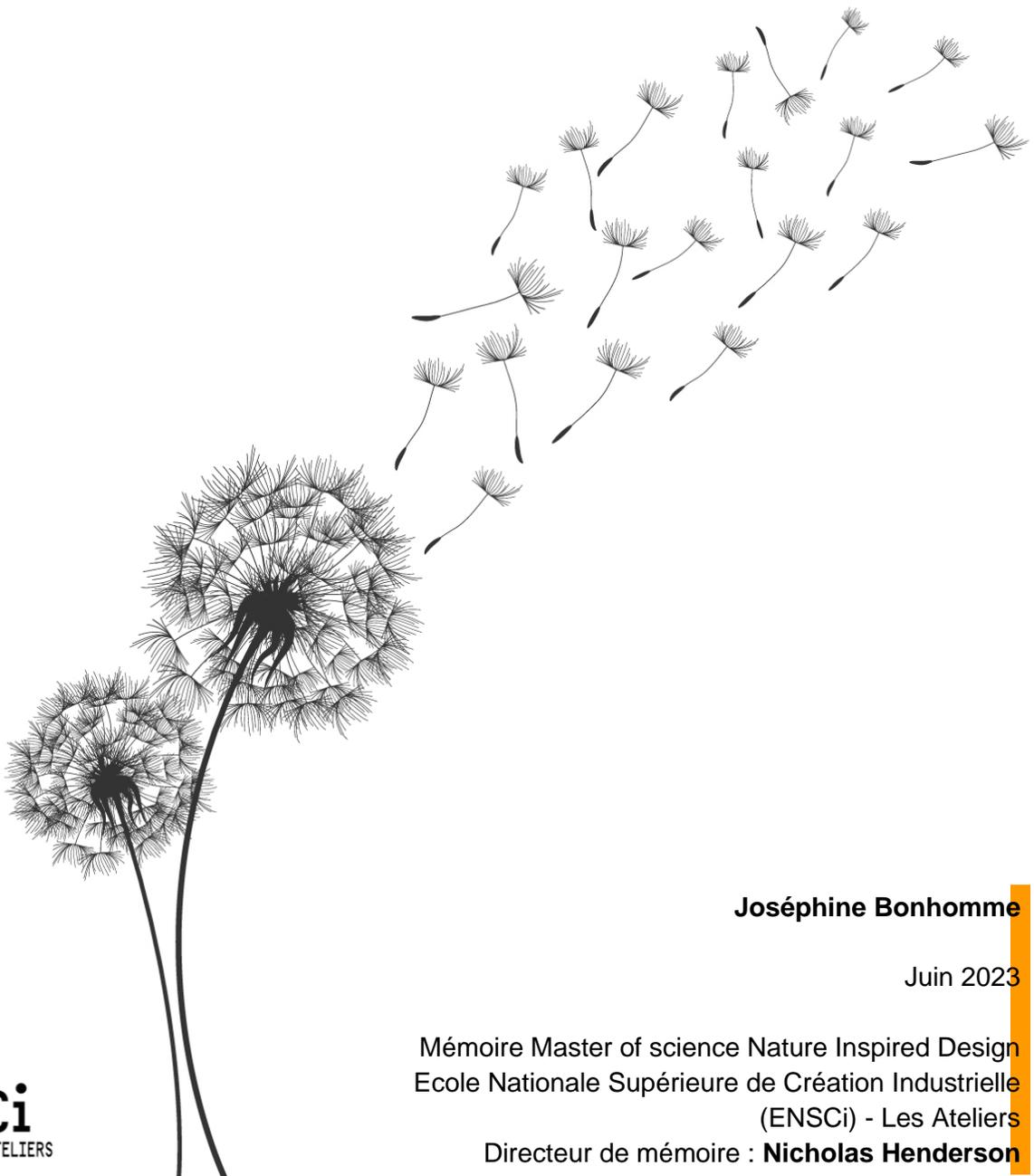


Vers un biomimétisme « renouvelé » au-delà du cadre du développement durable ?



ENSci
LES ATELIERS

Joséphine Bonhomme

Juin 2023

Mémoire Master of science Nature Inspired Design
Ecole Nationale Supérieure de Création Industrielle
(ENSci) - Les Ateliers

Directeur de mémoire : **Nicholas Henderson**

« En quelques centaines de milliers d'années, l'homme a remporté la guerre de domination du vivant. Les sauriens l'avaient gagnée, il y a plus de 70 millions d'années avant qu'une météorite ne vienne mettre un point final à leurs piques-niques dans les fougères géantes. L'homme domine, bâtit, accumule, se répand. Il s'entretue très modérément, pas assez pour se réguler. Sa fantastique capacité de haine de l'autre est moins puissante que sa fièvre reproductive ! D'un strict point de vue zoologique, il prospère. Bientôt, on ne saura plus où se mettre. De temps en temps, certes, une épidémie pulmonaire taille quelques croupières dans l'effectif, mais - que les autorités sanitaires globales se rassurent - la statistique de l'expansion humaine n'est pas menacée. Tout roule pour l'homme. Conséquence de son règne sans partage : l'homme s'interroge sur l'avenir, commence à douter de sa perpétuation, entend grincer les lendemains qui chantaient autrefois.

Hier, en se quittant après un dernier verre, on se disait « à bientôt ». Aujourd'hui, après la dernière cigarette, on se souhaite « bon courage ». En Biologie comme en Histoire, toute monarchie absolue se termine mal ».

*Sylvain Tesson*¹

Remerciements

Premièrement j'aimerais remercier mon directeur de mémoire, Nicholas Henderson, pour m'avoir guidé dans ma réflexion, aidé à structurer mes idées et à rédiger ce mémoire. Merci de m'avoir poussé vers des recherches très intéressantes qui ont nourri ma réflexion et que je continuerai d'explorer par la suite.

Je souhaite également remercier Simon D'Hénin et Guillian Graves pour m'avoir guidé tout au long de ce master.

Enfin, je remercie particulièrement mes camarades de promotion du master NID et amis, Radhi Ben Hadid, Pauline Bourré, Olivier Dalbe, Eléonore Fichfeux, Alexandre Levesque, Amanda Lewis, Marie Nadisic, Célia Seba et Saïda Teraa pour leur soutien, leur bienveillance et la richesse des discussions que nous avons pu avoir sur le biomimétisme et de manière plus large, sur notre engagement pour le vivant.

Sommaire

Introduction	7
Co-habiter la Terre	9
1. Qu'est-ce que le biomimétisme ?	9
2. De quelle nature s'inspirer ?	11
3. Nouveaux rapports au vivant	14
4. Comment habiter la Terre ?	23
Concevoir pour le vivant	31
1. Etat de l'art des approches existantes liées au développement durable.....	31
2. Évaluer le biomimétisme ?	43
Conseil avec plus de vivant	59
1. De nouveaux cadres ?	59
2. De nouveaux critères inspirés du vivant.....	64
3. Foire aux questions	66
Conclusion	71
Références.....	73
Annexes	79

Introduction

Une étude publiée le 31 mai 2023 dans la revue Nature montre que sept des huit limites assurant la stabilité et la bonne santé du système planétaire ont déjà été dépassées². Ce sont des seuils critiques, relatifs aux processus essentiels à la Terre tels que le climat, la biodiversité, les forêts, ..., au-delà desquels le risque d'un effondrement global pour la vie sur Terre devient élevé. Les conséquences de leur dépassement sont difficiles à anticiper en raison de la complexité du système Terre qui se joue à différentes échelles (locale et globale). Cette étude propose une amélioration du Planetary Boundaries Framework³ pour inclure des notions socio-politiques liées entre autres à l'accès des ressources, aux dommages causés par des catastrophes naturelles et ainsi tendre vers une justice planétaire *et* sociale.

Face à ce contexte, de nombreuses stratégies et approches ont été développées ces dernières décennies pour tenter de réparer, ou du moins de limiter, les dommages causés par l'homme sur les écosystèmes vivants. Parmi elles, le biomimétisme fait de plus en plus parler de lui. D'après la définition établie par le Ceebios et son réseau d'acteurs, le biomimétisme est une démarche de bioinspiration visant à développer des solutions pour relever les défis du développement durable.

Cependant, imiter le vivant ne garantit pas de manière automatique des externalités environnementales positives. Comme l'explique l'ADEME, certaines applications de la bioinspiration présentent « des améliorations à la marge de l'impact environnemental de technologies existantes sans remettre en cause leur existence », sont « toujours issus de dérivés du pétrole » ou bien présentent des questionnements éthiques encore non résolus et sont bien souvent utilisés à des fins commerciales.

Le biomimétisme ayant pour ambition de répondre aux enjeux du développement durable et donc d'avoir un impact positif, il semble légitime de se demander comment les solutions bioinspirées peuvent être évaluées et quels sont les outils qui permettent la prise en compte de ces enjeux de développement durable tout au long de la démarche. Ceci permettrait notamment de contribuer à l'établissement d'une discipline mieux définie, mieux cadrée et ainsi de garantir ses résultats et de la promouvoir.

Ainsi, l'intention première de ce mémoire était d'explorer la manière dont le biomimétisme répond aux enjeux du développement durable en se posant les questions suivantes :

Quelles sont les ambitions du biomimétisme ? Comment s'assurer qu'il y répond ?

Ces questions initiales ont mené à l'ouverture d'autres réflexions et posé des questions essentielles. C'est pourquoi la première partie de ce mémoire est consacrée à la philosophie du biomimétisme mais aussi comment elle peut être approfondie en questionnant la place du vivant dans notre perception et notre action dans ce monde commun.

La seconde partie permettra d'atterrir et d'explorer certaines approches et outils de conception issus du développement durable pouvant questionner ou être questionnés par la philosophie

du biomimétisme. Nous nous attarderons notamment sur des outils pouvant présenter un potentiel dans l'évaluation de la performance biomimétique ou guider la conception.

Enfin, la troisième partie présente un travail en cours de progression dont le but est d'établir de nouveaux critères pour guider la conception biomimétique à répondre à son ambition. Cet exercice sera accompagné d'une prise de recul sur les rôles d'une entreprise de conseil accompagnant les organisations vers une offre de produits et de services plus responsables grâce à une foire aux questions comme moyen d'introspection.

Co-habiter la Terre

1. Qu'est-ce que le biomimétisme ?

Le biomimétisme de Janine Benyus

Janine Benyus est l'une des premières à conceptualiser le biomimétisme dans son livre *Biomimicry: Innovation inspired by nature*⁴. L'étymologie du concept se base sur le néologisme bio-mimétisme, du grec bios « vie » et mimesis « imitation ». Selon elle, il s'agit de s'inspirer de la vie qui, depuis 3,8 milliards d'années, a évolué et s'est adaptée en sélectionnant les stratégies qui fonctionnent et qui sont appropriées à chaque milieu dans le but de concevoir des technologies durables. La préservation du vivant commencerait par l'affection qu'on lui porte, par une **posture sensible d'admiration**.

«Conservation begins with affection but what happened to me was that affection turned to intense admiration»⁴.

Le biomimétisme serait également une **approche interdisciplinaire** dans laquelle les individus qui participent à construire notre monde - chimistes, ingénieurs, architectes, designers - se demandent *«qu'est-ce qui, dans le monde vivant, a déjà résolu ce que j'essaie de résoudre ?»* pour ensuite l'imiter.

L'approche de Janine Benyus met aussi en avant la diversité d'adaptation que les milliards d'années d'évolution du vivant ont créé et invite à adopter une **posture d'humilité** face à cette richesse. Il est donc important de considérer des piliers philosophiques forts afin de questionner nos sociétés occidentales et d'agir pour changer nos manières d'habiter le monde.

Ainsi, Janine Benyus explicite 3 éléments essentiels et interconnectés du biomimétisme⁵:

- L'élément **ethos** qui constitue l'essence de l'éthique, les intentions et la philosophie du biomimétisme. L'ethos représente le respect, la responsabilité et la gratitude pour l'humanité ainsi que le respect de la planète que nous partageons avec des millions d'espèces. C'est la philosophie qui permet de créer des solutions qui soutiennent et créent des conditions propices à la vie sur le long terme.

- L'élément **«(re)connecter** qui rappelle que les humains font partie du monde vivant avec lequel ils sont profondément liés. «(Re)connecter est une pratique et un état d'esprit qui explore et approfondit cette relation entre les humains et le reste du monde vivant». Cet élément nous encourage à observer et passer du temps dans la nature pour comprendre le fonctionnement de la vie.

- L'élément d'émulation est la **pratique scientifique**, basée sur la recherche, qui consiste à apprendre des principes, modèles, stratégies et fonctions présents dans le monde vivant afin de les transposer à la conception et au design de solutions. Pour l'élément d'émulation, il y a 3 niveaux de biomimétisme : l'imitation des formes naturelles, des procédés et les écosystèmes pour se demander comment le système que nous souhaitons concevoir est adapté à son milieu.

D'autres définitions

Dans la définition proposée par de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) en 2015, le biomimétisme est présenté comme une «philosophie et approches conceptuelles interdisciplinaires prenant pour modèle la nature afin de relever les défis du développement durable»⁷. Par philosophie, nous pouvons comprendre «l'ensemble de questions que l'être humain peut se poser sur lui-même et l'examen des réponses qu'il peut y apporter. C'est une vision systématique et générale (mais non scientifique) du monde»⁸.

La biomimétique est définie quant à elle comme la «coopération interdisciplinaire de la biologie et de la technologie ou d'autres domaines d'innovation dans le but de résoudre des problèmes pratiques par le biais de l'analyse fonctionnelle des systèmes biologiques, de leur abstraction en modèles ainsi que le transfert et l'application de ces modèles à la solution»⁷.

Ainsi, le biomimétisme se différencie de la biomimétique qui ne se rapporte pas nécessairement au développement durable dans la conception mais concerne seulement l'aspect technique pour résoudre des problèmes pratiques. Bien que la notion de développement durable soit discutable (partie 4.2) l'ambition du biomimétisme, tel qu'il est défini ici, est claire : s'inscrire dans une vision renouvelée de notre manière et nos référentiels d'être au monde.

Cependant, aujourd'hui, il est possible de faire le constat que le biomimétisme tel qu'il s'incarne concrètement est souvent utilisé comme un outil permettant de résoudre des questions purement techniques et engendre des innovations parfois très peu empreintes de la philosophie défendue par Janine Benyus dans ses écrits.

Face à ce constat, plusieurs acteurs du biomimétisme en France ont voulu réaffirmer leur position vis-à-vis des principes éthiques du biomimétisme par l'intermédiaire d'un manifeste :

«le biomimétisme porte en germe non seulement des solutions à nos problèmes actuels, mais aussi un nouvel imaginaire collectif reposant sur l'émerveillement devant le foisonnement et l'ingéniosité des formes de la vie. Prenons donc acte de notre profonde interdépendance vis-à-vis de la biodiversité pour rendre possible l'émergence d'une nouvelle éthique à même de guider nos relations avec le vivant non humain. Elle impliquera notamment le partage équitable des ressources et de l'espace, le respect, l'acceptation de toutes les formes de diversité et la non-réductibilité du vivant à toute forme d'utilitarisme »⁹.

Ainsi, de l'approche de Janine Benyus à celle exposée ci-dessus, le biomimétisme invite à se questionner fondamentalement sur nos relations avec le vivant et la place que nous pouvons lui accorder dans notre vision du monde. Différents acteurs continuent à se revendiquer comme « biomiméticiens » tout en cherchant à renouveler la pratique, en ravivant les fondements philosophiques et éthiques qui l'ont fait naître. Pour mener ce travail, il semble évident de se questionner sur le fondement même du biomimétisme et ce qui nous y relie : que signifie «imiter et s'inspirer de la nature» ? Que peut bien vouloir signifier la nature ? En quoi, cette approche nous permet de réfléchir à la relation que nous entretenons avec les autres espèces vivantes et à la place que nous leur donnons, individuellement et collectivement, dans notre société humaine ?

2. De quelle nature s'inspirer ?

Questionner nos rapports au vivant peut se faire en interrogeant le terme de « nature » - mot si naturellement employé pour désigner le monde vivant et tant d'autres choses. D'où vient ce mot ? Que désigne-t-il exactement ? Est-il si évident pour tout le Monde ? Philippe Descola et Alessandro Pignocchi nous apportent quelques réponses en revenant sur les origines de ce qu'ils appellent le *naturalisme*, grâce à un profond détour vers l'anthropologie.

Distinction entre Nature et Culture, le « point » de départ ?

Selon Philippe Descola, le *naturalisme* désigne le rapport au monde ou ontologie des Occidentaux modernes* pour qui il existe une chose qui s'appelle la « nature ».

Ce terme n'est pas moderne. Il prend ses racines dans le terme grec ancien « phusis », un concept philosophique qui désigne tout ce qui est et advient : le « principe de développement des êtres indépendant de la volonté humaine et indépendant du hasard »¹⁰.

Cependant, ce terme prend une tout autre signification en Europe au XVII^e siècle avec la naissance du naturalisme. Celui-ci serait né pour expliquer une certaine forme de continuité et de discontinuité entre les humains et non-humains. Il décrit une continuité physique (du corps) et une discontinuité de l'intériorité (de l'esprit). En d'autres termes, l'ensemble des humains appartient à un ensemble d'êtres et de relations qui sont régis par les mêmes lois de la nature d'un point de vue physique. En revanche, il y a une discontinuité de l'esprit qui tend légèrement à placer l'homme au-dessus des autres espèces notamment du fait de ses capacités cognitives et morales qui semblent, à l'époque, tout à fait singulières. Ainsi, l'homme se proclame d'un statut particulier appartenant à la « culture » en opposition à ce qui ne l'est pas et est différent, regroupé sous le terme de « nature » et qui représente un ensemble disparate de choses, de phénomènes et d'êtres : certains humains, les plantes, les animaux, les territoires et les phénomènes « naturels » qui l'environnent (terme racine du mot environnement). La nature devient alors un objet d'enquête et une ressource à contrôler par et pour les humains comme Descartes le présente dans le Discours de la Méthode (1637): «On peut en trouver une pratique, par laquelle connaissant la force et les actions du feu, de l'eau, de l'air, des astres, des cieus et de tous les autres corps qui nous environnent, aussi distinctement que nous connaissons les divers métiers de nos artisans, nous les pourrions employer en même façon à tous les usages auxquels ils sont propres et **ainsi nous rendre comme maîtres et possesseurs de la nature**».

Cette notion de nature est depuis le 20^e siècle remise en question par les philosophes et les sciences. L'éthologie a notamment permis de montrer que les différences entre animaux humains et animaux non-humains, particulièrement au niveau cognitif, n'étaient pas aussi grandes que nous le pensions.

* Selon Philippe Descola, les « Occidentaux modernes » se réfèrent aux personnes appartenant aux sociétés occidentales contemporaines et qui adoptent une ontologie dualiste. Cette ontologie se caractérise par une distinction claire entre la nature et la culture.

Cependant, cette façon de percevoir les continuités et discontinuités entre humains et non-humains et donc cette opposition entre nature et culture, n'a cessé de se développer au fil du temps pour devenir une évidence commune - quelque chose d'ordre culturel et de profondément ancrée dans nos moeurs et imaginaires. Elle a été un point marquant ayant contribué à l'éloignement des humains du reste du monde vivant. La nature ne représente dès lors qu'un ensemble de ressources exploitables (à l'infini) pour satisfaire les besoins de l'Homme.

Philippe Descola résume ainsi le naturalisme :

«le fait de croire en l'existence d'une totalité de non-humains vis-à-vis de laquelle les humains sont dans une position de surplomb, d'extériorité, de sorte que la nature devient un système de ressources, un objet d'investigation, [...] et dans certaines circonstances un objet de délectation qu'il faut, lorsqu'on l'a trop massacré, le protéger»¹¹.

Par la suite, cette mise à distance singulière dans l'histoire de l'humanité s'est répandue et développée à travers le monde par la colonisation, le développement des échanges marchands puis la mondialisation. Aujourd'hui, elle est devenue une évidence.

Vers une domination sur le vivant humain ET non-humain.

Pour Philippe Descola et Alessandro Pignocchi, cette rupture entre nature et culture aurait contribué à façonner un cadre de pensée et d'actions favorisant l'avènement de la civilisation industrielle et à justifier les systèmes de domination et de destructions écologiques.

Ces systèmes de domination sur le vivant n'impliquent pas que les formes de vie non-humaines mais également des formes de vie humaines souvent considérées comme primitives.

Pour nous éclairer, le mouvement d'écologie décoloniale explique que les populations africaines et amérindiennes qui ont été massacrées, déportées, exploitées et dont les terres ont été spoliées et asséchées par les occidentaux étaient considérées comme inférieures car plus proches de la nature. Incapables de s'accomplir ni de se gouverner (par) elles-mêmes, elles devaient être éduquées et formatées par la main de l'homme blanc, forme développée de l'espèce humaine. Dans une perspective évolutionniste, ces populations sont devenues des ressources mises au travail forcé au même titre que les écosystèmes dans lesquels elles vivaient - leur maison en somme. Il en advient une politique de gestion de populations qui s'est généralisée à tout type de populations marginalisées : esclaves, prolétaires, femmes, fous, prisonniers, ...

«Les génocides des Amérindiens, les mises en esclavage des Africains et leurs résistances sont alors compris dans l'histoire géologique de la Terre et du temps»¹².

Ce concept de nature tel qu'il a été développé en occident semble ne laisser que peu de choix concernant les rapports que nous pouvons entretenir avec le vivant. Ainsi, au-delà de l'exploitation du vivant comme une ressource, d'autres pratiques de domination se sont mises en place.

Dans son livre «Les âmes sauvages», Nastassja Martin propose une réflexion critique sur la notion de protection du vivant, telle qu'elle est traditionnellement pensée en Occident. Elle remet en question l'idée selon laquelle la protection serait une approche purement bienveillante envers la nature. Selon elle, la protection est indissociable de l'exploitation. Ce sont les deux côtés d'une même pièce, une dualité dans l'usage de l'objet terre. Elle souligne que lorsque nous créons des espaces de protection tels que les parcs naturels, nous attribuons à la nature un statut d'objet avec des fonctions telles que la contemplation et la récréation, ce qui renforce notre pouvoir de domination. La protection devient ainsi une forme de contrôle et de manipulation du vivant. Nous pouvons également remettre en question la sélection de ce qui doit être protégé ou non, car cela implique des choix arbitraires qui peuvent ne pas tenir compte des besoins et des droits des différentes espèces. Ainsi, «la protection est l'autre facette, indissociable et interdépendante, de l'exploitation : protéger, c'est encore dominer»¹³.

Une domination anthropocentrée

Un autre argument avancé par Philippe Descola est la pauvreté psychologique de la relation d'utilisation que nous avons avec le vivant.

«Elle se résume à un calcul coûts/bénéfices, où l'autre est évalué à travers le seul prisme de nos intérêts immédiats. Les interactions sociales sont au contraire beaucoup plus riches sur le plan cognitif, elles sont colorées par toute une palette d'affects, elles mobilisent les facultés empathiques et notre aptitude à attribuer des désirs et des croyances à autrui»¹⁴.

Les arguments pour *défendre* et *protéger* le vivant, que nous entendons de nos jours dans les médias, ne sont fondés que sur la valeur qu'il pourrait représenter dans une société naturaliste : «il ne faut pas détruire l'Amazonie car elle représente le poumon de la planète», «il faut préserver la biodiversité car on pourrait y trouver des molécules permettant de guérir telle maladie»,... Nous retrouvons par ailleurs la notion de services écosystémiques qui, d'un certain point de vue, semble amener une nouvelle forme de domestication des écosystèmes, réfléchis que par leur utilité. Philippe Descola nous invite donc à nous questionner sur cette vision utilitariste du vivant et notamment à se demander si la diversité du vivant ne devrait-elle pas être défendue comme une valeur en soi et non comme une valeur susceptible de nous apporter une bénéfice.

Notre rapport au vivant s'est également incarné dans l'art. A travers son analyse de la représentation du vivant dans son livre *Apprendre à voir - Le point de vue du vivant*, l'historienne de l'art Estelle Zhong Mengual explique que le vivant a toujours été présent dans les œuvres artistiques, picturales ou littéraires, mais souvent pour un autre objectif que celui d'être là pour ce qu'il est. Il représente un symbole (corbeau, rose, ...) ou bien «un support de projection émotionnel», c'est-à-dire, un reflet de nos émotions intérieures. Selon elle, ceci peut être une manière de se lier au vivant mais aussi une manière de ne pas le voir: «une manière d'annuler le vivant car il n'aurait de valeur que s'il nous parlait de nous-même»¹⁵.

Le biomimétisme, une forme de domination déguisée ?

Cette réflexion autour des différentes formes que peut prendre la domination sur le vivant invite à se questionner sur le biomimétisme. Bien que cette approche soit perçue comme une manière d'apprendre du vivant pour repenser la façon dont nous concevons et habitons le

monde, il est essentiel d'interroger son impact réel sur les formes de relations que cela implique entre le vivant humain et le vivant non-humain.

Il semble qu'il y ait une dissonance inhérente au biomimétisme dans l'idée que l'humain fait partie du vivant mais que dans le même temps il continue de regarder la nature comme un objet extérieur à investiguer où se trouve un ensemble de machines performantes ou encore des innovations techniques et sociales dormantes à transposer. Le vivant, vu comme un laboratoire à ciel ouvert, se serait perfectionné pendant des milliards d'années par une logique d'essais-erreurs. Lorsque nous étudions et observons le vivant dans le but de l'imiter, nous avons tendance à le simplifier en le décrivant à travers des processus physiques et chimiques que nous avons nous-mêmes définis. En se concentrant uniquement sur les aspects utilitaires et fonctionnels du vivant, on prend un réel risque de réduire la beauté de la complexité de ses interactions et de perdre de vue son essence même.

Le vivant aurait réussi à répondre à toutes ces questions que nous nous posons aujourd'hui dans notre industrie et notre société. Il représenterait une riche bibliothèque d'idées pour faire davantage d'innovation. Serait-ce réellement un prétexte pour enfin s'intéresser à lui ? Mais si nous nous intéressons uniquement à ce que le vivant pourrait nous apporter, notamment économiquement, n'est-il pas une nouvelle manière de ne pas le voir, en lui attribuant une fonction, une utilité que nous lui aurions définie ? Ainsi, ne maintenons-nous pas une forme (nouvelle ?) de domination ? Par sa volonté d'investiguer et de protéger le vivant, le biomimétisme serait-il une approche qui s'inscrit dans une vision naturaliste du monde ?

