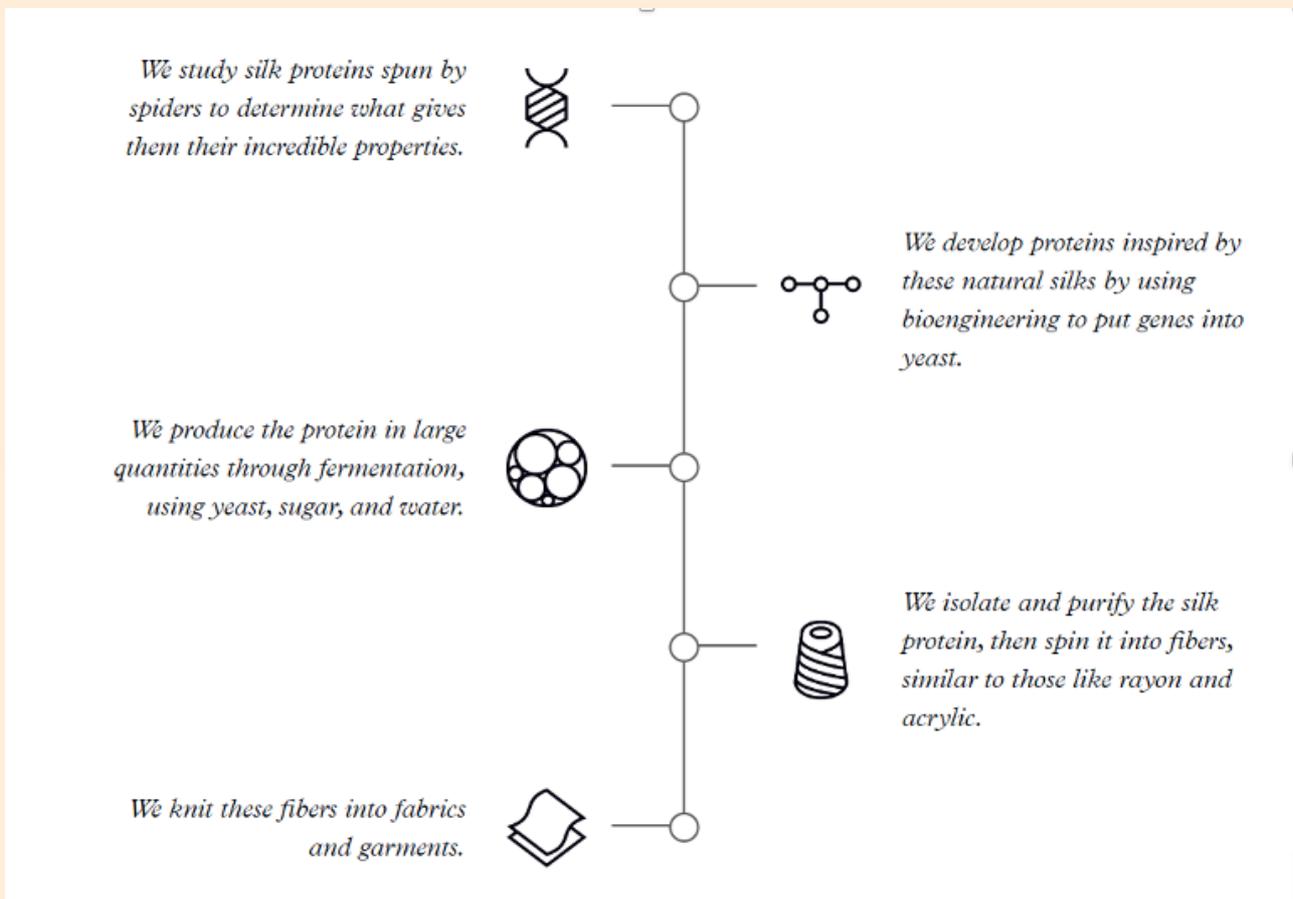


Figure #31 / Bolt Threads

1- ECHELLE DU PRODUIT

A l'instar des américains de Bolt Threads, AMSilk en Allemagne, et Seevix ainsi que Spiber au Japon ont également développé des technologies de fermentation de précision pour synthétiser des protéines de soie, dont les qualités de résistance, de souplesse et de légèreté représentent une alternative sérieuse aux fibres actuellement disponibles, solutionnant également le problème éthique de l'utilisation de vers à soie dans le processus classique.

Matières premières

Pour que ces méthodes de fermentation fonctionnent, les micro-organismes sollicités ont besoin d'être alimentés, généralement par une source de carbone [128](#). Dans un monde idéal, l'objectif serait de se tenir à l'écart de plantes cultivées (telles que la canne à sucre utilisée chez Spiber), et de viser une trajectoire vertueuse à l'instar des start-ups qui utilisent les déchets agricoles.

Une autre source de carbone est déjà exploitée par certains innovateurs : celle contenues dans les gaz à effet de serre que nous émettons. LanzaTech, mentionnés plus haut, séquestrent la pollution auprès de sources industrielles, tels que le monoxyde de carbone émis par une aciérie ou une industrie chimique, qui est transféré dans des bioréacteurs dans lesquels des bactéries le transformeront par fermentation pour le convertir en éthanol.

Le même éthanol qui, une fois transformé en monoéthylène glycol, permettra... de produire du polyester. Qui sera ensuite sélectionné par Zara et Lululemon sous couvert de circularité. On capture effectivement du CO en essayant de boucler un flux, mais on continue hélas à générer des microplastiques, signe supplémentaire de myopie de nombreux acteurs.

L'approche d'autres start-ups telles que Mango Materials est plus vertueuse : elles ont identifié des bactéries méthanotrophes qui ont la faculté de stocker le CH₄ produit par nos déchets dans leurs parois cellulaires, permettant la synthèse de PHA (PolyHydroxyAlcanoates), un **biopolymère biodégradable et compostable proposant une réelle alternative aux fibres pétro-sourcées** [132](#).

1- ECHELLE DU PRODUIT

Corollaire de la biofabrication

La bio-fabrication, discipline relativement récente dans l'industrie textile, ouvre de nombreuses questions.

Material Innovation Initiative rappelle dans son rapport *Next Gen Materials : White Space Analysis* 111 de 2021 qu'un écueil fréquemment rencontré est celui du passage à l'échelle. Un des freins majeurs réside dans le passage du laboratoire au stade pilote, puis du pilote à la commercialisation. Stabiliser les souches, les conditions de pression, la chaleur, l'humidité sont autant de challenges à surmonter.

Un exemple est donné dans ce même rapport sur les entreprises qui pratiquent le bio-assemblage à base de mycélium : bien que l'emprise au sol soit réduite, les plaques servant de moules au matériau étant superposées, la taille des plaques elle-même est une limite si on compare avec les rouleaux de matière continue de productions plus classiques.

Et comme dans toute industrie en cours d'incubation, la question du passage à l'échelle est intimement liée au niveau de prix des matériaux proposés mis en regard avec les sources traditionnelles. La question de la performance et de la durabilité dans le temps revient fréquemment, les notions de biodégradabilité et de résistance n'étant pas intuitivement liées.

Alors que les modalités de bio-assemblage semblent peu faire débat, c'est moins le cas pour les composants bio-synthétisés.

L'article de mars 2022 133 du journal Forbes zoome sur la fermentation de précision (dans ce cas relative à l'agro-alimentaire, mais les procédés restent les mêmes) et souligne deux écueils :

- Il subsiste une inconnue de taille concernant le niveau de déchets générés relatif au produit obtenu, ainsi que la manière dont il est prévu de se débarrasser de ces déchets
- Ce procédé de transformation implique une consommation significative de béton, d'acier, de plastique et de machines alimentées par des énergies fossiles pour que les micro-organismes puissent se développer. En termes d'empreinte : pour que le secteur puisse avoir un impact significatif, il serait nécessaire de construire des milliers de bioréacteurs et des dizaines, si ce n'est des centaines, d'usines.

Les mêmes questions se poseront évidemment dans leurs applications textiles.

1- ECHELLE DU PRODUIT

Une autre question que pose la fermentation de précision est celle de la manipulation génétique des micro-organismes concernés, et donc du statut des bactéries dans le règne vivant. Est-ce que seuls les eucaryotes (voire les archées) devraient être soumis à des réflexions éthiques ?

Il semblerait que les industries thérapeutiques et agro-alimentaires aient tranché, l'utilisation de protéines recombinantes étant en expansion dans les deux secteurs, l'aspect bénéfice/risque réglé par le fait que les organismes ainsi modifiés ne finissent pas en contact avec le consommateur, ni libres dans l'environnement.

En termes de bénéfices justement, résumons ceux inhérents à la biofabrication. **Il s'agit d'une alternative aux fibres d'origines végétales, animales ou fossiles qui portent toutes les trois dans leur forme actuelle atteinte à nos écosystèmes. Une alternative partielle certes, puisqu'une source sera nécessaire pour alimenter les micro-organismes impliqués dans les mécanismes de synthèse de nouvelles fibres.**

Le fait en revanche de pouvoir exploiter à ces fins les déchets de la biomasse, voire les gaz à effets de serre, constitue une avancée réelle, s'inscrivant dans le sens d'une réelle circularité de molécules intégralement biosourcées et biodégradables. Le cumul de ces attributs reste cependant suffisamment disruptif pour conserver cette appellation de révolution, facilitant de facto une circularité bio-compatible.

Il existe certes un déséquilibre entre l'offre, émergente, et les besoins de remplacement matières. Le nombre de start-ups proposant des alternatives mycéliennes au cuir est intéressant (Ecovative, MycoWorks, Bolt Thread, MOGU, Polybion...), mais les solutions de cellulose bactérienne (Modern Synthesis, NullArbor...) sont en revanche encore trop rares au vu des volumes que génère le coton conventionnel ; même constat pour le PHA biosourcé et biodégradable à même de se substituer aux plastiques, rares étant les entités ayant passé le cap de la commercialisation.

