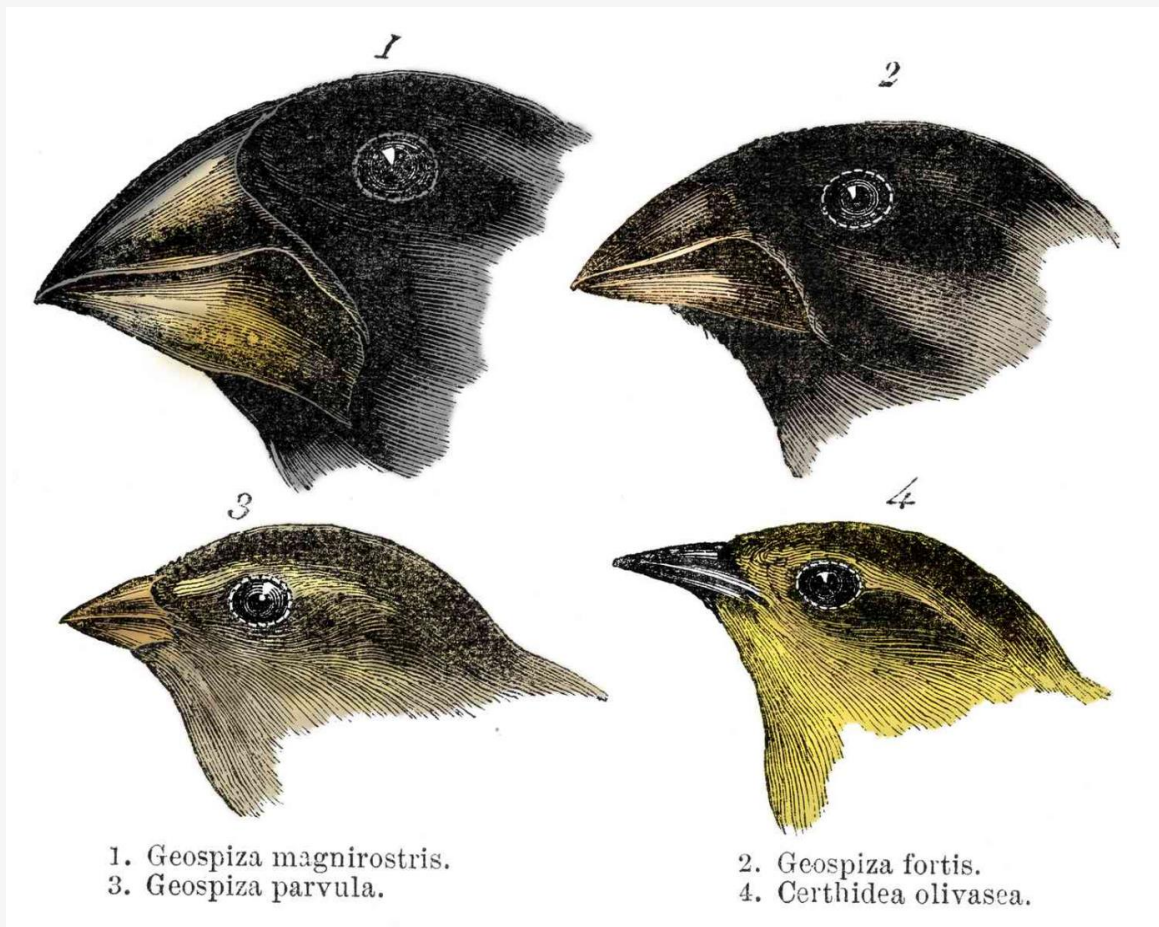


ENQUETE SUR LES LECONS DE L'EVOLUTION AU SERVICE D'UN MONDE MEILLEUR

Peut-on s'inspirer de la sélection naturelle pour mieux innover ?

Marie Nadisic

Sous la direction de Guillaume Lafon



Print Collector / Getty Images

Master of science Nature Inspired design – 2022/2023

Remerciements

Mes remerciements s'adressent en premier lieu à tous les intervenants du master Nature Inspired Design de l'ENSCI, ainsi qu'à ses responsables pédagogiques, Simon d'Hévin, Guillian Graves et Tobias Nickerl, qui ont contribué, chacun à leur façon, à faire évoluer mes questionnements et à nourrir les réflexions consignées dans ce travail. Je souhaite remercier particulièrement Adrien Payet qui a permis la genèse de ce mémoire et m'a fait (re)découvrir la puissance de la philosophie.

Je tiens également à remercier l'ensemble des personnes passionnantes et inspirantes, mes proches comme les professionnels avec qui j'ai pu échanger au cours de ce mémoire, pour leur disponibilité, le partage de leur expertise et leurs encouragements. Tous ces échanges m'ont énormément appris et ont largement orienté ce travail.

Enfin je souhaite exprimer toute ma gratitude à mon directeur de mémoire Guillaume Lafon pour m'avoir accompagnée à chaque instant de ce cheminement avec bienveillance. Merci à lui pour son implication durant ces 6 derniers mois, pour ses retours précis, tant dans le champ de la biologie que de la philosophie, sa pédagogie et son soutien, et pour m'avoir montré à quel point l'évolution est un sujet passionnant et fondamental dans le monde qui est et le monde qui vient.



Table des matières

Introduction	6
Le rôle de la sélection dans l'innovation.....	12
Qu'est-ce que l'innovation ?.....	12
Un prisme historique	12
Quelques notions d'échelles	15
Un écosystème riche.....	18
Ouverture : l'innovation dans le champ de la biologie évolutive	20
Qu'est-ce que la sélection ?	25
Un prisme historique	25
Quelques notions d'échelles	28
La limite de l'intention et de l'orientation dans la sélection naturelle.....	31
Ouverture : la sélection dans le champ de l'économie et analogies possibles	32
Sélectionner pour une meilleure innovation ou sélectionner de meilleures innovations ?.....	36
Sélectionner de meilleures innovations	40
La variation comme innovation	40
Le caractère aléatoire des variations	41
La sélection des meilleures innovations.....	44
Ouverture : la variation comme invention	46
Sélectionner pour une meilleure innovation.....	48
L'adaptation comme innovation.....	48
Les rythmes de l'adaptation	51
L'innovation qui advient est toujours la meilleure.....	53
Ouverture : les leçons de l'évolution.....	58
Que peut-on tirer d'une sélection bio inspirée des innovations par la sélection naturelle ?	64
Le meilleur des mondes est-il possible ?	64
L'innovation dans un monde compromis	64
Le meilleur des mondes ou le meilleur des mondes possibles ?.....	65
Pour qui, pourquoi, comment sélectionne-t-on dans le champ de l'innovation ?.....	68
Le collectif et la diversité.....	68
Le commun ou les communs ?	70
Ouverture : un monde pluriel commun à l'aune de l'urgence climatique.....	75
Bibliographie	78
Annexes.....	82

Introduction

Ce mémoire est réalisé dans le cadre du Master Nature-Inspired Design de l'ENSCI-Les Ateliers. Il consigne l'ensemble de ma réflexion autour des sujets suivants : les innovations et leur sélection, la biologie (évolutive), et la bioinspiration. Ces thématiques font l'actualité de mes pensées depuis maintenant 1 an et demi. Ce mémoire est l'occasion de faire dialoguer les concepts qui m'ont occupée dans mon quotidien professionnel et ceux qui m'inspirent dans le cadre de cette formation.

En effet, depuis septembre 2017, je me suis spécialisée dans le champ de l'innovation technologique. J'ai suivi un premier parcours en conception et ingénierie de produit en embrassant l'idée de devenir ingénieure, productrice d'idées originales pour apporter des réponses aux différentes crises qui nous touchent. Après trois années d'études, je me suis finalement sentie limitée dans l'exercice de la créativité qui me paraissait pourtant fondamental. Il me semble notamment avoir été largement bercée par le mythe du coup de génie (« Eureka ! ») ou la mythologie de l'innovateur génial qui caractérisait les personnes reconnues dans ce champ-là. Mon ambition était donc de donner toutes leurs chances aux innovateurs et inventeurs capables de trouver ces solutions salutaires pour régénérer notre société. J'ai alors identifié le financement comme le principal levier d'aide aux projets d'innovation et me suis lancée dans l'accompagnement et le conseil en financement de l'innovation.

Ce sujet du financement a été une première brèche dans mon système de croyance, me permettant de comprendre certains mécanismes qui sous-tendent les dynamiques d'innovation. En effet, les enveloppes financières mises à disposition par le gouvernement pour financer l'innovation sont dédiées à des thématiques et techniques particulières décidées au sein des

sphères politiques et stratégiques. Un filtre semble se dessiner sous l'effet des choix de ces parties prenantes, leur permettant de pratiquer une sélection des choses nouvelles qui émergent. Afin d'illustrer ce propos, je propose de prendre le cas des plans de financement France Relance¹ et plus récemment France 2030². Ces programmes gouvernementaux cherchent à financer les innovations permettant de « relancer l'économie du pays ». Les thématiques concernées par ce plan d'investissement sont très variées (hydrogène décarboné, cybersécurité, recyclage et réincorporation des matériaux recyclés, alimentation durable et favorable à la santé, ...) et sont coordonnées par le Secrétariat Général Pour l'Investissement (SGPI). Le SGPI est une administration française placée sous l'autorité du Premier ministre. Créé en 2010 sous le nom « commissaire général à l'investissement » pour gérer les « investissements d'avenir », le SGPI est chargé de veiller à la cohérence de la politique d'investissement de l'État, notamment au travers de l'évaluation de la rentabilité des investissements³. Ainsi, c'est dans les plus hautes organisations administratives qu'est décidé ce qui doit voir le jour, ou non.

Opérationnellement, un projet à faible maturité (au stade de la recherche et du développement, voire de l'idée) s'inscrivant dans des thématiques non identifiées comme stratégiques pour ces sphères ne verra certainement pas le jour au sens où il ne sera pas financé et n'atteindra donc probablement jamais le stade de l'innovation, c'est à dire de sa diffusion dans notre quotidien. Par extension, les porteurs de projets s'efforcent, afin d'obtenir des financements et de promouvoir leur innovation, de s'aligner sur les critères de sélection des aides financières, quitte à déformer leur projet ou à le « redécorer » en surface. J'observe ici deux types de sélection : d'une part, des idées émergent spontanément et les parties

¹ Plan France Relance : « Faire émerger les futurs champions dans nos filières d'excellence », [Lien](#)

² France 2030 : un plan d'investissement pour la France : [Lien](#)

³ Site de présentation du SGPI : [Lien](#)

prenantes sélectionnent parmi elles selon les critères qu'elles établissent. D'autre part, des idées émergent en s'orientant selon les critères de sélection exprimés par les parties prenantes afin de s'assurer de leur diffusion. Dans les deux cas, les mêmes contraintes s'appliquent. Cependant, leur modalité et leur temporalité d'expression ne sont pas les mêmes : la première sélection survient à la suite de la génération d'idées. La seconde opère une orientation dans la génération même des pistes de projets. Il y a alors un côté normatif, voire dissuasif de la sélection de l'innovation. Ici, je m'interroge sur le sens de l'innovation : est-elle équivalente à une nouvelle idée, ou est-ce la sélection et la diffusion de la chose nouvelle qui font d'elle une innovation ?

Dans le même temps, je réalise que la notion d'innovation, terme issu des champs technique et économique⁴ pour parler de nouveauté améliorative et de progrès, sature littéralement notre vocabulaire contemporain. Pourtant encore objet de débat quant à son sens et son rôle (Pierre Damien Huyghe parle ici d'un maître mot⁵), elle colonise désormais les politiques, qui en font parfois le fondement de leurs discours. À l'échelle nationale, « le changement c'est maintenant » issu de la campagne de 2012 de François Hollande s'inscrit dans cette rhétorique de la nouveauté et de l'adaptation. Il semble que ce sujet soit particulièrement prégnant depuis le début du 1er quinquennat d'Emmanuel Macron, souvent identifié comme promoteur de la « Startup Nation ». L'innovation est d'ailleurs omniprésente dans son discours de lancement du plan France 2030, où il emploie 67 fois le mot « innovation » sur moins de 2h, soit près d'une fois toutes les deux minutes. La récurrence du concept d'innovation dans le champ politique comme maître mot, laisse à penser que ce qui est demandé à l'innovation est clair, alors même que celle-ci ne présente pas de définition homogène selon les secteurs. De plus, cela fait de l'innovation une chose « bonne en soi » : si le cahier des charges de l'innovation n'est pas clair, faisons-nous de

l'innovation pour l'innovation ? Et sinon pour qui et pourquoi ?