Il me semble donc nécessaire d'avoir un regard critique sur les pratiques du biomimétisme qui, en réduisant la nature à une super machine et en adoptant une approche utilitariste ou protectionniste sur le vivant, risqueraient de perpétuer une forme de domination. Cette vision réductrice du vivant ne ferait qu'entretenir une exploitation à des fins économiques du vivant en négligeant sa valeur intrinsèque et sa diversité.

3. Nouveaux rapports au vivant

« Admettre que nous nous sommes trompés » - Baptiste Morizot

Depuis le XVII^{ème} siècle jusqu'à aujourd'hui, une grande partie de la société occidentale a entretenu ce concept évident de nature comme objet de décor, d'investigation et de ressources exploitables à l'infini. Aujourd'hui, les scientifiques ne cessent d'alerter sur le fait que cette « nature » est épuisée et que les conditions de vie de l'être humain sur Terre se trouvent donc en danger. Il n'est donc plus possible de nier notre interdépendance avec les autres espèces vivantes.

« L'air que nous respirons n'est pas une réalité purement géologique ou minérale – elle n'est pas simplement là, elle n'est pas un effet de la terre en tant que tel – mais bien le souffle d'autres vivants. Il est un sous-produit de la « vie des autres »¹⁶.

Baptiste Morizot soulève ce paradoxe selon lequel, dans nos sociétés occidentales, nous avons refusé d'attribuer à ce vivant, qui assure l'habitabilité de notre planète, une place dans notre monde commun. Nous leur refusons le statut d'habitant.

La population humaine vit de plus en plus éloignée du vivant et de nombreuses interactions avec le vivant sont en déclin à travers le monde. La part de la population urbaine mondiale a doublé, passant de 25 % en 1950 à environ 50 % en 2020 ; elle devrait augmenter lentement pour atteindre 58 % au cours des 50 prochaines années¹⁷. De plus, depuis l'an 2000, la distance entre le lieu de vie et un espace naturel s'est accrue de 7 %. En moyenne, au niveau mondial, une personne vit à 9,7 km d'une zone naturelle et à 16km lorsqu'elle vit en France. Cette tendance à l'éloignement s'observe partout dans le monde et interroge sur les interactions entre le vivant humain et non-humain. Dans son livre *Manières d'être vivant*¹⁸, Baptiste Morizot parle d'une « crise de la sensibilité » qu'il faudrait surmonter pour apprendre à voir le vivant différemment et lui permettre de retrouver sa place dans notre vision du monde. Il définit cette crise comme « l'appauvrissement des mots, des capacités à percevoir, des émotions et des relations que nous pouvons tisser avec le monde vivant ».

Pour explorer de nouveaux rapports au vivant, Estelle Zhong Mengual propose de réapprendre à voir. Dans son livre¹⁹, elle explique que notre œil n'est pas seulement un organe perceptif mais qu'il est aussi construit par notre culture et notre histoire, qu'il sélectionne ce sur quoi il prête son attention. Cela signifie donc qu'il existe toujours des choses que nous ne voyons pas.

« il y a certaines choses qui font saillance, qui font signe pour nous et d'autres qui restent en-dehors de notre champ de l'attention »²⁰.

Il est donc important de multiplier les manières de voir le monde et le vivant qui y habite. Il existe des cultures qui, depuis des millénaires, entretiennent des manières d'être au monde bien différentes du naturalisme décrit par Descola. S'intéresser à elles permet de porter un nouveau regard sur nos propres sociétés tout en ouvrant des failles quant à de nouvelles manières de rentrer en résonance avec le monde. Que représente la nature pour ces autres cultures humaines loin du naturalisme ? Quels liens entretiennent-ils avec les vivants non-humains ? Comment cela influence leur organisation sociale ?

« La nature n'existe pas » - Philippe Descola

D'après Descola et Pignocchi, il est possible de dépasser ce cadre qui nous enferme grâce à l'anthropologie. Cette discipline, dans ses travaux qui s'intéressent aux autres cultures humaines, nous permet de sortir de la myopie du présent pour s'interroger sur la diversité et la non linéarité qui siège dans l'évolution de notre propre espèce. L'anthropologie aide en apportant des contre-exemples et nous permet d'imaginer de nouveaux futurs.

L'évidence de nature n'a pas été imaginée dans son contraire, elle n'a pas été remise en question. Pour cela, ils proposent de s'inspirer de d'autres manières de vivre qui existent déjà.

Pour d'autres civilisations, ni le concept, ni le mot de nature n'existent. L'humain fait intégralement partie du vivant. C'est ce que montre Philippe Descola dans son ouvrage *Par-delà nature et culture*²¹. Suite à ses observations auprès de plusieurs peuples autochtones, il propose, dans son ouvrage, 4 ontologies ou modes de rapport au monde selon l'axe intériorité/physicalité (Figure 1). La physicalité représentant les processus biophysiques, formes extérieures et façons d'agir d'un être vivant et l'intériorité, sa conscience, son âme, son esprit.

- Premièrement, le **naturalisme** qui, comme nous l'avons expliqué précédemment, représente le système occidental selon lequel les humains auraient le privilège de l'intériorité, de l'esprit mais qui partageraient leur physicalité avec les autres êtres vivants: leur corps serait soumis aux mêmes lois étudiables par la science.
- A l'inverse, il y a l'**animisme** que Descola décrit en observant les Achuar en Amazonie mais qui est aussi largement partagée à travers le monde. Tous les êtres ont une intériorité similaire à celle des humains et «on peut communiquer avec eux, déceler dans leur comportement une intentionnalité ou au moins une intention»¹⁰. En revanche, chaque classe d'être est distinguée par une apparence physique avec des dispositions qui lui sont propres et peut avoir accès à un monde particulier lié à ses atouts biologiques.
- Le **totémisme**, dont les aborigènes australiens sont les plus représentatifs, définit des groupes d'êtres issus d'un même prototype et partageant les mêmes qualités physiques et morales. Les qualités d'un groupe sont différentes de celles que partagent un autre groupe d'humains et non-humains désignés par un autre nom totémique. «Pour les aborigènes australiens, les premiers êtres ont disparu, laissant en place des stocks d'esprits destinés à s'incorporer dans des individus possédant chacun un totem. Les corps étaient originellement indifférenciés »²¹.
- A l'inverse du totémisme, l'**analogisme**, «est l'idée que tous les objets du monde sont singuliers et que pour donner une cohérence à ce monde fragmenté, il faut pouvoir établir des correspondances entre chacun de ces objets disparates». Il faut donc utiliser certains signes permettant de faire des rapprochements analogiques. «Cela a été longtemps la principale ontologie en Europe. Les médecins du Moyen-Âge pouvaient penser qu'une plante ayant des feuilles en forme de cœur était un remède pour le cœur. Aujourd'hui, on retrouve de l'analogisme dans l'astrologie »²¹.

Selon Descola, ces différentes manières d'être au monde et d'interagir avec le vivant montrent que la distinction entre nature et culture est unique et non universelle. Le terme de nature n'existe pas dans toutes les cultures. Il y a simplement des continuités et discontinuités entre humains et non-humains qui ne se trouvent pas aux mêmes endroits.



Figure 1: présentation des 4 ontologies de Philippe Descola selon l'axe intériorité/physicalité.
 P: Physicalité; I: Intériorité; ≠: Différence; =: Ressemblance

Changement de notre vision du monde : pour une lutte des territoires réunissant vivant humain et non-humain ?

Malgré cette vision naturaliste largement répandue en Occident, Philippe Descola souligne qu'il est tout à fait possible d'expérimenter d'autres rapports au monde dans notre vie de tous les jours.

« Chacun d'entre nous peut à l'occasion, faire l'expérience d'un compagnonnage avec des plantes et des animaux, des rivières et des montagnes, éprouver le sentiment de partager avec eux une destinée commune, se sentir bouleversé par les attaques qu'on leur porte »¹⁴.

Il montre d'ailleurs que la capacité à avoir des relations riches multiples et complexes avec des vivants autrement que sous le filtre naturaliste ne dépend pas uniquement d'une cosmologie* qui s'imposerait à nous via notre histoire et notre culture. En parlant des Achuars, ce sont leurs pratiques quotidiennes, leur contact permanent avec les non humains qui les placent dans ces dispositions au vivant.¹⁵

Expérimenter de nouveaux rapports au vivant

Ainsi, passer du temps au contact du vivant serait une des manières d'expérimenter de nouveaux rapports avec lui.

C'est notamment ce qui se passe sur des tiers-lieux, des fermes, forêts et des zones à défendre (ZAD) comme à Notre-Dame-des-Landes. Au-delà de leur dimension politique structurante, au sein des ZAD se forment des collectifs qui « s'attachent à des non-humains en essayant de contourner les contraintes politiques, administratives et économiques du modèle naturaliste et capitaliste avancé »¹⁰. Les relations avec le vivant humain sont vécues comme des interactions sociales. Les relations se font de sujet à sujet et non plus de sujet à objet. En explorant de nouvelles formes de relations, les humains sont alors capables de se reconnecter à leur nature, celle d'entité appartenant au tissu du vivant. De nombreuses luttes locales et ZAD l'ont exprimé en adoptant le slogan « nous ne défendons pas la nature, nous sommes la nature qui se défend ». Ainsi, les enjeux sociaux sont intrinsèquement liés aux enjeux environnementaux. Nous ne parlons donc plus de protéger une nature afin qu'elle puisse continuer à fournir ce dont les humains ont besoin pour vivre mais bien de lutter pour que ces territoires restent habitables pour toutes espèces vivantes.

« Aussi, les questions sociales ne sont-elles plus séparables, et encore moins opposables, aux questions environnementales : les unes se fondent dans les autres pour être reposées sous une forme nouvelle, existentielle, directement liée à la façon dont on souhaite habiter un territoire donné, que l'on partage avec une foule bigarrée de non-humains. La mise en commun prend le pas sur l'appropriation privée et les liens variés et changeants, des plus

* «Le terme « cosmologie » réfère aux théories que les sociétés ont élaborées sur l'origine, la composition et la dynamique de l'univers (cosmos), sur ses propriétés spatiales et temporelles, sur les puissances, les êtres et les objets qui le constituent et les relations entre ceux-ci, et enfin sur la place qu'occupe l'être humain au sein de cet univers.[...] Plus souvent qu'autrement, les cosmologies, aussi nommées « vision du monde » ou « cosmovision », relèvent à la fois de la physique et de la métaphysique.»

concrets aux plus métaphoriques, qui se tissent entre les différentes facettes de chaque être, humain et non humain, se retrouvent au centre de l'attention»¹³.

Ces enjeux sont également repris dans le mouvement d'écologie décoloniale par Malcom Ferdinand²² à travers le «marronnage». Cela désigne les esclaves arrachés à leur terre-mère qui parviennent à s'enfuir des plantations où ils sont exploités et deviennent des « nègres marrons » en se cachant dans la forêt, endroit de fuite, de repli et de réappropriation. Il s'agit, selon Malcom Ferdinand, de retrouver un rapport matriciel à la terre et, d'un autre côté, de se recouvrir en soi, de se découvrir. Retrouver une terre mère qui nourrit, protège, abrite et sert de refuge pour pouvoir survivre aux intempéries, aux animaux dangereux, aux précipices, à la faim, à l'isolement. Il n'y pas ici d'instrumentalisation de la nature mais un vrai rapport presque d'humilité avec elle, parce qu'il n'y a pas de projet de domination, mais plutôt un abandon où, quelque part, l'homme s'incline devant cette terre qui va l'accepter ou pas, cette terre qui pourra lui permettre de survivre ou pas. Cela constitue à la fois une résistance et la naissance d'un autre rapport, beau et aimant, avec la nature²³.

L'art pour voir différemment ou bien l'art de voir différemment

Selon Estelle Zhong Mengual, il y aurait une diversité de pratiques d'observation, qu'elles soient directes ou médiées, dont l'art, pour nous permettre de changer nos dispositions intérieures à l'égard du vivant. En analysant des tableaux ou écrits naturalistes, elle explique que par des choix de composition, de couleur, de lumière et de mouvements, un peintre nous transmet un autre regard sur des figures vivantes et peut donc nous révéler des choses, nous permettre de tisser des liens différents avec le vivant.

Ainsi, le «grand enjeu est de nous ré-ensauvager nous-même, de retrouver le sentiment que le monde vivant nous a fait»²⁴. Cela peut se faire de multiples manières comme s'en émerveiller, l'observer et apprendre à le connaître. Utiliser la culture pour développer cette sensibilité, c'est aussi redonner au vivant une importance collective. Ce n'est donc pas seulement une démarche individuelle mais aussi politique car il s'agit de placer le vivant comme un acteur qui compte dans notre monde commun.

Vers une nouvelle conscience collective ?

Après avoir exploré certains fondements de notre manière de percevoir et vivre le monde, ouvert le champ des possibles quant à l'importance de développer notre sensibilité individuelle, il semble nécessaire d'en creuser la dimension collective (comme peuvent l'expérimenter les ZAD par exemple). Face aux défis complexes du changement climatique, de la perte de biodiversité et des crises sanitaires, une approche individuelle ne suffit plus.

Verrous institutionnels

Les principaux verrous au dépassement du naturalisme sont institutionnels. En effet, le naturalisme est également déterminant dans les nombreuses briques qui composent nos sociétés. Malgré la sensibilité particulière de certains groupes de gens aux questions précédemment soulevées, les changements doivent aussi et surtout se faire dans les structures qui organisent la vie d'un collectif à toutes les échelles.

«Ce que nous appelons une «façon d'être au monde», c'est la rencontre entre des façons de faire, de sentir et de penser individuelles et les institutions dans lesquelles elles s'enchevêtrent, par des complexes jeux de déterminations réciproques»¹⁴.

Parmi ces verrous, Descola et Pignocchi visent le système économique capitaliste dans lequel nous évoluons collectivement. Selon eux, pour ramener du sensible dans nos relations au vivant, il faut pouvoir le subjectiver. Il faut mobiliser nos facultés sociales pour repenser notre rapport à eux, prendre en compte leurs intérêts et les voir comme des partenaires. Cependant, l'économie capitaliste, qui par essence nécessite la fabrication de capital et de mesure d'équivalence, ne fonctionne que si tout devient objet. Quoi de plus facile lorsque votre ontologie est marquée par la continuité des corps et des intériorités non équivalentes. Par conséquent, rendre objet toute forme de vie « rend impossible l'attachement au non-humain »¹¹. Il faudrait donc déconstruire l'omniprésence de la sphère économique afin de ne plus soumettre toutes les décisions politiques à sa logique.

Redéfinir les termes

Afin que ces questions soient prises en compte de manière collective, qu'elles prennent de l'importance dans notre monde commun alors il est également nécessaire de jouer sur nos imaginaires. Une piste est celle de la redéfinition de nos récits collectifs et des termes que nous utilisons.

« Les partis écologistes et féministes se sont développés avec beaucoup de peine pour essayer de faire entrer les nouvelles questions dans les questions d'injustice sociale, mais cela n'a jamais pris dans le cas des écologistes. Pourquoi ? Parce que cela avait l'air de ressembler à la nature, donc leur demande restait radicalement extérieure au social. Et, tant que le social est défini par des relations entre les humains, la politique de défense des autres intérêts reste abstraite. On aura beau dire qu'il faut défendre les espèces, cela ne vous concerne pas directement, ce n'est pas vous. Alors que si l'on dit que nous sommes des territoires, les territoires cela se défend, on n'hésite pas. Défendre la nature : on bâille. Défendre les territoires : on se bouge. C'est cette variation-là qu'il faut capter »²⁵.

Ainsi, comme évoqué précédemment, parler de «nature» nous renvoie à un extérieur aux intérêts humains. Le terme «environnement»* omniprésent pour traiter les questions écologiques illustre également bien ce point. Au contraire, parler du «vivant», de «milieu» ou encore de «coviabilité»²⁷ permet de nous intégrer à nouveau, nous humains, dans cet ensemble d'êtres qui peuplent la Terre, sans hiérarchisation et de redonner de l'importance à nos interactions sociales entre vivants.

Pour un droit du vivant ?

Afin de prendre en compte de manière collective la question du vivant, il semble essentiel de pouvoir le subjectiver. Que cela signifie-t-il dans le domaine juridique ? Jusqu'à présent, le droit a principalement considéré le vivant comme un objet de propriété ou une ressource exploitée par les humains, phénomène favorisé par le phénomène des enclosures notamment²⁸.

Reconnaître des droits aux entités naturelles n'est pas nouveau. L'un des précurseurs de cette idée est Christopher Stone avec son article intitulé «Should Trees Have Standing ? Toward Legal Rights for Natural Objects»²⁹ publié en 1972. La Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe de 1979 et la Convention de Rio sur la biodiversité de 1992 mentionnent pour la première fois la « valeur intrinsèque » de la flore et de la faune sauvage et de la diversité biologique. Les exemples les plus connus sont ensuite ceux de l'Equateur et de la Bolivie qui ont travaillé avec les peuples autochtones pour faire reconnaître les droits de la Terre mère ou Pacha Mama³⁰.

S'interroger sur les droits du vivant et comment l'inscrire dans nos institutions permet de rompre avec une conception anthropocentrique naturaliste des rapports entre l'homme et le vivant. C'est une manière de ne plus considérer la valeur du vivant par ce qu'il a d'utile aux êtres humains mais de reconnaître sa valeur intrinsèque en lui attribuant le statut de sujet de droit. Il est important de comprendre dans cet argumentaire que l'intention n'est pas de donner des droits à la nature mais bien d'octroyer le statut de sujet de droit à des entités naturelles, souvent représentés dans leurs intérêts par des représentants de peuples autochtones (qui entretiennent une relation particulière avec des écosystèmes et les êtres qui les composent). Nous insistons sur ce point avec l'exemple du fleuve néo-zélandais Whanganui quelques lignes plus bas.

Pour reprendre les termes de l'article de Christopher Stone, la nature est alors « bonne en soi indépendamment de toute cause (parce que Dieu l'a créée) et de toute conséquence (parce qu'ainsi les gens seront plus heureux ou plus vertueux) »²⁹.

Ainsi, l'objectif n'est plus seulement de promouvoir un respect philosophique abstrait envers les entités vivantes, ni de se limiter à les préserver des dommages causés par les êtres humains en imposant des obligations de réparation plus strictes. Au minimum, il s'agit de modérer l'approche anthropocentrique dominante des droits environnementaux, d'établir un fondement moral à la responsabilité que les êtres humains ont ou devraient avoir envers le

Il en est de même avec le terme «environnement» apparu dans les années 1970. En ce qu'il signifie un «ensemble des éléments et des phénomènes physiques qui environnent un organisme vivant, se trouvent autour de lui» alors il est employé comme un mot «fourre tout» pour désigner un ensemble de choses indistinctes qui est extérieur à l'humain. L'humain se place au centre et regarde ce qui l'entoure. Darwin parlait lui de «milieu» qui est un terme plus neutre dans lequel l'humain est immergé, il n'y pas de hiérarchie.²⁶

monde vivant, voire de profondément modifier les relations entre vivants humains et non-humains³¹.

Quelles sont les implications d'un tel changement dans notre manière de coexister et de prendre des décisions collectives?

Le fleuve néo-zélandais Whanganui a été doté en 2017 d'une personnalité juridique par le Parlement. Ainsi, ses berges et son eau ont le statut d'entité vivante au même titre qu'un être humain. Les maoris, autochtones de Nouvelle-Zélande, se battaient depuis les années 1870 pour obtenir ce texte afin de stopper l'exploitation de leur fleuve ancestral. C'est une reconnaissance de leur histoire et de leur culture permettant de redonner aux yeux de tous son caractère sacré au fleuve.

Cette subjectivation ou personnification n'est pas qu'un symbole car dans les faits, accorder un tel statut à un fleuve signifie que personne ne peut plus y faire ce qu'il veut sans autorisation. L'autorisation de qui ? Celle du fleuve qui est représentée par deux personnes: un membre de la tribu maorie et un autre du gouvernement. De plus, la gestion des politiques publiques affectant le fleuve est confiée à un organisme composé par la Couronne et les tribus maoris. Ses droits et ses intérêts pourront donc être défendus devant la justice.

Philippe Descola souligne bien une différence entre faire d'un milieu de vie comme le fleuve Whanganui une personne juridique et donner des droits à la nature en tant que telle car la nature représente encore une abstraction¹⁰.

Inspirées par le cas du fleuve Whanganui, d'autres initiatives se développent en ce sens en France et dans le reste du monde. Par exemple, en 2019 une démarche visant à donner à la Loire une personnalité juridique a été initiée en Indre-et-Loire et permettrait au dernier fleuve naturel d'Europe et plus grand fleuve de France de défendre d'une certaine manière ses intérêts.

Ainsi, se questionner sur la représentation du vivant dans les institutions juridiques pourrait être une manière de redonner de l'importance au vivant pour sa valeur intrinsèque dans notre monde commun. Reconnaître le vivant en tant que sujet doté de droits permet de minimiser l'approche anthropocentrique des droits environnementaux et de promouvoir une approche plus respectueuse et éthique envers toutes les formes de vie. Cependant, comment subjectiver le vivant dans une société basée sur l'économie où tout est objet ? Quels autres verrous sociétaux peuvent-ils nous empêcher d'agir ?

4. Comment habiter la Terre ?

L'Occident a été, ces dernières décennies et plus que jamais, en quête de croissance économique et ce en pariant fortement sur le progrès technique et scientifique. Maintenant, ces notions sont profondément ancrées dans notre façon d'envisager un avenir plus «vertueux». Mais d'où viennent ces utopies du progrès et de la croissance ? Sont-elles compatibles avec le biomimétisme ? Comment le biomimétisme nous permet-il de questionner les systèmes en place ?

Utopie ou dystopie ?

Le progrès provient du terme latin «progressus» signifie un mouvement en avant, le fait de gagner du terrain mais également un processus évolutif orienté vers un terme idéal³². Le progrès peut être de type scientifique par le perfectionnement des connaissances, technique par l'amélioration des moyens de production, économique, social, voire politique.

La notion de progrès a toujours accompagné de très près le développement des sciences dans les sociétés, les présentant ainsi comme une marche en avant pour l'humanité. Cela a notamment pris une tournure particulière lors de la révolution industrielle et de l'adoption progressive des principes du taylorisme pour augmenter la productivité des entreprises. Les industries mettent en avant l'efficacité et l'efficience notamment à travers les salaires basés sur le rendement³³. C'est ainsi qu'énormément de progrès et gains de performance sont faits pendant les guerres. Le progrès technique a donc permis le développement du mode de production industriel, des formes standardisées et surtout d'un modèle de société capitaliste fondé sur la notion de croissance.

Ce modèle de société continue de se développer suite à la Grande Dépression de 1929 et aux guerres du 20ème siècle. Les États cherchent à se reconstruire, à redynamiser leur économie et à relancer la croissance. De plus, l'économie de la guerre permet de propulser le progrès technique et d'ouvrir le champ d'utilisation de nouveaux matériaux, design, technologies aux produits de la vie quotidienne. Ainsi, «Les Trentes glorieuses» représentent la période 1945-1973 marquée par le «baby boom» et par l'expansion économique sans précédent des grands pays industriels où en seulement cinq ans, l'Europe occidentale retrouve son niveau de vie d'avant-guerre. Lors de cette période, l'exode rural est importante, la consommation se développe, les Français s'enrichissent et le chômage tombe en Europe³⁴.

C'est donc dans ce contexte particulier d'après guerres et après crise économique que s'ancrent ces notions de progrès technique et croissance économique qui permettraient le progrès social et l'aspiration à un idéal de prospérité - doxa aujourd'hui périmée au vu de l'état de nos sociétés... Mais c'est aussi dans cette période que s'accroît la fracture entre l'humain et le monde vivant.

Selon Olivier Hamant, l'anthropocène* est marqué par son rapport au contrôle et à l'optimisation, nous serions dans l'âge de la performance. Il définit la performance comme la

«Au sein de l'Holocène, dernière époque géologique du Quaternaire qui commence après la dernière glaciation et qui dure depuis 10 000 ans, l'Anthropocène peut être considéré comme l'époque de l'histoire de la Terre au cours de laquelle les activités humaines ont un impact significatif et global sur le système planétaire.»³⁵

somme de l'efficacité et de l'efficience. L'efficacité désigne le fait d'atteindre un résultat, un objectif alors que l'efficience tient compte des moyens utilisés pour atteindre ce résultat. Être efficient signifie donc «avec le moins de moyens possible». Cela peut être rapproché des termes «productivité», «rendement». Ainsi, l'optimisation serait le fait d'accroître la performance en passant par le contrôle.

Lors du premier choc pétrolier de 1973 les pays commencent à prendre conscience de leur dépendance entre eux et à une ressource finie. S'ensuit un ralentissement de la croissance, des années plus tard, le début de la révolution numérique mais également le franchissement de ce l'on appelle les «limites planétaires» mettant aux yeux de tous la responsabilité de l'homme dans la crise écologique actuelle.

Les limites planétaires sont issues de la quantification, par un groupe de chercheurs internationaux menés par Johan Rockström³⁶ (Figure 2), des risques que les perturbations anthropiques font peser sur la planète. «Pour neuf grands processus impliqués dans le fonctionnement du « système Terre » (le climat, la biodiversité, les forêts, l'eau douce, l'acidification des océans, les cycles de l'azote et du phosphate, pollutions chimiques, les aérosols émis dans l'atmosphère, la couche d'ozone), les scientifiques définissent neuf limites. Franchir chaque limite augmente le risque de déstabiliser l'environnement planétaire de manière irréversible, avec des impacts majeurs pour les êtres vivants. Aujourd'hui, six limites planétaires sont dépassées»³⁷.

Les limites planétaires nous montrent donc que le développement du capitalisme axé sur la croissance et le progrès technique menace les équilibres naturels. Quelles sont les alternatives envisagées et leurs limites ? Quelle est la place de l'homme et celle du reste du vivant dans ces solutions ?