Comparé aux longues décennies dont le lycra de DuPont a eu besoin pour se développer et se démocratiser : un coup de pouce législatif pourrait être bienvenu pour créer un environnement propice à ces matériaux de nouvelle génération plus vertueux - sur le levier du prix, ou de l'affichage environnemental par exemple-

“Invention to ubiquity: that is about a 40 or 50 year journey”

***Phil Ross, CTO & co founder, MycoWorks,
Understanding BioMaterial Innovations –
Biofabricate x Fashion For Good***

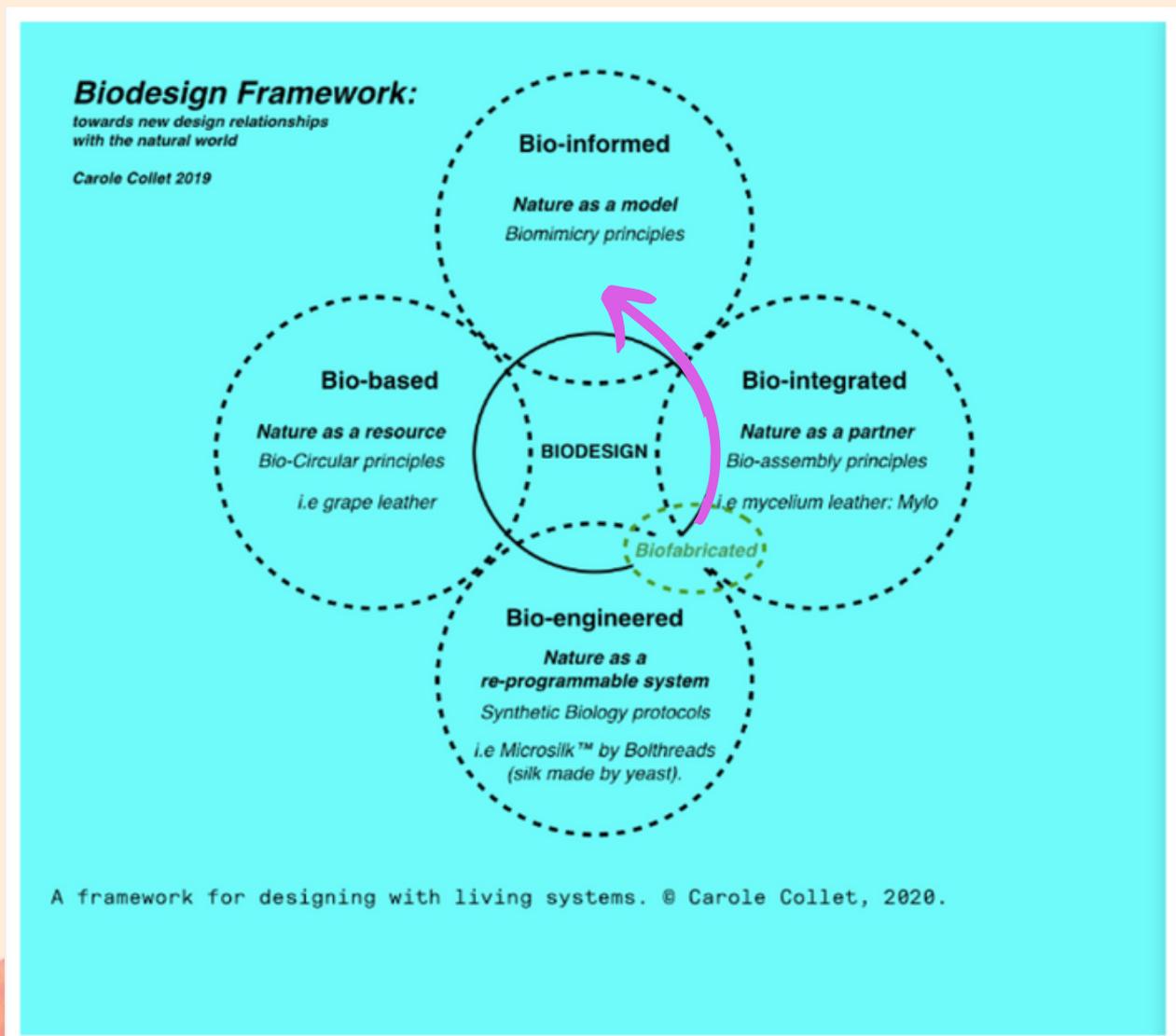
1- ECHELLE DU PRODUIT

La **dimension biomimétique** de ces nouveaux procédés de production peut interroger. L'axe choisi ici a été celui d'un des principes du vivant : la vie construit de bas en haut. Considérer les processus moléculaires, mais également adopter une approche de construction additive, ainsi qu'avoir une portée bénéfique pour les écosystèmes dans leur ensemble sont les éléments qui ont justifié ce choix.

La biologie synthétique ne relève cependant pas par définition d'une intention de développement durable, et flirte de près avec les notions de bio-utilisation et de bio-inspiration. Carole Collet, en charge du MA BioDesign à Central Saint Martins et directrice du Design And Living Systems Lab, distingue ainsi la bio-fabrication du biomimétisme, en la classant de façon argumentée en bio-intégration et bio-ingénierie (*illustration #32*).

Retenons pour finir que la fermentation, socle de la bio-fabrication, a été nettement préconisée outre-Atlantique en tant que solution souhaitable par le pragmatique Biomimicry Institute dans son rapport de 2020: *The Nature of Fashion* 134.

Illustration #32 / Design & Living Systems Lab



1- ECHELLE DU PRODUIT

Pour finir, la biofabrication ouvre de nouveaux horizons en termes de design: une approche additive, permettant de nouvelles fonctionnalités, une autre dimension esthétique. Le tee shirt sans coutures, mais assemblé par le « cuir » liquide bio-fabriquée Zoa de chez Modern Meadows, avait généré beaucoup d'engouement lorsqu'il avait été exposé à NYC en 2017 (photo #33).



Photo #33 / Modern Meadows

1- ECHELLE DU PRODUIT



Constat similaire réalisé par le Boudoir Numérique après le défilé Paris Haute Couture sur la collection Printemps Eté 2021 de Yuima Nakazato, s'appuyant à nouveau sur la technologie de Spiber et ses protéines fermentées :

« Offrant d'infinies possibilités de changements de forme, ce matériau s'inscrit dans la philosophie de production de vêtements de Yuima Nakazato, soucieux de se libérer des contraintes traditionnelles posées par l'aiguille et le fil » 135 (Photo #34). Comme indiqué dans le communiqué de presse de la marque, le procédé de biosmocking est "une méthode de modélisation textile pour créer des textures tridimensionnelles utilisant la fabrication numérique pour contrôler avec précision la propriété de super contraction des textiles de protéines brassées spécialement adaptés et permettant d'apporter une toute nouvelle sensation de profondeur aux vêtements.". Une révolution de taille s'il en est...

Photo#34: Spiber Inc..

1- ECHELLE DU PRODUIT

C- Flécher les investissements : un choix de société

Nous l'avons vu plus haut : le recyclage textile-to-textile requiert des investissements considérables, à la fois dans les infrastructures et les technologies de recyclage chimique. La bio-fabrication, pour que ses bénéfices de bio-sourcing, biodégradabilité, quasi élimination des déchets et réduction des GES ait des effets positifs, aura également besoin de niveaux de financements élevés.

Des choix macro-économiques devraient à priori s'opérer.

Bien qu'une coordination des budgets ait peu des chances de se produire sans directives interétatiques fortes, **nous pourrions imaginer une approche, guidée par la préservation de la biosphère, qui s'appuierait sur 3 éléments :**

- 1) Soutenir le tri, la collecte, le recyclage en boucle fermée des matières cellulosiques. Ceci permettrait d'alléger la pression évoquée plus haut, que la culture du coton conventionnel et la fabrication de lyocell font peser sur les écosystèmes. Tout en favorisant en parallèle le développement de la culture régénérative des plantes cellulosiques à faible impact (abaca, chanvre, ortie...).
- 2) Adopter une approche alternative concernant les matériaux pétro-sourcés post collecte et tri, en choisissant de ne pas financer les infrastructures et technologies textile-to-textile. S'appuyer à nouveau sur la digestion microbienne, et soutenir à la place la recherche sur des bactéries de type *ideonella sakaiensis*. Cette protobactérie a la capacité d'hydroliser les liaisons esther extrêmement résistantes du polyester, dissociant ensuite ses composants initiaux, et les transformant enfin en deux molécules qu'elle peut pour finir utiliser comme sources d'énergie et de carbone ¹³⁶. L'objectif serait donc de retirer les matières synthétiques de la circulation, le recyclage ne faisant que perpétuer la dispersion de micro-plastiques.
- 3) Rediriger les flux de capitaux non immobilisés par la mise sur pied et l'exploitation de filières de recyclage thermo-mécaniques ou chimiques de fibres synthétiques, pour les dédier à la mise à l'échelle du bouclage de flux déchets-ressources, et la bio-fabrication.

1- ECHELLE DU PRODUIT

Investir dans les biotechnologies plutôt que dans les infrastructures qui perpétuent toxicité de matériaux revient à poser la question suivante : est-ce que l'innovation inspirée par le vivant, et par extension les bénéfices qu'elle peut apporter sur la préservation de la biosphère, peut prendre le pas sur la maximisation de profits mortifère ?