Par ailleurs, il semble que l'innovation soit la stratégie privilégiée des politiques pour sortir des crises économiques, sociales, énergétiques, environnementales, culturelles ... Pourtant, cette polarisation des moyens financiers sur certaines innovations mérite d'être questionnée au nom de leurs impacts sur les trajectoires de notre société (milieu de vie, filières industrielles prépondérantes et métiers associés, usages, objets avec lesquels nous interagissons quotidiennement, etc.). Les propos du designer Victor Papanek⁶ sur l'exemple des voitures illustrent bien cette idée :

“Personne ne pressentait que l'adhésion de masse à l'automobile mettrait sur roues la chambre à coucher américaine [...]. Personne ne prévoyait que la voiture augmenterait notre mobilité, créant de ce fait l'étalement hors des villes des banlieues dortoirs qui étranglent nos plus grandes cités ; ni qu'elle autoriserait le meurtre de 50 000 personnes par an [...], ni qu'elle détruirait nos groupes sociaux contribuant ainsi à notre aliénation [...].”

Ici, le choix des sphères économiques et politiques de soutenir le développement des automobiles a provoqué des répercussions irréversibles et à très grande échelle, révolutionnant notre façon de nous déplacer, de nous loger, de concevoir nos espaces. Ces effets impactent de front les populations dans leur quotidien alors même qu'elles n'ont pas participé au départ à la sélection de l'innovation « voiture », lui reprochant notamment de « ne pas avoir l'intelligence [de « l'âne Martin »] pour retrouver le chemin de la maison ». L'âne, moyen de transport commun de l'époque, pouvait, lorsque son conducteur n'avait plus la capacité de se souvenir du chemin du retour, ramener son

⁴ Benoît Godin, L'innovation sous tension : histoire d'un concept, 2017

⁵ Voir Pierre-Damien Huyghe

⁶ Victor Papanek, Design pour un monde réel, 1971

propriétaire chez lui de façon autonome. Ce n'est plus le cas pour les voitures, (jusqu'à maintenant !) qui dépendent complètement de la volonté du conducteur. Je ne cherche pas à statuer sur la pertinence de l'innovation mais plutôt à faire sentir qu'un soutien gouvernemental en faveur d'une technologie facilite sa diffusion et impacte nécessairement le quotidien des utilisateurs. De nouveau, il y a un impensé lié aux innovations qui émergent, et à fortiori sur leur sélection quant à leur capacité à servir l'intérêt général, alors même qu'elles définissent une direction d'évolution pour notre société.

L'innovation est à la fois un maître mot qui sature notre vocabulaire et un mécanisme non démocratique qui façonne notre monde. Je souhaite donc questionner la sélection des innovations et la façon dont elle s'effectue afin de me saisir d'enjeux sociétaux contemporains autour de la définition d'un projet commun de société, à l'aune des crises et des effondrements que nous traversons. C'est une question de définition de nos projets de société qui se pose.

De premières interrogations émergent : qui sélectionne les innovations ? Pour qui et comment ? L'utilisation du terme innovation dans d'autres sphères que la sphère technico-économique est-il pertinent, notamment pour définir un projet commun de faire société ? J'éprouve au commencement de ce travail l'intuition qu'il est nécessaire de promouvoir des innovations qui répondent aux besoins engendrés par les crises actuelles (ou pour réparer les problématiques causées par nos fonctionnements précédents). Cependant, ce sentiment est contrebalancé par l'idée qu'il ne faut pas y placer des espoirs démesurés : l'innovation demeure le moteur de la société de consommation et du capitalisme pensés par J. Schumpeter et A. Smith, deux figures clés de la construction de notre économie. En effet, notre façon d'aborder l'innovation jusqu'alors nous a poussé à proposer des solutions au XXème siècle, qui sont aujourd'hui à l'origine de nos problèmes du

XXIème. Bruno Latour, sociologue et philosophe des sciences, évoquait cela de la façon suivante :

“ Le XXème siècle, depuis Août 14, n'a pas su comprendre ce qu'il avait déclenché. Et c'est nous, au XXIème, qui héritons de cet égarement, sans rien pour nous préparer à encaisser l'énormité de l'Anthropocène. “

Ainsi, comment aller au-delà de cette innovation, tout à la fois remède et poison de nos sociétés ? Bernard Stiegler, philosophe des techniques, parlait de « Pharmakon »⁷, ce qui permet à la fois de « prendre soin et ce dont il faut prendre soin, au sens où il faut y faire attention : c'est une puissance curative dans la mesure et la démesure où c'est une puissance destructrice ». Comment sélectionner des innovations qui resteront de bonnes innovations (ici aussi, le bon est à questionner : juste ? utile ? responsable ? ...) pendant toute la temporalité de leur existence au monde ? Que faire de l'innovation une fois qu'elle a résolu le problème auquel elle prétend répondre ?

Pour explorer ces interrogations, il convient tout d'abord d'identifier les racines des termes *innovation* et *sélection*. Ces concepts ont un emploi évident en économie évoqué plus haut, mais possèdent également une résonance historique particulière dans un autre domaine bien distinct, celui de la biologie. Ce n'est pas une surprise pour le concept de sélection, qui est fondateur en biologie évolutive. Cependant, le terme innovation est plus rarement employé, au profit de ceux de la variation ou l'adaptation. S'intéresser à ces concepts suggère que l'on regarde de plus près les points de contact et de friction entre l'économie et la biologie. À première vue, on peut s'interroger : qu'y a-t-il de potentiellement fécond dans le rapprochement d'une science sociale avec les sciences naturelles ? En réalité, les champs de l'innovation et de la biologie évolutive présentent de nombreux recouvrements : il est possible de relever plusieurs fois au cours de l'histoire étymologique de ces mots, que ceux-ci créent des ponts entre biologie

⁷ Voir Bernard Stiegler et son collectif *Ars Industrialis*

et économie. Un champ verse dans l'autre, sans pouvoir tout à fait déterminer la date du premier emprunt. Qu'est-ce que ce dialogue peut dire des termes *innovation* et *sélection* ? Un premier exemple est le cas de Thomas Malthus et Charles Darwin. Dans le cadre de l'étude de l'évolution de la population humaine au regard des moyens économiques de production des ressources, l'économiste Thomas Malthus a mis en évidence au XVIII^{ème} siècle une certaine dynamique de la « compétition pour les ressources ». Cette théorie a inspiré Charles Darwin pour sa propre théorie de l'évolution : la reproduction des espèces, plus importante que ce que peut supporter le milieu, est devenu un des paramètres clés de la sélection naturelle.

Dès lors, il semble possible de faire remonter des parallèles évocateurs, précieux mais aussi conflictuels, entre les mondes de la biologie et de l'économie : les concepts de sélection, de changement, d'innovation, d'adaptation, de temps longs passent d'un monde à l'autre mais quel est l'impact sur leur signification ?

Selon les théories modernes de la biologie évolutive, la diversité du vivant est notamment expliquée d'une part par l'apparition de variations aléatoire, non dirigées, à chaque génération dans les populations et d'autre part par un phénomène de sélection des plus adaptés à un contexte donné, qui auront plus de chances de survivre et/ou de se reproduire que leurs congénères moins adaptés. Ainsi, des variations favorables auront plus de chances d'être transmises par hérédité aux descendants de ceux qui les portent que des variations neutres ou défavorables. Tant que ces variations sont favorables au contexte donné, celles-ci se répandent dans les populations statistiquement mieux que des variations défavorables. À l'échelle des temps géologiques, ce mécanisme explique comment ces variations deviennent des adaptations. Ce sont les principes de base de la théorie de l'évolution par sélection

naturelle de Charles Darwin. À l'échelle d'un écosystème, cette diversité d'individus, issue de petites variations accumulées sur des temps géologiques, permet à l'ensemble de devenir résilient et de s'adapter⁸. Ce premier diagnostic des mécanismes de sélection de l'innovation en biologie évolutive éclaire mon sentiment actuel d'une innovation désincarnée, dissociée de l'intérêt général.

D'ailleurs, y a-t-il vraiment des « gagnants », agents avantagés par les phénomènes de sélection naturelle ? Par exemple, la domestication de certaines espèces par l'homme comme le chien aurait favorisé le maintien de certaines mutations génétiques délétères ou handicapantes. De façon non intentionnelle, l'homme a effectué une sélection sur la base de critères esthétiques, de performance physique, ou de « meilleure soumission » au sein des populations de canidés, amenant aujourd'hui à l'existence de chien de race (ceux que l'homme a trouvés les plus beaux ou les plus appropriés à ses usages). Certains caractères ont donc été favorisés par sélection artificielle (une sélection, intentionnelle ou non, dont l'agent sélectionneur est l'homme), et se sont répandus dans les populations. Les chiens de race ont progressivement été favorisés par rapport à leurs congénères, leur donnant un accès plus facile à la nourriture et à la reproduction. Cependant, une étude du PNAS⁹ a démontré que les chiens domestiques sont plus porteurs de maladies génétiques que les espèces sauvages (loups et chiens sauvages) en raison de deux phénomènes : la reproduction entre individus apparentés pour conserver les races et le maintien de mutations délétères anciennes du fait d'un phénomène de « goulot d'étranglement » ou de « dérive génétique »¹⁰. Ainsi, certains gènes conservés par sélection artificielle engendrent des paralysies à long terme, voire favorisent la mort du chien par arrêt cardiaque. Du point de vue évolutif, un « gagnant » serait un individu parvenant à se reproduire en dépensant le moins d'énergie

⁸ Tatiana Giraud, et Pierre-Henri Gouyon lors des cycles de conférence : « Dynamique de la biodiversité et évolution » au collège de France, 2021-2022

⁹ Voir (Marsden, C.D., *et al.*, 2015)

¹⁰ Les premiers canidés domestiqués représentaient initialement une petite population. Se reproduisant entre eux, au sein d'une population avec peu de diversité génétique, cela a favorisé la conservation de mutations délétères.

possible et en prenant le moins de risque. Ces chiens peuvent donc incarner une forme de succès évolutif. Cependant, ce sont les caractéristiques qui font d'eux des gagnants évolutifs qui, paradoxalement, favorisent l'accumulation de mutations délétères pour l'individu. En milieu naturel, sans l'homme pour sélectionner, cela aboutirait sans doute à la fin de l'espèce. Il devient difficile de considérer ici que les porteurs des traits sélectionnés pour leur avantage à l'échelle de l'espèce soient les gagnants de cette sélection.

Ainsi, il y a peut-être dans cette discussion biologie-économie d'autres ressources fécondes mal explorées pour faire parler l'analogie sélection naturelle/sélection des innovations et trouver une autre interprétation possible du sens et du rôle des innovations et de la sélection de celles-ci. La question est bien finalement la suivante : peut-on s'inspirer de la sélection naturelle (ses phénomènes constitutifs, ses échelles, ses rythmes, ses succès, ses compromis) pour mieux innover ?

Pour répondre à cette question, je vais rapprocher sensiblement les champs de l'économie et de la biologie. L'objectif de l'étude présente ne sera pas de tenter de prouver qu'il est possible techniquement de rapprocher ces champs : la littérature foisonnante à ce sujet mentionnée précédemment m'exempt à ce stade, et pour le temps qui m'est donné, de traiter de cette question. Je choisis donc de ne pas couvrir ce champ mais de garder en mémoire les leçons tirées de l'application de processus inspirés des théories de l'évolution dans le champ économique. En effet, certaines transpositions ont été à l'origine de théories dangereuses comme le « darwinisme social », théorisé notamment par Herbert Spencer au XIX^{ème} de la façon suivante : « toute protection artificielle des faibles est un handicap pour le groupe social auquel ils appartiennent, dans la mesure où cette protection a pour effet [...] de le mettre en position d'infériorité face aux groupes sociaux rivaux ». Le darwinisme social verse également dans des

théories racialistes voire eugénistes inacceptables qui font de la lutte entre les races le moteur de l'évolution humaine. Ce travail n'a pas pour objectif d'asseoir une idéologie politique sur la force d'une analogie, mais plutôt de voir la sélection naturelle comme « réservoir de concepts utiles », « d'outils de dérangement intellectuel »¹¹ pour faire avancer la compréhension de thèmes économiques.

Cette étude est aussi l'occasion de poser le cadre de l'utilisation des principes du biomimétisme et de la bioinspiration. Ma démarche s'inscrit dans ce dernier champ : je souhaite initier, après une première enquête conceptuelle, une approche créative de la sélection des innovations, fondée sur l'observation des systèmes biologiques. Il serait possible, à première vue, de parler également de biomimétisme, tel qu'il est défini dans la norme ISO NF 18458. En effet, par la conduite de cette étude, je m'inscris dans une certaine philosophie alimentée par des approches conceptuelles interdisciplinaires, en cherchant, via le modèle de la nature, à « relever les défis de développement durable ». Cependant il est capital de noter que je ne souhaite pas « prendre pour modèle » la sélection naturelle, ce qui relèverait du biomimétisme, mais plutôt m'en inspirer. Il me semble donc plus juste à ce stade d'inscrire mon travail dans la bioinspiration et dans une volonté de s'intéresser aux promesses fécondes des transferts analogiques entre disciplines.