LES LIMITES PLANÉTAIRES EN 2022

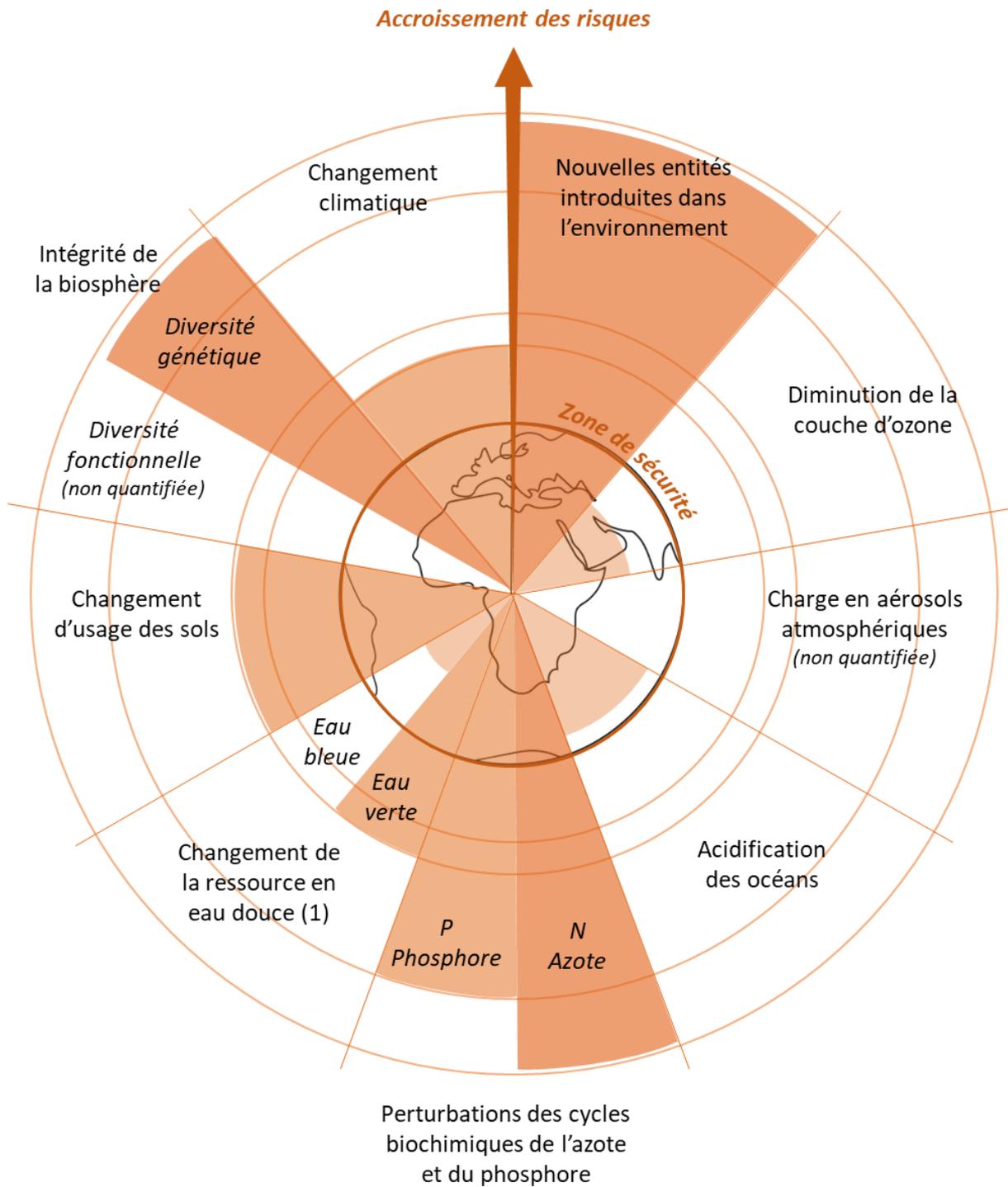


Figure 2 : les limites planétaires en 2022³⁶. (1) : Utilisation de l'eau bleue (les lacs, les rivières et les nappes souterraines) / l'eau verte (humidité des sols)

Développement durable, un cadre obsolète ?

Dès 1980, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) parle pour la première fois de Sustainable Development pour faire face à la surexploitation des ressources naturelles liée à la croissance économique et démographique. On trouve aujourd'hui plusieurs définitions du concept de développement durable. L'une des plus connues est celle donnée par Mme Gro Harlem Brundtland, Premier Ministre norvégien en 1987: « *un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* ».

En 1992, le Sommet de la Terre à Rio, tenu sous l'égide des Nations unies, officialise la notion de développement durable et celle de ces trois piliers (économie, écologie, social) : « *un développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable* ».

Revenons un instant sur cette notion en économie. Le concept de développement désigne « l'ensemble des transformations techniques, sociales, territoriales, démographiques et culturelles accompagnant la croissance de la production. Il traduit l'aspect structurel et qualitatif de la croissance et peut être associé à l'idée de progrès économique et social »³⁸. Après avoir privilégié la seule croissance de la production de richesses par des indicateurs comme le Produit Intérieur Brut (PIB), le concept de développement s'est élargi pour inclure différentes dimensions constitutives du bien-être, voire du bonheur : l'état global de santé des populations, les niveaux d'instruction, les conditions de vie. Ainsi, le développement durable aussi appelé croissance verte vise, dans un esprit de justice sociale, à concilier le développement économique et la protection de l'environnement, un paradoxe selon plusieurs économistes.

En effet, la croissance économique désigne une augmentation de la production et de la consommation. Elle est mesurée par le PIB. Cet indicateur, créé dans les années 30 aux Etats-Unis pour réanimer l'économie après la Grande Dépression, mesure les variations de valeurs ajoutées ou en d'autres termes, l'agitation de valeurs monétaires. C'est donc un indicateur de flux et non pas de stock. Toutes les activités économiques sont comptabilisées quelques soient leur valeur ajoutée en termes de bien-être, comme par exemple celles de réparation ou bien de défense face des externalités négatives générées par une autre activité.

On observe ces dernières années que la croissance prend des allures de croyance voire de religion: Dominique Méda parle de « mystique de la croissance »³⁹ et Serge Latouche « d'idéologie » ou « d'imaginaire » de la croissance⁴⁰. Pourquoi une telle fétichisation de la croissance ? On projette sur la croissance certaines valeurs de liberté, d'innovation, de progrès ou encore de lutte contre la pauvreté. Ainsi, il faudrait augmenter indéfiniment le PIB pour réduire les inégalités, financer les services publics, réduire la pauvreté, augmenter le bien-être, gagner en compétitivité internationale, ...

Cependant, si l'on revient à l'origine d'un des seuls indicateurs qui régissent les décisions politiques, le PIB est un indicateur de crise qui servait à ranimer l'économie et donc pas un indicateur de temps de paix⁴¹. D'ailleurs, selon l'économiste Richard Easterlin, au-delà d'un certain seuil, la poursuite de la hausse du revenu ne se traduit pas nécessairement par une hausse du niveau de bonheur individuel déclaré par les individus. En effet, le bien être est une

sensation procurée par la satisfaction de besoins. Cela sous-entend que le bien-être représente un état de satiété où les besoins ont été comblés. Ce que l'on appelle le paradoxe d'Easterlin (Figure 3) illustre donc un découplage à partir d'un certain seuil entre la hausse de PIB et la hausse de bien-être.

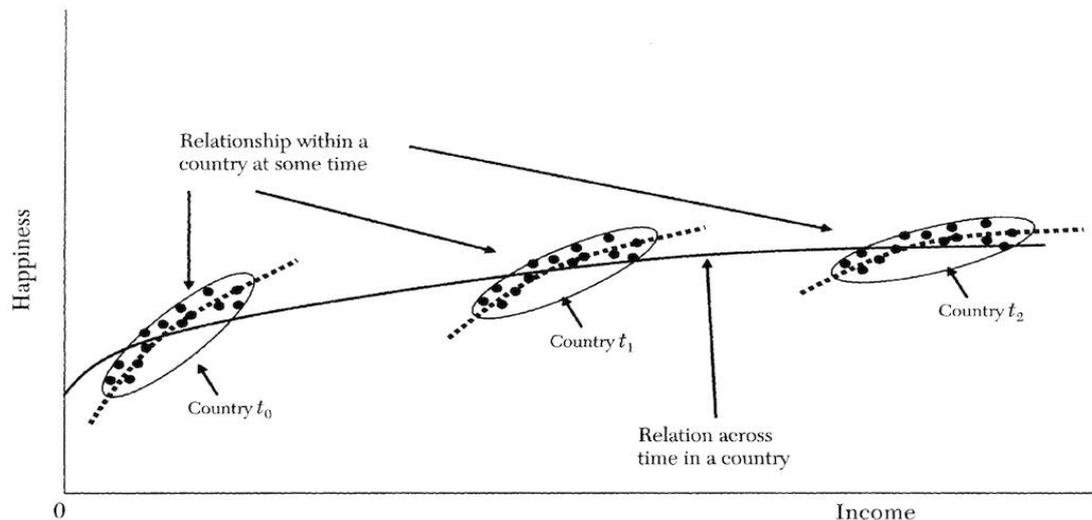


Figure 3: *The Relationship between Income and Happiness at the Individual and the Aggregate Level*⁴²

En revanche, l'économiste Timothée Parrique explique que le PIB est couplé aux impacts environnementaux⁴¹. En effet, aucune économie n'est dématérialisée ou dé-énergisée, c'est-à-dire, qu'une valeur ajoutée monétaire ne peut être créée sans utiliser de l'énergie ou de la matière bien que certains pays puissent être plus économes que d'autres en raison de technologies ou cultures de consommation différentes.

De plus, la croissance verte ou développement durable tels qu'ils sont le plus représentés dans l'espace commun parlent essentiellement de décarbonation. Selon cette idéologie, les nouvelles technologies et les gains d'efficacité nous permettraient de diminuer notre empreinte carbone voire d'atteindre la neutralité carbone tout en continuant à croître. Cela permettrait donc un découplage entre croissance économique et les impacts environnementaux. Cependant, cet argument ne semble pas tout à fait juste. Premièrement, l'empreinte carbone n'est pas le seul critère à mesurer afin de déterminer notre impact sur l'environnement comme nous l'avons vu avec l'illustration des limites planétaires. Deuxièmement, le découplage va être de plus en plus difficile car certains gains d'efficacité énergétique et de consommation de la matière ont déjà été faits. Au contraire, on observerait depuis les années 2000 un recouplage car les ressources en énergie et matière sont de plus en plus rares et diffuses. Davantage de matière et d'énergie doit donc être mobilisé pour produire davantage d'énergie et de matière. Ainsi, les nouvelles technologies dites «vertes» qui permettent de réduire l'empreinte marquent le passage du monde de pétrole vers un monde des métaux et minerais. Par conséquent, il semble paradoxal de vouloir continuer à croître économiquement sans ajouter de nouvelles consommations d'énergie ou de matière.

Par ailleurs, un autre élément limite la croissance verte : l'effet rebond. Ce concept de l'économie écologique⁴³ désigne un phénomène particulier et fréquent lors duquel les économies d'énergie ou de matière réalisées lors d'un gain d'efficacité ou une action de

sobriété sont annulées car utilisées ailleurs. Ainsi, en observant la manière dont les gains d'énergie sont utilisés en France à l'échelle macro-économique, on se rend compte qu'il y a un effet rebond de 101% en moins de 24 mois. Pour contourner cet effet, Timothée Parrique propose de modifier le système afin de sanctuariser les ressources économisées de manière légale. Cela consisterait à sécuriser les ressources économisées, par exemple en fermant des mines et en créant des zones protégées, pour générer de la valeur écologique.

Après avoir explicité les limites du développement durable, il semble essentiel de revenir au biomimétisme pour se demander s'il est compatible avec le concept de développement durable. Dans son article intitulé «The Nature of Biomimicry: Toward a Novel Technological Culture», l'anthropologue Michael Fisch examine de près les liens entre la nature et la technologie tels qu'ils sont abordés dans les discours de Janine Benyus sur le biomimétisme⁴⁴. Il estime qu'elle échoue à mettre en pratique le nouvel ensemble de valeurs éthiques qu'elle promeut car il considère que son approche est conçue sur le modèle de la science occidentale classique, en ce qu'elle vise à « identifier, catégoriser, abstraire et mettre en place un design soi-disant naturel pour le bénéfice de la civilisation et du progrès humain ». Ce biomimétisme serait donc problématique car en s'inscrivant dans une logique de croissance verte qui vise à concilier le capitalisme et la croissance économique, il se rend « complice à maints égards des structures de dominance mêmes (sociales et naturelles) qu'il prétend dépasser »⁴⁴. En effet, ce propos fait sens après que l'on ait pris le temps d'explicitier tout ou partie des notions sous-jacentes au contexte cosmologique dans lequel Janine Benyus défend le biomimétisme. Ainsi, il serait nécessaire de mettre en avant d'autres approches de biomimétisme qui nous invite plutôt à repenser notre manière de vivre pour qu'elles soient compatibles avec la biosphère et comme le vivant, non basées sur une croissance infinie, mais plutôt sur des systèmes de cycles, sur la recherche d'un certain équilibre et sur des innovations sociales et non plus uniquement technologiques.

Ainsi, le biomimétisme en tant que philosophie pour repenser notre manière d'être au monde en relation avec les autres espèces vivantes ne semble pas en accord avec un développement durable, basé sur un paradoxe profond de croissance infinie dans un monde fini.

Dans cette première partie, nous nous sommes intéressés à la philosophie du biomimétisme et ce qu'elle permet d'interroger sur nos rapports au vivant. Cela nous a permis de nous questionner sur les événements et changements sociétaux qui ont opéré depuis le 19^{ème} siècle et qui ont façonné notre manière de produire et d'envisager notre présent et notre futur. Plusieurs solutions sont proposées aujourd'hui, certaines s'opposent et d'autres peuvent enrichir la philosophie du biomimétisme. Selon plusieurs professionnels, l'avenir du biomimétisme se dessine donc sous deux angles. Le premier, plus artificiel et superficiel, maintient les systèmes de production actuels dirigés par la recherche de performance et de croissance économique et accentuent dangereusement des formes de domination sur le vivant. Le second, plus durable, qui cherche de nouvelles formes de rapports au vivant exemptes de toutes formes de domination et empreint de sensibilité⁴⁴.

Ainsi, nous pouvons nous demander comment concevoir pour le vivant en favorisant des relations respectueuses, plutôt que de perpétuer des logiques de domination.

«Que le sort de la Nature dépende du sort de l'homme est une théorie boiteuse. Elle fait l'économie d'une vérité. Ce qui est appelé à disparaître en notre siècle numéro 21, ce sont *les formes de la nature telles que l'homme les a connues* mais sûrement pas *le principe de nature*, cette matrice créatrice dont l'origine, l'énergie et la destination nous demeurent inconnues.»

*Sylvain Tesson*¹

Concevoir pour le vivant

Aujourd'hui, il est indispensable d'éclaircir les fondements de nos rapports au monde. Il est important de «prendre ce temps» comme nous y invite Aurélien Barrau. Ces brèches ouvertes nous permettent de nous défaire du monopole des discours technophiles. C'est donc avec ce nouveau bagage que je souhaite ouvrir une nouvelle série de brèches quant à nos manières de concevoir, de produire ou encore d'utiliser biens et services. Si telle est l'ambition d'un biomimétisme «renouvelé», alors quelles sont les lignes directrices et les critères pour s'assurer d'une bonne continuité éthique-pratique ? Aussi, en quoi cette base philosophique dans laquelle peut s'inscrire le biomimétisme peut-elle nous aider à déterminer de nouveaux critères ?

C'est autour de ces questions que je souhaite poursuivre la réflexion de ce mémoire.

1. Etat de l'art des approches existantes liées au développement durable

Face aux enjeux actuels nécessitant de revoir notre façon d'habiter la planète, plusieurs approches et outils se sont développés pour permettre aux concepteurs (designers et ingénieurs par exemple) de concevoir des produits tout en diminuant leur impact sur l'environnement. Le terme d'approche représente une «méthode par laquelle on cherche à approcher d'un but », d'une manière plus globale, elle est un «ensemble d'actions convergeant vers un but déterminé»⁴⁵. La figure ci-dessous représente une synthèse de l'évolution de ces approches au fil des décennies.

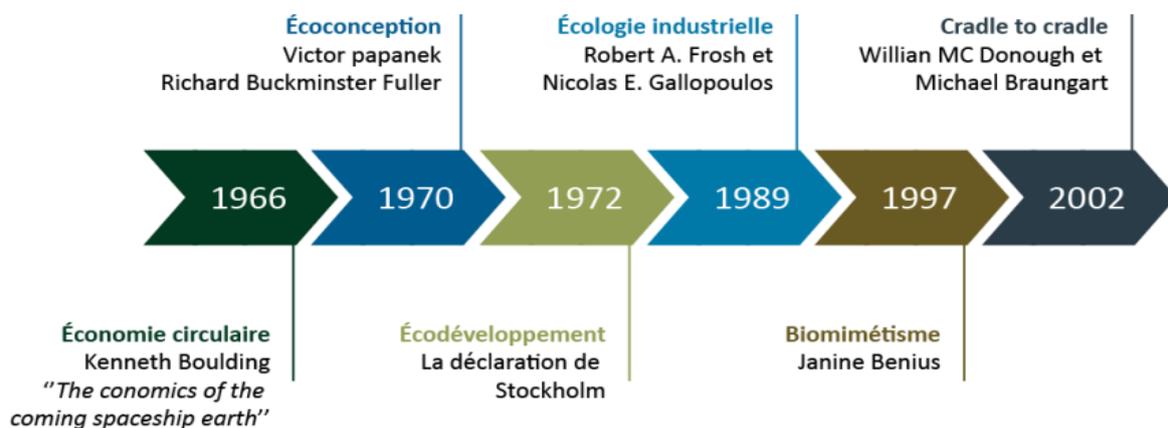


Figure 4 : L'évolution des principales approches s'inscrivant dans le développement durable⁴⁶

Quant à lui, l'outil est vu comme «un moyen, ce qui permet d'obtenir un résultat»⁴⁷ c'est-à-dire un instrument utilisé dans le but d'accomplir une tâche.

Les paragraphes suivants présentent quelques-unes des approches de conception de produits. Sont-elles liées à la philosophie du biomimétisme ? Permettent-elles d'imaginer des futurs souhaitables en repensant les systèmes de production et consommation actuels ?

L'économie circulaire

Elle vise à changer de paradigme par rapport à l'économie dite linéaire et est définie selon l'ADEME comme «un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien être des individus»⁴⁸.

L'économie circulaire repose sur trois champs et 7 piliers (Figure 5) :

1. La production et l'offre de biens et de services visant notamment à changer la manière de concevoir et fabriquer ;
 - a. L'approvisionnement durable vise des modes d'exploitation et des achats durables des ressources pour une exploitation efficace des ressources limitant les rejets d'exploitation et l'impact sur l'environnement (notamment pour les mines et carrières, l'exploitation agricole et forestière).
 - b. L'écoconception vise, dès la conception d'un procédé, d'un bien ou d'un service, à prendre en compte l'ensemble du cycle de vie en minimisant les impacts environnementaux.
 - c. L'écologie industrielle et territoriale, dénommée aussi symbiose industrielle, constitue un mode d'organisation interentreprises par des échanges de flux ou une mutualisation de besoins. Pilier de l'économie circulaire, l'écologie industrielle et territoriale vise à optimiser les ressources sur un territoire, qu'il s'agisse d'énergies, d'eau, de matières, de déchets mais aussi d'équipements et d'expertises, via une approche systémique qui s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels.
 - d. L'économie de la fonctionnalité privilégie l'usage à la possession et tend à vendre des services liés aux produits plutôt que les produits eux-mêmes.
2. La consommation au travers de la demande et du comportement du consommateur (économique ou citoyen) pour changer la façon de consommer ;
 - a. La consommation responsable doit conduire l'acheteur, qu'il soit acteur économique (privé ou public) ou citoyen consommateur, à effectuer son choix en prenant en compte les impacts environnementaux à toutes les étapes du cycle de vie du produit (biens ou service).
 - b. L'allongement de la durée d'usage par le consommateur conduit au recours à la réparation, à la vente ou don d'occasion, ou à l'achat d'occasion dans le cadre du réemploi ou de la réutilisation ;
3. La gestion des déchets avec le recours prioritaire au recyclage qui permet de boucler la boucle.



Figure 5 : 3 domaines et 7 piliers de l'économie circulaire⁴⁸

L'approche d'économie circulaire a pour objectif de tendre vers des modes de production et consommation 100% circulaire en misant sur des stratégies de développement durable mais aussi de sobriété. Ainsi, tout comme le biomimétisme, cette approche s'inspire des processus cycliques du vivant et promeut une vision systémique afin de prendre en compte l'ensemble des enjeux d'un système. Certaines limites peuvent être observées comme celles des effets rebond ou de la dépendance au marché. La seconde signifie qu'une innovation économique lancée sur le marché n'est pas forcément adoptée, bien qu'elle puisse être plus efficace, dû au coût et à la complexité associés au changement. Une autre limite se trouve dans les systèmes de gouvernance et de gestion car la valeur qui est recherchée n'est plus uniquement une valeur liée directement à la production-vente de biens. La valeur est déplacée et les métiers changent au même titre que les modèles d'entreprise. De manière plus pragmatique, les nouveaux modèles commerciaux comprenant la conception de produits à plusieurs cycles de vie nécessitent une coopération inter-organisationnelle systémique complexe entre les fournisseurs, les clients, les producteurs et les consommateurs. C'est d'ailleurs tout l'enjeu de l'économie de la fonctionnalité et de la coopération.

L'éco-conception

Parmi les piliers de l'économie circulaire se trouve l'une des approches les plus développées pour repenser la conception de biens et de services qui est l'éco-conception.

C'est une démarche itérative qui vise «l'intégration systématique des aspects environnementaux dès la conception et le développement de produits (biens et services, systèmes) avec pour objectif la **réduction** des impacts environnementaux **négatifs** tout au long de leur cycle de vie à service rendu équivalent ou supérieur. Cette approche dès l'**amont** d'un processus de conception vise à trouver le meilleur **équilibre entre les exigences,**

environnementales, sociales, techniques et économiques dans la conception et le développement de produits»⁴⁹.

L'éco-conception est une approche multi-étapes et multicritères

L'éco-conception est caractérisée par son approche en cycle de vie. Cela permet d'élargir le scope traditionnel des concepteurs en y intégrant les étapes amont et aval de la fabrication et ainsi d'avoir une vision globale des enjeux reliés au design d'un produit ou d'un service. Le cycle de vie (Figure 6) se décline généralement en cinq étapes du berceau à la tombe (cradle-to-grave):

- Les matières premières: leur extraction, transformation, conditionnement et transport.
- La fabrication: «assemblage» des différentes matières premières pour fabriquer le produit fini et son conditionnement.
- La distribution: acheminement jusqu'au consommateur final
- L'utilisation
- La gestion de la fin de vie, qui peut prendre plusieurs formes: incinération, enfouissement, revente, réutilisation, reconditionnement, recyclage, ...

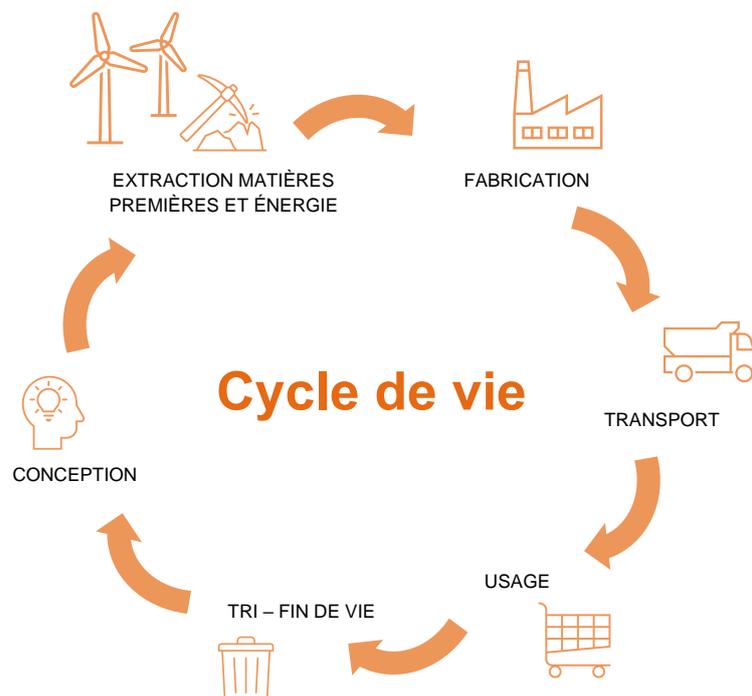


Figure 6 : étapes du cycle de vie d'un produit.

A chaque étape du cycle de vie, un inventaire est fait des flux entrants de matière et d'énergie mais aussi de tous les flux sortants que ce soient des co-produits, sous-produits, émissions atmosphériques, effluents liquides, déchets solides et autres. Ces flux sont ensuite traduits en impacts environnementaux grâce à des indicateurs tels que le changement climatique, l'eutrophisation terrestre, l'utilisation des terres, etc, dont 16 sont recommandés par la Commission Européenne⁵⁰.

Ainsi, les deux éléments fondamentaux de l'éco-conception que sont l'approche multi-étapes et multi-critères permettent de prévenir des transferts d'impacts. Ceux-ci surviennent lorsque

des améliorations environnementales à une étape du cycle de vie impliquent des effets négatifs sur une autre étape ou bien lorsque la réduction d'impact selon un critère implique l'augmentation d'impact sur un autre critère.

Améliorer l'éco-efficience des produits

L'éco-conception vise à améliorer l'éco-efficience des produits. L'éco-efficience est un indicateur de performance environnementale qui correspond au ratio entre la valeur d'usage et les impacts environnementaux (Figure 7). Maximiser l'éco-efficience revient donc à améliorer le service rendu du produit ou à réduire les impacts environnementaux qu'il génère tout au long de son cycle de vie, les deux opérations pouvant être conduites simultanément.



Figure 7 : définition de l'éco-efficience en éco-conception

Cependant, il semble important de dire que la démarche ne vise pas forcément à augmenter à tout prix la performance du produit. Ainsi, pour ne pas tomber dans l'écueil du produit sur-performant, certains niveaux d'éco-conception préconisent de s'intéresser au réel besoin du consommateur. Aussi, c'est une approche qui dans les faits ne questionnent que très peu voire pas du tout nos dépendances. L'exemple de la cafetière éco-conçue illustre cela : éco-concevoir une cafetière ne répond en rien à la dépendance que nous entretenons mondialement avec la ressource café - deuxième matière la plus échangée dans le monde après le pétrole, matière ne poussant que dans certaines régions du monde longtemps mise au travail forcé et intensif (autant chez les humains que les écosystèmes). Dans cette optique, re-designer l'enveloppe d'un objet qui entretient une telle histoire est bien loin d'être en accord avec les limites planétaires et les enjeux de justice sociale.