La pression des consommateurs (actuellement sous-informés) ou de la législation (fréquemment en retard par rapport aux enjeux, et dépendante de la culture de chaque pays) sera-t-elle suffisante face aux nombreuses primes au vice offertes dans ce business estimé à 1.500 milliards de US\$60 ? Il n'est pas certain que ses acteurs les plus rentables aient fait leur l'adage suivant :« la seule croissance à privilégier, c'est la croissance végétale »...

C'est en revanche bien la croissance végétale, sa décomposition, et les méthodes d'assemblage inspirés par le vivant qui peuvent, de façon très concrète, guider de par leur procédés une nouvelle approche de création à l'échelle du produit, permettant un bouclage de flux total de ses matériaux.



Nous verrons dans la section suivante que les interactions entre les acteurs du système mode peuvent également puiser dans le vivant des idées guidant des modes de fonctionnement transformateurs, facilitateurs de circularité.

2- ECHELLE ORGANISATIONNELLE

Bien que le consommateur ait été largement partie prenante de la spirale vers le bas environnementale que constitue l'industrie de la mode, la partie offre a sur-contribué à cette dégradation. Tactiques marketing de pointe pour créer du besoin, accélération vertigineuse du nombre de collections annuelles, empilement de micro-tendances à la durée de vie de plus en plus réduite, écrasement des prix... Tout est fait pour générer de la rotation, et cela fonctionne : en moyenne, une personne achète 40 % de vêtements de plus qu'il y a 15 ans et les conserve moitié moins longtemps ¹.

Les industriels portent non seulement une part essentielle de la charge, mais c'est également entre leurs mains que se trouvent les clés du changement. Pour préparer un futur souhaitable dans lequel la maximisation des marges aura laissé place à la préservation des communs, les marques pourraient être tentées de mettre en place deux initiatives de facilitation de la circularité, inspirées par le vivant.

A- Accélérer la déglobalisation

A partir des années 80, les marques de mode, essentiellement occidentales, ont délocalisé massivement leur production en Asie, où le coût de la main d'œuvre est nettement moins cher.

Une pièce textile peut aujourd'hui parcourir des dizaines de milliers de kilomètres entre la récolte de la matière première (Inde par exemple), la filature et le tissage (Pakistan), le traitement de la matière (Turquie), la confection (Chine), l'expédition à travers les océans, puis l'acheminement sur le point de vente ¹³⁷. Cette démarche, permise notamment par des coûts de transport très bas, s'avère moins pertinente lorsque les coûts de l'énergie augmentent, ou que des facteurs exogènes désorganisent les chaînes de valeur internationales (cf impacts COVID-19).

La relocalisation de nombreuses industries est donc fréquemment évoquée actuellement, et celle du textile n'y échappe pas. Hormis le bénéfice évident lié à l'émission de gaz à effet de serre par le transport international, ce basculement poussé par les coûts pourrait avoir un effet vertueux de taille: faciliter la **sybiose industrielle**.

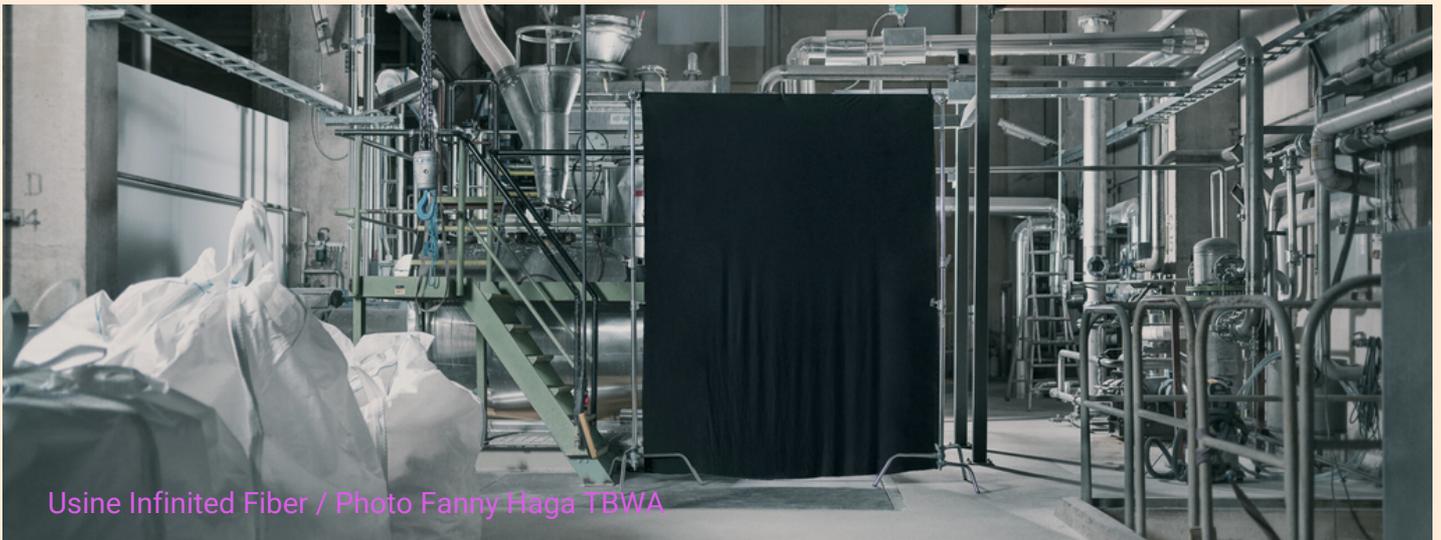
Les cycles de production/consommation/décomposition se produisent exclusivement à l'échelle locale dans le vivant. Initier une réelle circularité dans la mode impliquerait ainsi une proximité physique de ces trois étapes, qui permettrait un bouclage de flux optimisé.

2- ECHELLE ORGANISATIONNELLE

Un secteur textile local revitalisé (en France, des exemples tels que Les Ateliers du Slip 138, pilotés par le Slip Français, attestent d'un mouvement dans ce sens) serait effectivement la première étape, rapatriant les savoir-faire requis en termes de production.

Faisant écho aux initiatives mentionnées plus haut, ce secteur pourrait coopérer avec l'industrie agro-alimentaire pour mettre sur pied des textiles issus de matière première secondaire, ou avec une filière du lin/chanvre qui se redynamise. Dans un article d'*Interline -Fashion Technology Magazine For Fashion Professionals-* 139, Kurt Svegaard, COO du Fashion Innovation Center, soumet un autre co-bénéfice d'une relocalisation de la production : cette approche permettrait de mettre sur pied des micro-usines, et donc de réduire la surproduction endémique aux méga-usines, notamment par la gestion de fabrication à la demande.

En fin de vie, les pièces non utilisables collectées pourraient être conservées localement plutôt qu'«exportées» ou downcyclées, afin de constituer un gisement de matières additionnel. Le groupe finlandais Infinited Fiber, spécialisé dans le recyclage chimique de la cellulose (et qui a collaboré sur des collections avec Adidas ou Tommy Hilfiger), a pour objectif de proposer son innovation sous format de licence 64.



Usine Infinited Fiber / Photo Fanny Haga TBWA

Ce type de licence permettrait de gérer les flux sur le territoire, donnant par la même une option supplémentaire d'approvisionnement (diversité = résilience) aux producteurs à proximité, la circulation d'information si précieuse dans le vivant se trouvant également facilitée.

Réunir sur un même périmètre les acteurs de l'équivalent industriel d'une chaîne trophique permettrait, ainsi, comme dans une biocénose, de faire interagir ses acteurs efficacement, de façon cyclique, avec rétrocontrôle.

2- ECHELLE ORGANISATIONNELLE

B- Systématiser la collaboration pré-concurrentielle

Nous l'avons constaté : les freins portant sur la mise à l'échelle de la circularité dans la mode sont nombreux, notamment pour des questions de coûts de technologies. Pour surmonter ces obstacles, les marques pourraient se pencher sur une notion mise en avant par le Ceebios dans la version des principes du vivant développée avec l'Institut des Futurs souhaitables pour Hep Education:

**La vie sait être
solidaire**

Le vivant a tendance à largement développer des principes de coopération et de symbiose dans un environnement sous contrainte. On parle aussi de **coopétition** : une coopération d'opportunités entre des espèces qui, par ailleurs, peuvent être concurrentes. Les symbioses sont des coopérations mutuellement bénéfiques.

La coopétition donc, qui permet à des espèces potentiellement concurrentes de coopérer lorsque des intérêts communs se dessinent. La transposition à l'univers de la mode, hyper concurrentiel, est aisée. En effet, les consommateurs qui se préoccupent de l'origine du coton de leur tee-shirt sont rares, et même si c'est le cas, la traçabilité jusqu'au champ d'origine est actuellement quasi impossible. Deux marques peuvent utiliser le coton d'un même fournisseur sans même le savoir : ce qui les rend uniques, et donc leur désirabilité auprès du consommateur, n'en sera pas affecté.

Le même phénomène peut être répliqué sur un coton issu de cellulose bactérienne ou de recyclage chimique : les marques conserveraient leur spécificité, tout en ayant proposé un matériau plus vertueux. Dont la disponibilité et l'accessibilité prix seraient nettement facilités par la montée en puissance des start-ups développant ces mêmes matériaux, elles-mêmes bénéficiant de l'engagement d'un maximum de marques.

S'il ne s'agit de matériaux, la même logique pourrait s'appliquer pour faire baisser les coûts de reverse logistics, lorsque les marques récupèrent les vêtements auprès des consommateurs pour les revendre / réparer / recycler.

“While circularity is appealing in theory, discrete, brand-specific initiatives in the fashion industry have no chance to upend the established linear system.”

***Ken Pucker, former Timberland CFO
A Circle That Isn't Easily Squared, ssir.org***

2- ECHELLE ORGANISATIONNELLE

Global Fashion Agenda confirme les co-bénéfices de cette collaboration pré-concurrentielle. Les obstacles à la circularité sont nombreux, aussi bien au niveau de la supply chain que de lorsqu'il s'agit de tester de nouveaux modèles, souvent assortis d'un désavantage concurrentiel pour les précurseurs.