Cependant, parce que l'économie, une science sociale, et la biologie, une science « dure », sont traditionnellement rangées dans des disciplines diamétralement opposées, il est possible de craindre une approche simpliste, voire réductionniste, des domaines d'expertises. Pourtant, dans l'Encyclopédie positiviste, Auguste Comte, père de la sociologie moderne, postulait la chose suivante : les sciences présenteraient des dépendances les unes aux autres. Chaque science s'appuierait sur les précédentes, la nourrissant en cadre, en expérimentation,... pour aller d'une science générale à une pratique de plus en plus

¹¹ Philippe Descola, Alessandro Pignocchi, *Ethnographies des mondes à venir*, 2022

expérimentale. Il proposait la classification suivante : d'abord viendraient les mathématiques, puis l'astronomie, la physique, la chimie, la biologie et enfin la sociologie. Inversement, la science antécédente subit une réaction de la part des sciences subséquentes quand elles se développent. Ainsi, les sciences sociales et la biologie se nourriraient l'une et l'autre. Le rapprochement de la biologie et de l'économie, et notamment l'observation et l'utilisation des cadres et méthodologies d'un champ ne paraît pas appauvrir la compréhension des phénomènes à expliquer dans une autre discipline.

L'approche analogique choisie peut elle aussi sembler simpliste pour s'atteler à des domaines rigoureux comme la biologie ou l'économie. Mais au-delà de l'esthétique et de la force de conviction indéniables de cette figure de style, il y a sa valeur heuristique, c'est-à-dire sa capacité à susciter la découverte. Bien sûr, les degrés de liberté inhérents à l'analogie peuvent produire des approximations. Cependant, je ne m'intéresse pas aux possibilités de la métaphore « pour elle-même » mais pour les axes de réflexion fructueux que peut apporter l'analogie aux problématiques posées précédemment, et je serais ainsi critique dans son usage.

Par ailleurs, je suis attentive à dépasser l'écueil panglossien dans mon travail : pourquoi s'intéresser aux modalités de sélection dans la nature, sinon parce que l'on postule qu'elle sélectionne mieux que nous ? Dans ce développement, l'objet n'est pas de travailler sur l'éthique potentielle de la nature et sa capacité à mieux faire, mais plutôt d'identifier ce qui peut être inspirant dans les phénomènes de sélection naturelle pour questionner notre propre éthique en matière d'innovation. En effet, de la même façon que nous sommes revenus du mythe du progrès des Modernes (parfois sous couvert de l'utilisation du terme innovation d'ailleurs), nous devons aussi revenir du mythe de la Nature comme créatrice de perfection, optimisant les organismes qui la constituent et leurs relations. En effet, aucun processus d'évolution ne s'oriente vers la simplification, et certaines populations sont parfois des cas étonnants de manque d'optimisation : le coccyx humain, en tant

qu'organe vestigial est un très bon exemple. A l'opposé, il est difficile de définir l'intérêt général dans le champ de la biologie évolutive : la nature et la sélection naturelle sont souvent qualifiées d'aveugle, il est donc difficile d'espérer y observer des intérêts. Cependant, ces dernières sont le résultat de dynamiques complexes d'interactions espèces-espèces et espèces-milieu qu'il me semble intéressant d'observer dans le cadre de ma démarche. Le tout sera d'identifier si ces dynamiques peuvent faire l'objet d'un transfert vers nos sociétés. Enfin, je précise que ce travail est encore ouvert et que chaque concept pourrait être essayé pour en faire une étude à part entière. Chaque passage est donc une opportunité de poursuivre mes recherches initiées cette année.

Dans un premier temps, je souhaite donc analyser le sens et le rôle de la sélection de l'innovation. Pour cela, je vais me confronter aux problématiques de définition des concepts d'innovation et de sélection dans leur champ d'origine, puis les transposer dans le contexte de mon étude. A la suite de cette phase de regards croisés, il s'agira dans un deuxième temps de comprendre comment s'articule la sélection et le "mieux innover", et les conséquences de cette articulation sur la compréhension du mot innovation dans le champ de la biologie. Dans un dernier temps, je m'attacherai à explorer les enseignements apportés par la conception d'une sélection d'innovations bio inspirée par la sélection naturelle pour tenter de répondre à ma question principale : Qui sélectionne, qui innove, pour qui et quels changements cela implique-t-il ?



Le rôle de la sélection dans l'innovation

Avant de comprendre s'il est possible de s'inspirer de la sélection naturelle pour mieux innover, il s'agit d'analyser les concepts qui alimentent mon questionnement initial. C'est donc l'objectif de cette première partie que de constituer une enquête conceptuelle sur les termes qui seront manipulés par la suite.

Qu'est-ce que l'innovation ?

Depuis le XVII^{ème} siècle, nous utilisons ce nouveau terme d'*innovation*, qui se rapporte à tout ce qui est neuf. Innover est l'action d'introduire une chose nouvelle dans l'histoire, dans une pratique, un usage, un domaine. Il est difficile aujourd'hui de trouver une définition simple et universelle de l'innovation compte tenu de la multitude des champs qui mobilisent ce terme. Malgré cette diversité, lorsque l'on pense à l'innovation, il est commun de l'associer à la discipline économique. C'est donc à la lumière de ce champ que j'explorerai d'abord le concept d'innovation.

Un prisme historique

Aujourd'hui, l'innovation est une notion comportant un sens mélioratif dans son usage le plus commun. Elle est constamment employée dans le langage quotidien : il existe des directions innovation, des feuilles de route innovation, des méthodologies et des process pour faire émerger et accélérer l'innovation. Le livre *Biomimétisme* de Janine Benyus est d'ailleurs sous-titré de la façon suivante : « *quand la nature inspire les innovations durables* »¹². Mais d'où vient ce concept ? Que peut-on apprendre de son histoire ?

Benoît Godin, politologue et sociologue canadien, propose dans son ouvrage *L'innovation sous tension : Histoire d'un concept*¹³, une généalogie du terme innovation en Europe en trois temps successifs, ayant chacun vu se construire un usage différent du mot au cours de l'histoire : le temps de l'interdit (XVI^{ème}-XVIII^{ème}), celui de l'instrumentalisation (XVIII^{ème}-XX^{ème}) et enfin le temps de la valorisation (XXI^{ème}).

Le premier temps est identifié au moment de la Réforme en Europe. A cette époque, l'innovation servait à évoquer des pratiques engendrant le désordre, la violence, la monstruosité ou la

catastrophe. Le concept d'innovation a donc été associé à un sens négatif du fait de l'emploi qu'en faisaient les représentants religieux. Cette définition du concept d'innovation se retrouvait également dans le seul autre domaine qui jouissait de son utilisation : la politique. Louis de Jaucourt, collaborateur prolifique de l'Encyclopédie de Diderot et D'Alembert, écrivait justement dans les années révolutionnaires de 1780 la définition suivante dans l'Encyclopédie des Lumières.

« INNOVATION, s. f. (Gouvernement politique.) nouveauté, ou changement important qu'on fait dans le gouvernement politique d'un Etat, contre l'usage et les règles de sa constitution. [...] Ces sortes d'innovations sont toujours des difformités dans l'ordre politique. [...] Les révolutions que le temps amène dans le cours de la nature, arrivent pas-à-pas ; il faut donc imiter cette lenteur pour les innovations utiles qu'on peut introduire dans l'état [...]. Mais surtout, quand on a besoin d'appuyer une innovation politique par des exemples, il faut les prendre

¹² Janine Benyus, *Biomimétisme : quand la nature inspire des innovations durables*, 2011.

¹³ Benoît Godin, *L'innovation sous tension : histoire d'un concept*, 2017.

dans les temps de lumières, de modération, de tranquillité, et non pas les chercher dans les jours de ténèbres, de trouble et de rigueurs. Ces enfants de la douleur et de l'aveuglement sont ordinairement des monstres qui portent le désordre, les malheurs, et la désolation. »

Jaucourt se voulait très prudent avec l'innovation, qui perturbe violemment les ordres établis au profit d'une situation moins souhaitable. Selon les Lumières, seules de rares innovations seraient bénéfiques pour la société. Pour les identifier, il faut passer par la lenteur, à l'image de l'introduction d'une innovation dans la Nature, pour évaluer leur caractère bénéfique au regard de leur potentiel dévastateur.

L'instrumentalisation du terme a eu lieu avec l'industrialisation progressive de la société occidentale. Certains experts comme Nicolas Baverez, avocat-essayiste français, choisissent le XVIème siècle comme date clé pour représenter ce tournant, date correspondant à l'époque à partir de laquelle l'occident met en place l'Etat-nation, concept permettant de construire conjointement capitalisme et démocratie. Perdant peu à peu son caractère négatif, l'innovation se retire progressivement des champs politiques et religieux pour coloniser les sciences.

Finalement, l'innovation devient l'étendard du progrès à partir du XXIème siècle. Cette notion, intrinsèquement liée à l'univers de la modernité, retranscrit l'évolution vers le mieux des connaissances scientifiques et leur exploitation pour améliorer rationnellement la condition humaine. Au sein des discours des premiers intellectuels ayant initié la pensée moderne, le rapport du progrès à la nature est clair : il faut la comprendre rationnellement, en exploiter les richesses, rompre avec notre condition d'être appartenant au vivant pour limiter les maux de l'humanité (maladies, famines, misère, guerres, pauvreté, etc.). Descartes déclarait d'ailleurs qu'il fallait se « rendre comme maîtres et possesseurs de la nature ». Je remarque ici que les biologistes adoptent aussi cette posture. C'est notamment le

cas de Georges-Louis Leclerc Buffon, naturaliste, mathématicien et biologiste du XVIIIème siècle :

« L'homme [...] dit : La nature brute est hideuse et mourante ; c'est moi, moi seul qui peut la rendre agréable et vivante : desséchons ces marais, animons ces eaux mortes [...] mettons le feu à cette bourre superflue, à ces vieilles forêts déjà à demi consommées ; achevons de détruire avec le fer ce que le feu n'aura pu consumer : [...] que le bœuf soumis au joug emploie ses forces et le poids de sa masse à sillonner la terre, qu'elle rajeunisse par la culture : une nature nouvelle va sortir de nos mains. Quelle est belle, cette nature cultivée ! »

D'après Buffon, la seule nature désirable était celle maîtrisée par l'homme, grâce au « feu », au « fer » et à la « culture ». Le projet de société proposé s'articulait autour d'une certaine relation homme-nature : par l'usage des techniques, l'homme prend possession de la nature pour en valoriser les ressources qui lui sont vitales et utiles. Il reste cependant dépendant de celle-ci pour vivre dans de bonnes conditions. La dépendance à la nature qui subsistait chez Buffon s'est ensuite vue questionnée progressivement pour mener la société vers un modèle dans lequel les aléas et incertitudes résiduels de cette nature maîtrisée ne devaient plus concerner les sociétés humaines. Le progressisme s'est alors armé d'une croyance forte en une « réalisation de la condition humaine », « une [mise en] marche de la société » par l'utilisation des connaissances scientifiques en constante amélioration pour développer nos techniques et nos industries et s'extraire, s'émanciper des aléas de la nature.

Le progrès a tenu certaines de ses promesses avec l'accélération de la recherche dans le milieu médical par exemple, permettant des avancées au service de l'amélioration des conditions de vie humaines. L'industrialisation de certains produits et les économies d'échelle qui y sont associées (alimentaire, textile, ...) ont également permis à des populations moins favorisées de pouvoir

acquérir un confort de vie supérieur à celui de leurs parents. Cependant, l'idéologie du progrès s'est trouvée à bout de souffle à partir de la deuxième moitié du XXème siècle. En effet, des épisodes historiques (les accidents chimiques, ou l'utilisation de technologies lors des conflits armés) ont participé à une certaine prise de conscience des populations : nos technologies peuvent être utilisées pour un autre but que celui de l'amélioration de la condition humaine.

Aujourd'hui, il est dit volontiers que nous sommes revenus de ce « mythe du progrès »¹⁴. Nous sommes passés progressivement au « régime de l'innovation »¹⁵. Cependant, j'observe que le moule dans lequel ce régime s'est formé a largement été influencé par l'idéologie progressiste : l'innovation est encore souvent entendue au sens d'un travail ayant pour objectif le dépassement des connaissances scientifiques existantes et la sophistication technique¹⁶, traduit dans un produit ou un processus permettant de répondre à un besoin. Le terme d'innovation a proliféré lorsqu'il a pris ses racines dans le vocabulaire du capitalisme, de la croissance et de la ressource infinie.

L'innovation a finalement achevé de prendre le relai du progrès avec l'œuvre « *Théorie de l'évolution économique* »¹⁷ de Joseph Schumpeter, économiste à l'origine de la notion de « destruction créatrice ». Celui-ci a rationalisé les dynamiques économiques qui régissent le principe d'innovation. Au départ muet à ce sujet, Schumpeter avoua à la fin de sa vie considérer l'œuvre de Darwin comme l'un des ouvrages les plus inspirants de la littérature en ce qui concerne l'innovation. Ainsi, Schumpeter parlait de l'innovation en ces termes :

« Le point essentiel à saisir consiste en ce que, quand nous traitons du capitalisme, nous avons affaire à un processus d'évolution. [...] Il y a un processus de mutation industrielle - si

l'on me passe cette expression biologique - qui révolutionne incessamment de l'intérieur la structure économique, en détruisant continuellement ses éléments vieillissants et en créant continuellement des éléments neufs. Ce processus de Destruction Créatrice constitue la donnée fondamentale du capitalisme. »

L'innovation désigne ici le processus qui permet de passer de l'invention au produit commercial via l'adoption de cette dernière par un marché cible. Chez Schumpeter, la nouveauté est un élément clé pour nourrir la croissance. Ce sont « des combinaisons productives nouvelles » qui permettent d'augmenter la compétition entre les entreprises. Bernard Stiegler, philosophe des techniques, ou Thierry Ménissier, philosophe et professeur à l'Université Grenoble Alpes¹⁸, évoquent les notions de « diffusion » ou de « socialisation » d'une invention technologique issue de découvertes scientifiques pour parler d'innovation. J'observe ici une convergence : l'innovation se rapporterait à la diffusion des inventions issues des connaissances scientifiques permettant de répondre à un besoin, avec un impact potentiel sur les comportements et les usages. C'est cette conception de l'innovation que l'on entend communément aujourd'hui.