Par ailleurs, l'éco-conception, pouvant être perçue comme une démarche d'optimisation des produits uniquement, présente en réalité plusieurs niveaux (Figure 8). Elle peut aller de l'amélioration incrémentale où seuls la quantité et le type de matériaux sont revus jusqu'à l'éco-innovation de rupture qui va permettre de questionner les modèles économiques. Plus l'éco-conception se dirige vers de l'éco-innovation de rupture et plus la valeur ajoutée et le potentiel de réduction d'impact sont importants.

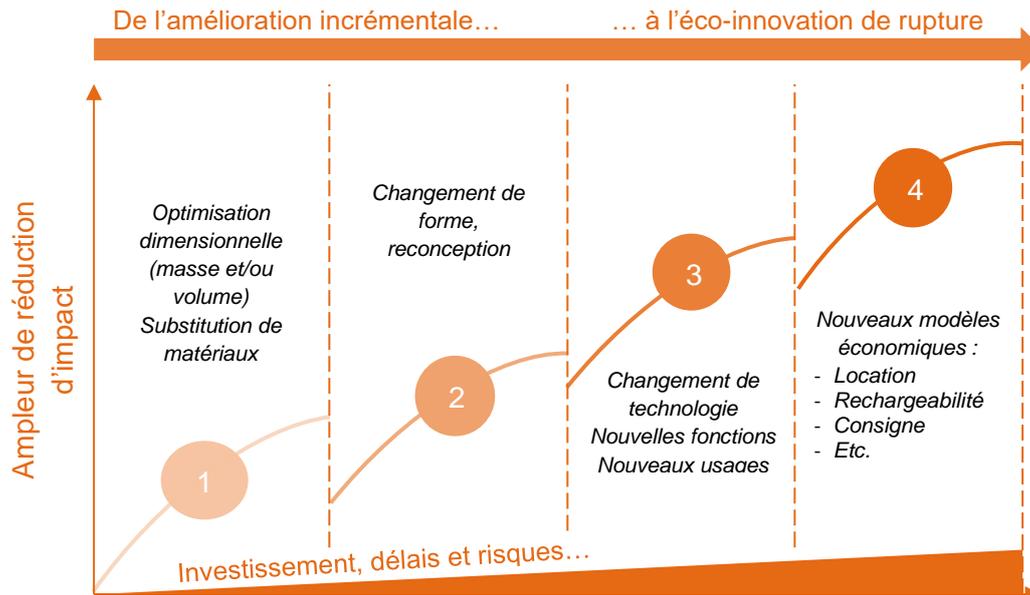


Figure 8 : les différents niveaux d'éco-conception

Nous pouvons ici y voir une analogie avec les différents degrés d'abstraction et d'observations des systèmes biologiques. Pour s'inspirer et imiter le vivant, le biomimétisme repose sur l'abstraction. « L'abstraction est un processus cognitif qui permet d'extraire l'information issue des perceptions du monde réel pour générer une représentation conceptuelle mentale [...] Elle permet aux mécanismes de la cognition de trier les informations captées et de créer des réseaux conceptuels pour modéliser la réalité et la simplifier. Cette représentation mentale nous permet de prévoir, d'anticiper, d'ajuster et de progresser »⁵¹.

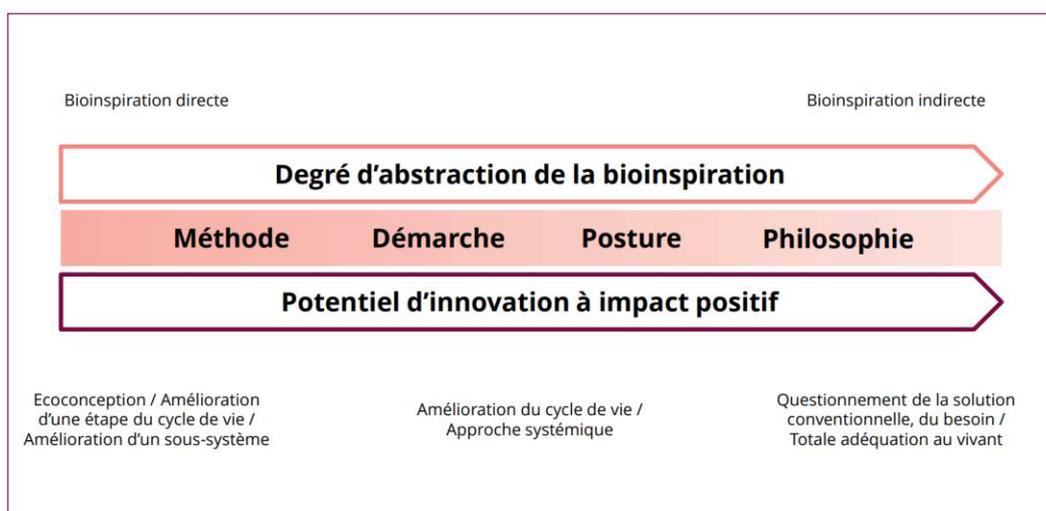


Figure 9 : les différents degrés d'abstraction de la bioinspiration

Ainsi, selon l'étude relative aux externalités positives du biomimétisme menés par l'ADEME et le Ceebios⁵², le potentiel de durabilité de la bio-inspiration, et donc du biomimétisme, dépend de son degré d'abstraction de l'observation des systèmes biologiques (Figure 9).

L'écologie industrielle

L'écologie industrielle, comme autre pilier de l'économie circulaire, est l'étude des flux de matières et d'énergie dans les systèmes industriels. En se concentrant sur les connexions entre les opérateurs au sein de « l'écosystème industriel », cette approche vise à créer des processus en boucle fermée dans lesquels les déchets servent d'intrants, éliminant ainsi la notion de sous-produit indésirable. L'écologie industrielle adopte un point de vue systémique, concevant des processus de production en accord avec les contraintes écologiques locales, tout en considérant leur impact global dès le départ, et en essayant de les façonner de manière à ce qu'ils fonctionnent aussi près que possible des systèmes vivants. Pensée ainsi, l'écologie industrielle pourrait être une manière d'appliquer le biomimétisme aux systèmes industriels.

Cependant, selon Caya et al. (2012)⁵³, l'écologie industrielle propose une approche qui vise à équilibrer les trois dimensions du développement durable :

1. Dimension environnementale: la réduction de la dépendance aux ressources naturelles favorise la diminution des émissions polluantes et des déchets et donc de l'impact écologique du processus industriel.
2. Dimension économique: en réduisant les coûts liés à l'approvisionnement en ressources et à la gestion des déchets, l'écologie industrielle a un impact positif sur l'économie. De plus, elle offre de nouvelles opportunités de revenus grâce à la valorisation des sous-produits.
3. Dimension sociale: l'écologie industrielle peut favoriser la création d'emplois en raison des économies réalisées à l'échelle de la production. De plus, elle contribue à améliorer la qualité de l'environnement de travail en réduisant les émissions polluantes et les déchets.

Ainsi, l'écologie industrielle s'inscrit comme l'économie circulaire dans le cadre du développement durable à l'inverse du biomimétisme «renouvelé» qui cherche à le dépasser. Parmi les limites de cette approche qui se centre sur la production uniquement, la Fondation Ellen MacArthur⁵⁴ souligne que les processus de production et l'organisation des entreprises partenaires doivent être conçus depuis le début en fonction des contraintes écologiques locales et de l'impact global du système industriel. De plus, il existe une limite physique. Cela concerne l'incapacité d'un recyclage complet des matériaux nécessitant toujours de l'énergie pour être réalisés, limitant ainsi la durabilité à long terme⁴⁶. Cette limite est également liée à la non remise en question de la croissance économique et donc à la hausse des volumes de production. L'écologie industrielle présente également une limite spatiale concernant la distance et la synchronisation des flux (déchets et de ressources) entre les entreprises qui composent le réseau industriel afin de pouvoir facilement les échanger. Enfin, l'écologie industrielle nécessite l'existence de filières pour la réutilisation de matériaux.

El-Haggar S. and al.⁵⁵ soulignent également la difficulté à reproduire toutes les interactions complexes et les cycles de matières présents dans la nature. Les écosystèmes naturels sont le résultat de millions d'années d'évolution, et les systèmes industriels ne peuvent pas facilement atteindre un niveau similaire de régulation et de fermeture des boucles de matières.

Cradle-to-Cradle

Cradle to Cradle (C2C), traduit en français par «du berceau au berceau» est une approche bio-inspirée de conception développée par William McDonough et Michael Braungart allant au-delà de l'objectif de réduction des impacts négatifs d'une organisation (éco-efficience) en proposant une vision engageante et des stratégies complètes pour créer une empreinte entièrement positive sur la planète (éco-efficacité) en proposant que l'industrie fonctionne de la même façon qu'un écosystème naturel.⁵⁶ En d'autres termes, ils proposent de passer d'un mode de conception qui crée des solutions qui maximise la valeur économique en diminuant les effets négatifs sur l'environnement à un mode de conception qui vise à atteindre «l'état zéro»: zéro émissions, zéro consommation de ressources, zéro toxicité.⁵⁷ À cette fin, les produits sont conçus pour préserver la santé humaine et environnementale et pour rester dans des cycles fermés infinis.

C2C définit un cadre pour la conception de produits et de processus industriels inspiré du vivant et reposant sur 3 grands principes: «tout est ressource» («waste equals foods»), «il faut privilégier les énergies renouvelables» (initialement «current solar income») et «il faut célébrer la diversité» (celebrate diversity). Les matériaux sont donc transformés en nutriments selon deux catégories: nutriments «techniques» et nutriments «biologiques» (Figure 10).

1. Les nutriments techniques sont strictement limités aux matériaux synthétiques non toxiques et non nocifs qui n'ont pas d'effets négatifs sur l'environnement naturel. Ils sont utilisés dans des cycles continus sans perdre leur intégrité ou leur qualité. De cette manière, ces matériaux peuvent être utilisés encore et encore, au lieu d'être «downcyclés» en produits de moindre qualité, pour finalement devenir des déchets.
2. Les nutriments biologiques sont des matières organiques dérivés de la biosphère qui, une fois utilisées, peuvent être éliminées dans n'importe quel environnement naturel et se décomposer dans le sol, fournissant ainsi de la nourriture à de petites formes de vie sans affecter l'environnement naturel. Cela dépend de l'écologie de la région ; par exemple, les matières organiques d'un pays ou d'une région peuvent être nocives pour l'écologie d'un autre pays ou d'une autre région.⁵⁸

En outre, les opérations de fabrication doivent être alimentées à 100 % par des énergies renouvelables, maximiser la qualité et l'efficacité de l'eau, et respecter les personnes et les écosystèmes.⁵⁶

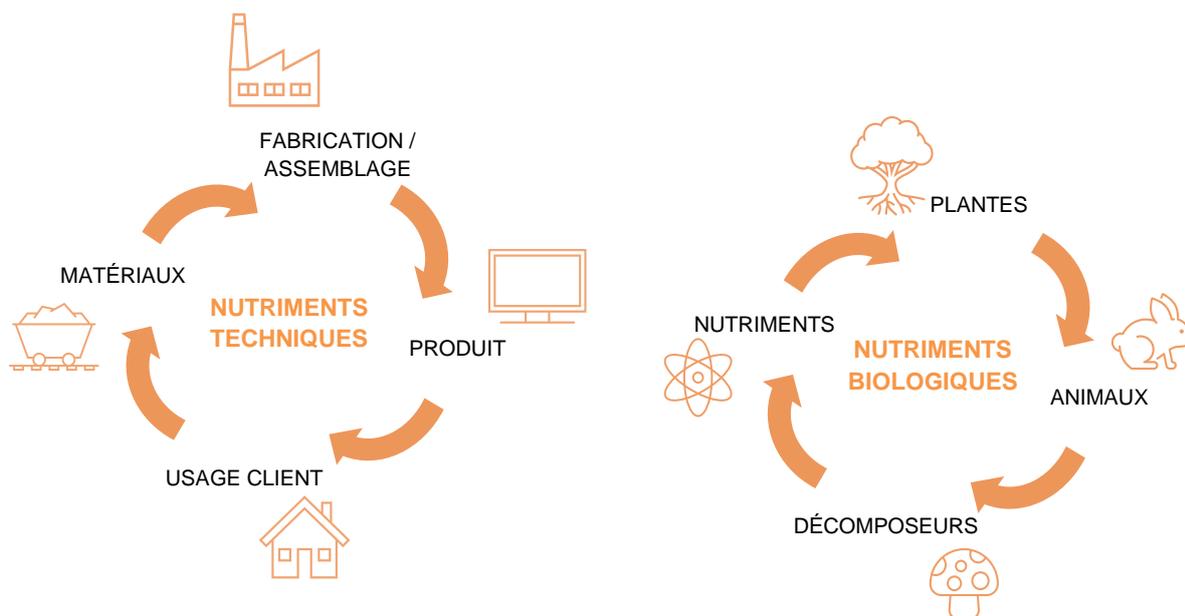


Figure 10 : cycle des nutriments techniques et cycle des nutriments biologiques dans l'approche C2C

Plusieurs limites ont été soulevées pour l'approche C2C⁵⁷. Premièrement, il semble continuer à défendre l'idée qu'il est possible d'avoir un développement économique infini dans un monde fini. Les cycles biologiques des nutriments ne peuvent pas être compatibles avec une croissance infinie puisque les processus de régénération sont plus lents que la vitesse à laquelle nous consommons les ressources.

De plus, l'approche C2C ne mentionne pas la stratégie de sobriété. Or, la génération des nutriments biologiques, à travers les procédés industriels, n'est pas bénéfique pour l'environnement. En effet, bien que les cycles des nutriments biologiques peuvent être une bonne solution à petite échelle, des concentrations élevées de nutriments biologiques au sol peuvent également générer un effet négatif sur la santé humaine ou des problèmes environnementaux, tels que l'eutrophisation⁴⁶.

Troisièmement, l'approche s'inscrit dans le développement de produits avec une courte durée de vie, sans considérer les limites de la planète en termes d'approvisionnement des matières premières, de capacité de transport des matériaux à recycler ainsi que la quantité d'énergie utilisée et le coût pour réaliser le recyclage des nutriments techniques.

Enfin, l'approche se concentre majoritairement sur les matériaux, notamment leur extraction et leur recyclage en tant que nutriments techniques et biologiques et omet de mentionner certaines étapes du cycle de vie d'un produit comme le transport et l'usage du produit (Figure 11).

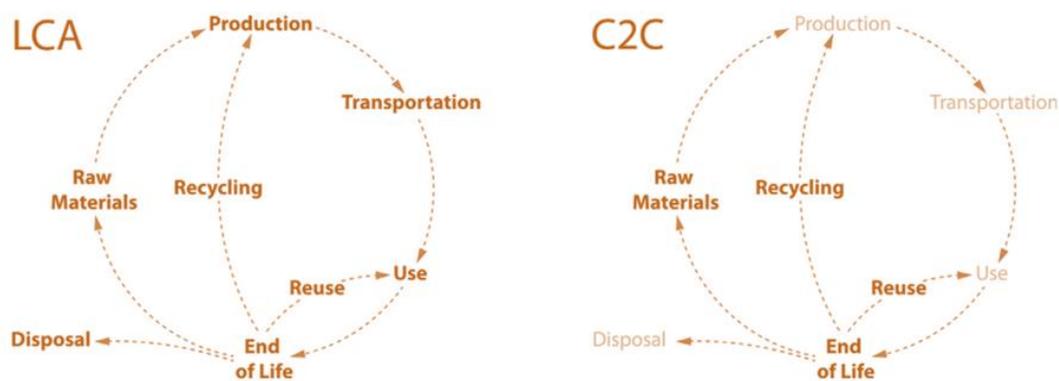


Figure 11 : comparaison entre les étapes de cycle de vie qui sont pris en compte dans les approches de l'ACV (LCA) et de C2C⁵⁷

Le biomimétisme

Après avoir exploré la philosophie du biomimétisme dans notre première partie, nous nous concentrons ici spécifiquement sur la méthode de conception qu'il constitue.

Le biomimétisme adopte une vision systémique et présente deux grands modes d'application. Le premier mode part d'une découverte biologique pouvant inspirer des solutions, alors que la seconde part d'une problématique de conception puis cherche des solutions inspirées de modèles biologiques⁵⁹. La figure suivante présente différents termes associés à ces 2 approches (Figure 12).

Référence introduisant les termes	Transfert et valorisation de la recherche biologique	Résolution de problèmes par analogie
(ISO/TC266, 2015)	Biology push approach	Technology pull approach
(Badarnah et al., 2015)	Solution-based	Problem-based
(Vattam et al., 2007)	Solution-driven	Problem-driven
(Baumeister et al., 2013)	Biology to design	Challenge to biology
(Speck et al., 2006)	Bottom up	Top down
(Gebeshuber et al., 2008)	Biomimetics by induction	Biomimetics by analogy

Figure 12 : différents termes appliqués aux méthodes de bio-inspiration⁵¹.

Dans son étude⁵⁹, P.E. Fayemi indique que si la démarche « Biology Push » est assez bien maîtrisée par le monde de la recherche fondamentale, le monde industriel cherche encore à s'approprier cette approche innovante par le « Technology Push ». Un des premiers freins identifiés est le trop grand nombre de méthodes et d'outils en développement, sans une uniformisation d'une démarche de référence. Ainsi, il propose en 2016 un processus clair décomposé en différentes étapes et des requis pour se lancer dans cette approche (Figure 13).

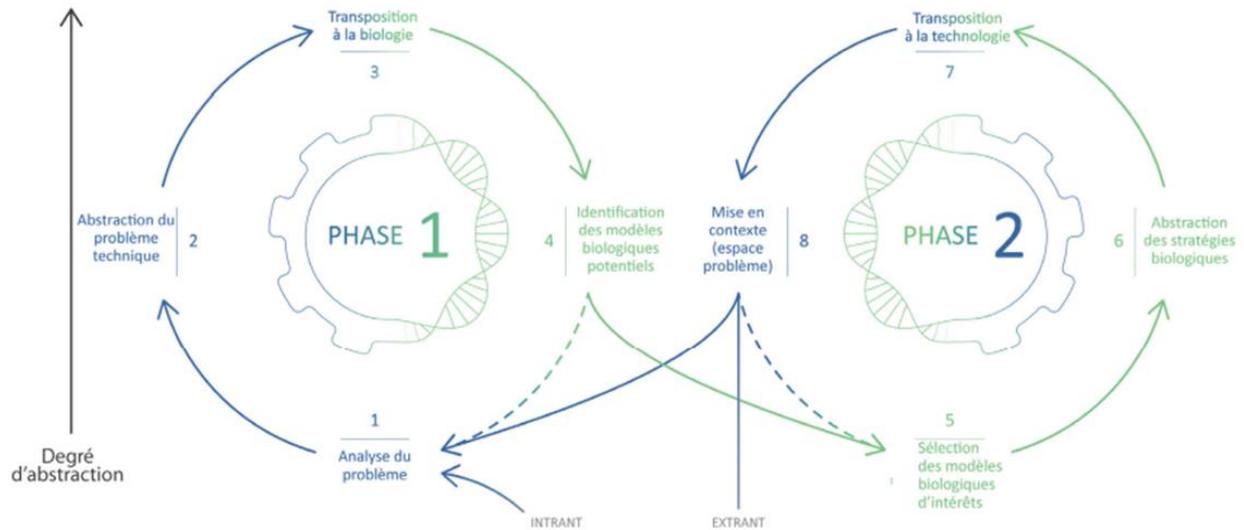


Figure 13 : Modèle de processus biomimétique « problem-driven » unifié⁵⁹.

Ce processus regroupe 8 étapes clés pour répondre à une problématique technique en s'inspirant de la nature :

1. Analyse du problème : processus commun de design ou de conception
2. Abstraction du problème technique : permet d'avoir une liste de fonctions techniques génériques à atteindre pour répondre au problème, en prenant compte de son contexte et des contraintes liées à son environnement
3. Transposition à la biologie : conversion des fonctions techniques génériques en fonctions biologiques équivalentes
4. Identification de modèles biologiques : recherche de modèles biologiques, qui répondent au mieux aux fonctions biologiques énumérées à l'étape précédente
5. Sélection de modèles d'intérêts : sélection de certains modèles, suivant différents critères à définir selon la problématique visée
6. Abstraction des stratégies biologiques : une fois les stratégies biologiques bien comprises, celles-ci doivent être abstraites de leur contexte, afin d'avoir une liste de stratégies biologiques génériques, permettant de constituer un modèle fonctionnel
7. Transposition à la technologie : description détaillée des principes sous-jacents du modèle fonctionnel de l'étape précédente, à l'aide de principes de conception
8. Mise en contexte : application des principes de conception bio-inspirés, prototypage et tests de validation

Plutôt qu'uniquement chercher la réponse à une question technique précise, le biomimétisme propose de s'inspirer de grands principes du vivant (Annexe 1) tout au long du processus de développement d'une solution. Ces principes représentent également le cahier des charges du vivant et pourraient donc servir de mesure pour guider la conception. Cependant, comme nous l'avons expliqué précédemment, s'inspirer du vivant n'implique pas nécessairement le développement de solutions durables.

Ainsi, dans la pratique les concepteurs disposent de plusieurs approches de conception de biens et services s'inscrivant dans le cadre du développement durable. Une étude⁴⁶ propose de mettre en relation ces différentes approches (Figure 14).

Selon l'auteur, « l'écoconception, le C2C et l'écologie industrielle sont des composantes de l'économie circulaire. Cette dernière s'inspire des cycles et des systèmes biologiques en vue de créer des systèmes non biologiques, tout en facilitant les flux de matériaux, d'énergie, d'information, de produits, etc., comme le propose le biomimétisme. L'écoconception serait l'approche la moins complète puisqu'elle vise la mise en œuvre de solutions à court et à moyen termes, principalement en intégrant les enjeux environnementaux et économiques tout en laissant marginaux les enjeux sociaux qui sont plus complexes à quantifier malgré l'émergence de l'éco-socio-conception. Le biomimétisme serait l'approche la plus complète couvrant, de façon plus exhaustive, les différents enjeux du développement durable ».

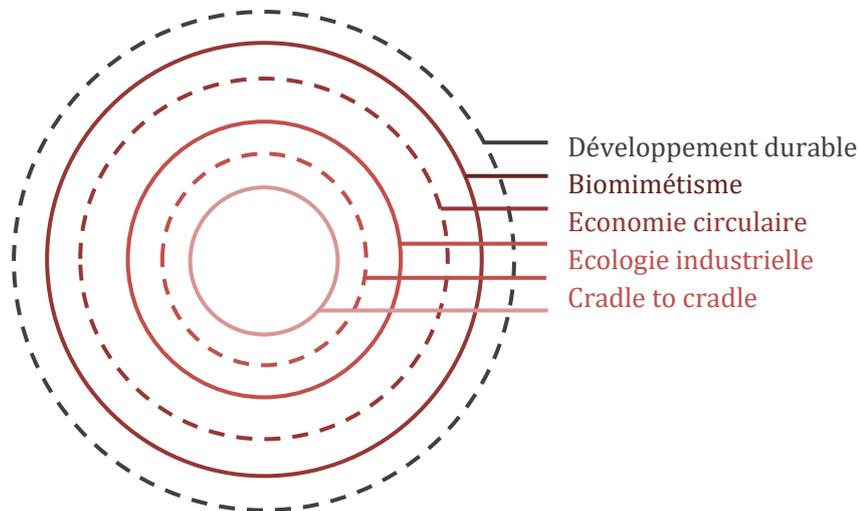


Figure 14 : La relation entre les approches s'inscrivant dans le développement durable⁴⁶

Cette tentative de mise en relation pose question au regard des réflexions menées dans la partie 1. En effet, les approches d'éco-conception et d'écologie sont bien comprises dans l'économie circulaire mais le biomimétisme et l'approche C2C propose dans leur philosophie un nouveau paradigme cherchant la régénération des écosystèmes vivants et visant l'éco-efficacité plutôt que l'éco-efficience. Cependant, les approches C2C et écologie industrielle se concentrent sur des étapes particulières du cycle de vie d'un produit là où les approches d'éco-conception, d'économie circulaire et de biomimétisme sont systémiques pour limiter le transfert d'impact. L'éco-conception présente plusieurs niveaux allant jusqu'à se questionner sur l'usage et repenser les modèles économiques et peut être appliquée aux enjeux sociaux.

En revanche, dans la pratique, toutes ces approches - y compris le biomimétisme - sont pensées, imaginées et mises en application dans le même cadre limitant du développement durable et sont pensées dans le même rapport au monde naturaliste. Le vivant est toujours vu comme un élément extérieur à l'homme qu'il faut protéger tout en favorisant un développement économique et une équité sociale entre humains. Ceci perpétue des formes de domination où le vivant est réduit à ce qu'il a d'utile pour l'innovation et le bien-être humain et empêche de trouver des solutions réellement soutenables considérant la justice environnementale et la justice sociale comme un seul et même combat.

Comment alors mettre en pratique un biomimétisme «renouvelé» enrichi par les réflexions de la partie 1 ? Comment guider la conception de biens et services vers des solutions réellement soutenables pour l'ensemble du vivant ?

2. Évaluer le biomimétisme ?

Une mise en application difficile

Pour établir un constat à partir d'expériences concrètes, une série d'interviews auprès de professionnels a été réalisée afin de mieux comprendre quelles sont les différentes approches de biomimétisme, les potentiels et les freins liés à son application concrète et la manière dont les enjeux environnementaux et sociaux sont pris en compte.

La série de questions a été posée à un panel anonyme d'entreprises de conseil en stratégie durable et biodiversité, d'entreprises de biens et services et d'acteurs de la recherche lors du salon de la Biomim'Expo 2022 et lors d'interviews. Voici celles qui ont été retenues pour cette analyse:

- Quelles sont vos définitions du biomimétisme et de la bio-inspiration ?
- Comment le biomimétisme s'intègre-t-il dans vos activités ?
- Que vous apporte-t-il ?
- Quels sont les freins à son application ?
- Comment adressez-vous les enjeux environnementaux et sociaux ?
- Quels sont les freins à l'éco-conception et l'évaluation environnementale ?