Accélérer le rythme du changement requiert donc un effort concerté pour dépasser le stade de l'«adolescence» plus rapidement. Trois domaines ont été identifiés en complément des technologies de recyclage post-consumer : la standardisation de l'affichage environnemental, les infrastructures de collecte et de tri, ainsi que la mise en commun d'opérations logistiques [89](#).

Quelques exemples encourageants de coopération ont été observés ces dernières années. En octobre 2020, un consortium sans précédent a vu le jour, incluant de marques ou groupes mondiaux tels qu'Adidas, Kering, Lululemon et Stella McCartney. Les membres du consortium se sont engagés à investir dans la start-up Bolt, sécurisant ainsi l'accès à son matériau issu du mycélium Mylo.

Comme le détaille Material Innovation Initiative dans son *State of the Industry Report : Next Gen Materials* de 2022, ce consortium marque un tournant majeur [140](#). Voir des marques se réunir pour investir dans une innovation matière partagée, et soutenir le fabricant en mettant en marché les produits qu'il réalise a très peu de précédents. Dans la même veine, PVH (le groupe nord-américain réunissant Calvin Klein et Tommy Hilfiger) et Bestseller (le conglomérat danois qui pilote notamment Jack & Jones et Vero Moda...) ont annoncé la création en décembre 2021 [141](#) d'une coopérative pour tester les matériaux à base de mycélium proposés par Ecovative.

Quelques mois plus tard, Carbios, spécialisé dans le recyclage enzymatique, a signé un accord avec Patagonia, On Running, Puma et Salomon [142](#), le consortium ainsi créé permettant d'accélérer le développement du programme, que PVH a également rejoint début 2023.

Signal supplémentaire d'un changement de logiciel en faveur de la coopération, et non plus de la concurrence à tout crin qui fait encore rage dans le secteur : l'édition annuelle du Global Fashion Summit à Copenhague mettait en avant 4 C du développement durable, comme nous le rappelle l'article de Paris Good Fashion du 14 juin 2022 [143](#). Carbone, Circularité, Communauté et... Collaboration pré-concurrentielle !

La systématisation de la coopération ne se produira probablement pas sur le très court terme. Il y a des chances que, à l'instar du vivant, l'approche se développe sous contrainte (à commencer par la perte de rentabilité, suivie par le risque de désaffection du consommateur, et l'émergence de sanctions d'une législation durcie...).

En revanche, cette nouvelle façon d'aborder les problèmes est appelée à accélérer, de par la diversification et l'augmentation des challenges que l'industrie de la mode va rencontrer sur sa route.

CONCLUSION: FAIRE MIEUX ET FAIRE MOINS

Ken Pucker, cité plus haut, faisait écho récemment dans un article intitulé *A Circle That Isn't Easily Squared* 144 aux chiffres évoqués dans la 2e partie (croissance projetée de l'industrie de la mode de 60% à la fin de la décennie), les mettant en regard avec l'accélération du réchauffement climatique et de la perte de biodiversité. En parallèle, il souligne le fait que pour maintenir leur croissance et éviter des sanctions, des sociétés telles que H&M se fixent des objectifs à la crédibilité questionnable – un doublement de taille tout en réduisant les émissions de GES de 50%-, en s'appuyant sur la circularité pour atteindre ces objectifs.

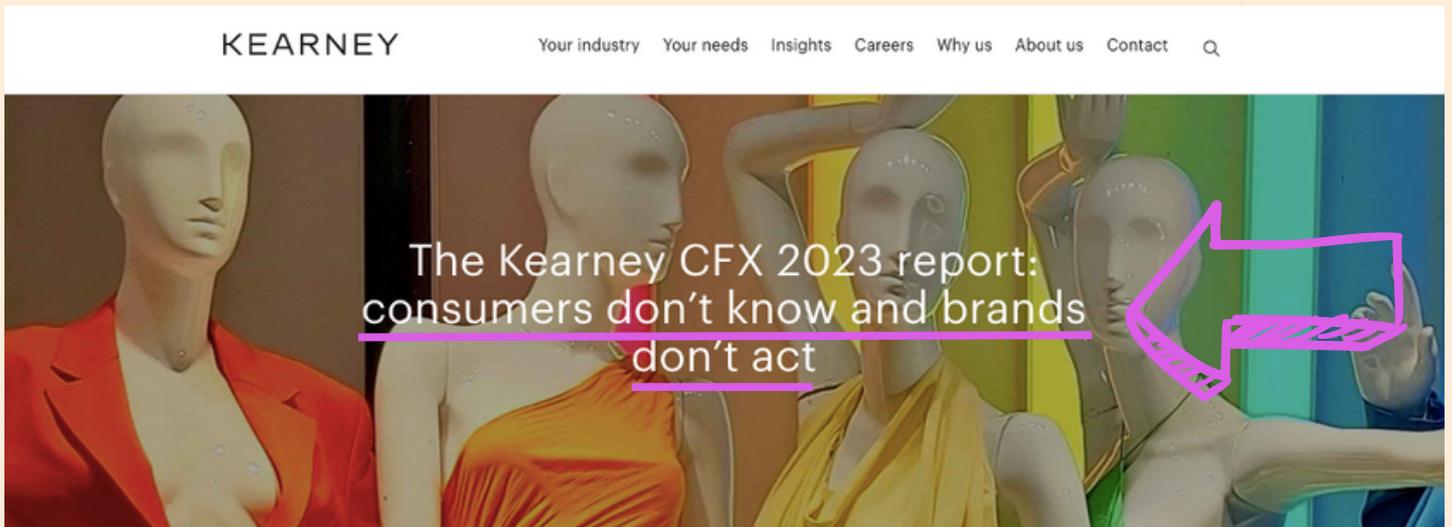
Les critiques relatives à l'économie circulaire sont nombreuses, et fréquemment justifiées. Jean-Baptiste BAHERS, enseignant-chercheur à l'École des métiers de l'environnement et à l'UMR ESO-CNRS, évoquait le fait qu'elle était « pour certains un prolongement de l'économie néolibérale, qui permettrait à cette dernière de gommer à la marge les marqueurs négatifs de la croissance économique. Pour d'autres – qui la réduisent au recyclage des déchets –, elle représente l'économie du turnover, qui implique une circulation accrue des ressources en apportant un nouveau souffle pour les tenants du capitalisme vert » 145. Les initiatives recensées dans cette étude vont effectivement plus dans le sens d'une linéarité ajustée que d'une transformation de fond.

Une critique de taille, à laquelle nous avons essayé d'apporter un éclairage, réside dans le fait que les stratégies actuelles liées à la circularité dans le mode traitent tous les matériaux indifféremment. Sans réellement se préoccuper, ainsi que le souligne Kate Fletcher dans le rapport *Earth Logic – Fashion Action Research Plan* 146, de l'adéquation de ces stratégies avec les capacités réelles de la biosphère à absorber ou non les matières pétro-sourcées et leurs dérivés. Comme nous l'avons évoqué, **le biomimétisme peut guider une conception plus vertueuse, soucieuse des impacts de la mode sur cette même biosphère.** La biodégradabilité peut être une partie de la réponse, ainsi que le fait de revisiter les déchets pour qu'ils deviennent des ressources. Les pistes relatives à la biofabrication, ou encore la relocalisation des industries, ou bien les initiatives de collaboration pré-concurrentielles, puisant également leur inspiration dans le fonctionnement des écosystèmes, sont autant de potentialités d'optimisation de l'approche qui est actuellement faite de la circularité.

Faisant écho aux critiques de la circularité mentionnées plus haut, Flore Berlinger dans son ouvrage *Recyclage, le Grand Enfumage* 147, note que les mesures mises en place ces dernières années visent plutôt l'optimisation de l'exploitation des ressources que leur réduction par le réemploi, la réutilisation et la réparation. La première démarche vise à « faire de nos déchets des ressources », alors que la seconde ambitionne de « ne pas faire de nos ressources des déchets ».

CONCLUSION: FAIRE MIEUX ET FAIRE MOINS

Dans ce contexte de circularité à la peine, l'édition 2023 du Circular Fashion Index, évoqué en première partie, est sorti il y a quelques jours. Le constat du cabinet qui l'a piloté est sans appel ([capture d'écran #35](#)) :



Capture d'écran: #35 / Kearney CFX Report

L'absence de mobilisation des 2 acteurs principaux du système mode ne fera donc pas bouger les lignes sur les deux volets majeurs responsables de l'instabilité du système mode, que sont la surproduction et la surconsommation.

Les changements culturels et législatifs y contribueront certainement, bien que sur une échelle temps qui puisse être en décalage avec l'urgence des enjeux. Le rôle du design sera crucial pour éclairer cette transition : sans éco-conception, sans design circulaire, voire régénératif, l'accélération requise ne se produira pas.

Face à l'inertie systémique constatée notamment par Kearney, une approche plus radicale est cependant en train d'émerger. Il s'agit du design de fermeture. Contrairement au trend actuel d'optimisation de nos moyens techniques, la discipline propose de **questionner les finalités de la création, qui aboutiront à des arbitrages, voire des renoncements.**

Ceux-ci porteront prioritairement sur les « technologies zombies », notion apportée par le physicien José Alroy : celles que l'on essaye de maintenir vivantes le plus possible, parce qu'elles génèrent de la croissance économique et de la rentabilité, mais qui sont condamnées d'un point de vue des limites planétaires et de la disponibilité des ressources [148](#). Et dont de grands pans de l'industrie textile dépendent.