Il est cependant intéressant de noter des remises en question régulières de cette acception, même au sein des structures orientées par l'innovation technologique. En effet, certains acteurs comme le Y.Spot, la direction innovation du Commissariat aux énergies atomiques (CEA), considèrent que, dès lors qu'une invention technique existe au sens physique, c'est à dire qu'elle a déjà fait l'objet d'un prototypage a posteriori d'une phase d'étude et d'ingénierie, elle peut être considérée comme une innovation. Au cours de mes échanges avec le Y.Spot, Bruno

¹⁴ Voir Von Wright sur le Mythe du progrès

¹⁵ Expression reprise régulièrement par Thierry Ménissier, philosophe et professeur à l'Université Grenoble Alpes, dans ses différents médias et ouvrages.

¹⁶ Franck Aggeri, L'innovation, mais pour quoi faire ?, 2023.

¹⁷ Voir Schumpeter et sa théorie de l'évolution économique

¹⁸ Thierry Ménissier, Innovations. Une enquête philosophique, Hermann, 2021.

Truong, Responsable Design¹⁹, indiquait la chose suivante : lorsqu'une technologie est développée au sein d'un laboratoire, elle est déjà en interaction avec ses utilisateurs, bien que la réflexion sur l'usage ne soit pas ancrée dans le procédé de développement en tant que tel. Dans le cas du développement du Li-Fi²⁰ par exemple, ce sont les problématiques de continuité de service pour les utilisateurs qui sont adressées par la recherche. Le CEA tente de repousser les limites de la technique sur cette fonctionnalité particulière, elle-même liée à un usage de consommation de données. Une invention technique « n'existe[rait donc] que par son utilisation potentielle »²¹. Dès lors, elle pourrait constituer une innovation. Ici, l'innovation se rapporte à l'émergence d'une nouveauté en réponse à un besoin. Cette nouveauté permettrait de mieux répondre à (assurer une meilleure continuité de service ici) ou de résoudre autrement (développer le Li-Fi au lieu du Wifi pour la transmission de données) une problématique.

Enfin, l'innovation ayant littéralement envahi le langage commun, le terme est parfois employé de façon indifférenciée pour évoquer l'ensemble des phases d'un projet d'innovation (l'idée, l'invention, son industrialisation, ...).

Différentes définitions existent donc pour l'innovation. Elles continuent à se multiplier avec la colonisation du terme dans de nouveaux domaines. Cependant, des tentatives de qualification de cette innovation existent, au-delà des définitions théoriques évoquées précédemment. En effet, afin de répondre aux injonctions actuelles à l'innovation dans les sociétés humaines, la littérature a tenté d'appréhender de façon plus opérationnelle le

concept d'innovation pour en encadrer sa pratique. De nombreux ouvrages se sont donc essayés à encadrer le concept afin d'en faciliter la transposition au sein des différents domaines liés à la production de valeur économique.

Quelques notions d'échelles

Il existe communément deux prismes pour regarder l'innovation : l'échelle à laquelle elle opère et son caractère incrémental ou disruptif. Ainsi, j'ai résumé les classifications proposées en Figure 1. Un produit ou un service, un procédé ou une organisation peuvent tous constituer une invention pourvu qu'ils diffèrent de l'existant. Ces inventions peuvent ensuite devenir des innovations lorsqu'elles se diffusent sur leurs marchés cibles.

Les innovations de rupture ont systématiquement engendré des changements « de paradigme », contrairement aux innovations continues qui, elles, améliorent l'existant. Schumpeter imaginait l'innovation discontinue (l'innovation de rupture, disruptive, radicale, ou majeure) comme le socle qui porte l'innovation continue ou incrémentale. Il existerait alors un cycle alliant innovation et santé économique dans un pays capitaliste : une innovation de rupture émerge, engendrant une phase de croissance (augmentation du produit intérieur brut (PIB), diminution des taux de chômage etc.). S'ensuivent des innovations incrémentales permettant d'améliorer l'innovation majeure à l'origine d'un nouveau « système technique »²². Par effet d'épuisement, une phase de dépression adviendra ensuite jusqu'à ce qu'une nouvelle innovation majeure vienne relancer ce cycle. J'ai résumé cela grâce à la Figure 2.

¹⁹ Voir Annexe 2 : Échange avec Bruno Truong, Responsable Design du Y. Spot

²⁰ Le Li-Fi est une technologie de communication sans fil permettant l'échange de données entre des

ampoules LED d'intensité modulable et un appareil électronique, rendant ainsi possible l'accès à Internet

²¹ Voir Annexe 2

²² Expression de Bernard Stiegler

PRODUIT / SERVICE

INNOVATION MAJEURE (DISRUPTIVE)

Appareil photo numérique, remplaçant de l'argentique



- Invasion du marché par les appareils numériques, disparition de l'innovation précédente (le leader de l'argentique de l'époque, Kodak, a dû faire usage de la loi des faillites américaine afin d'échapper à ses dettes)
- Accélération des innovations liées à la capture de photons et au stockage des données.

INNOVATION INCREMENTALE

Solutions innovantes d'électronique de puissance basées sur la technologie GaN (Wise-Integration, start up iséroise en microélectronique)



Réduction de la taille des des alimentations d'appareils électroniques (ordinateur portable, vélo électrique, ...) et de leur pertes énergétiques par trois.
Pas de modification d'usage

PROCESS

Maîtrise de la combustion au service des solutions de mobilité, remplaçant le fameux "Âne Martin" évoqué par Papanek



Etallement des espaces urbains et facilitation de la mondialisation

Nouveau procédé d'utilisation de la chaleur fatale issue des process industriels pour produire plus d'hydrogène.



Les usages de l'entreprise ne vont pas changer mais la consommation d'énergie fossile par les process industriels sera réduite par l'utilisation d'une nouvelle source d'énergie locale.

ORGANISATION

Pratiques d'agriculture remplaçant la chasse et la cueillette, obligeant les populations à se déplacer en fonction de la disponibilité des denrées alimentaires.



sédentarisation des populations

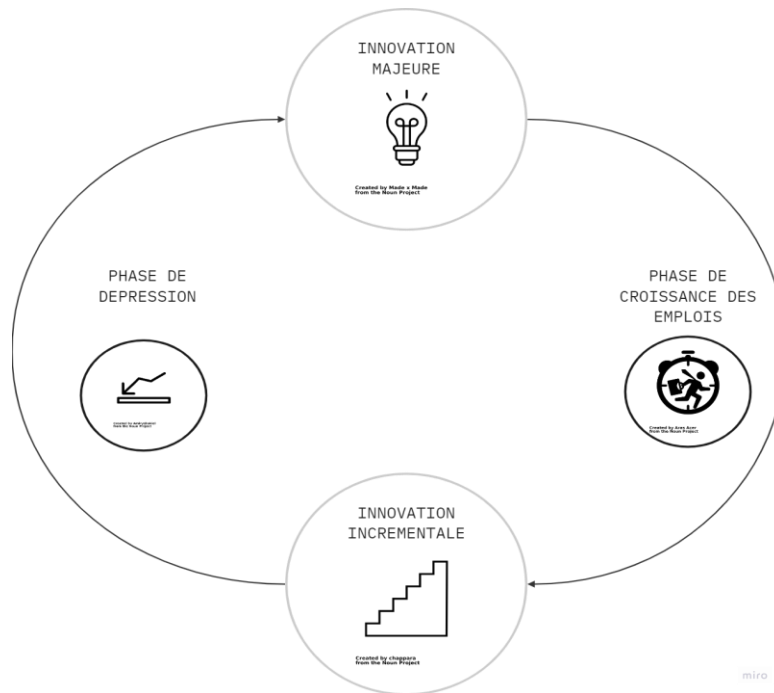
Nouveaux modèles d'affaires sur le marché de la livraison alimentaire proposant un délai de livraison de 10 à 15 minutes via la mise en place de "dark stores"



Utilisation d'éléments déjà existants (la livraison, les entrepôts de stocks, la commande en ligne, le système mis en place par uber) mais améliore la performance de services existants du point de vue de la durée de livraison.

miro

Figure 1: Matrice des échelles de l'innovation



miro

Figure 2 : Les cycles de l'innovation selon Schumpeter

Chez la plupart des penseurs des techniques, lorsque l'on évoque l'innovation de rupture, ou ce que Schumpeter qualifie de destruction créatrice, c'est donc pour qualifier un changement d'ordre profond dans l'existant. Chez Bernard Stiegler, qui prend le numérique comme terrain d'illustration, une innovation de rupture est marquée par l'arrivée inattendue d'une nouveauté sur le marché qui « révolutionne » nos usages ou nos habitudes, nous faisant entrer dans un nouveau système technologique. Ce type d'innovation est associé à une accélération sans précédent de ses dynamiques de diffusion, à tel point qu'on dit qu'elle « disrupte le marché », c'est-à-dire qu'elle fait exploser les cadres et périmètres juridiques, politiques et sociologiques, créant des périodes déstabilisantes. C'était par exemple le cas d'Internet lors de son émergence. Aujourd'hui, c'est ce que nous commençons à retrouver avec les technologies d'intelligence artificielle (IA).

Ces concepts ne sont pas l'apanage des innovations technologiques seulement. Ils sont également présents dans le champ des sciences sociales. Par exemple, une définition récente de l'innovation « de rupture » a été proposée par la société Ellyx, une agence de R&D et d'innovation sociale :

« Ce que l'on considère comme une innovation de rupture est en fait une combinaison d'innovations [...] qui rompt avec l'existant, vers un changement radical durable des cadres (cadre institutionnel, social, cognitif, ...) »

Je déduis de la définition de l'innovation de rupture celle de l'innovation incrémentale. Cette dernière se construit à partir de ce qui est déjà disponible, via des modifications ou des recombinaisons mineures et amélioratives, s'adaptant potentiellement à une nouvelle situation (un nouveau marché cible par exemple). Il me semble qu'on puisse la rapprocher de ce

qu'on appelle « l'amélioration continue »²³. Michel Serres évoquait à ce sujet le fait que « ce qui apparaît nouveau dans l'activité, la connaissance ou les artefacts humains résulte d'une accumulation de couches successives, au point que le passé guide et construit l'émergence de la nouveauté²⁴ ».

Se pose ici la question de la poule ou l'œuf : qu'est-ce qui est apparu en premier, la rupture ou l'amélioration ?

En réalité, l'innovation de rupture est autrement plus rare que l'innovation incrémentale. Cela est notamment lié à une grande différence de niveau d'incertitude à gérer. En se fondant sur l'existant, les innovations incrémentales doivent gérer un niveau d'incertitude relativement faible. De son côté, l'innovation de rupture navigue à vue, devant faire face à l'inconnu sur l'ensemble des voies qu'elle devra emprunter. Pour qu'elle se diffuse, il sera nécessaire de convaincre des acteurs prêts à prendre des risques sur les plans technologiques, financiers et sociaux. Par ailleurs, ce qui distingue une innovation de rupture d'une innovation incrémentale est son effet inattendu : « lorsque surgit effectivement une innovation de type radical, c'est très souvent de manière inattendue, et cela change ce qu'on n'attendait pas qu'il change »²⁵. Pour comprendre ce caractère inattendu des innovations de rupture, je propose de prendre le cas de Twitter, un exemple évoqué régulièrement par Pascal Picq pour évoquer l'inattendu des innovations : l'histoire de cette application est celle d'un groupe de personnes décidant de créer un système de messagerie instantanée permettant l'envoi de messages courts à ses proches. De leur point de vue, le développement d'une telle application ne coûte rien, et sa réussite ne constitue pas un besoin vital (de façon simple, si cela ne fonctionne pas, ils pourront faire autre chose). Rétrospectivement, Twitter a bien sûr possédé un rôle clé quant à la viralité des fake news (emballage du Brexit, parole de Trump, ...), a abouti au développement

²³ Consiste à mener des actions permanentes et durables pour améliorer l'ensemble des processus de l'entreprise, en éliminant les dysfonctionnements et en renforçant les atouts générateurs de valeur.

²⁴ Thierry Ménissier, Innovations. Une enquête philosophique, 2021.