Pour un biomimétisme «renouvelé»

Pour la majorité des acteurs interviewés, le biomimétisme peut être à la fois une approche, un outil et une vision qui peut s'intégrer dans tous les secteurs d'activités et qui permet de développer des solutions responsables et disruptives. L'un d'eux précise que la définition ISO du biomimétisme doit être questionnée pour parler de manière indistincte de biomimétisme et de bio-inspiration car il s'agit de « s'inspirer du vivant et pour le vivant ». Le biomimétisme est reconnu pour sa philosophie cependant son application concrète ne doit pas négliger les piliers éthiques et être une fin en soi mais un moyen répondant à cette philosophie. Pourtant, un des acteurs interviewés estime que l'enjeu aujourd'hui est de promouvoir au maximum le biomimétisme bien que cela puisse également inclure des approches axées uniquement sur le technosolutionisme et la recherche de profit.

Bien que convaincus par le potentiel du biomimétisme, **les acteurs interviewés peinent à l'appliquer concrètement**. Cette approche de conception nécessite des coûts de R&D et des compétences pour un travail pluridisciplinaire parfois complexe. Certains niveaux d'application comme l'échelle du matériau et du produit présentent plus d'exemples et semblent plus «simple» à appliquer bien que les solutions pensées soient encore très conceptuelles. En revanche, il **manque encore d'outils opérationnels** pour accompagner les entreprises à se questionner sur les besoins et usages, à repenser leur modèle économique et à intégrer des dimensions de sobriété. Il s'agit ici d'agir sur des freins d'ordre culturel et sociétal, dus à l'emprise forte d'une économie capitaliste basée sur la sur-consommation, la fabrication de besoins et la sur-production. Néanmoins, certains acteurs utilisent volontiers le biomimétisme afin de faire de la sensibilisation et de la formation car cela permet « d'éveiller les consciences », de « penser différemment », de « ne plus considérer le vivant comme une ressource mais comme un système dont nous pouvons nous inspirer et dont nous faisons partie ». **Ici, le biomimétisme cherche à changer de paradigme.**

Les avis quant à la posture à adopter dans l'application du biomimétisme sont partagés.

Il implique des changements radicaux au sein des entreprises sur de nombreux sujets (organisation du travail, stratégie, modèle économique et proposition de valeur, (re)transformation des métiers, internalisation des externalités...) qui peuvent être difficile à appréhender. Ainsi, certains pensent qu'il est plus simple et donc *in fine* plus impactant de commencer par des applications très concrètes relevant de l'ingénierie et de la conception produit pour réussir à convaincre avant de chercher des solutions de type organisationnel. D'autres suggèrent qu'il faut systématiquement coupler l'approche avec une démarche d'éco-conception ou a minima faire une analyse de cycle de vie (ACV) afin d'intégrer une vision systémique. Cependant, pour un autre acteur interrogé, le biomimétisme devrait être utilisé afin de faire de l'innovation de rupture et non pas juste pour optimiser l'existant. Selon lui, ce serait aller dans la mauvaise direction que de continuer à chercher l'efficience et la croissance. Il suggère alors d'adopter des postulats différents et d'assumer une position radicalement autre.

Les retombées environnementales visées ou atteintes par le biomimétisme ne sont pas nécessairement positives et parfois antagonistes aux enjeux de biodiversité. **Plusieurs acteurs s'accordent sur la nécessité de réaliser des évaluations environnementales et sociales** en suggérant que l'analyse de cycle de vie pourrait être un outil adapté. **Malgré cela, c'est encore très peu réalisé** pour plusieurs raisons : les données pour réaliser l'ACV ne sont pas disponibles car beaucoup de solutions sont encore aux stades de recherche ou de prototype ou bien car aucun protocole de mesure n'a été mis en place. Cela représente également des coûts ou nécessite des compétences qui ne sont pas disponibles. Il peut aussi être question de confidentialité ou de priorités.

Pour un autre acteur, la problématique tient dans le fait même d'évaluer un produit ou un système. Pour un produit, il est possible d'évaluer de manière quantitative le poids, la forme, la quantité de matière... La philosophie biomimétisme est utile pour aider à concevoir des systèmes et non seulement des produits. Dans ce cas-là, on évalue les interactions, les différentes parties prenantes, ce qui est fait à l'achat des matières premières, à la production, à la distribution, à l'utilisation, à la fin de vie... A cette échelle, qu'est-il possible et pertinent de quantifier ? En effet, vouloir tout quantifier peut engendrer un non sens comme décrit dans la partie 1 (la quantification nécessite un passage par le nombre qui peut s'avérer dangereux dans les brèches qu'il ouvre). Ainsi, il semble préférable d'utiliser à la fois des outils quantitatifs et qualitatifs pour évaluer le biomimétisme.

Pour compléter ces réflexions, nous pouvons nous appuyer sur l'étude réalisée par T. Mead et S. Jeanrenaud⁶⁰. Ils ont mené l'interview de 68 praticiens du biomimétisme pour comprendre la manière dont la soutenabilité était prise en compte les applications biomimétiques. Les résultats montrent qu'environ 24 cadres de durabilité différents ont été utilisés pour guider l'innovation bio-inspirée: les plus fréquemment utilisées étant les principes de la pensée systémique (the principles of systems thinking) et les principes du vivant (the life's principles) puis l'amélioration générale de la consommation d'énergie et de matière, l'analyse de cycle de vie ou encore l'approche cradle-to-cradle. Enfin, afin de savoir si la démarche résulte en des impacts plus soutenables les répondant comparent les résultats à

une solution de référence, analysent leur solution grâce aux principes du vivant ou encore quantifient l'utilisation de matière et d'énergie.

Cette étude permet de montrer que les praticiens du biomimétisme utilisent une diversité d'outils et de cadre de travail. Il n'existe actuellement pas de système de métriques et indicateurs commun établi pour guider la conception biomimétique vers des solutions durables. Le biomimétisme crée une autre définition de la soutenabilité donc l'approche la plus utile des critères de durabilité ne peut plus être celle qui consiste à «maintenir» les systèmes de production et de consommation existants. Au contraire, les approches de la durabilité devraient considérer les concepts de régénération, de résilience et d'épanouissement comme des objectifs d'avancement et de progrès pour l'humanité.

Ainsi, ces interviews ont permis de soulever les limites d'application d'un biomimétisme «renouvelé» dont beaucoup rejoignent celles évoquées dans le rapport de France Stratégie⁶¹ (Annexe 2). Le biomimétisme en tant que philosophie et approche de conception permettant de développer des solutions favorisant nos conditions d'habitabilité semble nécessiter d'être évalué et guidé par un système commun de critères et d'indicateurs divers (environnementaux, biodiversité et sociaux) pouvant être appliqués dans une variété de contextes. Les outils existants nous permettent-ils cela ? Faut-il développer des indicateurs complémentaires voir nouveaux ?

Réduire la non-durabilité ou atteindre la durabilité ?

Les différentes interviews menées ont permis de mettre en évidence le manque d'outils et de méthodologie pour guider la prise en compte concrète des enjeux du vivant dans l'approche de conception du biomimétisme. Il n'existe aujourd'hui aucune certification ou reconnaissance du caractère biomimétique de la conception. L'absence de contraintes obligeant à prendre en compte les enjeux du vivant lors de la démarche, ne favorise pas le développement de conceptions biomimétiques durables.

L'analyse de cycle de vie (ACV) comme outil de référence

Dans le cadre de l'écoconception, des outils spécifiques comme l'ACV et des éco-indicateurs, sont utilisés pour évaluer les produits. Ils permettent aux concepteurs de déterminer les «points chauds» des produits existants, de choisir parmi des alternatives de conception et de comparer la conception finale avec un produit de référence afin d'évaluer le progrès.

L'ACV est l'outil le plus abouti en matière d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux potentiels de produits et services.⁶² Il repose sur une méthodologie normée (ISO 14040 et 14044) permettant de poser un diagnostic sur l'ensemble du cycle de vie et qui peut également être utilisée pour évaluer les impacts sociaux d'un produit.

Elle se décompose en plusieurs phases:

- la définition des objectifs et du champ de l'étude. C'est lors de cette première phase que sont définis l'unité fonctionnelle, le périmètre du système étudié et les hypothèses générales.
- l'inventaire de cycle de vie est la phase qui consiste à faire l'inventaire des flux de matière et d'énergie entrants et sortants du système à toutes les étapes du cycle de vie.
- l'évaluation est la phase de calcul des impacts environnementaux. Ce calcul s'effectue grâce à des méthodes de calcul définies en fonction du type de produit/service, et du type de critère voulu.
- Enfin, l'interprétation des résultats est la phase d'analyse des résultats aux regards des objectifs et hypothèses identifiées. Elle permet de tirer des conclusions et de mettre en lumière les principaux contributeurs du système aux impacts.

Cet outil encore très peu utilisé dans le cadre du biomimétisme, serait-il pertinent pour évaluer des solutions afin de déterminer si celles-ci répondent aux enjeux du vivant ?

L'ACV est inscrite dans la perspective de la «réduction de la non-durabilité»

La recherche de l'éco-efficience (comme première forme d'éco-conception) est largement appliquée comme stratégie pour traiter des aspects environnementaux. L'idée est souvent de continuer à créer des biens et services tout en utilisant moins de ressources, en produisant moins de déchets et en polluant moins. L'ACV serait utilisée pour évaluer les progrès et permettre ensuite aux concepteurs de faire des choix éclairés.

Cependant, plusieurs auteurs^{63,64} pensent que la conception visant l'éco-efficience présente un défaut fondamental car elle est fondée sur la perspective de la «réduction de la non-durabilité». Ceci aurait pour effet de re-designer l'existant en aboutissant à des biens et services «moins polluants» mais toujours inscrits dans le même système sociotechnique de

production et de consommation, ce qui empêcherait les concepteurs de s'atteler à des solutions réellement soutenables comme le propose l'approche du biomimétisme.

L'ACV est utilisé pour comparer des solutions entre elles

Selon une étude⁶⁵, comparer des produits entre eux conditionne le processus de conception. La comparaison des impacts environnementaux de deux solutions grâce à une ACV se fait généralement à mêmes performances fonctionnelles dans un système limité par les mêmes frontières. Dans un contexte fréquent où les contraintes de temps ne permettent pas de faire des analyses complémentaires, l'évaluation des produits existants peut conduire à un effet de «verrouillage», car les concepteurs utilisent les résultats de l'évaluation pour améliorer les performances du produit dans les limites du système défini, en d'autres termes pour «réduire la non-durabilité». Ainsi, l'application des outils d'évaluation basés sur l'ACV oriente le concepteur vers des options de réduction de l'impact plutôt que de révéler des options permettant de saisir les performances potentielles des produits dans leur contexte d'utilisation. Il est possible d'évaluer la multifonctionnalité d'une solution en étendant les frontières de l'analyse de référence mais pour cela il faut alors ajouter d'autres systèmes de références et réaliser l'analyse à partir de plusieurs unités fonctionnelles différentes. Ce qui peut être complexe et allonger le temps d'analyse.

L'ACV évalue les solutions dans un cadre dépassé

Les outils d'ACV mesurent la performance des produits dans le système de production actuel alors que le biomimétisme a pour but de développer des produits qui contribuent à une solution globale soutenable où les systèmes de production sont différents. Une solution sélectionnée peut fonctionner dans le système actuel de production mais à l'inverse peut être pire que d'autres solutions dans un scénario avec des systèmes de production soutenables^{66,67}. Pour pallier ce problème, les concepteurs peuvent étendre leur analyse en modélisant des scénarios futurs ou bien en utilisant l'ACV conséquentielle. Il faudrait donc une méthode d'évaluation pour guider les concepteurs vers des solutions qui contribuent à des systèmes plus durables plutôt que d'améliorer les solutions pour le système actuel.

L'ACV évalue les impacts dits «négatifs»

Une autre différence entre les cadres de pensées dans lesquels s'inscrivent des outils comme l'ACV ou ceux du biomimétisme tient dans la manière dont est considérée la nature des impacts. Les outils d'ACV parlent d'impacts dits «négatifs» sur l'environnement alors que ceux du biomimétisme tendent à créer des impacts bénéfiques. Afin d'évaluer les impacts bénéfiques potentiels d'une solution, il est nécessaire de considérer le contexte dans lequel elle s'inscrit⁶⁷. Par exemple, une substance chimique peut être bénéfique pour un écosystème vivant mais négative pour un autre. Ainsi, le facteur de la localité doit être pris en compte lors du processus de conception et lors de l'évaluation de la solution. En ACV, seul l'indicateur «épuisement des ressources en eau» prend en compte le facteur local par le degré de rareté de la ressource dans les différents pays. Des recherches sont également en cours pour localiser l'indicateur «utilisation des sols». Cependant, tous les autres indicateurs d'ACV ne le sont pas. Il est donc impossible pour le moment de mesurer avec l'ACV de mesurer les bénéfices d'une action sur l'environnement et cela nécessiterait des années de recherches pour que ce soit le cas. Néanmoins, cela soulève une autre question : dans quelles mesures l'humain est-il capable d'avoir des impacts bénéfiques sur les milieux naturels dans lesquels il vit ? Il est souvent dit en éco-conception que le seul produit qui n'a pas d'impact est celui qui n'existe pas. Peut-on alors parler de régénération ? laquelle ?

Limites d'indicateurs et de disponibilités des données

Par ailleurs, une autre limite à l'ACV pour évaluer les enjeux du vivant tient dans les faits de devoir multiplier les analyses pour prendre en compte les aspects sociaux (ACV sociale) ou qu'elle ne permet pas d'évaluer les enjeux de biodiversité. Il est donc nécessaire d'avoir recours à des indicateurs complémentaires pour réaliser une évaluation globale. De plus, l'ACV est un outil expert nécessitant des compétences ou des ressources financières et un de données qui ne sont pas toujours disponibles dans de petites ou moyennes entreprises et lors des phases de R&D. Ceci limite donc son utilisation pour des solutions s'inscrivant dans des approches émergentes comme le biomimétisme.

ACV outil de diagnostic

Certaines études qui critiquent l'ACV quant à son potentiel pour évaluer le biomimétisme sous-entendent que c'est un outil de créativité. Hors, il est important de rappeler que l'ACV est un outil servant à poser un diagnostic environnemental et permettant de mettre en évidence les éléments du cycle de vie d'un produit qui le rendrait non durable. Bien que l'on puisse s'appuyer sur ses résultats pour faire des choix, cet outil n'est pas un outil permettant de créer de nouveaux modèles. En pratique, lors de la phase d'idéation du processus d'éco-conception, il est même conseillé de prendre un pas de recul par rapport à ces résultats. Tout en conservant la vision en cycle de vie et multi-indicateurs ainsi qu'en s'intéressant aux causes, il est alors possible de développer des solutions en rupture avec la solution de référence.

Nouvelle perspective ?

Plusieurs études^{63,64,68} proposent de modifier l'objectif de la conception en passant du paradigme de la «réduction de la non-durabilité» (reduced unsustainability) au paradigme de la «réalisation de la durabilité» (unsustainability). Une étude⁶⁸ en particulier propose l'aperçu d'un cadre modifié pour l'évaluation environnementale des produits, basé sur la perspective de la «réalisation de la durabilité» et qui permettrait donc d'évaluer le biomimétisme. Plutôt que de tenter d'améliorer l'outil d'ACV, déjà complexe et lourd, cette étude propose de créer un nouvel outil pour lequel elle donne les principaux constituants (Figure 15).

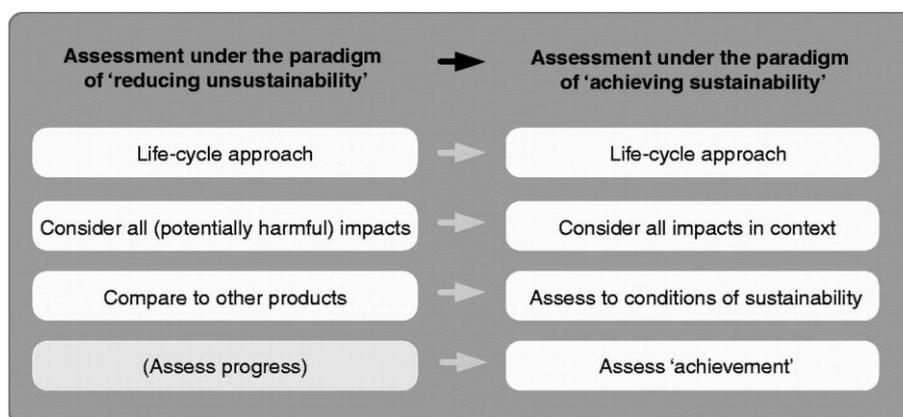


Figure 15 : éléments à considérer pour développer un nouvelle outil d'évaluation suivant le paradigme de la « réalisation de la durabilité »⁶⁸

De la même manière que la méthode d'ACV, l'auteur propose de conserver l'approche en cycle de vie qui permet d'avoir une vision systémique du produit. En revanche, afin de pouvoir

évaluer les impacts «bénéfiques» d'une solution, l'étude propose d'une part de considérer tous les impacts dans leur contexte et d'autre part d'ajouter deux éléments.

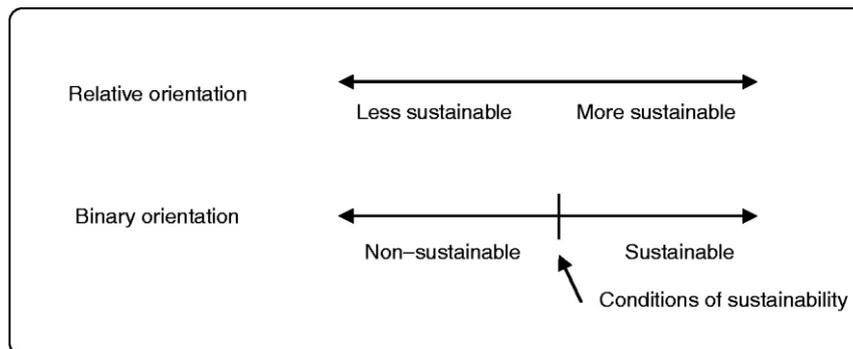


Figure 16 : comparaison entre une évaluation relative et une évaluation binaire⁶⁸

Le premier consiste à *évaluer les conditions de la durabilité plutôt que de comparer deux solutions entre elles*. Ceci donne lieu au passage d'une évaluation relative à une évaluation binaire (Figure 16) et nécessite de définir un ensemble de critères à remplir pour être qualifié de «durable». Cependant, cela pose la question de la définition du terme «durable» et des conditions de cette «durabilité». Quelle référence permettrait de dire que la solution a zéro impact ? La philosophie du biomimétisme peut aider à définir cet objectif à atteindre en considérant les concepts de régénération, de résilience et d'épanouissement comme des objectifs d'avancement et de progrès pour le vivant. S'intéresser aux principes du vivant peut être une première approche pour définir ces critères de durabilité. Ainsi, la comparaison de la nouvelle conception avec d'autres produits ne serait plus nécessaire pour évaluer ses performances.

Le second élément consiste à *évaluer l'atteinte des résultats plutôt qu'évaluer les progrès réalisés par rapport à la solution initiale*. Ainsi, cela informe le concepteur des mesures à prendre, par opposition aux mesures déjà prises et le guide vers la « réalisation de la durabilité » de manière plus efficace.

Cette étude⁶⁸ soulève des limites intéressantes quant à la capacité de l'ACV d'évaluer le nouveau paradigme de durabilité que propose la philosophie du biomimétisme.

Ainsi, l'analyse de cycle de vie est un outil tout à fait adapté pour poser le diagnostic environnemental ou social lors de la conception de produits ou services et pourrait être utilisée en fin de démarche de biomimétisme. Néanmoins, il semble intéressant d'évaluer une solution par rapport à des conditions de durabilité pour pousser la conception vers le paradigme de «réalisation de la durabilité» et les outils employés doivent évoluer avec la typologie de solution à évaluer. Il est donc nécessaire de déterminer de nouveaux critères prenant en compte l'ensemble des enjeux du vivant afin de guider la conception vers le paradigme de la « réalisation de la durabilité» dès les phases amont de la conception.

Etat de l'art des outils développés

Chen Austin Miguel et Beermann Kimberly⁶⁹ font l'analyse de trois études présentant un potentiel dans la matérialisation du paradigme de la «réalisation de la durabilité» en s'appuyant sur des outils basés sur les approches de biomimétisme et cradle-to-cradle. L'analyse, résumé dans le Tableau 1 est fait selon le cadre proposé précédemment⁶⁸ incluant les 4 éléments suivants: «approche en cycle de vie», «considérer tous les impacts dans le contexte», «évaluer les conditions de durabilité» et «évaluer l'atteinte des résultats plutôt que le progrès». Les conditions de durabilité sont ici celles du développement durable: environnement, sociale et économique.

Achieving sustainability paradigm [4]		LCA	Potential impact assessment tools		
Constituents	Description	Conventional and current variants	BiomiMETRIC, 2019 [46]	LCA + C2C, 2021 [15]	Biocircular model, 2021 [40]
Life cycle approach	Analyzing each step in the life of a product, from its conception to its end.				
“Consider all impacts in context”	By including context, the impacts occurring in the product life cycle are evaluated as beneficial or potentially harmful.				
“Assess to conditions of sustainability”	Environment	Comparing analysis with existing products' solution is no longer required.	*	*	**
	Social	The product is sustainable in its life cycle, or it is not.		**	**
	Economic			**	**
“Assess achievement”	A sustainable solution is assessed by achieving, rather than by reflecting progress improvement of existing solutions toward sustainability.				

Tableau 1: Évaluation d'outils récents inspirés de la nature pour l'évaluation de l'impact sur la durabilité par rapport au paradigme de la «réalisation de la durabilité». *Quantitatif. **Qualitatif. La couleur indique qu'il s'agit d'outils potentiellement prometteurs.⁶⁸

BiomiMETRIC tool

Le Biomimicry Institute recommande d'analyser la conformité d'une solution au regard des principes du vivant. Cependant, aucune des approches proposées par le Biomimicry Institute ou la norme ISO fournit d'outils quantitatifs pour mesurer les performances biomimétiques d'une solution. C'est pourquoi, Terrier et al.⁷⁰ propose en 2019 un outil dont l'objectif est de fournir une approche de quantification pour chaque principe du vivant et un indicateur de mesure pour évaluer la performance biomimétique.

Dans cet outil, les dix principes du vivant sont regroupés en trois dimensions de l'éco-innovation biomimétique (Figure 17)⁷⁰.

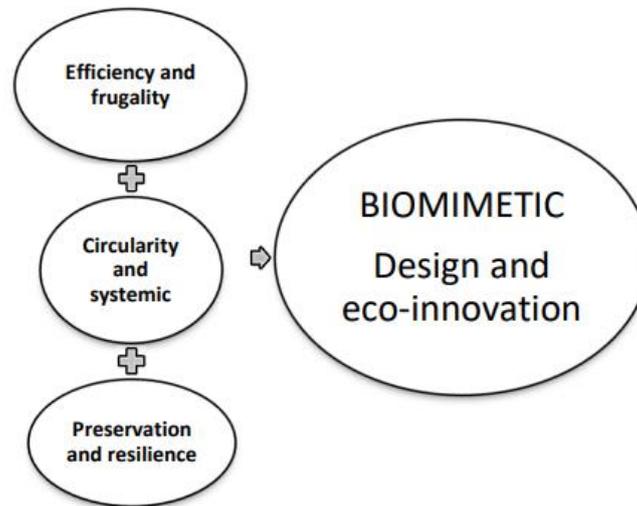


Figure 17: Dimensions proposées pour regrouper les principes du vivant utilisés en biomimétisme

1. La dimension «Efficience et frugalité» inclut les principes suivants: «Utiliser les matériaux et l'énergie avec parcimonie et efficacité» (Using materials and energy sparingly and effectively), «S'approvisionner ou acheter localement» (Source or buy locally), «Ne pas épuiser les ressources» (Do not exhaust resources), et «Optimiser l'ensemble plutôt que de maximiser chaque composant individuellement» (Optimizing the whole rather than maximizing each component individually). L'efficience est associée à la frugalité dans la consommation des ressources.»

2. La dimension «Preservation and resilience» inclut les principes suivants: «Ne pas polluer son nid» (Do not pollute your nest) et «Rester en équilibre dynamique avec la biosphère» (Remain in dynamic equilibrium with the biosphere). La préservation est associée à la résilience, ce qui permet au vivant de s'adapter au changement.

3. La dimension «Circularité et approche systémique» inclut les principes suivants: «Utiliser les déchets comme ressource» (Use waste as a resource), «Diversifier et coopérer» (Diversify and cooperate), et «Être informé, partager l'information et mettre en place des boucles de rétroactions» (Be informed, share information, and implement feedback loops). La circularité est associée à l'approche systémique basée sur l'analyse des flux entrant et sortant des limites du système.

Ainsi, l'outil développé présenté en Annexe 3 propose pour chaque principe du vivant un ou plusieurs indicateurs d'impact qui permet de l'évaluer et la méthode de calcul qui leur est associée. Pour les principes «Optimiser l'ensemble plutôt que de maximiser chaque composant individuellement», «Diversifier et coopérer» and «Être informé, partager l'information et mettre en place des boucles de rétroactions», aucune méthode quantifiable n'est cependant applicable selon l'auteur. Pour les évaluer, il formule donc une série de 5 questions qui sont ensuite évaluées et pondérées en fonction de leur niveau de pertinence pour la solution développée. La matrice de pondération des questions est présentée en Annexe 3.

Cet outil propose l'association d'un ou plusieurs indicateurs d'impact pour chaque principe du vivant. Cependant, il y a peu d'indications concernant le cadre d'analyse, le périmètre et les hypothèses utilisées. La méthode d'évaluation des questions manque de détails sur l'attribution de la note à la réponse à la question. Bien que qualitative et subjective, la méthode de pondération et de scoring des principes «Optimiser l'ensemble plutôt que de maximiser chaque composant individuellement», «Diversifier et coopérer» and «Être informé, partager l'information et mettre en place des boucles de rétroactions» est bien détaillée et aboutit à un score entre -2 et 2. Cependant, pour les principes qui sont évalués de manière quantitative par des indicateurs d'impacts, il reste une zone d'ombre quant à la pondération des indicateurs et le calcul du score final, également donné entre -2 et 2.

Selon C. Miguel and al.⁶⁹, cet outil d'évaluation de l'impact de la conception biomimétique suit toujours le paradigme de la «réduction de la non durabilité» en raison des questions et des mesures employées. Cette limite est d'ailleurs soulevée par l'auteur lui-même qui explique qu'aucun seuil n'a encore été établi à ces indicateurs pour dire qu'une solution est biomimétique ou non: «The assessment is therefore relative rather than absolute because we do not yet have thresholds that can indicate, for example, the maximum acceptable greenhouse gas level for considering that a solution is biomimetic»⁷⁰.