CONCLUSION: FAIRE MIEUX ET FAIRE MOINS

Comme le souligne Sinon Virgule, studio de design et bureau d'études en redirection écologique (à l'origine du graphisme radar de futur zombie ci-dessous, [illustration #36](#)), « le champ du design est bouleversé et s'inverse. Il n'est plus un ajout, mais bien une soustraction au monde. Il ne se déploie plus à partir de ce qui n'est pas, mais bien de ce qui existe. Ce renversement est mentalement exigeant pour les personnes mais gageons qu'il ne le sera pas pour la discipline, qui porte en elle les réflexes, compétences et outils nécessaires aux protocoles de renoncement que la redirection appelle de ses vœux : l'observation, la cartographie des enjeux, l'interrogation des parties prenantes, le travail collectif et la capacité à fédérer, et l'imagination de solutions justes et démocratiques » [149](#).

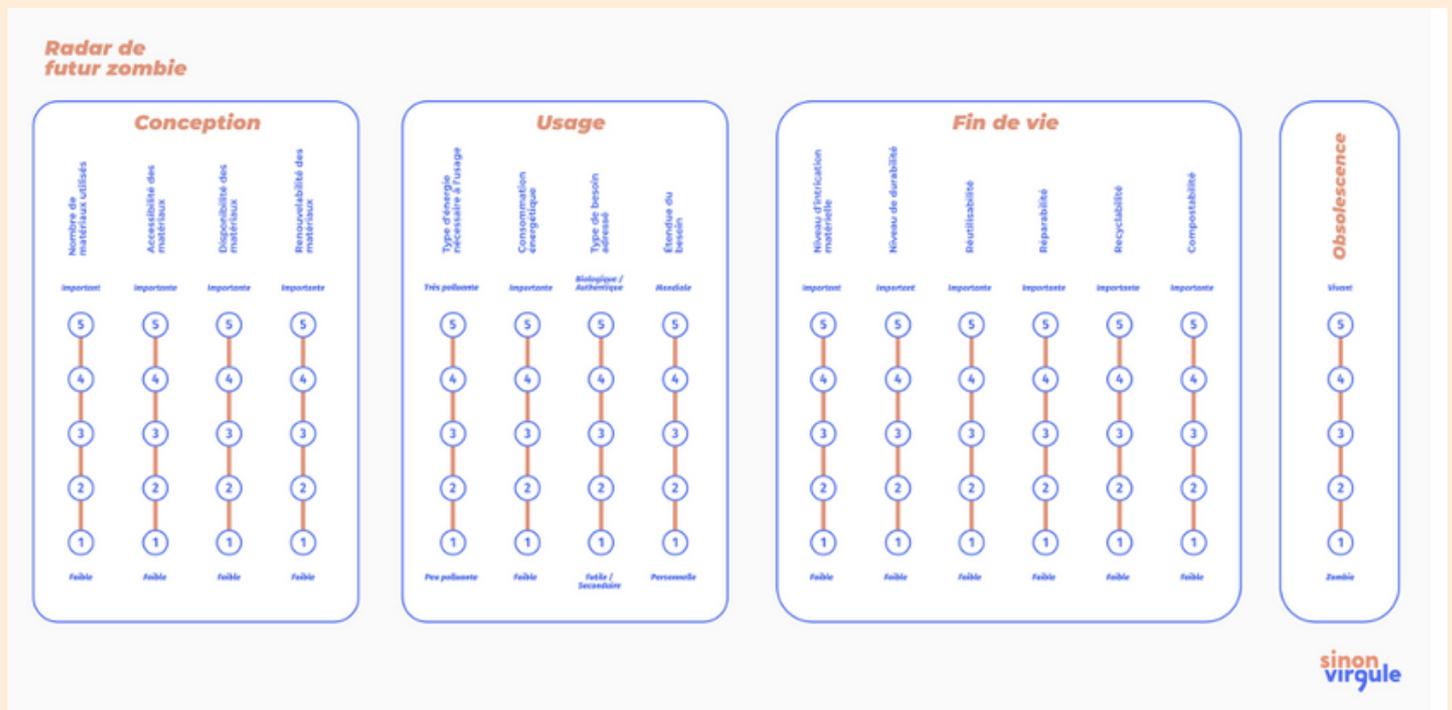


Illustration #36 / Sinon Virgule

Faire mieux grâce à un Nature Inspired Design, faire moins grâce à un Design de la Fermeture : le vivant nous enseigne qu'il n'est pas nécessaire de choisir. Plutôt que d'être extrêmement performant dans un seul domaine, la diversité de fonctions permettra d'être source de la résilience dont nous allons tant avoir besoin.



The background of the page is a light, off-white color. It is framed by watercolor-style washes of purple and orange at the top and bottom edges. The purple washes are on the left and right sides, while the orange washes are in the center. The colors blend into each other, creating a soft, artistic border.

ANNEXE

LIMITES DE CETTE ETUDE // PISTES A EXPLORER ULTERIEUREMENT

- L'aspect biofabrication des teintures n'a pas été traité (cf Werewool 150, finaliste 2020 du Ray of Hope Prize), ni cet aspect de la production textile en général, pour des questions de concision
- La régénération est peu abordée : elle est hautement nécessaire, commence à se profiler dans les modes de cultivation de cellulose, fait écho aux stratégies du vivant, mais constitue une légère déviation du sujet de la circularité
- Repair, reuse, resell, sont des piliers théoriques de l'économie circulaire, qui n'ont pas été traités en profondeur car adoptés par l'industrie de façon marginale / exploratoire
- Les contours de la fast fashion n'ont pas à dessein été définis : qu'est-ce qui aujourd'hui différencie réellement Zara de Nike ou Levis ? Ne devrait-on pas plutôt parler de big offenders ?
- Les mesures d'impacts de biodiversité sont moins disponibles que ceux relatifs aux GES, ce qui se ressent dans cette étude

REMERCIEMENTS

L'auteur de ce document tient ici à remercier particulièrement **Sylvie Bénard** pour son soutien, sa disponibilité et la qualité de ses contributions en tant que Directrice de Mémoire. Rapports et glossaire de Paris Good Fashion, connaissance in extenso de l'histoire de la mode et de ses impacts actuels, background scientifique comptent parmi ses contributions à la teneur finale de cette étude !



GLOSSAIRE

Acronymes, termes techniques, anglicismes

ADEME

Initialement : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, devenue Agence de la Transition Ecologique

Bio-sourcé

Matériau entièrement ou partiellement dérivé de la biomasse, telle que les plantes, les arbres ou les animaux

C2C

Cradle to Cradle Certified® Products Program. Il est détenu et développé par le Cradle to Cradle Products Innovation Institute et comprend le Cradle to Cradle Certified Product Standard et le C2C Certified Material Health Certificate™

CETIA

Plateforme d'innovation dédiée à la préparation de matières pour le recyclage

CFO

Chief Financial Officer (Directeur Financier)

COO

Chief Operating Officer (Directeur Général)

Ennoblement

Terme désignant les différentes étapes qui vont conférer au textile un certain nombre de caractéristiques : blanchiment, teinture, impression, apprêts mécaniques ou chimiques, enduction. Certains traitements peuvent être réalisés sur le fil, sur les étoffes et même sur les produits finis.

ESTIA

Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées

GRS

Global Recycled Standard

GLOSSAIRE

Acronymes, termes techniques, anglicismes

Lyocell / viscose / rayon

Fibre artificielle cellulosique conçue à partir de pulpe de bois

Next Gen

Matériaux de nouvelle génération. Ils s'inspirent généralement de la nature, mais sont adaptés aux technologies modernes pour une utilisation multisectorielle, que ce soit dans l'habillement ou dans le domaine médical. Les matériaux peuvent être cultivés pour prendre la forme de champignons ou fermentés pour ressembler à de la soie filée par des araignées. Les matériaux de nouvelle génération ont pour objectif commun de réduire l'empreinte environnementale des textiles traditionnels (notamment ceux en polyester vierge), en réduisant l'empreinte carbone et l'utilisation d'eau et de produits chimiques.

ODD

Objectifs de Développement Durable des Nations Unies

Oxofragmentation

Processus de dégradation des matières plastiques non assimilables par les microorganismes

Pre-consumer

Les matières recyclées "pré-consommation" (avant consommation, pre-consumer) proviennent de sources de production, telles que les matières provenant de déchets industriels (chutes de fabrication) ou de produits rappelés qui n'ont pas été utilisés par les consommateurs

Post-consumer

Les matières recyclées "post-consommation" (après consommation, post-consumer) proviennent de sources de déchets de consommation, c'est-à-dire qui ont servi et ont été mis au rebut

PwC

PriceWaterhouseCoopers, société de conseil internationale

Recommerce

Seconde main, dans ce cas gérée par les marques elles-mêmes

Scope 3

Emissions de GES issues de sources n'appartenant pas ou non contrôlées par une entreprise

Sourcing

Processus de recherche, de localisation et d'évaluation des fournisseurs

Sous-cyclage / downcycling

Acte de transformation d'un produit en un autre de qualité ou d'utilité inférieure.