²⁵ *Ibid.*

de systèmes d'évaluation fondés sur l'analyse des opinions, permettant la prédiction de l'émergence des épidémies, mais a également un impact potentiel fort dans l'organisation des printemps arabes et plus globalement sur la structuration des oppositions politiques. De messagerie instantanée à outil politique et de rassemblement voire plateforme d'informations, l'usage inattendu issu d'une innovation de rupture est aussi un caractère clé dans la compréhension des innovations. Pascal Picq y voit un phénomène de mise à disposition d'un système au désir des utilisateurs, possédant une plasticité d'utilisation suffisante pour s'y adapter.

Bien que le découpage repris en Figure 2 fasse encore foi dans les différentes formations en innovation, il est possible de distinguer des mutations dans les façons de mobiliser l'innovation. En effet, de nombreuses organisations se concentrent sur une nouvelle métrique : celle de l'usage. Un exemple de cela est le recrutement jusque dans les laboratoires de recherche technologique comme le CEA de designers réfléchissant à la façon dont l'utilisateur d'une innovation interagit avec celle-ci. C'est aussi de plus en plus le cas dans les grandes entreprises : Equans, entreprise leader dans la transition énergétique, digitale et industrielle dans laquelle j'effectue mon alternance, sélectionne ses innovations selon la criticité du besoin de l'utilisateur, mesurée par un apport financier de la part des clients potentiels. Au sein des institutions publiques comme les métropoles, les consultations publiques permettent également de donner une dimension forte aux notions d'usage. Dans le cas de la métropole de Grenoble²⁶, des designers sont aussi sollicités au cours des procédés d'innovation. Peut-être qu'un nouveau temps de l'innovation se dessine autour de l'innovation par l'usage ? Dans ce nouveau temps (au sens de Godin) de l'innovation, il faut

retourner au besoin initial, le questionner, le décortiquer jusqu'à comprendre le fameux « caillou dans la chaussure » de celui qui exprime ou ressent un problème. A cet égard, les nombreux rapprochements des innovateurs avec les designers témoignent de ce changement. Progressivement, la technicité des innovations assurée par les innovateurs prend de moins en moins de place pour laisser les questions de diffusion et d'adoption par les utilisateurs, souvent traitées par les designers, se positionner sur le devant de la scène.

Les collaborations semblent prendre également de plus en plus de place. Bien que l'industrie de la propriété intellectuelle tourne encore à plein régime, il faut noter l'émergence de structures émanant de la collaboration d'acteurs de différentes natures, l'inclusion de toutes les parties prenantes en amont d'un projet²⁷, en réponse à une problématique commune (centre de recherche partagé, co-entreprise²⁸, stratégie d'Open Innovation, plateformes en open source, travail en licence libre²⁹). Il est donc plus que temps à ce stade d'avoir une vision d'ensemble de ce qui fait écosystème au sein de l'innovation aujourd'hui. Qui innove dans cet écosystème et pour quelles raisons ?

Un écosystème riche

Dans un premier temps, il faut noter que le concept d'écosystème est issu de la biologie, décrit traditionnellement de la façon suivante :

« [L'écosystème biologique est] la totalité du système [...] incluant non seulement le complexe des organismes mais aussi tout le complexe des facteurs physiques [...], les facteurs de l'habitat au sens large [...]. Les systèmes ainsi formés sont [...] les unités de base de la nature

²⁶ Voir Annexe 4 : Echange avec Nadia Wolff et Hélène Clot

²⁷ Le projet LIFE mené par RTE et Elia sur les corridors écologiques sous les lignes haute tension est à ce titre un exemple très frappant

²⁸ Fermantalg et Suez ont créé une entreprise commune proposant l'utilisation de microalgues pour la dépollution de l'air

²⁹ Les startups et initiatives sélectionnées par Time For the Planet sont toutes en licence libre pour que les solutions s'inscrivant dans la lutte contre le réchauffement climatique puissent être répliquables partout et par tous

[...]. Ces écosystèmes [...] offrent la plus grande diversité de type et de taille. »³⁰.

Un écosystème est donc un système qui comprend un espace spatial, ici l'environnement, une diversité d'acteurs qui y évoluent, ici les espèces vivantes, ainsi que toutes les interactions des acteurs entre eux et avec cet environnement. James Moore, biographe et historien des sciences britannique étudiant la coévolution des systèmes sociaux et économiques, s'est servi de ce concept pour désigner des systèmes d'acteurs entretenant des relations de coopération : les écosystèmes d'affaires (ESA).

Aujourd'hui le terme colonise le vocabulaire appliqué à l'innovation. Dans leur revue conceptuelle des écosystèmes d'innovation, Granstrand et Holgersson³¹ reprennent plus d'une centaine de propositions et en extraient finalement une nouvelle définition :

« Un écosystème d'innovation est l'ensemble évolutif d'acteurs, d'activités et d'artefacts, ainsi que les institutions et les relations, y compris les relations de complémentarité et de substitution, qui sont importantes pour la performance innovante d'un acteur ou d'une population d'acteurs ».

Un écosystème d'innovation fait donc référence à l'ensemble des acteurs et parties prenantes à l'origine d'un flux quelconque dans les procédés d'innovations : entreprises, start-up, universités, investisseurs, etc. Au sein de cet écosystème, un nombre important de figures individuelles sont capables de porter l'innovation. Ces incarnations peuvent être sollicitées selon l'étape du processus d'innovation qui est en cours. Qui sont ceux qui innoveront ? Et pour qui ?

Tout d'abord, la figure de l'entrepreneur reste une clé des écosystèmes d'innovation. Schumpeter n'y est pas pour rien dans l'emballage autour de cet individu, ayant selon lui un rôle majeur, voire

mythique, dans la croissance économique. Schumpeter brosse le portrait d'un individu souhaitant repousser les limites de la société, évoluant parallèlement voire contre les ordres établis. « L'entrepreneur est l'agent économique qui innove » selon l'économiste, qui réalise de « nouvelles combinaisons de facteurs de production ». L'entrepreneur peut avancer dans l'inconnu, s'essayer à de nouvelles choses, les abandonner et tenter finalement de rebondir. Ses travaux sont largement imprégnés de son intention mais cela n'implique pas nécessairement une direction puisque cette figure procède par essai-erreur.

Le chercheur est aussi un acteur clé des écosystèmes d'innovation : celui-ci peut innover au sein de structures et d'institutions figées à l'inverse de l'entrepreneur qui évolue à côté des cadres établis. Ces profils s'incarnent typiquement au sein de centres de recherche comme le CEA. Dans ce type de structure, l'innovation est tirée par l'optimisation technologique. C'est donc pour augmenter le niveau des connaissances que l'innovation a lieu. Je constate ici que le rapport au passé est largement structurant : c'est en capitalisant sur l'état de l'art et le travail de ses prédécesseurs que le chercheur entend innover. Cette façon de procéder est souvent partagée par l'ingénieur en entreprise : de la même façon, il est rare de croiser en entreprise, animée par un cadre administratif lourd, un système procédant par prise de risque. Au contraire, le risque est minimisé : l'innovation peut uniquement s'appuyer sur des briques déjà testées et validées. Dans le cas de l'entreprise, ce qui motive l'innovation est principalement le gain en performance, ainsi que le fait de rester compétitif et rentable. Ici, la littérature ne se tarit pas : rester dans la compétition, dans la course ne peut se faire que si l'entreprise évolue et reste en mouvement. C'est donc de l'innovation du renouvellement et du changement que les entreprises s'arment pour rester dans la course. De nombreuses théories des firmes montrent effectivement que lorsqu'une entreprise cesse de

³⁰ Universalis

³¹ Voir (Granstrand, O., *et al.*, 2020)

se renouveler, elle s'expose au risque de disparaître.

En outre, l'utilisateur prend une place de plus en plus importante dans ces écosystèmes d'innovation, avec l'intensification des démarches centrées sur l'utilisateur évoquées plus tôt. Il est à la fois une première étape clé dans la diffusion des innovations mais aussi un fabuleux innovateur.

En effet, les « consommateurs pionniers » ou « early adopters »³² permettent, selon Rogers, l'existence d'un marché test, à la fois pour le produit ou le service innovant mais aussi pour le business model proposé autour de l'innovation. C'est en capitalisant sur ce profil qu'Apple possède aujourd'hui une grande communauté de bêta testeurs de leurs produits et de leurs offres. Les usagers peuvent parfois être à l'origine d'utilisations détournées d'innovations. Par l'usage, ceux-ci sont alors à l'origine de nouveautés. C'est souvent le cas dans des communautés d'experts (comme chez les sportifs par exemple, qui adaptent le matériel disponible à leur pratique lorsqu'il n'existe pas de produit ou service adapté comme ce fut le cas pour l'émergence du VTT par exemple).

Cependant, d'après les travaux conduits par Guichard et Servel en sociologie de l'innovation³³, cette dernière ne pourrait advenir que si elle est portée par des collectifs. Dès lors, les identités individuelles n'auraient pas d'intérêt spécifique : d'après l'article de Laurence Servel et Renelle Guichard de l'université Paris-Dauphine, le terme « d'actants » (humains/non humains) est d'ailleurs introduit afin de remplacer le mot « acteurs ». Je souhaite ici pointer du doigt la différence d'intention qui distingue l'individu du collectif : l'individu laisse la question de son intentionnalité de côté au sein d'un collectif, contrairement à une dynamique individuelle d'innovation où le sens de l'action de l'individu oriente complètement le procédé. Le texte de R. Guichard et L. Servel fait d'ailleurs état d'individualités subissant le « hasard ». Mais d'où sortent ces collectifs ? Que

collectent-ils ? Pour qui innovent-ils ? Hors des laboratoires, lieux par excellence de l'innovation, les espaces collectifs comme les coopératives, les laboratoires d'innovation sociale, les associations ou les institutions publiques en général, pourraient être le bassin d'innovations via le partage de l'information et l'intelligence collective.

Enfin, les individus et les collectifs ne seraient pas les seuls à innover. Bernard Stiegler évoque³⁴ l'innovation comme une notion proche du hasard : la combinaison aléatoire des contraintes ou des conditions d'un environnement (lieu et temps) permet de faire émerger des possibles de façon presque spontanée. Il n'y a ici plus aucune individualité ou intentionnalité. De fait, que peut-il émaner d'un dispositif sans intentionnalité ? A ce sujet, P-D. Huyghe parle de « solidarité fonctionnelle d'une chaîne de production d'effets dont le résultat n'est pas le propos ». L'innovation serait donc par définition dissociée de ses effets, des impacts qu'elle engendre. Dès lors, une innovation à dimension morale, c'est-à-dire visant le bien, est-elle possible ?

Ouverture : l'innovation dans le champ de la biologie évolutive

De façon intuitive, l'innovation est d'abord ce qui caractérise l'introduction de la nouveauté dans le monde. Le progrès a été la première forme de « régime » permettant d'accélérer l'apparition et la diffusion de nouveauté, animé par la promesse d'une société humaine orientée vers le mieux. Bien que sa définition ne soit pas unanime et homogène en fonction des contextes dans lesquels elle est employée, l'innovation porte en elle les promesses insatisfaites du progrès : la prouesse technique et l'acquisition de nouvelles connaissances ont été des leviers majeurs pour l'accélération de l'innovation.

³² Les fameux early adopters sont des clients précoces d'un produit ou d'une technologie. Le terme original provient du livre *Diffusion of Innovations* d'Everett Rogers.

³³ Voir (Guichard, R., Servel, L., 2006)

³⁴ Bernard Stiegler, *La Technique et le Temps*, 1. La Faute d'Épiméthée? Galilée, 1994.

Pour Schumpeter, l'innovation est le processus qui permet de passer de l'invention au produit commercial via l'adoption de cette dernière par un marché cible. Pour certains philosophes des techniques, l'innovation semble également se rapporter à la diffusion des inventions issues des connaissances scientifiques, permettant de répondre à un besoin, avec un impact potentiel sur les comportements et les usages. Cette définition se confronte à la vision plus opérationnelle de l'innovation, que l'on retrouve plus facilement dans les entreprises ou les centres de recherche : celle-ci se rapporte à l'émergence d'une nouveauté en réponse à un besoin.

Dans le langage de l'économie, l'innovation est donc d'une part génératrice de nouveauté, et d'autre part responsable de la diffusion et de l'adoption de cette nouveauté au sein d'un marché, dans lequel elle devient progressivement la norme. A ce stade, je propose de réaliser une distinction entre l'innovation en tant que concept physique, et l'innovation en tant que processus. De cette façon, « l'innovation-concept » serait la nouveauté se répandant au sein du marché. « L'innovation-procédé » (le procédé d'innovation) engloberait l'ensemble des étapes permettant d'atteindre l'innovation, soit l'émergence de la nouveauté mais aussi sa sélection et sa diffusion.

Des acteurs différents sont d'ailleurs chargés de l'émergence de la nouveauté (les ingénieurs, les chercheurs, ...), de sa sélection (des institutions souvent politiques comme les régions ou bien le SGPI mentionné en introduction), et de sa diffusion (les designers). Cela pose d'ailleurs la question de la continuité entre l'émergence d'une nouveauté et sa sélection en vue de son adoption. Si l'expertise est scindée, cela signifie-t-il qu'il y a une rupture du procédé d'innovation ?