Enfin, bien que cet outil repose sur les principes du vivant, les indicateurs choisis ne permettent pas de couvrir les enjeux sociaux à part ceux relatifs à la santé. Il pourrait également être amélioré sur l'aspect biodiversité car il ne considère pas les impacts dans un contexte précis.

ACV + C2C

Une étude menée en 2021 par Peralta et al.⁷¹ propose de passer de démarches de conception qui visent l'éco-efficacité et utilisent des outils comme l'ACV à des démarches de conception qui visent l'éco-efficacité (Figure 18). Selon eux, c'est une approche proactive qui propose l'identification des processus ayant des impacts négatifs afin de les remplacer par de nouvelles solutions ; elle identifie les causes du problème afin de l'éradiquer complètement. Elle utilise des stratégies soutenues par l'éco-innovation mais les outils associés à cette approche sont plus limités que ceux de l'éco-efficacité: il peut s'agir de guides de conception conceptuelle et de propositions stratégiques ou bien des outils d'évaluation qualitative ou semi-quantitative. Selon les auteurs, les cadres de l'écologie industrielle, du C2C, de l'économie circulaire, et du biomimétisme incluent des stratégies d'éco-efficacité dans leurs approches, en plus d'améliorer l'éco-efficacité des systèmes. Cependant, dû à la difficulté d'intégration de solution éco-efficace, la stratégie est souvent d'intégrer les exigences de ces deux approches.

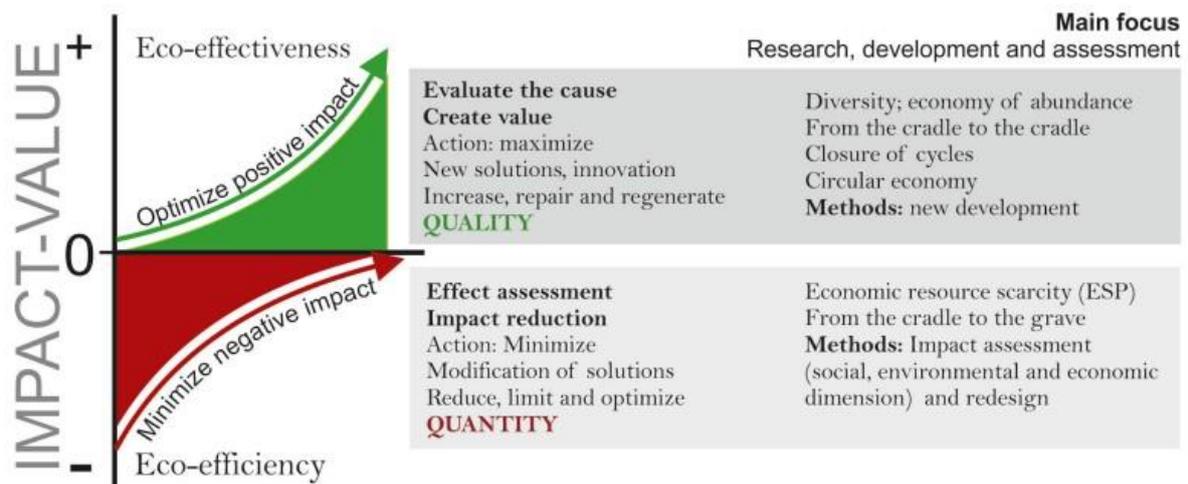


Figure 18: Perspective d'éco-efficacité comparée à la perspective de éco-efficience

Dans ce contexte, cette recherche développe un cadre pour la conception de produits industriels avec une portée de durabilité globale, du point de vue de l'éco-efficacité et de l'éco-efficience. Une méthodologie qui intègre les techniques d'ACV et du C2C est proposée, simplifiant les phases de conception, facilitant l'interprétation des résultats et fournissant une approche quantitative du C2C.

L'amélioration proposée définit de nouveaux indicateurs endpoint et vise à évaluer à la fois les impacts positifs et négatifs en divisant l'évaluation en trois niveaux : micro, méso et macro. Au niveau micro, les calculs sont basés sur des indicateurs midpoints d'ACV environnementale et sociale. A ce niveau, le produit est aussi évalué de manière qualitative selon les 5 catégories de l'approche C2C. Le calcul de la caractérisation (C_i) et de la normalisation (N_i) est nécessaire pour obtenir (à l'étape suivante) la pondération sur les indicateurs endpoints ACV+C2C.

Au niveau méso, sont évalués la qualité des ressources utilisées dans le cycle de vie (inputs) et leur relation avec les impacts générés (outputs). L'objectif est d'effectuer la pondération sur les indicateurs endpoints ACV+C2C afin d'obtenir une quantification de l'intervention de chaque ressource (matière première, énergie, eau, terre, ressource humaine et information) dans la génération de l'impact causé par le système.

Enfin, au niveau macro, les effets futurs sont pris en compte par des macro-indicateurs «Efficience» (E_y), «Cohérence» (Consistency, C_y) (ou efficacité, évalue la cyclicité du système) et «Suffisance» (Sufficiency, S_y) (évalue les impacts positifs, la création de valeur) qui fournissent des informations pertinentes pour la proposition de stratégies éco-efficientes et éco-efficaces.

Selon C. Miguel and al.⁶⁹, cette dernière étape indique que cette amélioration proposée se termine par l'évaluation des progrès du produit, ce qui coïncide avec le paradigme de «réduction de la non-durabilité». Malgré cela, cette méthodologie proposée fait avancer le domaine en fournissant un outil quantitatif pour compléter l'approche de C2C.

Biocircular Model

Enfin, selon l'auteur⁶⁹, une autre approche basée sur le biomimétisme pourrait avoir un potentiel d'application du paradigme de la « réalisation de la durabilité ». Il s'agit du « Biocircular Model » développé par Beermann and Austin⁷². C'est une approche conceptuelle inspirée de la nature et fondée sur les divergences entre les projets de construction durable. Ce modèle basé sur les principes du vivant et de l'économie circulaire conduit à quatre évaluations qualitatives, à savoir active (A), comportementale (B), de logement (H) et de partage (S), pour chaque phase d'un projet de construction qui aident à inclure la durabilité en tant qu'objectif. Pour cela, C. Miguel and al.⁶⁹ considère que ce modèle coïncide avec le nouveau paradigme. Cependant, aucun critère quantitatif n'est fourni. En revanche, ce modèle appliqué à la construction uniquement semble considérer le biomimétisme comme outil d'innovation pour résoudre des problèmes humains sans se nourrir de sa philosophie.

Outil d'analyse basée sur la norme iso 18458

Parmi les autres outils proposés mais qui ne sont pas présents dans l'analyse de C. Miguel and al.⁶⁹, nous pouvons citer celui de V. Desormeaux qui fournit une analyse qualitative de la durabilité de la démarche de conception biomimétique⁷³ dans le cadre du développement durable. Avec cet outil, elle a pour ambition de répondre aux trois conditions du concept de biomimétisme définies par Janine Benyus, soit la philosophie, la re-connexion et l'imitation, ce qui, selon elle, rendra les conceptions durables.

L'auteure s'inspire de l'outil d'analyse «La boussole Bernoise»⁷⁴ pour sa forme et son fonctionnement. Elles sélectionnent également des questions, pour les trois dimensions «économique», «environnementale» et «sociale», présentes dans la grille d'analyse de développement durable (GADD) de la Chaire en éco-conseil de l'UQAC⁷⁵. Enfin, elle tire huit principes de la Loi sur le développement durable du Québec⁷⁶ pour façonner l'outil.

L'outil développé (Annexe 4) présente un ensemble de critères sous forme de questions qui ont été divisés en thématique, soit environnementale, sociale et économique. Chaque critère peut être évalué sur une échelle de 0 à 3 et pondéré (Annexe 4).

Cet outil qualitatif plus facile à mettre en œuvre que ceux proposés précédemment semble bien évaluer les conditions de durabilité et l'atteinte des résultats plutôt que le progrès en proposant des solutions pour guider le concepteur. Cependant, la pondération des critères est subjective et donc la prise en compte de certains enjeux relève d'un choix du concepteur. De plus, l'auteur peine à intégrer les enjeux sociaux dans l'évaluation et la conception de la solution. Selon elle, «le concept de biomimétisme est fondé sur des principes que la nature met en application, et ces principes sont pour la majorité environnementaux. Cela laisse donc croire que les aspects sociaux de la Loi, tels que le principe d'« équité et solidarité sociales », ne sont, en grande partie du temps et pour la plupart, pas mis en application dans le monde naturel».

Finalement, cet outil ainsi que ceux présentés précédemment pour évaluer le biomimétisme sont pensés dans un cadre déjà défaillant qui est celui du développement durable. Bien que certains cherchent à évaluer sous une nouvelle perspective de la « réalisation de la durabilité », le concept de «durabilité » est toujours pensé dans une vision naturaliste du monde. Les enjeux sociaux ne sont compris que comme des relations entre humains mais non reliés au reste du vivant. De plus, la plupart de ces outils perpétue l'image que le vivant peut être

mesuré, contrôlé, prédictible avec des méthodes d'analyse compliquées qui ne permettent pas de rendre compte de la complexité du vivant.

Cette seconde partie nous a permis de montrer, à travers l'analyse d'approches et outils de conception, la difficulté de mise en application d'un biomimétisme pour le vivant. L'absence de contraintes obligeant à prendre en compte les enjeux du vivant lors de la démarche, ne favorise pas le développement de conceptions biomimétiques durables. En ce qu'il offre un nouveau paradigme dans la manière de vivre et de concevoir alors le biomimétisme ne peut pas se satisfaire des outils et méthodes existants qui se sont construits dans le cadre du développement durable et dans une vision du monde naturaliste. Ceci empêche la prise compte des enjeux sociaux comme étant les relations entre les espèces vivantes, qu'elles soient humaines ou non et de réellement se questionner sur la réelle valeur ajoutée en termes de bien-être des biens et services que l'on conçoit. Ainsi, parce que ces approches et outils sont pensés et mis en application dans le cadre défailant du développement durable alors ils échouent à guider vers un biomimétisme «renouvelé». Nous pouvons donc nous demander dans quel cadre faudrait-il s'inscrire ?



«Technophiles et radicaux écologistes se retrouvent en terrain complice. Ils parlent une même langue anthropo-centrée. Ils font reposer dans leurs mains le destin de ce qui les dépasse. Les uns veulent tout valoriser (c'est leur terme hideux, à ces banquiers !) quitte à tout détruire. Les autres veulent tout repenser pour tout sauver. Les puces croient qu'elles dirigent l'éléphant. Les uns comme les autres oublient qu'au-dessus de leurs intentions, de leurs ambitions, et malgré leurs efforts, la nature demeure une mystérieuse puissance créatrice».

Sylvain Tesson¹

Conseil avec plus de vivant

Dans l'objectif de comprendre comment assurer une dimension durable au biomimétisme, nous avons dans la première partie de ce mémoire questionné ses fondements philosophiques et éthiques. Cela nous a permis d'interroger la notion même de nature. Bien loin d'être évidente et partagée par tout le Monde, elle a contribué à façonner nos sociétés occidentales reposant sur une vision utilitariste du vivant. Dans la seconde partie, nous avons exploré certaines approches et outils de conception issus du développement durable. Ceux-ci ne permettent pas de contribuer à l'application d'un biomimétisme "renouvelé" car sont pensés dans un cadre perpétuant une vision du monde naturaliste.

Dans cette dernière partie, nous nous positionnons dans le cadre d'une entreprise de conseil en éco-socio-conception afin de poursuivre ces réflexions. Quels autres cadres que le développement durable pourrions-nous penser pour inscrire la vision du biomimétisme «renouvelé» ? En quoi la philosophie du biomimétisme nous invite-t-elle à questionner la posture et les rôles d'une entreprise en éco-socio-conception ? Comment cela peut-il concrètement s'inscrire dans les outils et prestations proposés afin d'imaginer des solutions favorisant l'habitabilité des territoires ?

1. De nouveaux cadres ?

La décroissance, un cadre favorable de pensée et d'actions pour le biomimétisme ?

Les limites de la croissance et notamment le premier rapport Meadows intitulé *The Limits to Growth*⁷⁷ sert de véritable déclencheur au mouvement de la décroissance.

La décroissance économique est théorisée dans les années 70 par l'économiste bulgare Nicholas Georgescu-Roegen⁷⁸. En parlant de « haute entropie » pour l'énergie non disponible pour l'humanité et de « basse entropie » pour l'énergie disponible, il démontre simplement que chaque fois que nous entamons notre capital naturel, comme les énergies de stock, nous hypothéquons les chances de survie de nos descendants. Il questionne donc également les concepts de la « croissance zéro » ou de « l'état stable » que peuvent prôner certains écologistes puisque même si nous stabilisons notre économie, nous continuerons à puiser dans notre capital.⁷⁹

Le concept de la décroissance fait aujourd'hui beaucoup débat et plusieurs économistes y voient les risques d'une récession. Une récession, soit « une chute du produit intérieur brut (PIB) »⁸⁰, impliquerait une réduction globale de la production de biens et services qui risquerait notamment d'engendrer la réduction de services publics indispensables ou encore le risque de perte de pouvoir d'achat et de vivre avec une hausse de la pauvreté.

Nicholas Gorgescu-Roegen et Serge Latouche⁷⁹ prônent plutôt une «décroissance soutenable» pour une «croissance humaniste». La décroissance est alors «une réduction de la production et de la consommation pour alléger l'empreinte écologique, planifiée démocratiquement dans un esprit de justice sociale et dans le souci du bien-être».⁸¹ Elle est

caractérisée par quatre éléments qui la différencie d'une récession, argument souvent avancé, à défaut, par les opposants à la notion de décroissance. Premièrement, la récession est un «ralentissement de l'activité économique d'un pays, caractérisé par une diminution de l'investissement et une augmentation du chômage»⁸² donc une **diminution globale** de l'activité économique alors que la décroissance est une **diminution ciblée sur l'allègement de l'empreinte écologique**. Les biens et services à haute empreinte matière et carbone sont réduits plus vite que d'autres. La seconde concerne le fait que cette décroissance est **planifiée de manière démocratique**, là où la récession peut être un accident. Cette planification se fait de deux manières qui constituent les deux dernières composantes de la décroissance soutenable :

- «dans un esprit de justice sociale»: il s'agit d'agir de manière efficace et prioritaire là où les pressions écologiques sont les plus importantes tout en veillant au fait que les personnes les plus vulnérables ne se retrouvent pas davantage dans des situations de vulnérabilité.
- «dans le souci du bien-être»: l'économie doit revenir à l'objectif de satisfaction des besoins. Ainsi, il faudrait évaluer les produits et services en fonction de leur intensité écologique et de leur apport en bien-être. Par exemple, l'utilisation de fioul pour le chauffage a une forte pression écologique mais est indispensable pour des foyers à revenus modestes. Il s'agira alors de faire un mix de sobriété et d'efficacité.

Mettre en place une décroissance soutenable nécessite d'établir des priorités sur certains secteurs d'activités à fortes pressions écologiques afin de choisir ceux qui peuvent être ralentis plus vite que les autres. Cela implique donc aussi de s'interroger sur l'intensité de bien-être apporté par les biens et services mais cela est subjectif car dépendant des besoins et goûts de chacun. On retrouve ici le sujet des imaginaires et des récits : nos goûts, désirs et envies sont tous les jours massivement influencés par le marketing et leur fabrique à discours et imaginaires. D'autres imaginaires, loin de ceux d'une consommation à outrance, s'élaborent et doivent être propulsés comme des futurs souhaitables. En parallèle, ce sont aussi nos systèmes de décisions qu'il faut revoir. Alors s'ouvre la voie d'innovation sur nos prises de décisions collectives - le biomimétisme peut nourrir cela. Dans cette idée de décroissance soutenable, l'idée serait donc de créer des forums démocratiques afin de faire des choix concertés. Cela est possible au vu de la récente expérience de la Convention Citoyenne pour le Climat pour ne citer qu'elle.

Les économistes pronant la décroissance soutenable proposent également plusieurs solutions pour les secteurs qui ne sont pas écologiquement soutenables. La première est la redirection écologique par la redirection des compétences et la remobilisation d'infrastructures. Si cela n'est pas possible alors ces activités doivent être fermées et démantelées (enlever le bitume pour végétaliser). Timothée Parrique⁸¹ soulève l'importance de déséconomiser certaines activités et de les transformer en communs* pour créer de la sécurité et de la robustesse sociale.

* «Un commun peut être identifié comme tel lorsqu'il répond à trois critères : C'est une ressource définie, gérée de manière collective, par une communauté déterminée. Le commun est un principe selon lequel une communauté d'usage se donne des règles communes pour prendre soin d'une ressource. De ce fait, un bien ou un service n'est pas commun par nature mais par son usage. Un commun ne se décrète pas, il se construit.»⁸³

Pour que ce concept puisse être adopté, il semble nécessaire de changer les imaginaires en se demandant à quoi pourrait ressembler un monde décroissant. En effet, si l'on définit la croissance économique comme norme du progrès alors logiquement la décroissance apparaît au contraire comme une régression, un déclin. Ainsi, la décroissance peut faire peur car elle donne l'impression d'un recul et de diminution du pouvoir d'achat et surtout de la liberté, notamment individuelle alors qu'il s'agit avant tout de restrictions pour les personnes les plus riches afin de diminuer les inégalités.

En changeant de récits, il est possible de rendre la décroissance désirable car elle s'attèle à proposer un progrès social et écologique important. Celle-ci pourrait être synonyme de convivialité, d'économie du bien-être, de prospérité⁸⁴. Elle est fertile à la construction de réseaux de confiance, d'amélioration de la qualité de vie, de réduction des inégalités et de favorisation de la biodiversité.

Questionnons-nous pour réévaluer ce que l'on considère être de la richesse, du partage, une économie souhaitable, ce que peut être la productivité dans une société en accord avec les limites planétaires et peut être ouvrir la porte à la non-productivité ou l'anti-productivité. Engendrons un changement de récits complets en se demandant ce qu'est la prospérité. De quoi avons-nous réellement besoin ? et que devons-nous produire soutenablement en retour ?

La voie du vivant ?

Le biologiste Olivier Hamant propose un autre cadre de pensée et d'action en s'inspirant du vivant. Bien plus qu'une simple bio-inspiration superficielle, il suggère un changement radical de modèle. C'est ce qu'il décrit comme La Troisième Voie du vivant⁸⁵ dans son livre éponyme.

De la même manière que l'approche du biomimétisme, il part du constat que depuis plus de quatre milliards d'années, le vivant s'est développé et a pu subsister malgré des conditions parfois très hostiles. Cependant, il marque le fait que le vivant tient sa force du fait de s'être construit sur des fluctuations. De tout temps, les êtres vivants ont survécu à des amplitudes énormes de température, des tempêtes, des sécheresses... Ainsi, il critique comment certaines approches du biomimétisme parlent de la performance des processus vivants acquise sur des milliards d'années d'essais-erreurs et montre plutôt que le vivant a construit sa résilience sur la robustesse à l'encontre de la performance.

Il explique qu'à la différence de notre monde matérialiste qui puise dans les ressources matérielles afin de résoudre ses problématiques, le monde vivant s'appuie sur les interactions. Il propose donc de passer de «l'infini matérialiste» à ce qu'il appelle un «infini des interactions» - cela semble s'accorder avec l'idée que les innovations sociales doivent supplanter les innovations technologiques.

Il distingue alors 3 grands principes du vivant pour guider notre modèle de société :

- **Le vivant est circulaire sur le temps long** car les êtres vivants sont complètement intégrés aux cycles de la terre là où les humains ont créé un cycle qui ne cycle pas,

celui de la technosphère. Cependant, la deuxième partie de ce principe est très importante car l'on pourrait penser rapidement à l'économie circulaire et à l'éco-conception mais ces approches semblent répondre de la circularité à court terme alors que le vivant intègre également les interactions à long terme. Les effets rebond représentent une problématique importante que nous avons du mal à gérer dans les enjeux écologiques actuels car l'efficacité - notre maître mot - nous entraîne dans un surplus de consommation.

- **L'abondance stimule la compétition individuelle mais la pénurie stimule la coopération du groupe.** Le vivant favorise la coopération ou bien des états transitoires de compétition. Il met donc l'accent sur le côté collectif et non sur le confort individuel. Pour illustrer ce principe, il donne l'exemple d'une forêt sur une montagne. Au bas de la montagne, le sol est riche et il y a beaucoup d'arbres. Si on enlève un arbre, les autres vont pousser plus vite car il peut y avoir une compétition en présence d'une abondance de ressources. Cependant, en haut de la montagne, il y a du vent, des UV, la température est plus basse et le sol moins riche. Lorsque que l'on enlève un arbre, les autres arbres perdent alors en biomasse car on a retiré un partenaire.
- **La résilience du vivant se construit contre la performance en mettant l'accent sur la robustesse.** Comme nous l'avons expliqué plus en amont, la performance est la somme de l'efficacité (atteindre son objectif) et de l'efficacité (avec le moins de moyens possibles). Olivier Hamant définit la robustesse comme le maintien de la stabilité du système malgré les fluctuations⁸⁶. La robustesse construit l'adaptabilité. En effet, il faut distinguer l'**adaptation** qui est le fait de «s'ajuster à une fonction ou à une circonstance particulière»⁸⁷ donc cela suppose que la circonstance pour laquelle l'adaptation est faite, est ciblée et connue; et l'**adaptabilité** qui est la «faculté à s'adapter»⁸⁸ et qui se caractérise donc à l'inverse par le fait que l'on ne sait pas ce qu'il va advenir et qu'il s'agit d'être capable de s'adapter à n'importe quelle situation ou circonstance. Il suggère donc de basculer de la performance vers la robustesse, une robustesse qui sera sociale, reposant sur le partage et la coopération entre les citoyens.

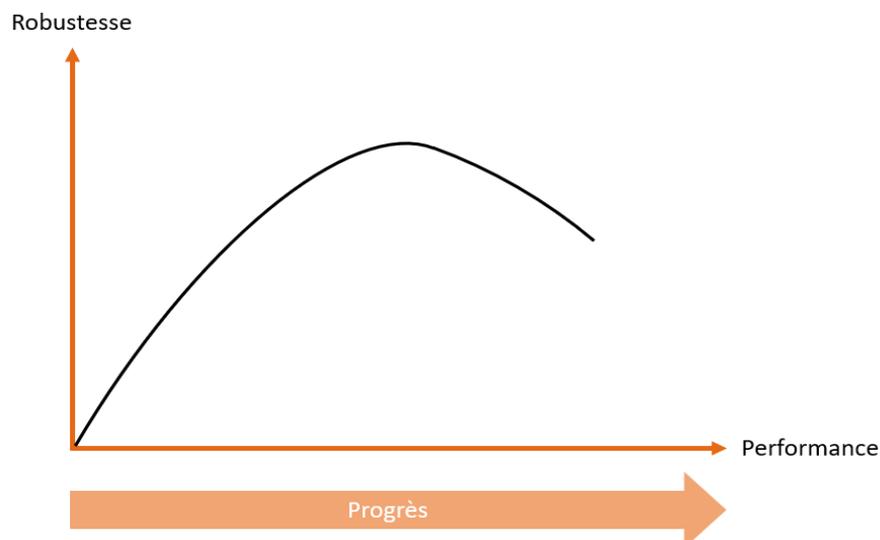


Figure 19 : «les gains de performance sont contre productifs»

Aujourd'hui, le progrès humain serait synonyme de gains de performance mais cela suppose des pertes en robustesse. Chercher à tout prix des gains de performance deviendrait contreproductif (Figure 19). Selon Olivier Hamant, le développement durable est pour l'essentiel toujours fondé sur des gains d'efficacité et la décroissance serait une réduction de la performance mais toujours sur le même axe. Il propose alors de changer d'axe et de définir le progrès humain comme des incréments de robustesse car le futur sera de plus en plus fluctuant, fait d'événements de plus en plus intenses et variés.

Olivier Hamant propose un ensemble de basculements de nos modes de pensée et de fonctionnement:

- Construire une société de la sobriété fondée sur l'abondance des interactions plutôt qu'une société de la croissance fondée sur des pénuries réelles ou artificielles,
- Utiliser le temps pour préserver la matière plutôt qu'utiliser la matière pour gagner du temps,
- Utiliser la production pour contribuer aux services écosystémiques plutôt qu'exploiter les écosystèmes pour augmenter la production,
- Construire l'adaptabilité sur les faiblesses des systèmes plutôt que construire la croissance sur l'optimisation des procédés.

Après avoir expliciter ces deux cadres de pensée et d'action, nous pouvons nous demander s'ils seraient compatibles avec un biomimétisme « renouvelé ». A quoi ressemblerait un « biomimétisme décroissant » ou un « biomimétisme des interactions » ?

Le biomimétisme aurait pour ambition de favoriser l'habitabilité des territoires pour l'ensemble des espèces vivantes. Or, six des neuf limites planétaires sont déjà franchies augmentant les risques de déstabiliser l'environnement planétaire de manière irréversible, avec des impacts majeurs pour les êtres vivants. Pour rester dans ces limites, il faudrait alors réduire nos activités. Les stratégies de décroissance des activités à fortes pressions sur le vivant et à faible valeur ajoutée de bien-être semblent donc en cohérence avec l'ambition du biomimétisme. De plus, les personnes promouvant les deux cadres présentés s'accordent à dire que pour construire cette société de sobriété, il est alors nécessaire de développer une robustesse sociale, une abondance des interactions de coopération afin d'organiser et gérer les activités. Dans les deux cas, les conditions de progrès doivent également être redéfinies pour se fonder sur des facteurs de résilience, de régénération et d'épanouissement et ainsi pourraient contribuer à l'ambition du biomimétisme.

Ainsi, le biomimétisme semble pouvoir s'inscrire dans ces cadres de pensée et d'action. De manière pragmatique, qu'est-ce que cela questionne sur la posture, les rôles et les outils d'une entreprise de conseil ?

2. De nouveaux critères inspirés du vivant

Nous avons vu précédemment qu'il existe un grand nombre d'outils et de méthodes utilisés aujourd'hui comme l'analyse de cycle de vie pour faire de l'évaluation de produits et de services. Quels critères pourraient venir compléter ces outils afin de s'inscrire dans le paradigme du biomimétisme ? Comment repenser ces critères au regard des cadres de la décroissance et de l'infini des interactions ?