SOURCES

(1)	La mode sans dessus-dessous. https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-mode-qqf/ (accessed 2023-03-07).
(2)	Global Fashion Industry Statistics. https://fashionunited.com/global-fashion-industry-statistics (accessed 2023-03-08).
(3)	How Much Do Our Wardrobes Cost to the Environment?. World Bank. https://www.worldbank.org/en/news/feature/2019/09/23/costo-moda-medio-ambiente (accessed 2023-03-08).
(4)	How the fashion industry can reduce its carbon footprint McKinsey. https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/fashion-on-climate (accessed 2023-03-08).
(5)	WEF_Net_Zero_Challenge_The_Supply_Chain_Opportunity_2021.Pdf. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Challenge_The_Supply_Chain_Opportunity_2021.pdf (accessed 2023-03-08).
(6)	FR, F. com. Sourcing: l'IFM décrypte l'évolution des exportations mondiales de textile-habillement sur deux décennies. FashionNetwork.com. https://fr.fashionnetwork.com/news/Sourcing-l-ifm-decrypte-l-evolution-des-exportations-mondiales-de-textile-habillement-sur-deux-decennies,1375503.html (accessed 2023-03-08).
(7)	Shein responsable de 22 % des émissions CO2 des adolescentes françaises. https://www.20minutes.fr/societe/3293167-20220519-shein-responsable-22-emissions-co2-adolescentes-francaises (accessed 2023-03-08).
(8)	These facts show how unsustainable the fashion industry is. World Economic Forum. https://www.weforum.org/agenda/2020/01/fashion-industry-carbon-unsustainable-environment-pollution/ (accessed 2023-03-08).
(9)	2017-09-WWF-Report-Changing_fashion_2017_EN.Pdf. https://www.wwf.ch/sites/default/files/doc-2017-09/2017-09-WWF-Report-Changing_fashion_2017_EN.pdf (accessed 2023-03-08).
(10)	Fashion has a huge waste problem. Here's how it can change. World Economic Forum. https://www.weforum.org/agenda/2019/02/how-the-circular-economy-is-redesigning-fashions-future/ (accessed 2023-03-09).
(11)	Fashion and the circular economy. https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/fashion/overview (accessed 2023-03-10).
(12)	Wicker, A. No One Wants Your Old Clothes. Newsweek. https://www.newsweek.com/2016/09/09/old-clothes-fashion-waste-crisis-494824.html (accessed 2023-03-09).
(13)	Patti, A.; Cicala, G.; Acierno, D. Eco-Sustainability of the Textile Production: Waste Recovery and Current Recycling in the Composites World. Polymers (Basel) 2020, 13 (1), 134. https://doi.org/10.3390/polym13010134 .
(14)	Que sont les PFAS ou polluants éternels? Quelles sont les marques d'outdoor PFAS-free? - The Good Goods. https://www.thegoodgoods.fr/mode/que-sont-les-pfas-ou-polluants-eternels-queelles-sont-les-marques-doutdoor-pfas-free/ (accessed 2023-03-09).
(15)	Deloitte_cahier-Mode-Durable-3.Pdf. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fr/Documents/sustainability-services/deloitte_cahier-mode-durable-3.pdf (accessed 2023-03-23).
(16)	L'économie circulaire; comment la mettre en oeuvre dans l'entreprise grâce à la reverse supply chain? - Rémy Le Moigne - Dunod - Grand format - Dalloz Librairie PARIS.
(17)	OECD. Managing Environmental and Energy Transitions for Regions and Cities; OECD, 2020. https://doi.org/10.1787/f0c6621f-en .
(18)	L'économie circulaire tourne en rond. Le Monde.fr. May 22, 2018. https://www.lemonde.fr/idees/article/2018/05/22/la-fonction-essentiellement-incantatoire-de-l-economie-circulaire-tourne-en-rond_5302722_3232.html (accessed 2023-03-11).
(19)	Ep 91: Profound connections: the circular economy, biomimicry, and doughnut economics. https://ellenmacarthurfoundation.org/podcasts/ep-91-profound-connections-the-circular-economy-biomimicry-and-doughnut (accessed 2023-03-11).
(20)	ParisTech, I.-M. L'Economie Circulaire à la fondation Ellen MacArthur. Blog de l'ISIGE - MINES Paris. https://blog-isige.minesparis.psl.eu/2018/07/25/306/ (accessed 2023-03-21).
(21)	Azote. http://www.biodiversite-poitou-charentes.org/Le-cycle-de-l-azote.html (accessed 2023-03-12).
(22)	ECOLOGIE GENERALE 10.Pdf. https://elearning.univ-usto.dz/pluginfile.php/111403/mod_resource/content/1/ECOLOGIE%20GENERALE%2010.pdf (accessed 2023-03-12).
(23)	Ecosysteme aquatique: fonctionnement. https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/ecosys/fonctEcosAqu.html (accessed 2023-03-12).
(24)	Duquennoy, C. Les déchets sont-ils le propre de l'homme? DEFI-Écologique: le blog. https://blog.defi-ecologique.com/dechets/ (accessed 2023-03-12).
(25)	Turning to sustainable global business: 5 things to know about the circular economy UN News. https://news.un.org/en/story/2021/06/1093802 (accessed 2023-03-12).

SOURCES

(26)	PricewaterhouseCoopers. Avoir confiance dans un avenir durable. PwC. https://www.pwc.ch/fr/insights/durabilite/circular-economy.html (accessed 2023-03-21).
(27)	Janine Benyus - Nature as a Model, Mentor and Measure; 2009. https://www.youtube.com/watch?v=2oVZsZu1lml (accessed 2023-03-21).
(28)	Changement-de-Comportement_INEC.Pdf. https://institut-economie-circulaire.fr/wp-content/uploads/2022/07/Changement-de-comportement_INEC.pdf (accessed 2023-03-21).
(29)	économie circulaire - Pôle Eco conception. https://www.eco-conception.fr/static/economie-circulaire.html (accessed 2023-03-21).
(30)	Économie circulaire. Agence de la transition écologique. https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire (accessed 2023-03-12).
(31)	Comprendre ce qu'est une démarche d'éco-conception. Refashion.fr/eco-design. https://refashion.fr/eco-design/fr/comprendre-ce-quest-une-d%C3%A9marche-d%C3%A9co-conception (accessed 2023-03-21).
(32)	Aurez, V. Economie circulaire, écologie et reconstruction industrielle?
(33)	Circular economy introduction. https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview (accessed 2023-03-23).
(34)	BFC_CFE_PHASE2_V10[83229].Pdf. https://instituteofpositivefashion.com/uploads/files/1/BFC_CFE_PHASE2_V10%5B83229%5D.pdf (accessed 2023-03-21).
(35)	Circular Fashion Ecosystem - 3keel. https://instituteofpositivefashion.com/Stakeholder_Actions_Connections/ (accessed 2023-03-21).
(36)	The circular design for fashion book. https://ellenmacarthurfoundation.org/the-circular-design-for-fashion-book (accessed 2023-03-30).
(37)	Guide écoconception pour marques responsables. Fédération Française du Prêt à Porter Féminin. https://pretaporter.com/2021/07/01/guide-ecoconception-pour-marques-responsables/ (accessed 2023-03-30).
(38)	Il y aura l'âge des choses légères. Design et développement durable au quotidien - Thierry Kazazian, Collectif.
(39)	GFA_2020_Circular-Design-Toolbox-1.Pdf. https://globalfashionagenda.org/wp-content/uploads/2022/12/GFA_2020_Circular-Design-toolbox-1.pdf (accessed 2023-04-01).
(40)	SCIRT-D1.4-Vision-and-Roadmap-towards-a-Circular-Fashion-System.Pdf. https://scirt.eu/wp-content/uploads/2022/11/SCIRT-D1.4-Vision-and-roadmap-towards-a-circular-fashion-system.pdf (accessed 2023-04-01).
(41)	Livre blanc mode eco-responsabilite 1 - Première Vision. https://www.premierevision.com/fr/livre-blanc-mode-eco-responsabilite-1/ (accessed 2023-04-01).
(42)	Inec_focus_textile_loi.Pdf. https://institut-economie-circulaire.fr/wp-content/uploads/2020/04/inec_focus_textile_loi.pdf (accessed 2023-03-31).
(43)	Le plan de prévention et d'éco-conception, qu'est-ce que c'est ? FAQ Refashion. https://faq.refashion.fr/hc/fr/articles/8426397827485-Le-plan-de-pr%C3%A9vention-et-d-%C3%A9co-conception-qu-est-ce-que-c-est- (accessed 2023-04-01).
(44)	Stratégie pour le secteur du textile. https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_fr (accessed 2023-04-01).
(45)	L'upcycling: un savoir faire Pyrenex - Pyrenex. https://pyrenex.com/fr/blog/l-upcycling-un-savoir-faire-pyrenex-b149.html (accessed 2023-03-31).
(46)	Pyrenex invite à l'évasion avec Happy Nomade. LEFIGARO. https://www.lefigaro.fr/style/pyrenex-invite-a-l-evasion-avec-happy-nomade-20230327 (accessed 2023-03-31).
(47)	Preferred Fiber & Materials Market Report 2021. Textile Exchange. https://textileexchange.org/knowledge-center/reports/preferred-fiber-materials-market-report-2021/ (accessed 2023-05-04).
(48)	HEY FASHION! — Fashion's Waste Crisis and How to Solve It - Prepared for Eileen Fisher Foundation by Pentatonic®. HEY FASHION! https://www.heyfashion.org/report (accessed 2023-03-30).
(49)	FASHION TRANSPARENCY INDEX 2022: Fashion Revolution. https://www.fashionrevolution.org/about/transparency/ (accessed 2023-03-30).
(50)	Génot, J.-C. Vers un changement « climatique » ? 2006.