Je remarque que l'émergence et la diffusion de nouveautés ne sont pas l'apanage de l'innovation économique. Un autre champ est lui aussi impulsé par de telles dynamiques : celui de la biologie évolutive. C'est en 1859 que le mot innovation entre dans le champ biologique avec l'œuvre de

Charles Darwin, *L'origine des espèces : Au moyen de la sélection naturelle ou La préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie*. Il y évoque l'innovation en ces termes :

« La nature est prodigue de variétés, mais avare d'innovations. [...] La théorie de la sélection naturelle n'agit qu'en profitant de légères variations successives, elle ne peut donc jamais faire de sauts brusques et considérables, elle ne peut avancer que par degrés insignifiants, lents et sûrs. »

A partir de Darwin, le concept d'innovation s'est progressivement répandu en biologie évolutive, sans pour autant prendre une place équivalente à celle qui lui est octroyée dans le champ de l'économie. Dans l'article³⁵ de Michael E. Hochberg, *et al.*, il a été identifié que la nouveauté est souvent utilisée de façon interchangeable avec l'innovation. D'un point de vue étymologique, cela ne semble pas problématique, l'innovation se rapportant à tout ce qui est neuf. Cependant, dans le cadre de la théorie de l'évolution darwinienne, la nouveauté ne porte pas la responsabilité de la diffusion dans la population de ce qu'elle engendre. Qu'est-ce que cela implique pour les conceptions de l'innovation dans la biologie évolutive ?

Avant de comprendre ce qu'est l'innovation dans la biologie évolutive, il faut aborder le fonctionnement du procédé associé à l'émergence de la nouveauté en biologie : celui de la sélection naturelle. En biologie, la sélection naturelle constitue l'un des processus évolutifs les plus étudiés, permettant d'expliquer le phénomène d'évolution. L'évolution désigne le changement constant des traits constitutifs des espèces. La sélection naturelle est donc le procédé par lequel un tri des nouveautés, les variations présentes dans le vivant, est opéré en fonction de différentes pressions de sélection (voir Figure 3). Ces variations peuvent apparaître à chaque génération. Elles vont déterminer des caractères offrant à leurs porteurs de meilleures capacités de

³⁵ Voir (Hochberg M., *et al.*, 2017)

reproduction ou de survie que leurs congénères. Ces individus auront donc plus de chance de se reproduire et de transmettre ainsi les variations favorables et héréditaires qu'ils portaient. De cette façon, les variations les plus favorables sont sélectionnées dans le temps long, jusqu'à ce que les caractères ainsi favorisés se répandent et deviennent norme au sein de la population. C'est

ce qu'on appelle l'adaptation. La variation continuera d'être sélectionnée dans le temps, tant qu'elle apportera un avantage aux porteurs. Si le milieu change, d'autres variations pourront être sélectionnées en vue d'une adaptation potentielle. La sélection naturelle permet d'assurer une certaine continuité entre l'émergence de cette nouveauté et sa diffusion.

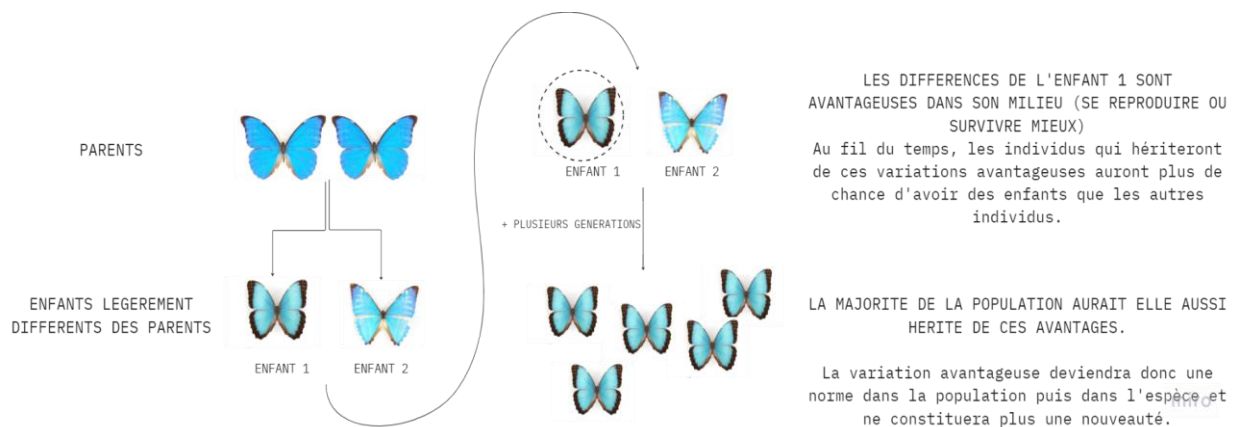


Figure 3: Les mécanismes de sélection naturelle selon Darwin

En revanche, le concept d'innovation n'est pas mentionné dans les explications traditionnelles de la sélection. Selon les auteurs Johan Schot et Frank Geels³⁶, l'utilisation du terme innovation en biologie évolutive est devenue plus intensive à partir des travaux de l'éthologiste allemand Konrad Lorenz dans les années 1940. Il utilisait le terme pour décrire les comportements nouveaux ou modifiés que les animaux pouvaient développer en réponse à des changements environnementaux. Plus tard, dans les années 1960 et 1970, le biologiste américain Richard Lewontin aurait utilisé le terme innovation pour décrire les mutations³⁷ génétiques qui permettaient à une espèce de s'adapter à des conditions environnementales changeantes. Ainsi, l'innovation en biologie peut être associée à la « fonction adaptative » issue d'un trait considéré comme nouveau, soit en tant que

source de mutation génétique, soit en tant que fonctionnement adaptatif en soi. Il est donc difficile, en biologie comme en économie, de distinguer l'émergence (la mutation ici) de la diffusion (l'adaptation) de la nouveauté.

Afin d'illustrer le concept d'innovation en biologie évolutive, l'article de Michael Hochberg *et al.* prend pour exemple le vol ailé chez les oiseaux. Le vol est apparu comme une innovation chez les ancêtres des oiseaux que l'on connaît aujourd'hui via l'apparition de mutations diverses chez certains individus permettant l'émergence de structures osseuses complexes, mais aussi d'architecture corporelle et cognitive adaptée pour supporter le vol. Ces structures osseuses, utilisées initialement pour la thermorégulation, la parade ou la couvaison, ont été enrichies par une innovation qu'on pourrait qualifier de

peuvent également être délétères pour l'individu porteur et plus rarement se révéler avantageuses et ainsi favoriser sa meilleure survie, ou sa meilleure reproduction, comparativement à ses congénères. C'est la seule façon d'introduire de la nouveauté dans le vivant.

³⁶ Voir (Schot, J., Geels, F.W., 2007)

³⁷ La mutation est une erreur lors de la réplication de l'ADN. Cela va générer de la variation phénotypique. Ces phénomènes sont rares et ne sont pas forcément à l'origine de conséquences notables. En effet, dans de nombreux cas, une mutation est neutre. Ces mutations

comportementale, permettant l'usage des ailes pour voler : les individus ayant la capacité de sauter et de planer plus longtemps éviteraient les prédateurs plus facilement ou attraperaient des proies avec plus d'aisance³⁸. La fonction du vol a finalement contribué à la diversification taxonomique chez les oiseaux. Cela fait écho au concept d'*exaptation*, un processus d'adaptation spécifique qui touche un caractère existant : une ou plusieurs fonctions s'ajoutent à la fonction d'origine, ou la remplacent. C'est notamment le cas du vol pour les chauves-souris et les oiseaux, où les ailes étaient dérivées des membres antérieurs de leurs ancêtres. Dans la conception de M. Hochberg *et al.*, l'innovation n'est pas l'émergence *de novo* d'un trait, mais plutôt la modification d'un trait existant. Ainsi, les innovations peuvent parfois être considérées comme la recombinaison de plusieurs innovations mineures en biologie évolutive. L'exemple du vol recèle d'ailleurs différentes échelles d'innovation : l'échelle du gène (codage du développement et de l'expression des appendices et des ailes), de la molécule (développement de la structure, du métabolisme, des muscles, des plumes et du cartilage), des organes (les ailes), et ainsi de suite jusqu'à l'échelle de l'écosystème. Une question se pose ici : est-ce que l'innovation en biologie ne pourrait être qu'associée à ce qui a été appelé innovation incrémentale dans la section précédente ? Certains appelleront « innovation » ce qui, en vue de son caractère neuf, peut servir de fondation à d'autres innovations. Ainsi, dans le cas du vol présenté par M.H Hochberg, l'albatros « a capitalisé » sur l'innovation du vol ailé par des adaptations permettant de parcourir des milliers de kilomètres en avion sans atterrir. En reprenant les écrits de Schumpeter, ce sont plutôt les innovations de rupture qui peuvent servir de socle pour initier de nouveaux cycles d'innovation.

Il existe par ailleurs d'autres conceptions de l'innovation en biologie évolutive. Selon Guillaume Lecointre³⁹, biologiste et zoologiste au Muséum National d'Histoire Naturelle, il faudrait

faire une distinction entre l'exaptation évoquée précédemment et l'*innovation clé* :

« L'innovation clé est une adaptation mais toutes les adaptations ne sont pas des innovations clé. Par ailleurs, l'innovation clé n'est pas une exaptation, c'est-à-dire une structure déjà présente (primitive) mais remobilisée pour une fonction nouvelle ; Par exemple, on sait de manière fiable depuis peu que la plume existe déjà chez des dinosaures non aviens. La plume est donc un trait primitif au sein des oiseaux. La plume est apparue avant le vol, en tant que couverture thermique et organe de signalment. La plume (structure primitive chez les oiseaux) autorisant le vol (nouvelle fonction) est une exaptation, pas une innovation clé. Il en va de même pour le pouce de l'auto-stoppeur. L'opposabilité du pouce est un trait primitif parmi les hommes, car on le trouve largement chez les autres primates. Sa fonction primitive associée est la préhension (des branches des arbres, mais aussi de beaucoup d'autres choses possibles). Mais les auto-stoppeurs réalisent une exaptation : la nouvelle fonction - sans changer de structure - est l'auto-stop. »

Une innovation clé est donc un caractère dont l'apparition serait associée à l'émergence de nouvelles fonctions (ou d'un terrain propice au développement de nouvelles fonctions), elles-mêmes à l'origine de changements importants dans les populations engendrant de la diversification voire de la spéciation. Dans le cas de l'apparition du pouce opposable par exemple, la présomption consiste à faire l'hypothèse que l'acquisition de ce caractère a été décisive dans la capacité à saisir des objets (la fonction de préhension), dégageant notamment la bouche et permettant progressivement l'apparition

³⁸ Issu des échanges oraux avec [Michael Hochberg](#)

³⁹ Voir Guillaume Lecointre à ce sujet

d'éléments de langage. Ces innovations clés se rapprochent plutôt de ce qui a été appelé innovations de rupture précédemment, via la manifestation d'un changement profond par rapport à l'existant.

Il existe ainsi plusieurs degrés d'innovation, présentant des effets variés sur différentes échelles. La distinction même entre nouveauté et innovation n'est pas systématique dans le champ de la biologie. En revanche, dans le champ de la biologie, c'est la variation qui traduit l'émergence de la nouveauté et l'adaptation qui fait référence à la « faculté » de ces variations à bien se répandre dans les populations d'êtres vivants. L'innovation en biologie est donc de nouveau porteuse de l'émergence de nouveauté, la variation, et de sa diffusion, l'adaptation. Les biologistes de l'évolution s'accordent majoritairement pour dire que le passage de la variation à l'adaptation est assuré par la sélection naturelle. La pluralité des échelles mobilisées par l'innovation économique peut également faire écho à la multitude des objets touchés par la variation et la sélection. Je propose ici de pousser cette analogie afin d'identifier ce que peut bien receler l'innovation dans la biologie évolutive, ainsi que cette fameuse sélection qui sous-tend les dynamiques d'évolution : peut-on repenser l'innovation au prisme de l'évolution ? Afin de se positionner, pourquoi ne pas regarder ce qu'est une variation (et potentiellement une mutation) ? Une adaptation (et potentiellement une exaptation) ? Avant de pouvoir répondre à cette question, il me faut étudier de façon plus approfondie le mécanisme qui assure la continuité entre l'un et l'autre des phénomènes : la sélection.

Qu'est-ce que la sélection ?

Pour comprendre le rôle de la sélection dans l'innovation, il est d'abord indispensable de comprendre le sens du concept de sélection. Lorsque l'on pense à la sélection, il est commun de l'associer au champ de la biologie évolutive. C'est donc à la lumière de cette discipline que j'analyserai ce concept. L'enquête conceptuelle proposée ici sera clé pour comprendre ce qui est contenu dans l'innovation au sens de la biologie évolutive.