Pour cela, nous présenterons ici le travail qui a été commencé dans l'objectif de déterminer des nouveaux critères d'éco-performance, complémentaires aux indicateurs d'ACV, pour guider la conception biomimétique.

Fondements

Avant de développer un nouvel outil, il est important d'adopter une certaine posture et de réaffirmer les fondements éthiques enseignés par le vivant. L'humain fait partie intégrante du tissu du vivant qui a construit sa résilience sur l'adaptabilité, la richesse des interactions et la circularité sur le long terme. Concevoir c'est donc s'interroger sur le besoin auquel nous souhaitons répondre et le contexte d'application de la solution. Son succès tient dans sa capacité à maintenir les conditions de vie sur Terre suivant des facteurs de résilience, de régénération et d'épanouissement.

Protocole

La deuxième étape consiste à élaborer un **cahier des charges idéal** de cet ensemble de critères au regard des questions soulevées dans les précédentes parties :

1. Avoir une vision systémique et multi étapes
2. Avoir une vision multi indicateurs. Volontairement, nous n'utilisons plus les termes d'indicateurs « environnementaux », « sociaux » et de « biodiversité » aux profits d'indicateurs du vivant afin de rappeler l'appartenance de l'être humain à la diversité biologique.
3. Évaluer dans le contexte de la solution.
4. Évaluer par rapport aux conditions de durabilité
5. Évaluer l'atteinte de ces conditions plutôt que le progrès

Cependant, évaluer une solution pour s'assurer qu'elle répond aux enjeux de durabilité nécessite de **redéfinir les conditions de durabilité**. Pour cela, il a été décidé de se baser sur les principes du vivant tels qu'ils sont énoncés par le Biomimicry Institute et sur les principes énoncés par Olivier Hamant⁸⁵. Ceux-ci sont considérés comme les éléments favorisant le développement des entités vivantes humaines et non-humaines malgré les fluctuations auxquelles ils sont confrontés.

Enfin, la dernière étape consiste à **identifier des critères** et la manière dont ils peuvent être mesurés pour évaluer ces principes et guider la conception.

Résultats et discussion - Travail en cours

Ce travail qui est toujours en cours de progression a permis d'obtenir des premiers résultats mais également de soulever de nouvelles questions.

Premièrement, j'ai voulu me questionner sur le lien entre les trois grands principes du vivant énoncés par Olivier Hamant et ceux données par le Biomimicry Institute aboutissant à leur répartition selon « Résilience », « Coopération » et « Circularité » (Annexe 5).

La première difficulté est venue dans l'identification de critères pour expliciter chacun de ces principes. Cela a guidé à énoncer un ensemble de questions, relatives à chaque principe, à se poser à chaque étape de la conception d'un système et pour l'ensemble des étapes de son cycle de vie (Annexe 5). Une fois les principes du vivant explicités sous forme de critères et questions alors vient la deuxième difficulté, comment mesurer et savoir si les conditions de durabilité ont été atteintes ? doit-on les quantifier ou est-ce une perte de sens ? Le choix a donc été fait de les mesurer de manière qualitative grâce à un arbre de questions et en s'appuyant sur un cas idéal pour le secteur cosmétique (Annexe 5). Ce travail toujours en progression nécessite de continuer à approfondir certaines questions afin de répondre aux différents points du cahier des charges idéal : quel est le cadre de référence idéal à atteindre ? doit-il être défini pour chaque secteur d'activités ? Il y a-t-il des secteurs d'activités pour lesquels il n'est pas possible de définir un cadre idéal car ceux-ci doivent être ralentis voire redirigés ? Comment ne pas tomber dans le techno solutionnisme et systématiquement s'interroger sur les besoins ? Comment définir ce qui a une réelle valeur ajoutée pour les êtres vivants et donc les activités qui peuvent être développées ou non ?

De plus, en évoluant dans le monde de l'évaluation environnementale pour le secteur de la chimie, j'observe une tendance des entreprises et industriels à se tourner vers des alternatives naturelles. La bioutilisation et la bioassistance* se répandent dans leurs imaginaires comme étant la solution aux maux climatiques. Face à cela, les entreprises de conseils expertes en enjeux environnementaux démontrent que ce ne sont pas toujours des solutions plus vertueuses car elles impliquent le transfert des impacts sur l'amont agricole en termes d'utilisation des sols, de consommations énergétiques, d'utilisation de compléments organiques pour booster les cultures... Cela interroge néanmoins sur le type de relations qu'il est possible d'avoir avec le vivant dans le secteur de la chimie. Sommes-nous contraint de perpétuer des logiques de dominations où le vivant est utilisé et modifié dans le but de produire de nouveaux actifs cosmétiques, «biocarburants» ou alternatives au plastique ? Est-il possible de mettre en place de nouvelles formes de coopération avec le vivant dans le secteur de la chimie ? Comment ces logiques de domination se traduisent-elles dans d'autres secteurs ? Comment déterminer si ces interactions sont mutuellement bénéfiques ou du moins non impactantes ?

* Le MNHN définit la *bioutilisation* comme étant «l'utilisation directe d'organismes à des fins bénéfiques. Par exemple, l'incorporation de végétation autour de ou dans les bâtiments pour générer un refroidissement par évaporation, ou l'utilisation de plantes pour leurs propriétés médicinales» et la *bioassistance* comme «la domestication d'un organisme pour accomplir une fonction, comme l'utilisation de bactéries pour purifier l'eau». ⁸⁹

3. Foire aux questions

Q1 : le biomimétisme comme levier d'introspection des entreprises ?

Au-delà d'aider à définir un nouveau référentiel, des outils et des méthodes, qu'est-ce que la philosophie du biomimétisme vient questionner sur la posture et les rôles d'une entreprise de conseil ?

Les raisons qui poussent des entreprises à entreprendre une démarche d'éco-conception ou d'évaluation environnementale sont diverses et variées. Les bénéfices souvent présentés que peut en tirer une entreprise sont : un levier de création de valeur, une diminution des risques, une meilleure compétitivité et une amélioration du chiffre d'affaires. Un document de l'ADEME datant de 2012⁹⁰ établit une liste détaillée de ces raisons (Figure 20).

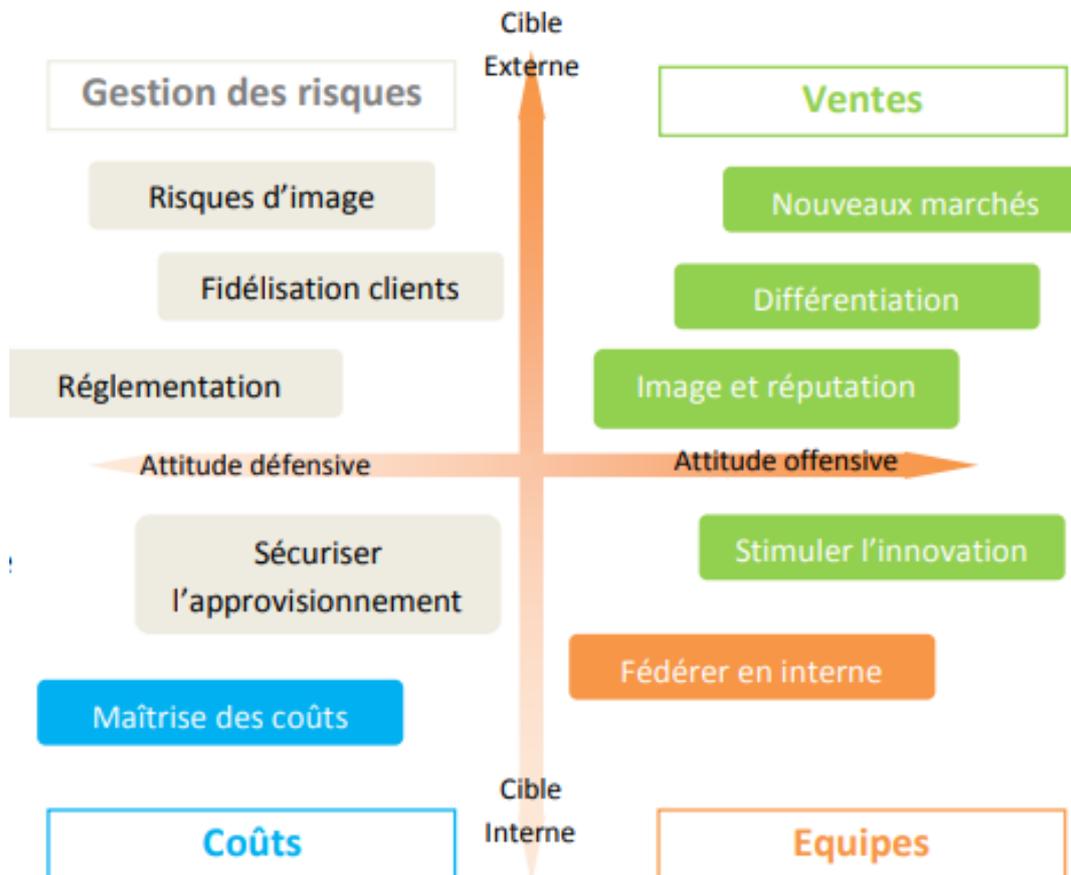


Figure 20 : Les différentes raisons de se lancer dans une démarche d'éco-conception

Parmi elles, aucune ne fait allusion à la défense du vivant pour sa valeur intrinsèque. Elles sont au contraire tournées vers un gain de parts de marché et un accroissement de richesses à travers l'innovation et la maîtrise des coûts. Si nous considérons que le vivant n'est pas mentionné volontairement car compris de manière évidente dans la notion même d'éco-conception, cela montre néanmoins que l'éco-conception, telle qu'elle est présentée, repose

sur un mécanisme de conciliation entre croissance économique et protection de l'environnement. Il est donc important d'explicitier en tout temps les termes sous-jacents.

Bien qu'ils y aient plusieurs niveaux d'éco-conception allant de l'éco-amélioration jusqu'à l'éco-innovation pour repenser les modèles économiques, les raisons qui poussent les entreprises à se lancer interrogent beaucoup sur leur sensibilisation à la question du vivant et donc sur les choix qu'elles font et des résultats auxquels elles aboutissent lors d'une démarche d'éco-conception.

Ainsi, un ensemble de questions se posent quant à la posture et aux rôles que pourrait avoir une entreprise de conseil en éco-conception et la manière dont la philosophie du biomimétisme pourrait y aider. Les poser ne serait-il pas une des missions d'une entreprise de conseil ? Voici une liste de ces questions :

- Une entreprise de conseil en éco-conception doit-elle participer au travail idéologique, à la construction et au partage d'une culture du vivant ?
- Doit-on et que signifie prendre en compte la voix du vivant dans la conception de biens et services ? doit-on dés-anthropocentrer la conception ?
- Doit-on tout quantifier pour guider les entreprises à faire les bons choix ? est-ce une perte de sens ? Cette question qui n'a pas eu le temps d'être traitée dans le cadre de cette étude semble néanmoins très importante notamment au regard des recherches qui sont faites actuellement afin d'évaluer les pressions sur la biodiversité ou encore la mesure des services écosystémiques.
- Quel serait l'apport des sciences sociales pour mener des projets de conception plus respectueux du vivant ?
- Si le potentiel de la biomimétique est d'inspirer de nouveaux états d'esprit, valeurs et récits concernant la relation entre l'homme et le vivant, ainsi que des visions alternatives du développement, l'enjeu est-il de déterminer de nouveaux critères de conception ou bien des outils et méthodes favorisant un changement d'état d'esprit, de paradigme et de posture ?
- La philosophie du biomimétisme et d'autres courants issus du développement durable parlent de design régénératif. Que veut-on régénérer ? par rapport à quelle référence ? plutôt que de régénérer un écosystème tel qu'il était à un moment t, l'enjeu n'est-il pas plutôt de rétablir sa capacité d'adaptation ? Comment participer à la régénération sans se mettre dans une posture de domination par rapport au vivant ?
- Toutes les entreprises doivent-elles passer par des éco-améliorations afin d'aboutir à la modification stratégique de leurs activités ou bien doivent-elles directement adopter une posture radicale ?
- Comment choisir les clients à accompagner ? doit-on exiger un prérequis de posture éthique de leur part ? Doit-on la leur transmettre ? Conseiller les entreprises signifie-t-il se plier à leurs objectifs et demandes ou bien cela consiste-t-il à affirmer ses positions ?

Parmi ces questions, deux d'entre elles sont détaillées par la suite.

Q2 : Des entreprises sensibles ?

Toute prise d'action découle d'une prise de conscience. Comment attendre d'une entreprise qu'elle fasse des choix à la hauteur des enjeux du vivant si les personnes qui la constituent n'ont pas conscience d'appartenir au monde vivant ?

Comme nous l'avons évoqué tout au long de ce mémoire, une reconnexion au vivant est nécessaire, ré-ensauvager n'est pas un mot dangereux mais permet bien de retrouver un sentiment de joie de notre appartenance au monde vivant. Au niveau collectif, cela passe notamment par la redéfinition de certains termes pour qu'ils soient porteurs de sens. Mais plus encore, il s'agit d'enrichir la culture commune du vivant en réapprenant à le connaître, en développant des relations riches et en créant de nouveaux imaginaires, nouveaux récits pour que la lutte pour l'habitabilité de la planète mobilise les affects et devienne souhaitable.

Une entreprise de conseil en évaluation et éco-socio conception peut-elle et doit-elle contribuer à ces enjeux ? Comment construire ces fondations philosophiques avant d'accompagner à la conception de nouvelles solutions ? Quelles sont les compétences et métiers à mobiliser au sein d'une entreprise de conseil pour faire ce travail idéologique ? Quel serait l'apport du design et de l'art dans cette mission ?

Q3 : Redirection écologique, à quoi renoncer, quoi fermer et comment ? Quelles transformations ?

Si l'on décide de dire que la décroissance est une stratégie tout autant voire plus importante que l'efficacité, comment décider de ralentir ou fermer une activité et comment en ouvrir de nouvelles ? Est-ce le rôle d'un cabinet de conseil en environnement d'accompagner les entreprises dans ce type de remise en question de leur stratégie ?

Selon Alexandre Monnin, Diego Landivar et Emmanuel Bonnet, la redirection écologique est «un cadre, à la fois conceptuel et opérationnel, destiné à faire tenir les organisations publiques et privées, ainsi que les infrastructures et instruments de gestion qui les soutiennent dans les limites planétaires»⁹¹. Elle remet en question le terme de «transition» écologique qui appartiendrait à des paradigmes «conciliateurs» de l'écologie, comme les concepts de développement durable ou responsabilité sociétale des entreprises. Pour envisager un horizon éventuel de conciliation, il faut d'abord un alignement des organisations publiques et privées sur les limites planétaires en passant par des arbitrages.

Par la redirection écologique il est alors possible de déconstruire les implicites sur lesquels reposent les mécanismes de conciliation. Elle vise à dépasser l'idée réductrice que la question écologique est un problème à résoudre, une situation réversible par des moyens de réparation et de compensation. Elle réfute le fait que ce ne soit qu'une question de moyens, des problèmes techniques et invite plutôt à clarifier la stratégie des organisations pour la mettre en accord avec les limites qui s'imposent à elles. De plus, elle remet en cause l'idée que le monde peut être piloté et réduit à des entités isolables et catégorisables, que «le monde serait fait d'externalités positives et négatives qu'il suffit de calibrer et compenser à partir d'une position centrale.» Enfin, la redirection écologique admet que les stratégies d'optimisation ne suffiront pas. Les organisations devront faire des choix qui ne seront ni plaisants, ni limpides à l'aide de protocoles de renoncement, de la fermeture et ensuite de la réaffectation.

Qu'en est-il donc de la posture d'une entreprise de conseil vis-à-vis de ses clients imbriqués dans des activités qu'il faut fermer ou (in)directement impactée par la fermeture ? A ce sujet, il est important de garder en tête que la fermeture et la naissance d'activité n'est pas un sujet nouveau (l'émergence du numérique est un scénario parfait) cependant ici le scénario global dans lequel elles doivent s'inscrire est nouveau : les limites planétaires. Aussi, un élément de taille est que ce scénario met en évidence l'imposante quantité de systèmes, tous interdépendants, avec lesquels ils faillent négocier. De plus, ces enjeux doivent se décider et se traiter collectivement, dans un contexte où les systèmes collectifs sont défailants.

Dans cette dernière partie, nous avons exploré les cadres de pensée et d'action de la « décroissance soutenable » et de « l'infini des interactions ». Ceux-ci semblent être compatibles avec la philosophie du biomimétisme. En effet, le premier invite à questionner le besoin et des apports en bien-être des activités humaines pour faire des choix de décroissance et ainsi maintenir le mieux possible l'équilibre du système terre. Pour les deux cadres, il s'agit de redonner sécurité et robustesse sociale plutôt qu'être à la recherche de nouveaux profits économiques. En somme, construire la résilience sur la robustesse plutôt que sur la performance et ceci grâce à la coopération inter et intra espèce. Cette vision nous a permis d'identifier un ensemble de questions vis-à-vis des rôles et outils d'une entreprise de conseil en éco-socio-conception.

Conclusion

Le biomimétisme semble être une approche pleine de promesses pour un avenir plus durable. Dans les faits, il est appliqué d'une multitude de manières qui n'impliquent pas nécessairement des retombées positives pour le vivant. Avant de déterminer de nouveaux critères pour guider la conception biomimétique vers des solutions réellement durables, il était nécessaire de questionner les fondements même de la philosophie du biomimétisme. Le concept de Nature qui s'est imposé comme évidence dans la culture occidentale impliquerait une séparation entre le vivant humain et non-humain ayant entraîné des rapports de domination. Dans cette vision naturaliste du monde, le vivant non-humain mais parfois aussi humain devient objet. Il s'agit de le contrôler, de l'utiliser, parfois de le protéger ou de le contempler. Il n'a de valeur que celle que l'homme choisi de lui donner. Ceci aurait contribué à façonner notre manière de produire et d'envisager notre présent et notre futur.

Par ailleurs, chercher à développer des solutions biomimétiques durables implique de se questionner sur les systèmes en place et les cadres de pensée et d'action dans lesquels nous imaginons un futur souhaitable. Malgré les conséquences écologiques entraînées par le système capitaliste, la croissance économique est souvent et toujours synonyme de liberté, d'innovation, de progrès ou encore de lutte contre la pauvreté. Elle s'est immiscée jusque dans notre manière de concevoir un développement durable. Cependant, il prône une transition faite de conciliations où les technologies vertes permettraient de résoudre la crise climatique et perpétue une vision réductrice de la complexité du vivant.

Ainsi, deux grands types de biomimétisme se dessinent. Le premier, pouvant s'inscrire dans le cadre du développement durable est plus artificiel et superficiel. Il maintient les systèmes de production actuels drivé par la recherche de performance et de croissance économique et accentuent dangereusement des formes de domination sur le vivant. Le second, est un biomimétisme « renouvelé » qui a pour ambition de repenser les liens entre vivants et de maintenir voire rétablir des conditions d'habitabilité des territoires pour l'ensemble des espèces.

Pour déterminer comment s'assurer que ce biomimétisme répond à son ambition, nous avons analysé des approches et des outils d'évaluation existants comme l'ACV. Cette analyse révèle qu'un changement de paradigme doit s'opérer de la recherche de l'éco-efficience vers l'éco-efficacité. De nouveaux outils se basent sur la perspective de « la réalisation de la durabilité » en opposition à celle de la « réduction de la non-durabilité » pour tenter d'évaluer le biomimétisme. Cependant, ils semblent échouer à intégrer l'ambition biomimétisme car se sont construits dans le cadre du développement durable et dans une vision du monde naturaliste.

Nous avons montré dans ce mémoire qu'avant de développer de nouveaux outils ou méthodes, il est important de solidifier les fondements philosophiques pour repenser nos cadres de pensée et d'action. Et il semble que les entreprises de conseils pour la conception de biens et services durables peuvent jouer un rôle dans ces missions. Elles pourraient contribuer à enrichir et transmettre une culture collective du vivant, à se questionner sur la manière dont on donne une voix au vivant et dont on envisage de nouvelles relations de coopérations. C'est en retrouvant le sentiment de joie de notre appartenance au tissu biologique, en réapprenant à voir, en subjectivant les espèces et écosystèmes vivants, qu'il sera possible de redonner au vivant sa place dans notre monde commun. De plus, les entreprises de conseil pourraient adopter une nouvelle posture de conseil pour questionner les activités des entreprises aux regards de d'autres cadres d'action comme celui de la « décroissance soutenable » et « l'infini des interactions ». Ceux-ci proposent de construire la résilience sur l'adaptabilité plutôt que sur la performance et la croissance, d'encourager la coopération inter et intra espèces et mettre en place une circularité sur le long terme. Ainsi, ces cadres invitent à redéfinir la notion de progrès et donnent des critères qui pourraient permettre de guider la conception d'un biomimétisme « renouvelé » où les questions sociales et écologiques restent indissociables.

Références

- 1 Veillon, S. (2021). Green Urbex : un monde sans nous. (*Albin Michel*).
- 2 Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., & al. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- 3 Planetary Boundaries (2023). Consulté sur le site du Stockholm Resilience Center le 06.06.2023: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>
- 4 Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: Morrow
- 5 Biomimicry Institute. (2022). *A Journey of Design Inspired by Nature with Janine Benyus* [Vidéo en ligne]. Consulté sur: <https://www.youtube.com/watch?v=GD0qPaHEvYM>
- 6 Biomimicry 3.8. (2021). *DesignLens: Une guide visuel*. Consulté sur: <https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-download-2/>
- 7 International Organization for Standardization (2015). ISO 18458:2015 Biomimétique - Terminologie, concepts et méthodologie. (ISO/TC 266). Consulté sur: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18458:ed-1:v1:fr>
- 8 Définition Le Robert de Philosophie. Consulté sur le site du Robert: <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/philosophie>
- 9 Delannoy E. (2019). Manifeste: Pour un biomimétisme au service de la vie !. Consulté sur: <https://blog.pikaia.fr/biomimetisme/pour-un-biomimetisme-au-service-de-la-vie/>
- 10 Lucchese, V. (2020) Philippe Descola: « Il faut combattre l'anthropocentrisme ». Consulté sur: <https://usbeketrica.com/fr/article/philippe-descola-il-faut-combattre-l-humanisme-comme-anthropocentrisme#:~:text=S%C3%A9paration%20du%20reste%20du%20monde,l e%20monde%2C%20selon%20Philippe%20Descola>
- 11 BLAST, Le souffle de l'info. (2022). La nature n'existe pas [Vidéo en ligne]. Consulté sur: <https://www.youtube.com/watch?v=fV2VqJhxE>
- 12 Ferdinand M. (2019). *Une écologie décoloniale: Penser l'écologie depuis le monde caribéen* (Seuil)
- 13 Pignocchi, A. (2018, 14 mai). Dans les Zad, on apprend à penser « par-delà nature et culture ». *Reporterre*. Consulté sur: <https://reporterre.net/Dans-les-Zad-on-apprend-a-penser-par-dela-nature-et-culture>
- 14 Descola, P., Pignocchi, A. (2022). *Ethnographies des mondes à venir*. (Seuil)
- 15 France culture. (2021, 16 juin). La Grande Table idées : re-voir le vivant en peinture et par la peinture. [Podcast audio]. Consulté sur : <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/la-grande-table-idees/re-voir-le-vivant-en-peinture-et-par-la-peinture-3527334>
- 16 Coccia, E. (2016). *La Vie des plantes: Une métaphysique du mélange*. (Payot & Rivages)
- 17 UN Habitat. (2022). *World Cities Report 2022 : Envisaging the Future of Cities*. Consulté sur: <https://unhabitat.org/wcr/>
- 18 Morizot B. (2020) *Manières d'être vivant*. (Actes Sud).
- 19 Zhong Mengual, E. (2021). *Apprendre à voir : le point de vue du vivant* (Actes Sud)
- 20 Actes Sud Editions. (2022). *Estelle Zhong Mengual: « Quel est notre œil pour le vivant ? »* [Vidéo en ligne]. Consulté sur: <https://www.youtube.com/watch?v=Owl3pdfWqjk>
- 21 Descola, P. (2005). *Par-delà nature et culture*. (Gallimard)
- 22 Ferdinand, M. (2019). *Une écologie décoloniale: Penser l'écologie depuis le monde caribéen* (Seuil)
- 23 Mourin, B. (2020, 26 octobre). Entretien avec Malcom Ferdinand: Décoloniser l'écologie. *agir par la culture*. Consulté sur: <https://www.agirparlaculture.be/malcom-ferdinand-decoloniser-lecologie/#easy-footnote-bottom-3-8418>
- 24 Dion Cyril (2022) *Animal*