SOURCES

51)	UVED. https://diren.mines-paristech.fr/Sites/ISIGE/uvved/ecologieIndustrielle/module6/maturation/html/1.html (accessed 2023-04-17).
52)	Etat avancement des acteurs français de la mode en DD #708 - Paris Good Fashion. https://parisgoodfashion.fr/fr/news/etat-avancement-des-acteurs-francais-de-la-mode-en-dd-708/ (accessed 2023-04-17).
53)	DOSSIER DE PRESSE_BD.Pdf. https://refashion.fr/pro/sites/default/files/presse/DOSSIER%20DE%20PRESSE_BD.pdf (accessed 2023-04-17).
54)	Bertolini, G. Entropie et recyclage: Quelques exemples. Environnement, Ingénierie & Développement 2002, N°28-4ème Trimestre 2002, 8070. https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.2404 .
55)	MADI, M. Recyclage dans le secteur textile. Techniques de l'Ingénieur. https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/recyclage-dans-le-secteur-textile-72037/ (accessed 2023-04-17).
56)	Quelles sont les solutions de recyclage des textiles?. FranceEnvironnement. https://www.franceenvironnement.com/question/quelles-sont-les-solutions-de-recyclage-des-textiles-ij-2022-06-01 (accessed 2023-04-17).
57)	Why fast fashion needs to slow down. UNEP. http://www.unep.org/news-and-stories/blogpost/why-fast-fashion-needs-slow-down (accessed 2023-04-17).
58)	Copenhagen Fashion Summit: How NOT to make the fashion industry more sustainable. Greenpeace International. https://www.greenpeace.org/international/story/7575/copenhagen-fashion-summit-how-not-to-make-the-fashion-industry-more-sustainable (accessed 2023-04-17).
59)	Igini, M. 10 Concerning Fast Fashion Waste Statistics. Earth.Org. https://earth.org/statistics-about-fast-fashion-waste/ (accessed 2023-04-17).
60)	Preferred Fiber and Materials Market Report. Textile Exchange. https://textileexchange.org/knowledge-center/reports/preferred-fiber-and-materials/ (accessed 2023-04-17).
61)	Que deviennent les vêtements que l'on jette? https://www.zerowasteFrance.org/fin-de-vie-vetements/ (accessed 2023-04-18).
62)	Produits textiles (TLC). Ministères Écologie Énergie Territoires. https://www.ecologie.gouv.fr/produits-textiles-tlc (accessed 2023-04-18).
63)	Good, F. for. Sorting for Circularity Europe. Fashion for Good Reports. https://reports.fashionforgood.com/report/sorting-for-circularity-europe/ (accessed 2023-04-18).
64)	Les-Leviers-Technologiques_circularit.Pdf. https://chaire-bali.fr/images/RA/Les-leviers-technologiques_circularit.pdf (accessed 2023-04-19).
65)	3. Re_valoriser les déchets - Rapport d'activité 2020. calameo.com. https://www.calameo.com/read/00351137561a9b4bd76fd?authid=wrrYgKYcfj79 (accessed 2023-04-18).
66)	RE_FASHION_INNOV_09_200X300_FR_BD_BASSE_DEF.Pdf. https://refashion.fr/pro/sites/default/files/fichiers/RE_FASHION_INNOV_09_200X300_FR_BD_BASSE_DEF.pdf (accessed 2023-04-19).
67)	Lamballerie, E. de. Industrie de la mode: les effets (très) limités du recyclage des textiles. The Conversation. http://theconversation.com/industrie-de-la-mode-les-effets-tres-limites-du-recyclage-des-textiles-145363 (accessed 2023-05-04).
68)	Nikolina, S. Environmental Impact of Textile and Clothes Industry.
69)	VIDEO. Au Ghana, poubelle de l'Occident, les déchets textiles forment une montagne, et une marée d'habits pollue les côtes. Franceinfo. https://www.francetvinfo.fr/monde/afrique/environnement-africain/video-au-ghana-poubelle-de-l-occident-les-dechets-textiles-forment-une-montagne-et-une-maree-d-habits-pollue-les-cotes_5397109.html (accessed 2023-05-04).
70)	Reportage: l'Afrique, dépotoir de la fast fashion. Greenpeace France. https://www.greenpeace.fr/reportage-lafrique-depotoir-de-la-fast-fashion/ (accessed 2023-05-04).
71)	FR, F. com. L'écosystème unique du désert d'Atacama menacé par les déchets textiles du monde. FashionNetwork.com. https://fr.fashionnetwork.com/news/L-ecosysteme-unique-du-desert-d-atacama-menace-par-les-dechets-textiles-du-monde,1462322.html (accessed 2023-05-05).
72)	UCC_Cotton_Pet_report.Pdf. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/UCC_Cotton_Pet_report.pdf (accessed 2023-05-04).
73)	Incidences de la production et des déchets textiles sur l'environnement Actualité Parlement européen. https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/society/20201208STO93327/incidences-de-la-production-et-des-dechets-textiles-sur-l-environnement (accessed 2023-05-04).
74)	Twenty-four trillion pieces of microplastics in the ocean and counting Research Results KYUSHU UNIVERSITY. 九州大学 (KYUSHU UNIVERSITY) . https://www.kyushu-u.ac.jp/en/researches/view/221/ (accessed 2023-05-05).
75)	India Loves Fossil Fuel Fashion: Country's Biggest Textile Player Goes on Polyester Overdrive. texfash.com. https://texfash.com/column/india-loves-fossil-fuel-fashion-countrys-biggest-textile-player-goes-on-polyester-overdrive (accessed 2023-05-10).

SOURCES

(76)	Tri optique et reconnaissance matières textiles. 2020.
(77)	FR, F. com. Recyclage: où en est le tri automatisé des matériaux textiles?. FashionNetwork.com. https://fr.fashionnetwork.com/news/Recyclage-ou-en-est-le-tri-automatise-des-materiaux-textiles-,1502301.html (accessed 2023-05-10).
(78)	Spinnova. Cleanest process. Disruptive circularity. Spinnova. https://spinnova.com/ (accessed 2023-05-10).
(79)	Frontpage - Infinited Fiber. https://infinitedfiber.com/ , https://infinitedfiber.com/ (accessed 2023-05-10).
(80)	Evrnu® - a recycling textile supplier with a social purpose. https://www.evrnu.com/ (accessed 2023-05-10).
(81)	Renewcell. Renewcell. https://www.renewcell.com/en (accessed 2023-05-10).
(82)	Santi, A. Can clothes ever be fully recycled? https://www.bbc.com/future/article/20230227-how-to-recycle-your-clothes (accessed 2023-05-10).
(83)	Carbios - Innover pour une véritable économie circulaire des plastiques. Carbios. https://www.carbios.com/fr/ (accessed 2023-05-10).
(84)	Worn Again - Abundance. For Everyone. Forever. Worn Again Technologies. https://wornagain.co.uk/ (accessed 2023-05-10).
(85)	Circ Lead Generation. https://circ-earth.typeform.com/to/toluwyA9 (accessed 2023-05-10).
(86)	FR, F. com. La mode durable, un concept insaisissable pour beaucoup de consommateurs. FashionNetwork.com. https://fr.fashionnetwork.com/news/La-mode-durable-un-concept-insaisissable-pour-beaucoup-de-consommateurs,1306083.html (accessed 2023-05-10).
(87)	Resortecs Recycling made easy. Resortecs. https://resortecs.com/ (accessed 2023-05-10).
(88)	Circular fashion in Europe: Turning waste into value McKinsey. https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value#/ (accessed 2023-05-18).
(89)	Studio, Q. I. D. Scaling Circularity: A Policy Perspective. Global Fashion Agenda. https://globalfashionagenda.org/news-article/scaling-circularity-a-policy-perspective/ (accessed 2023-05-18).
(90)	Jan23-ZWE_Beyond-Circular-Fashion_Report.Pdf. https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2023/01/Jan23-ZWE_Beyond-Circular-Fashion_Report.pdf (accessed 2023-05-18).
(91)	Identifying Low Carbon Sources of Cotton and Polyester Fibers UNFCCC. https://unfccc.int/documents/273670 (accessed 2023-05-18).
(92)	Measuringfashion_globalimpactstudy_full-Report_quantis_cwf_2018a.Pdf. https://quantis.com/wp-content/uploads/2018/03/measuringfashion_globalimpactstudy_full-report_quantis_cwf_2018a.pdf (accessed 2023-05-18).
(93)	WEF_Net_Zero_Challenge_The_Supply_Chain_Opportunity_2021.Pdf. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Challenge_The_Supply_Chain_Opportunity_2021.pdf (accessed 2023-05-18).
(94)	Pucker, K. P. The Myth of Sustainable Fashion. Harvard Business Review. January 13, 2022. https://hbr.org/2022/01/the-myth-of-sustainable-fashion (accessed 2023-05-18).
(95)	5 ways the circular economy will transform your fashion habits. World Economic Forum. https://www.weforum.org/agenda/2022/01/5-ways-the-circular-economy-will-transform-your-fashion-habits/ (accessed 2023-05-19).
(96)	Fossil Fashion. Changing Markets. https://changingmarkets.org/portfolio/fossil-fashion/ (accessed 2023-05-19).
(97)	Bentley, R. A.; Ormerod, P.; Batty, M. Evolving Social Influence in Large Populations. Behav Ecol Sociobiol 2011, 65 (3), 537-546. https://doi.org/10.1007/s00265-010-1102-1 .
(98)	Laura. The invisible threat: microplastics from your clothes. Plastic Soup Foundation. https://www.plasticsoupfoundation.org/en/2021/03/the-invisible-threat-microplastics-from-your-clothes/ (accessed 2023-05-19).
(99)	Sustainable Fashion Pages Sustainable FP. https://www.sustainablefashionpages.com/product-page/lauffenmuhle-textile-innovation (accessed 2023-05-22).
(100)	EPEA - Part of Drees & Sommer Das Original - EPEA. https://epea.com/ (accessed 2023-05-22).