Un prisme historique

Il est possible de retracer dans le temps quelques emplois ponctuels du terme sélection avant son entrée dans le champ de la biologie. Le terme est notamment employé en 1609⁴⁰ pour désigner un « ensemble de morceaux choisis » puis en 1801⁴¹ pour évoquer l'action de « choisir les objets, les individus qui conviennent le mieux ». Dans cette définition, l'accent est notamment mis sur la notion de choix : certains éléments d'un ensemble hétérogène sont conservés et la plupart sont rejetés. C'est en 1842 dans l'*Esquisse*, qui contient un premier abrégé des principaux éléments de la théorie darwinienne, qu'apparaît pour la première fois dans les écrits de Darwin le concept de sélection naturelle. Pour mettre ce concept sur pied, Darwin s'est inspiré des pratiques d'élevage et d'horticulture, où il observe une sélection artificielle de la main de l'homme : les espèces les plus productives pour les usages humains sont sélectionnées et incitées à se reproduire entre elles pour favoriser un meilleur rendement des élevages. Cette sélection sert de motif de base pour permettre à Darwin de réaliser une analogie :

« Si l'homme peut, avec de la patience, trier les variations qui lui sont utiles, pourquoi, dans les conditions complexes et changeantes de l'existence, ne surgirait-il pas de variations avantageuses pour les productions vivantes de la nature,

susceptibles d'être conservées par sélection ? »⁴².

Le principe de sélection naturelle est devenu la pierre angulaire de l'évolution. Mais qu'est-ce que ce principe évoque ? Quand et pourquoi y a-t-il sélection ?

Les principaux éléments de compréhension de la sélection naturelle ont été abordés plus haut. Afin d'en synthétiser le principe, Guillaume Lecoindre propose dans ses conférences la métaphore du tamis : cela consiste à identifier les individus comme des objets de tailles et de formes variées qui seront passés à travers des tamis de mailles différentes, représentant les pressions environnementales à partir desquelles la sélection naturelle opère (voir Figure 4). Cette analogie retranscrit de façon claire la variabilité à la fois des formes (ce qui est en entrée du tamis, donc les traits que porte chaque individu et qui le différencient de ses congénères) et des filtres (les diverses pressions évolutives qui constituent la sélection). Le passage plus ou moins aisé des objets à travers le tamis représente cette sélection des variations en fonction des conditions environnementales. Afin de justifier la présence d'un tamis (d'une sélection), il est nécessaire que les objets (les individus) en entrée soient différents. Ce principe de variabilité se voit facilement à notre échelle : nous sommes tous légèrement différents de nos parents, de nos frères et de nos sœurs, bien qu'il existe une ressemblance entre membres de la même famille.

⁴⁰ Le CNRTL met en avant l'usage suivant : Camus, Diversitez, volume 2, page 463 : Pour le nom [du livre] j'ay imité la plupart de ceux qui se sont meslez d'escrire en ceste sorte, chacun les intitule selon sa fantaisie, Meslanges, Selections, Observations, Catalectes, Varietez.

⁴¹ Le CNRTL met en avant l'usage suivant : Mercier, Néologie : sélection. Choix, triage, etc. Sélection de mots propres dit plus que choix. Nous avons élection. Mais sélection veut dire plus positivement un choix qu'on fait parmi des choses dont on rejette la plupart

⁴² D'après le CNRTL : [Lien](#)

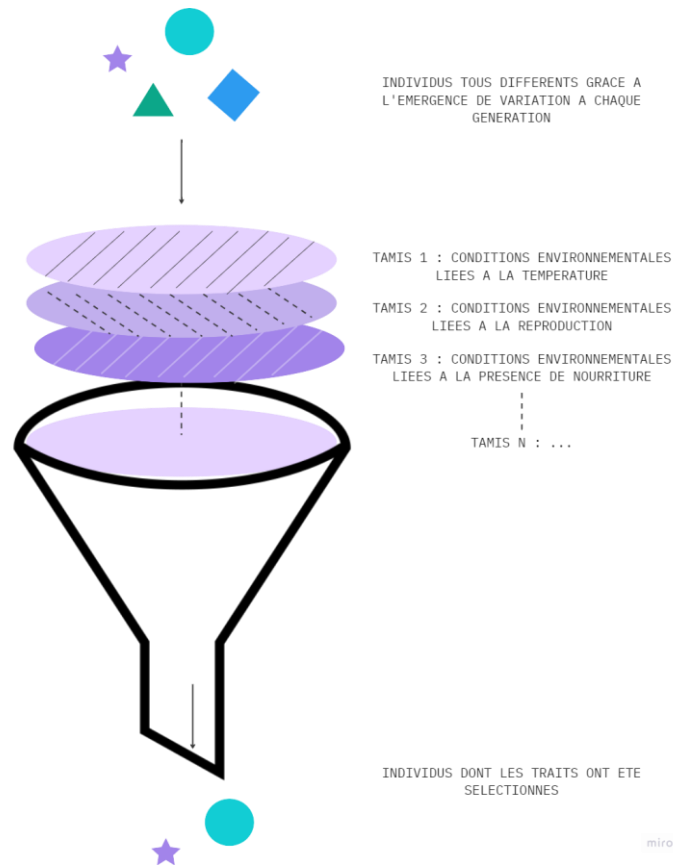


Figure 4: Représentation schématique de la métaphore du tamis proposée par Guillaume Lecointre du MNHN

La sélection naturelle fonctionne ainsi à partir de ces variations au sein des populations. Les variations déterminent certains caractères ou propriétés de l'individu porteur : généralement, les variations sont neutres, c'est à dire qu'elles ne confèrent aucun avantage particulier à leur porteur. Cependant, dans certains cas, cet individu se reproduit mieux (des couleurs plus vives sur les plumes d'un oiseau lui permettent d'attirer plus de femelles), survit mieux (les capacités de camouflage du papillon « Robert-le-Diable » (*Polygonia c-album*) qui, lorsqu'il ferme



Figure 5: Le Robert-le-diable et ses capacités de camouflage

ses ailes, ressemble à une feuille morte pour échapper aux prédateurs), se nourrit mieux (la vitesse des prédateurs comme chez les lions), etc. Ces caractères sont transmis à leur descendance par hérédité. La génération suivante peut hériter de ces caractères (qu'ils soient avantageux, ou pas). En répétant l'expérience sur un nombre de générations important, il advient qu'à l'échelle des temps géologiques, ces phénomènes de sélection et de transmission des variations aboutissent à des changements tels que ceux qu'on observe par exemple, entre deux espèces. Les conditions du milieu sont les pressions qui se conjuguent généralement dans le processus de sélection, favorisant une variation plutôt qu'une autre. Dans le cas de la sélection artificielle, ce sont les éleveurs qui font office d'agents de sélection. En biologie de l'évolution, c'est la nature qui tient ce rôle.

Au sein d'un procédé de sélection, les biologistes de l'évolution distinguent deux étapes. Ernst

Mayr, ornithologue, biologiste et généticien du XX^{ème} siècle, a décrit cela de la façon suivante :

« Darwin a clairement montré que la sélection naturelle était un processus à deux étapes, la première consistant dans la production de la variation héritable et la seconde dans le test de cette variation [...]. Quand un auteur demande « Est-ce que le changement évolutif est dû à des processus moléculaires ou à la sélection ? », cela revient à demander : « Est-ce que l'évolution est un changement dû à l'étape un ou l'étape deux de la sélection ? » En fait, les deux étapes sont complètement inséparables et cette question est comme vide de sens. [...] En tant que seconde étape dans ce processus, la sélection stricto sensu est un processus a posteriori qui a affaire avec la variation précédemment produite, et non un processus qui produit lui-même la variation »

Ces deux étapes ne sont pas sans rappeler le procédé mis en place lors de l'émergence d'une innovation dans les sociétés humaines. Il existe, comme noté précédemment, une étape d'émergence des nouveautés puis une étape de diffusion de la nouveauté, menant à l'innovation. L'innovation dans le champ économique serait-elle analogue au procédé de sélection plutôt qu'à une étape (émergence de nouveauté ou diffusion du nouveau) de celui-ci ?

Dans le champ de la biologie, le principe de diversité de la population en entrée du tamis ne suffit pas à qualifier complètement le principe de sélection. Richard C. Lewontin, biologiste généticien américain, a tenté de synthétiser l'ensemble des conditions nécessaires et suffisantes (CNS) pour qu'un processus de sélection naturelle, et plus globalement de sélection, advienne. Un article du philosophe de

la biologie Philippe Huneman⁴³ synthétise ainsi les trois conditions suivantes :

- C1. « Il y a variation dans les traits morphologiques, physiologiques ou comportementaux d'une espèce (le principe de variation) ». C'est la fameuse diversité en entrée du tamis.
- C2. « La variation est en partie héritable, de sorte que les individus ressemblent à leurs parents plus qu'ils ne ressemblent à des individus non apparentés, et en particulier, les descendants ressemblent à leurs parents ».
- C3. « Des variants différents laissent un nombre différent de descendants dans les générations immédiates ou éloignées »

Une sélection des innovations devra-t-elle respecter ces critères ?

Le dernier critère pose l'idée d'une différence dans le nombre de descendants d'un individu en fonction des variations qu'il porte. Ainsi, un individu porteur de variations très avantageuses dans un contexte donné aura potentiellement plus de descendants qu'un congénère moins avantageux. Les variations déjà favorables chez le parent pourront être enrichies de nouvelles variations, favorables ou non, chez l'enfant (puisque chaque enfant est très légèrement différent de ses parents). Je remarque ici que la variation avantageuse donne la possibilité à d'autres variations d'avoir lieu : comme une variation délétère a moins de chance de se transmettre qu'une variation avantageuse, les futures variations sur le thème de cette variation sont aussi moins probables.

Enfin, l'article met en avant que rien « n'exige ici que la sélection ne mène à une évolution »⁴⁴ ou autrement dit à un changement significatif et durable d'une population, devenant ainsi une nouvelle espèce. Dans ce cas, la sélection peut-elle être à l'origine d'un autre phénomène que celui apportant le changement ? D'après le même article, la sélection permet également de réduire les phénomènes de mutation, aux effets parfois

⁴³ Voir l'ouvrage : Les Mondes darwiniens, 2011

⁴⁴ *Ibid.*

délétères. Dès lors, peut-on assimiler la sélection à un processus de stabilisation de l'ancien plutôt que de l'émergence de nouveau ? La sélection des innovations pourrait-elle devenir un processus de préservation contre le changement néfaste ?

Il est nécessaire de garder en tête que tous les changements évolutifs ne sont pas explicables par l'effet direct de la sélection. En conséquence, il n'est pas possible de tout penser au prisme des variations avantageuses. Neutralisme, dérive génétique, aléas de la vie ou facteurs environnementaux sont autant de phénomènes à l'origine de la diversité des espèces. Malgré tout, ce premier diagnostic des mécanismes de sélection de l'innovation en biologie évolutive éclaire mon sentiment actuel d'une innovation désincarnée, dissociée des valeurs de justice et de morale existant dans nos sociétés humaines. Un cas remarquable est celui de l'araignée *Latrodectus hasselti*, chez qui l'accouplement se termine par une mort certaine du mâle, dévoré par la femelle. En effet, pour accéder à la spermathèque de celle-ci (organe féminin permettant de stocker les spermatozoïdes), le mâle s'accroche sous la femelle, laissant son propre abdomen en évidence. La femelle dévore alors le mâle tandis que celui-ci dépose sa semence. Cette manœuvre garantit en réalité un temps de reproduction plus long, augmentant les chances du mâle de féconder la femelle. Par ailleurs, l'araignée femelle possédant deux spermathèques indépendantes destinées à recevoir les spermatozoïdes issus de deux accouplements différents, il n'y a pour le mâle que 50% de chances qu'il puisse réellement transmettre ses gènes (contre 100% de chance de mourir!). Un trait avantageux pour le mâle se propage aujourd'hui dans les populations, à la faveur de la sélection sexuelle : préalablement à l'accouplement, le mâle peut effectuer une action de resserrement entre son thorax et son abdomen afin de protéger ses organes vitaux, augmentant ainsi sa durée de vie suffisamment pour pouvoir assurer le remplissage des deux spermathèques. C'est un cas intrigant puisque c'est la forme d'accouplement la plus répandue chez l'espèce,

alors même qu'elle mène à la disparition d'une partie de sa population. Comment expliquer la diffusion de cette forme au sein de l'espèce ? Y a-t-il des avantages sélectifs au-delà de l'échelle individuelle ? Sur quoi porte la sélection ? Qu'est-ce que cela implique de mieux innover, à quelle échelle faut-il le faire et pour qui faut-il le faire ?

Quelques notions d'échelles

Les exemples de sélection explorés précédemment favorisaient souvent l'individu. Dans le cas de l'araignée, le niveau d'observation à l'échelle de l'individu ne permet pas de comprendre le comportement « suicidaire », au sens anthropologique, des mâles. Cependant, ce comportement n'est plus intrigant si l'on observe cet événement à l'échelle du gène : si « l'objectif » du gène est de se répliquer le plus possible, le comportement de l'araignée mâle peut s'expliquer puisqu'en l'adoptant, le mâle assure un temps de reproduction plus long, et la transmission en plus grande quantité de son matériel génétique. Il faut comprendre ici que le succès évolutif d'une espèce (sa capacité à persister dans les temps géologiques) n'est pas forcément corrélé au bien-être ni à la survie des individus qui la constituent : dans cette perspective, on peut considérer les araignées mâles comme des réservoirs ou des véhicules éphémères pour des gènes, qui eux, ont pour objectif leur réplication dans les temps géologiques. Richard Dawkins a ainsi formalisé le point de vue du gène sur l'évolution dans son ouvrage *Le gène égoïste*⁴⁵.