- 25 Kempf, H. Reporterre (2017, 23 novembre) Entretien avec Bruno Latour: « Défendre la nature : on bâille. Défendre les territoires : on se bouge ». *Reporterre*. Consulté sur : <https://reporterre.net/Bruno-Latour-Defendre-la-nature-on-baille-Defendre-les-territoires-on-se-bouge>
- 26 Définition de «environnement». Consulté sur le site du CNRTL le 06.06.2023: <https://www.cnrtl.fr/definition/environnement>
- 27 Barrière, O., David, G., and al (2019) Coviability of Social and Ecological Systems: Reconnecting Mankind to the Biosphere in an Era of Global Change. Consulté sur: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-78497-7>
- 28 ENS Lyon. (2018, juin). Enclosure. Consulté sur le site de GéoConfluences: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/enclosure#:~:text=L'enclosure%20est%20un%20mouvement,transfert%20de%20main%20d'%C5%93uvre>
- 29 C., Stone. (1972) Should Trees Have Standing ? Toward Legal Rights for Natural Objects, *Southern California Law Review*.
- 30 Constitution de la république de l'Équateur: Droits de la nature. (2008). Site de la Consulté sur: <https://www.silene.org/fr/centre-de-documentation/documents-legaux/constitucion-republica-ecuador>
- 31 Brunet, P. (2019). Les droits de la nature et la personnalité juridique des entités naturelles: un commun qui s'ignore? Consulté sur le site de HAL open science: <https://hal-paris1.archives-ouvertes.fr/hal-02396201/document>
- 32 Définition de «progrès». Consulté sur le site du CNRTL le 06.06.2023: <https://www.cnrtl.fr/definition/progr%C3%A8s#:~:text=Marche%20en%20avant%3B%20avantage%20remport%C3%A9,Fait%20de%20gagner%20du%20terrain.>
- 33 Qu'est-ce que le Taylorisme ? (2019, 30 septembre). Consulté sur le site de Vie Publique le 06/06/2023: <https://www.vie-publique.fr/fiches/270751-quest-ce-que-le-taylorisme>
- 34 Les Trentes Glorieuses. Consulté sur le site Ministère de l'économie des finances et de la souveraineté industrielle et numérique le 06.06.2023: <https://www.economie.gouv.fr/facileco/trente-glorieuses>
- 35 ENS Lyon. (2017). *Anthropocène*. Consulté sur le site de GéoConfluences le 06.06.2023: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/anthropocene>
- 36 Planetary Boundaries (2023). Consulté sur le site du Stockholm Resilience Center le 06.06.2023: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>
- 37 Reinert, M. (2022, 4 novembre) Tout comprendre aux limites planétaires, *Reporterre*. Consulté sur: <https://reporterre.net/Qu-est-ce-que-les-limites-planetaires#1>
- 38 Définition de «Développement (économique)». Consulté sur le site de l'ENS Lyon le 06.06.2023 <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/developpement-economique>
- 39 Méda, D. (2014). *La Mystique de la croissance: Comment s'en libérer*. (Flammarion).
- 40 Latouche, S. (2022). *La Décroissance*. (Presses Universitaires de France).
- 41 Greenletter Club. (2022). #78 - Croissance verte : un mythe dangereux ? *Timothée Parrique*. [Vidéo en ligne]. Consulté sur: <https://www.youtube.com/watch?v=MKX4cr4WQ7k>
- 42 Clark, A. E., Frijters, P. , Shields, M. (2007). Relative Income, Happiness and Utility: An Explanation for the Easterlin Paradox and Other Puzzles. *IZA*. Consulté sur: <https://docs.iza.org/dp2840.pdf>
- 43 Froger, G., Calvo-Mendieta, I., Petit, O. & Vivien, F. (2016). Qu'est-ce que l'économie écologique ?. *L'Économie politique*, 69, 8-23. <https://doi.org/10.3917/leco.069.0008>
- 44 Kamili, L. (2019). Biomimétisme et bio-inspiration : nouvelles techniques, nouvelles éthiques ?. *Techniques & Culture*. <https://doi.org/10.4000/tc.9299>
- 45 Définition de «approche». Consulté sur le site du CNRTL le 06.06.2023: <https://www.cnrtl.fr/definition/approche>
- 46 Da Silva, S.J. (2021). *Le biomimétisme au-delà de l'inspiration formelle : Recommandations aux designers de produits pour une intégration du biomimétisme*

- dans le processus de développement de produits. (Mémoire de Maîtrise en design). Université de Laval, Québec, Canada.
- 47 Définition de «outil». Consulté sur le site du CNRTL le 06.06.2023: <https://www.cnrtl.fr/definition/outil>
- 48 ADEME. Economie circulaire - Consommation durable. Consulté sur le site de l'ADEME: <https://expertises.ademe.fr/expertises/economie-circulaire>
- 49 AFNOR. (2013). Management environnemental – Aide à la mise en place d'une démarche d'éco-conception. (NF X 30-264). Consulté sur : <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-x30264/management-environnemental-aide-a-la-mise-en-place-dune-demarche-decoconcep/fa166440/1310>
- 50 Commission Européenne. (2021). Environmental Footprint methods. Consulté sur le site de la Commission Européenne: https://green-business.ec.europa.eu/environmental-footprint-methods_en
- 51 Graeff, E. (2020). Innovation bio-inspirée : modélisation d'un processus interdisciplinaire de conception biomimétique outillé et intégration d'un nouvel acteur, le Biomiméticien (Doctoral dissertation, HESAM Université).
- 52 ADEME. (2020-2021). *Synthèse à l'étude relative aux externalités positives du biomimétisme*. Consulté sur le site du Ceebios: <https://ceebios.com/wp-content/uploads/2022/01/Ademe-Myceco-Ceebios-Externalites-Positives-Biomimetisme-SyntheseComplete-200dpi-03.pdf>
- 53 Caya, O., Chamberland-Tremblay, D., Côté, L., Derome, B., Guillemette, M. et Joyce, A. (2012). Manuel de gestion du développement durable en entreprise : une approche progressive.
- 54 Fondation Ellen MacArthur. (2013). Towards the circular economy Vol. 2: opportunities for the consumer goods sector. Consulté sur le site de la fondation Ellen MacArthur: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-2-opportunities-for-the-consumer-goods>
- 55 El-Haggar, S. M. (2007). Chapter 3 - Sustainable Development and Industrial Ecology. *Sustainable Industrial Design and Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/B978-012373623-9/50005-8>.
- 56 MBDC. (2023). C2C-Certified-Brochure. Consulté sur: <http://www.truevaluemetrics.org/DBpdfs/Metrics/C2C/MBDC-C2C-Certified-Brochure.pdf>
- 57 Llorach-Massana, P., Farreny, R., Oliver-Solà, J. (2015). Are Cradle to Cradle certified products environmentally preferable? Analysis from an LCA approach. *Journal of Cleaner Production*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.032>
- 58 McDonough, W., Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. (New York: North Point Press). ISBN 0865475873. OCLC 47623923.
- 59 Fayemi, P.-E. (2016). Innovation par la conception bio-inspirée : proposition d'un modèle structurant les méthodes biomimétiques et formalisation d'un outil de transfert de connaissances. (Thèse de doctorat). École nationale supérieure d'arts et métiers (ENSAM), Paris, France.
- 60 Mead, T., Jeanrenaud, S. (2017). The elephant in the room: biomimetics and sustainability?. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*. <http://dx.doi.org/10.1680/jbibn.16.00012>
- 61 Ceebios, Myceco. (2019). Biomimétisme. Quels leviers de développement et quelles perspectives pour la France ? Consulté sur le site de France Stratégie: https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/le_biomimetisme_comme_levier_de_soutenabilite.pdf
- 62 ADEME. (2018). L'analyse de cycle de vie. Consulté sur le site de l'ADEME le 06.06.2023: <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-l'action/dossier/lanalyse-cycle-vie/quest-lacv#:~:text=L'analyse%20du%20cycle%20de%20vie%20est%20l'outil%20le,de%20services%20sur%20l'environnement.>

- 63 Manzini, E. (1994). Design, Environment and Social Quality: From 'Existenzminimum' to 'Quality Maximum'. *Design Issues*. <https://doi.org/10.2307/1511653>
- 64 Ehrenfeld, J. (2008). Sustainability by Design: A Subversive Strategy for Transforming Our Consumer Culture. (Yale University Press).
- 65 Bakker, C. A., R.Weaver, Ch.Teoh, and S.De Clercq. (2009). Designing Cradle-to-Cradle Products: A Reality Check. *International Journal of Sustainable Engineering*. <https://doi.org/10.1080/19397030903395166>
- 66 Reap, J. J. (2009). Holistic Biomimicry: A Biologically Inspired Approach to Environmentally Benign Engineering.(Thesis). Georgia Institute of Technology, Atlanta, Etats-Unis.
- 67 Bjørn, A., Hauschild, M.Z. (2013). Absolute Versus Relative Environmental Sustainability. *Journal of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00520.x>
- 68 de Pauw, I.C., Kandachar, P., Karana, E. (2015). Assessing sustainability in nature-inspired design, *International Journal of Sustainable Engineering*. <http://dx.doi.org/10.1080/19397038.2014.977373>
- 69 Austin Miguel, C., & Kimberly, B. (2023). Including Nature-Based Success Measurement Criteria in the Life Cycle Assessment. *IntechOpen*. <https://www.intechopen.com/online-first/86288>
- 70 Terrier, P., Glaus, M., Raufflet, E. (2019). BiomiMETRIC Assistance Tool: A Quantitative Performance Tool for Biomimetic Design. *Biomimetics*. <https://doi.org/10.3390/biomimetics403004910.3390/biomimetics4030049>
- 71 Peralta, M.E., Alcalá, N., Soltero, V.M. (2021). Weighting with Life Cycle Assessment and Cradle to Cradle: A Methodology for Global Sustainability Design. *Appl. Sci*. <https://doi.org/10.3390/app11199042>
- 72 Beermann, K., Chen Austin, M. (2021). An Inspection of the Life Cycle of Sustainable Construction Projects: Towards a Biomimicry-Based Road Map Integrating Circular Economy. *Biomimetics*. <https://doi.org/10.3390/biomimetics6040067>
- 73 Désormeaux, V. (2020). Outil d'analyse de la durabilité de la démarche de conception biomimétique basée sur la norme iso 18458. (Essai de maîtrise en environnement). CUFE, Sherbrooke, Canada
- 74 Canton de Berne. (2011). La boussole bernoise du développement durable. Consulté sur : https://www.ne.sites.be.ch/content/dam/ne_sites/dokumente/fr/nachhaltigkeitsbeurteilung/aue-ne-nhb-excel-ne-kompass-leitfaden-FR.pdf
- 75 Chaire en éco-conseil de l'UQAC. (2016). Grille d'analyse de développement durable. Consulté sur le site Chaire Eco-conseil UQAC : <http://ecoconseil.uqac.ca/outil-de-gestion-des-mr/>
- 76 Loi D-8.1.1 sur le développement durable. (2006). Gouvernement du Québec. Consulté sur: <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/D-8.1.1>
- 77 Meadows, D., Meadows, D. and Randers, J. (1972). *The Limits to Growth*.
- 78 La décroissance, Nicholas Georgescu-Roegen. Éditions Sang de la Terre.
- 79 Serge Latouche et al., «La Décroissance,» Février 2002, https://www.revuesilence.net/eprises/200_299/silence280.pdf.
- 80 Récession et dépression. (2019, 11 septembre). Consulté sur le site de Vie Publique le 06.06.2023: <https://www.vie-publique.fr/fiches/270204-recession-et-depression>
- 81 Greenletter Club. (2022). #79 - La décroissance - Timothée Parrique. [Vidéo en ligne]. Consulté sur: <https://www.youtube.com/watch?v=8znjuAk-V7k>
- 82 Définition de « récession ». Consulté sur le site du CNRTL : <https://www.cnrtl.fr/definition/r%C3%A9cession>
- 83 Giri, T. (2022). *Biomimétisme et durabilité : Vers une éthique de l'auto-limitation ?* (Mémoire MSc Nature-Inspired Design). Ecole Nationale Supérieure de Création industrielle (ENSci-Les ateliers), Paris, France. Consulté sur: <https://formation-continue.ensci.com/galerie/memoire-ms-nid>

- 84 France Inter. (2022,7 janvier). Le grand entretien : Bruno Latour «Les écologistes ne pas espérer mobiliser sans faire le travail idéologique». [Podcast audio]. Consulté sur : <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/l-invite-de-8h20-le-grand-entretien/l-invite-de-8h20-le-grand-entretien-du-vendredi-07-janvier-2022-8592485>
- 85 Hamant, O. (2022). La Troisième Voie Du Vivant. (Odile Jacob).
- 86 Sesame. (2022, 23 mai). [*L'envers du vivant*] *Être ce roseau qui ploie mais qui ne rompt pas...* Consulté sur: <https://revue-sesame-inrae.fr/lensers-du-vivant-etre-ce-roseau-qui-ploie-mais-qui-ne-rompt-pas/>
- 87 Définition de «adapté». Consulté sur le site du CNRTL le 06.06.2023: <https://www.cnrtl.fr/definition/adapt%C3%A9>
- 88 Définition de «adaptation». Consulté sur le site du CNRTL le 06.06.2023: <https://www.cnrtl.fr/definition/adaptabilit%C3%A9>
- 89 Muséum National d'Histoire Naturelle. (2019). Bioinspire-Museum: Glossaire. Consulté sur le site du MNHN: https://www.mnhn.fr/system/files/atoms/files/bioinspire_museum_glossaire.pdf
- 90 ADEME. (2012). Eco-conception: 4 raisons de se lancer. Consulté sur le site de l'ADEME: https://expertises.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/eco-conception_les-quatre-raisons-de-se-lancer.pdf
- 91 Horizons publics printemps 2021, hors-série. (2021). *Engager la redirection écologique dans les organisations et les territoires*

Page de garde: Designed by Layerace / Freepik

Annexes

Annexe 1 : Principes du vivant



Annexe 2 : Atouts, faiblesses, opportunités et freins du biomimétisme

Résumé des atouts et faiblesses du biomimétisme :

ATOUTS	FAIBLESSES
Capital naturel et géographique : <ul style="list-style-type: none">• 10% de la biodiversité mondiale• 2^e espace maritime mondial• 1^{er} espace sous-marin mondial	Confusion sémantique « méthode, filière et discipline » : Identification et valorisation peu aisées
Multidisciplinarité : cœur de l'innovation	Interdisciplinarité & transversalité
Patrimoine académique : <ul style="list-style-type: none">• 200 équipes de recherche• 70 millions spécimens & documents au MNHN	Domaine encore réservé aux scientifiques, chercheurs, spécialistes
Un catalyseur national reconnu par l'écosystème	Manque de financements publics Structuration du réseau incomplète
Des technologies éprouvées PME+ industriels pionniers	Méthodologie non standardisée

Résumé des opportunités et freins du biomimétisme :

OPPORTUNITÉS	FREINS
Investissements des puissances étrangères dans le biomimétisme (États-Unis, Allemagne, Chine, Suisse, Japon, etc.)	Manque de financement de la recherche de façon générale et des approches transversales en particulier
Performances écologique + opérationnelle + économique	Manque d' outils opérationnels , (méthodologie de transposition, outils de fouille de la donnée, plateforme mutualisée de caractérisation des matériaux, etc.) d' outils réglementaires , et d' outils de mesure d'externalités
Prise en compte récente des enjeux sociétaux par les pouvoirs publics et les industriels	Pas encore inclus dans les grands programmes de transition écologique ni dans les politiques publiques
Accélération technologique : <ul style="list-style-type: none"> • 3D printing + Fab AD • Écoconception favorisée par un cadre réglementaire 	« Vallée de la mort » de l'entrepreneuriat (montée de TRL) et frein réglementaire potentiel sur les matériaux
Engouement pour la fertilisation croisée de compétences entre Industriels et la recherche = innovation incrémentale améliorée et de rupture accélérée	Non conforme aux logiques encore trop verticalisées des politiques publiques , du monde de la recherche et du système éducatif (ex. pluridisciplinarité) : peu de programmes aux budgets fléchés
PIA ATF + Apparition récente dans les agendas Acteurs publics et filières : Nouvelle-Aquitaine, CGDD, COP 2019-2023 CNRS, SNR, CNES, <i>deeptech</i> , etc.	Acculturation encore faible : politiques et absence d'écologues et de biologistes chez les industriels (filières encore sous valorisées)
Développement des sciences participatives Sciences du vivant = sciences du XXI ^e siècle, dans un souci de reconnexion avec notre environnement Potentiel émerveillement et de réconciliation entre recherche/enseignement/industries/citoyens/territoires	Écologie & biomimétisme : combat similaire pour changer les paradigmes vers une résilience de la planète nécessitant une révision totale des modèles de croissance et des modèles d'affaires

Annexe 3 : BiomiMETRIC Tool

Liste des indicateurs

Table 1. Main impact assessment methods used for biomiMETRIC assistance tool and their association with the “Life’s Principles”.

Biomimetic Dimensions and Principles		LCA Approach			
	Method	Impact Category	Information	Unit	
Efficiency and frugality					
1	Use materials sparingly	ReCIPE	12 - Mineral resource scarcity	Consumption of mineral resources	kg Cu eq
2	Use energy efficiently	Cumulative Energy Demand	Amount of energy used	Energy consumption	MJ eq
3	Do not exhaust resources	Cumulative Exergy Demand	Total exergy removal from nature.	Sum of exergy of all resources required to provide a process or product.	MJ eq
		ReCIPE	Quality degradation of the energy used	Fossil resource consumption	kg oil eq
		AWARE	13 - Fossil resource scarcity Relative Available WAtER Remaining per area in a watershed after the demand (humans & ecosystems) has been met	Impacts on water availability	Index: range [0,1;100]
4	Source or buy locally	IPCC 2013 GWP 100a	GHG emissions	Global warming potential of air emissions	kg CO ₂ eq
5	Optimize the whole rather than maximize each component individually	Specific questions	5 questions evaluated and weighted according to their level of consideration in the product	Optimization or quality according to the principles of sustainable development	According to the weighting and evaluation of the question, a score between -2 and 2 is granted
Preservation and resilience					
6	Do not contaminate your nest	ReCIPE	1 - Climate changes	Global warming potential of pollutants	kg CO ₂ eq
			2 - Stratospheric ozone depletion	Destruction of the stratospheric ozone layer	kg CFC-11 eq
			4 - Fine particulate matter formation	PM 2.5 in air emissions	kg PM2.5 eq
			5 - Photochemical ozone formation	Change in intake rate of ozone due to change in emission of precursors (NOx and NMVOC)	kg NOx eq
7	Remain in dynamic equilibrium with the biosphere	ReCIPE	6 - Terrestrial acidification	Acidification Potential	kg SO ₂ eq
			7 - Freshwater eutrophication	Emission of P(phosphore)	kg P to freshwater
			8 - Marine eutrophication	Emission of N (nitrogen)	kg N to marine water
			9 - Ecotoxicity Terrestrial, Freshwater, Marine and Human carcinogenic or Human non-carcinogenic	Ecotoxicity accounts for the environmental persistence and accumulation in the human food chain	kg 1,4-dichlorobenzene (1,4-DCB)
		USEtox2	Human toxicity potential	Estimated increase in morbidity in the total human population per unit mass of a contaminant emitted	Disease cumulative cases / kg substance
			Ecotoxicity potential	Potentially Affected Fraction (PAF) of species	PAF m ³ kg ⁻¹

Table 1. Cont.

Biomimetic Dimensions and Principles		LCA Approach			
	Method	Impact Category	Information	Unit	
Circularity and systemic					
8	Use waste as a resource	ReCIPE	11 - Land Use	Amount of land transformed or occupied for a certain time	m ² yr. crop eq
9	Diversify and cooperate	Specific questions	5 questions evaluated and weighted according to their level of consideration in the product	Implement the circular economy	According to the weighting and evaluation of the question, a score between -2 and 2 is granted
10	Be informed, share information and implement feedback loops	Specific questions	5 questions evaluated and weighted according to their level of consideration in the product	Adopt a systemic vision	According to the weighting and evaluation of the question, a score between -2 and 2 is granted

Liste des questions

«Optimizing the whole rather than maximizing each component individually»:

Are repair, repackaging, dismantling, and recycling at the end of life possible?

1. Is the quantity of residual materials reduced?
2. Are the product and production aimed to respect the environmental support capacity?
3. Do the product and production reduce environmental impacts?
4. Is an ecolabel or environmental product declaration being sought?

«Diversify and cooperate»:

1. Is the information required to increase sustainability disseminated and accessible?
2. Are training and evaluation on the biomimetic approach proposed?
3. Does the company integrate social and environmental information in its decision-making?
4. Is a special attention paid to scarce and over-exploited resources?
5. Are the major issues related to sustainability and societal inequalities known and shared?

«Be informed, share information, and implement feedback loops»:

1. Are functional economy (or cooperation economy) tools known and used?
2. Can the project be positioned in a non-competitive niche to avoid competition?
3. Have stakeholders been identified and consulted during the project?
4. Is the systemic approach used?
5. Are circular economy principles known and applied?

Grille de pondération des questions

Table 2. Results matrix according to the evaluation and weighting of the questions in BiomiMETRIC.

		Evaluation					
		S/O	(--)	(-)	(0)	(+)	(++)
weighting	S/O	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0.2	0.4
	2	0	-0.25	-0.1	0.25	0.6	0.8
	3	0	-0.5	-0.3	-0.1	0.9	1.2
	4	0	-1.5	-1	-0.5	1.35	1.6
	5	0	-2	-1.5	-1	1.7	2

Annexe 4 : Outil d'analyse de la durabilité de la démarche de conception biomimétique

Liste des critères

Critères	Pondération	Évaluation du critère	Évaluation pondérée	Élément(s) de la conception permettant de répondre au critère	Pistes d'amélioration
Environnementale					
La démarche de conception et/ou la conception favorisent-elles :					
Le maintien de la biodiversité?			0		
La réduction de la quantité de contaminants et/ou déchets rejetée dans l'environnement?			0		
Une utilisation parcimonieuse des ressources renouvelables et non renouvelables?			0		
Un approvisionnement local?			0		
La réutilisation ou la valorisation des matières résiduelles, des ressources, des matériaux?			0		
L'utilisation de produits issus de la chimie verte ou bleue?			0		
La réduction et/ou la compensation des émissions de gaz à effet de serre?			0		
Une faible consommation énergétique?			0		
Une symbiose ou écologie industrielle?			0		
Un milieu de vie de qualité?			0		
			Sous-total:	0	
Sociale					
La démarche de conception et/ou la conception favorisent-elles :					
Des choix de consommation responsables?			0		
L'adoption de saines habitudes de vie?			0		
Un mode de vie de qualité?			0		
Le renforcement des connaissances sur les écosystèmes et les différentes espèces?			0		
La multidisciplinarité?			0		
			Sous-total:	0	
Économique					
La démarche de conception et/ou la conception favorisent-elles :					
La création d'emplois ou le maintien d'emplois de qualité?			0		
Une économie circulaire, collaborative et/ou sociale?			0		
La valeur des services écosystémiques et les connaissances que nous en avons?			0		
Le partage de la richesse?			0		
Un niveau de vie de qualité?			0		
Une réduction des externalités économiques négatives?			0		
			Sous-total:	0	
			Total:	0	

Evaluation des critères

Tableau 6.3 Signification de la valeur nominale pour l'évaluation du critère

Valeur des critères	Signification
0	Ne s'applique pas à la conception
1	Aucun élément de la conception ne permet de répondre au critère
2	Certains éléments de la conception permettent de répondre au critère
3	Tous les éléments de la conception permettent de répondre au critère

Pondération des critères

Tableau 6.4 Signification de la valeur nominale pour la pondération du critère

Valeur des critères	Signification
0	Ne s'applique pas à la conception
1	Critère non essentiel dans la conception
3	Critère souhaitable dans la conception
5	Critère impératif dans la conception

Le tableau 6.5 permet d'expliquer les significations afin que les concepteurs puissent faire une analyse éclairée sur l'importance du critère.

Tableau 6.5 Description des significations de la valeur nominale pour la pondération du critère

Signification	Description
Critère non essentiel dans la conception	Le critère n'est pas jugé important dans le contexte donné et n'est pas prioritaire
Critère souhaitable dans la conception	Le critère est jugé important, mais n'est pas prioritaire
Critère impératif dans la conception	Le critère est jugé important et prioritaire

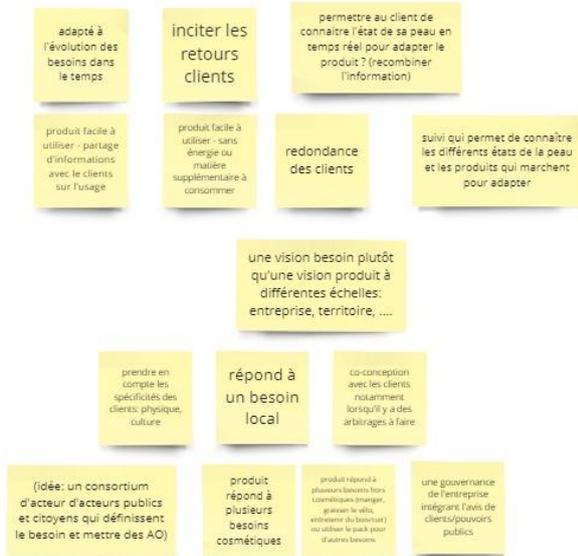
Annexe 5 : Exercice principes du vivant

Résilience	Coopération	Circularité
Répliquer les stratégies qui fonctionnent	Recombinaison de l'information	Prendre avantage des processus cycliques
Intégrer l'inattendu	Cultiver des relations de coopération	Utiliser des matériaux et de l'énergie qui sont facilement disponibles
Intégrer la diversité		Utiliser des boucles de rétroaction
Maintenir l'intégrité à travers l'auto-rénovation		Décomposer les produits en composants (matériaux) inoffensifs
Incorporer de la résilience à travers la variabilité, la redondance et la décentralisation		Construire sélectivement avec un petit groupe d'éléments
Utiliser des processus de faible énergie		Pratiquer une chimie dans l'eau
Adapter la forme à la fonction		Recycler tous les matériaux
S'auto-organiser		
Construire à partir de la base		
Combiner les composants modulaires et imbriqués		

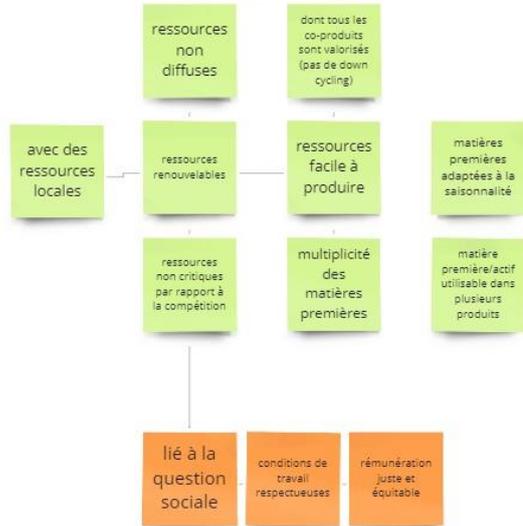
Liens entre les trois principes du vivant de Olivier Hamant et ceux du Biomimicry Institute

Cas idéal d'un produit cosmétique

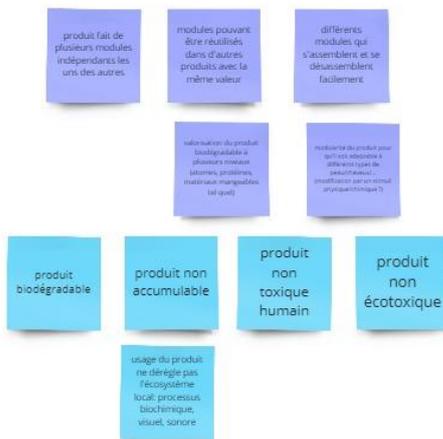
Concept



Ressources



Emballages



Formule

Fabrication



« Il y a bien une vie après la mort : les pissenlits ».

*Sylvain Tesson*¹