SOURCES

(101)	Terrier, P.; Glaus, M.; Raufflet, E. Biomimétisme : outils pour une démarche écoinnovante en ingénierie. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement 2017. https://doi.org/10.4000/vertigo.17914 .
(102)	The Nature Imperative: How the circular economy tackles biodiversity loss. https://ellenmacarthurfoundation.org/biodiversity-report (accessed 2023-06-07).
(103)	The Materials: What role does natural decomposition play in the disposal of textile waste?. the-spin-off.com. https://www.the-spin-off.com/news/stories/The-Materials-What-role-does-natural-decomposition-play-in-the-disposal-of-textile-waste-16239 (accessed 2023-05-23).
(104)	Recyclable, biodégradable et compostable - Anotherway. another-way.com. https://www.another-way.com/blogs/decryptage/differences-recyclable-biodegradable-compostable (accessed 2023-05-23).
(105)	Vision of a circular economy for fashion Shared by Fashion. https://emf.thirdlight.com/link/nbfff6ugh01m-y15u3p/@/preview/1?o (accessed 2023-03-30).
(106)	Fashion Material Revolution: From Biodesign to Innovative Sustainable Materials ELLE Education. https://elle.education/en/business/fashion-material-revolution-from-biodesign-to-innovative-sustainable-materials/ (accessed 2023-05-24).
(107)	nanotechnologies Archives. Mode in Textile. https://www.modeintextile.fr/tag/nanotechnologies/ (accessed 2023-05-24).
(108)	Smart Textiles Archives. Mode in Textile. https://www.modeintextile.fr/category/smart-textiles/ (accessed 2023-05-24).
(109)	Preferred Fiber and Materials Market Report. Textile Exchange. https://textileexchange.org/knowledge-center/reports/preferred-fiber-and-materials/ (accessed 2023-05-29).
(110)	Projects - Design for Decomposition - The Biomimicry Institute. https://d4d.biomimicry.org/projects#project4 (accessed 2023-05-24).
(111)	Innovation, M. Next-Gen Materials White Space Report 2021. Material Innovation Initiative. https://materialinnovation.org/next-gen-materials-white-space-report-2021/ (accessed 2023-05-29).
(112)	Keel Labs. https://www.keellabs.com/ (accessed 2023-06-07).
(113)	Kelsun. https://www.keellabs.com/kelsun (accessed 2023-05-29).
(114)	Sargassum: Turning the Tide Towards a Blue Bioeconomy. https://carbonwave.com/blog-posts/2021-06-09-sargassum-turning-the-tide-towards-a-blue-bioeconomy/ (accessed 2023-05-29).
(115)	Home - Agri-Waste report Highlights. https://laudes.h5mag.com/agri-waste_report_highlights/home (accessed 2023-05-25).
(116)	Agraloop — Circular Systems Regenerative Impact. Circular Systems. https://circularsystems.com/agraloop (accessed 2023-05-25).
(117)	Plntfiber™ & Frutfiber™ Science - Pangaia. PANGAIA EU. https://eu.pangaia.com/pages/plntfiber-frutfiber (accessed 2023-05-25).
(118)	How MIRUM® is made. https://blog.naturalfiberwelding.com/how-mirum-is-made (accessed 2023-05-25).
(119)	Orange Fiber • Sustainable fabrics from citrus juice by-products. Orange Fiber. https://orangefiber.it/ (accessed 2023-05-25).
(120)	The Hurd Co - General 2. The Hurd Co. https://www.thehurdco.com/hurd-technology (accessed 2023-05-25).
(121)	Archroma_EarthColors_230130.Pdf. https://www.archroma.com/assets/uploads/images/Archroma_EarthColors_230130.pdf (accessed 2023-05-25).
(122)	Qu'est-ce que le simili-cuir d'ananas - Piñatex? WeDressFair. https://www.wedressfair.fr/matieres/cuir-d-ananas-pinatex (accessed 2023-06-07).
(123)	Lee, S. Suzanne Lee: La biofabrication, la prochaine révolution industrielle TED Talk. https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_why_biofabrication_is_the_next_industrial_revolution?language=fr (accessed 2023-05-24).
(124)	Maroc, S. Entreprise // Suzanne Lee, pionnière dans le domaine des matériaux vivants appliqués à la mode. Open BioFabrics. https://medium.com/openbiofabrics/biocouture-suzanne-lee-pionni%C3%A8re-dans-le-domaine-des-mat%C3%A9riaux-vivants-appliqu%C3%A9s-%C3%A0-la-mode-9275aa8cd3f8 (accessed 2023-05-26).
(125)	Biofabrics and the future of ethical fashion: Makery. https://www.makery.info/en/2018/11/13/les-biotextiles-et-lavenir-de-la-mode-ethique/ (accessed 2023-05-26).

SOURCES

(126)	(3) Post LinkedIn. https://www.linkedin.com/posts/beyondsustainablefashion_lanzatech-and-zara-debut-collection-made-activity-6888773415952539648-NDzM/?originalSubdomain=lt (accessed 2023-05-26).
(127)	ASICS Global - The Official Corporate Website for ASICS and Its Affiliates. https://assets.asics.com/page_types/4731/files/OGP_04_original.jpg (accessed 2023-05-30).
(128)	Studio, Q. I. D. Understanding "Bio" Material Innovations: A Primer for the Fashion Industry. Fashion for Good. https://fashionforgood.com/our_news/understanding-bio-material-innovations-a-primer-for-the-fashion-industry/ (accessed 2023-05-30).
(129)	foragerbio. foragerbio. https://forager.bio/ (accessed 2023-05-30).
(130)	Media-Article-Ecotextile.Pdf. https://nanollose.com/wp-content/uploads/2018/02/Media-Article-Ecotextile.pdf (accessed 2023-05-30).
(131)	Bolt Threads – Microsilik. https://boltthreads.com/technology/microsilik/ (accessed 2023-05-30).
(132)	@ParisGoodFashi1. Fashion for Good travaille sur des polyesters biodégradables #203. https://parisgoodfashion.fr/fr/news/fashion-for-good-travaille-sur-des-polyesters-biodegradables-203/ (accessed 2023-05-30).
(133)	Schweizer, E. What Consumers Should Ask About Precision Fermentation. Forbes. https://www.forbes.com/sites/erolschweizer/2022/03/02/what-should-consumers-be-asking-about-precision-fermentation/ (accessed 2023-05-31).
(134)	The Nature of Fashion. Biomimicry Institute. https://biomimicry.org/thenatureoffashion/ (accessed 2023-05-31).
(135)	Le Boudoir numérique. Le boudoir numérique. https://boudoirnumerique.com/magazine/paris-haute-couture-week-p-e-2021-lauren-wasser-muse-de-la-biofabrication-de-yuima-nakazato-x-spiber-59313 (accessed 2023-05-31).
(136)	Yoshida, S.; Hiraga, K.; Takehana, T.; Taniguchi, I.; Yamaji, H.; Maeda, Y.; Toyohara, K.; Miyamoto, K.; Kimura, Y.; Oda, K. A Bacterium That Degrades and Assimilates Poly(Ethylene Terephthalate). <i>Science</i> 2016, 351 (6278), 1196–1199. https://doi.org/10.1126/science.aad6359 .
(137)	Jamy retrace l'itinéraire d'un jean. Brut. https://www.brut.media/fr/nature/jamy-retrace-l-itineraire-d-un-jean-b814f446-992d-4282-8d98-5e79f2ed02ca (accessed 2023-06-02).
(138)	Usine de Confection de Textile en France - Le Slip Français. Le Slip Français. https://www.leslipfrancais.fr/atelier-du-slip-made-in-france (accessed 2023-06-02).
(139)	Kapfunde, M. Can Microfactories Revolutionise Fashion Manufacturing?. The Interline. https://www.theinterline.com/2023/04/27/can-microfactories-revolutionise-fashion-manufacturing/ (accessed 2023-06-06).
(140)	2022 State Of The Industry Report: Next-Gen Materials. Material Innovation Initiative. https://materialinnovation.org/reports/2022-state-of-the-industry-report-next-gen-materials/ (accessed 2023-06-05).
(141)	Brand Engagement with Next-Gen Materials: 2022 Landscape. Material Innovation Initiative. https://materialinnovation.org/reports/brand-engagement-with-next-gen-materials-2022-landscape/ (accessed 2023-06-05).
(142)	Carbios, On, Patagonia, PUMA et Salomon unissent leurs forces pour faire avancer la circularité de l'industrie textile. Carbios. https://www.carbios.com/fr/carbios-on-patagonia-puma-consortium/ (accessed 2023-06-06).
(143)	Key takeaways from the Global Fashion Summit: More diversity, more collaboration #423. https://parisgoodfashion.fr/en/news/key-takeaways-from-the-global-fashion-summit-more-diversity-more-collaboration-423/ (accessed 2023-06-05).
(144)	A Circle That Isn't Easily Squared (SSIR). https://ssir.org/articles/entry/a_circle_that_isnt_easily_squared (accessed 2023-06-05).
(145)	Bahers, J.-B. Les Défis de l'économie Circulaire. 2017.
(146)	Earth Logic: Fashion Action Research Plan. Kate Fletcher. https://katefletcher.com/publications/books/earth-logic-fashion-action-research-plan/ (accessed 2023-06-05).
(147)	Recyclage, le grand enfumage. Éditions Rue de l'échiquier. https://www.ruedelechiquier.net/essais/359-recyclage-le-grand-enfumage-.html (accessed 2023-06-06).
(148)	Hadjadji, N. Redirection écologique et business models de l'Anthropocène. L'ADN. https://www.ladn.eu/entreprises-innovantes/redirection-ecologique-business-model-anthropocene-origens-medialab/ (accessed 2023-06-06).
(149)	Designocène, régulation et design de fermeture. sinonvirgule. https://www.sinonvirgule.fr/post/designocene-regulation-et-design-de-fermeture (accessed 2023-06-06).
(150)	Werewool. Werewool. https://www.werewool.bio (accessed 2023-06-11).

Pour toute question ou feedback:

LinkedIn



Olivier Dalbe

Circularity & Regeneration Catalyst

Nike | ENSCI - Les Ateliers

[View Profile](#)