Dans cette théorie, les unités fondamentales de l'évolution ne sont pas les organismes, les individus, les groupes ou les espèces, mais les gènes. C'est l'intérêt du gène qui prime sur celui des autres. Selon ce point de vue, les gènes sont des « unités réplicatives » qui sont transmises d'une génération à l'autre. Ils seraient soumis aux mécanismes de l'évolution tels que la mutation, la sélection naturelle, la dérive génétique ou la migration. Dans cette perspective, les individus ne sont que des véhicules temporaires pour les gènes, et leur succès reproductif dépend de leur

⁴⁵ Richard Dawkins, *Le Gène égoïste*, 1976

capacité à transmettre des copies fonctionnelles de ces gènes à leur descendance.

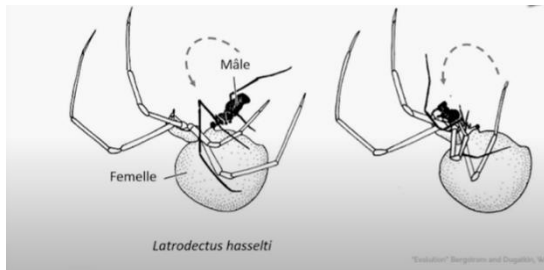


Figure 6 : Cannibalisme volontaire : le cas de l'araignée *Latrodectus hasselti* (Source : Conférence de Tatiana Giraud « Dynamique de la biodiversité et évolution », 17 fév. 2022, Collège de France.)

Un exemple de l'application du point de vue du gène est la sélection de parentèle ou « kin sélection ». Selon cette théorie, certains comportements peuvent être expliqués par la sélection de gènes qui favorisent la survie et la reproduction de la parenté proche. C'est une théorie particulièrement intéressante pour tenter de comprendre les comportements altruistes qui sont difficiles à expliquer par la sélection à l'échelle de l'organisme. L'exemple le plus probant est celui des castes stériles chez les fourmis ou les abeilles qui aident leurs sœurs à élever les enfants de la reine au lieu de produire leurs propres descendants. C'est ce qu'on appelle l'eusocialité (« un même groupe d'individus vivant ensemble est divisé en castes d'individus fertiles et non fertiles »⁴⁶). Cela est effectivement intrigant du point de vue de l'individu car les fourmis stériles n'ont pas d'avantage à la reproduction ou à la survie par rapport à leurs congénères. Cependant, les caractères altruistes continuent de se transmettre. Cette « sélection de parentèle » a permis d'apporter des éléments de compréhension pour tenter d'élucider le mystère de l'altruisme dans l'évolution, difficile à expliquer par les premières théories darwiniennes, en considérant ces comportements comme associés à des gènes qu'on appelle « gène de l'altruisme » : un individu qui se sacrifie pour son frère transmet en moyenne 50% de ses gènes via son frère puisqu'ils partagent un patrimoine génétique commun. Dans le cas des fourmis ouvrières, la stérilité est un caractère altruiste puisque ces

fourmis se dévouent au support de leur reine afin de favoriser la naissance de leurs frères et sœurs. Par leur acte d'altruisme, elles permettent à leurs apparentés de mieux se reproduire mais transmettent aussi leur patrimoine génétique de façon plus efficiente⁴⁷.

La perspective centrée sur le gène a eu un impact majeur sur notre compréhension de l'évolution et de la biologie en général, en soulignant l'importance des gènes comme unité de base du vivant, et en fournissant un cadre pour comprendre les comportements apparemment altruistes dans la théorie darwinienne de l'évolution. Les premières interprétations idéologiques des théories darwiniennes reflètent un cadre fondé sur la concurrence de tous contre tous pour la survie, une approche compétitive, outillée par une vision du monde « impitoyable, égoïste ». Mais qu'en est-il des comportements altruistes en dehors des relations de parenté ? Y a-t-il une autre vision que celle du gène ?

C'est ce qu'ont démontré D.S. Wilson et E.O. Wilson avec la sélection de groupe et la sélection multi-niveaux, dont les travaux ont été repris par Pablo Servigne et Gauthier Chapelle dans leur ouvrage récent⁴⁸ : ils ont tenté d'expliquer l'apparition de l'eusocialité, un comportement dont la sélection est difficile à comprendre à l'échelle du gène puisqu'il implique en général un coût pour l'altruiste. Leur conclusion peut être résumée par la phrase suivante : « L'égoïsme supplante l'altruisme au sein d'un groupe. Les groupes altruistes supplantent les groupes égoïstes. Le reste n'est que commentaire. »⁴⁹ Pour les deux intellectuels, l'apparition de l'eusocialité pourrait être expliquée par des facteurs écologiques. C'est seulement après le rapprochement nécessaire de certaines populations à la faveur de conditions environnementales difficiles (au sein d'un nid par exemple), que la proximité génétique apparaît. Le nid serait ensuite soumis à la sélection de parentèle sous l'effet de ce rapprochement génétique. La sélection de groupe serait donc le

⁴⁶ Wikipédia sur l'eusocialité : [Lien](#)

⁴⁷ Voir les cycles de conférence de Tatiana Giraud au collège de France

⁴⁸ Pablo Servigne et Gauthier Chapelle sur l'entraide

⁴⁹ Wilson DS et Wilson EO sur l'altruisme

phénomène qui conserve des traits moins avantageux pour l'individu mais plus efficaces à l'échelle du groupe. Afin d'illustrer cette proposition, Pablo Servigne et Gauthier Chapelle prennent l'exemple des araignées d'eau étudiées par D.S. Wilson et O. Eldakar. Les mâles au comportement agressif envers les femelles ont plus de succès reproducteur à l'échelle de l'individu, contrairement aux mâles qui attendent que la femelle s'approche pour se reproduire. Cependant, le comportement agressif des mâles met en danger la vie de la femelle : elle présente des difficultés à se nourrir et cela se répercute sur le nombre d'œufs pondus, qui diminue.



Figure 7 : Le *Gerris* ou araignée d'eau

Ainsi, au-delà du simple moment de la reproduction, lorsque ces populations évoluent sur les temps longs, les groupes où les mâles seront les plus coopératifs auront un meilleur succès reproductif. Le résultat de la sélection à l'échelle individuelle est donc différent de celui à l'échelle du groupe. Il m'apparaît que la sélection individuelle rime avec « court terme » tandis que la sélection de groupe présente quelque chose de l'ordre de la vision « moyen terme ». Ainsi, d'après Chapelle et Servigne, et Wilson avant eux, les groupes les plus coopératifs survivraient mieux que les groupes égoïstes :

« À l'intérieur d'un groupe, la sélection naturelle, en favorisant les individus les plus performants, tend à favoriser l'égoïsme, ce qui empêche l'émergence d'une cohésion sociale, voire, chez certaines espèces, d'une organisation. L'agressivité ne paie qu'à court terme, et uniquement pour les individus qui la pratiquent. Cette sélection naturelle au niveau individuel doit donc être contrecarrée

par une sélection naturelle entre les groupes. Les groupes les plus coopératifs sont ceux qui survivent le mieux. [...] La sélection naturelle est donc un équilibre entre deux forces. La première agit à l'intérieur d'un groupe et tend à favoriser les individus les plus aptes, ce qui équivaut souvent aux plus aptes ou aux plus agressifs. Cette force provoque des conflits au sein des groupes : elle est qualifiée de perturbatrice. La deuxième agit de l'extérieur des groupes et tend à favoriser les groupes constitués d'individus plus coopératifs, voire altruistes, car ils rendent le collectif plus efficace »

La sélection naturelle est donc un équilibre entre des forces évolutives : les pressions de sélection (les fameux tamis) agissent à plusieurs granularités. C'est ce qu'on appelle la sélection multi-niveaux : « [celle-ci] sélectionne les gènes les plus aptes au sein d'un individu [...], les individus les plus aptes au sein d'un groupe [...], les groupes les plus aptes au sein d'un ensemble de groupes. »⁵⁰

Ces considérations posent la question des gagnants de l'évolution, qui n'implique pas de réponse évidente : le succès évolutif est une mesure difficile à réaliser. Je comprends ici de façon très simplifiée que le succès évolutif d'un gène est sa capacité à bien se transmettre, en grande quantité et de façon fonctionnelle. Le succès d'un individu est de mieux se reproduire et survivre que ses congénères. Pour cela, il est plus efficace lorsqu'il est égoïste, une stratégie qui, d'après P. Servigne et G. Chapelle, paie à court terme. Enfin, un groupe est plus efficace lorsqu'il est altruiste. Mais efficace pour aller vers quelle forme de succès ? Le paléontologue américain Stephen Jay Gould proposait de réfléchir sur la capacité d'un groupe à s'agrandir sur les temps géologiques (l'espèce est de plus en plus abondante), ou à donner naissance à plus de sous-

⁵⁰ Ibid.

groupes (l'espèce a donné lieu à beaucoup de diversification, de spéciation).

Comment comprendre le succès évolutif sans direction dans la sélection ? Le succès évolutif peut-il être l'équivalent de la meilleure adaptation ? Qu'est-ce que cela peut impliquer dans une perspective de sélection multi-niveaux ? Comment les espèces sont-elles si bien adaptées à leur environnement ?

La limite de l'intention et de l'orientation dans la sélection naturelle

Lors des premiers débats autour de l'ordre et de la complexité de la nature, la thèse d'un dessein intelligent (Intelligent Design), proche du courant créationniste, avait été développée pour expliquer certains phénomènes du monde vivant. Celle-ci postulait l'existence d'un agent doué d'une intention, Dieu, pour expliquer la façon dont les espèces étaient si bien adaptées à leur environnement et à leur milieu. Il fallait un acteur ordonnant la matière de façon dirigée et intelligente pour expliquer l'évolution. Pendant longtemps, il a donc été pensé une intention, une vision long terme pour la transformation progressive des espèces. La possibilité d'une vision dans l'évolution existait également dans la théorie transformiste du zoologiste français Jean-Baptiste Lamarck. Ainsi, Lamarck a postulé, longtemps avant Darwin, une tendance intrinsèque des espèces à s'améliorer, une direction de l'évolution, où les variations ne sont pas spontanées mais orientées en fonction des besoins des espèces. C'est cette notion que l'on retrouve dans l'expression « pour le bien de l'espèce ». Dans cette théorie, l'environnement joue un rôle normatif pour l'évolution. Le concept d'évolution est d'ailleurs encore aujourd'hui parfois compris dans sa conception lamarckiste par les non spécialistes, et entendu comme une orientation vers le « mieux ». Par exemple, l'image très souvent mise en avant du singe se redressant sur deux pattes pour devenir homme véhicule une sorte d'idée de marche vers

le progrès qu'on pourrait associer aux idées lamarckiennes, plus intuitives et faciles à appréhender par rapport à une approche darwinienne de l'évolution. C'est effectivement un fonctionnement opposé que l'on retrouve plusieurs décennies plus tard chez Darwin, qui propose sa théorie des variations aléatoires comme moteur de l'évolution. Dans cette théorie, l'environnement est compris comme un filtre de sélection. Les conceptions darwiniennes de l'évolution ont progressivement pris la place de celles de Lamarck, réfutant l'idée de progrès dans l'évolution, d'une orientation vers le mieux. Cependant, l'idée de direction en biologie a de nouveau émergé avec le principe des niches écologiques. Les organismes modifiant leur environnement (les castors et leur fameux barrage par exemple) seraient à l'origine d'un changement de direction de l'évolution :

« Les nouvelles générations acquièrent non seulement des gènes de leurs ancêtres mais aussi un héritage écologique, un sous-ensemble de pressions de sélection naturelle qui ont été modifiés par la construction de niche de leurs ancêtres génétiques ou écologiques. Les traits constructeurs de niches sont plus que de simples adaptations, car ils jouent le rôle supplémentaire de modifier les pressions de sélection naturelle, souvent de manière dirigée, et ce faisant, ils modifient la dynamique évolutive »⁵¹.

Ici, je remarque que c'est la sélection naturelle qui est à l'origine de la prolifération de comportements de construction de niche. Ce type de comportement favorise donc une meilleure survie ou une meilleure reproduction. Ce seraient donc les conséquences d'une première sélection qui auraient induit une nouvelle direction dans l'évolution. Cela pose de nouveau la question de ce qui advient en premier : la sélection ou la nouveauté orientée ?

⁵¹ Voir (Day Rachel L, *et al.*, 2003)

On peut effectivement dire de façon simplifiée que les pressions de sélection donnent une « direction » aux adaptations visibles. En reprenant l'exemple de la phalène du bouleau, il est clair que la modification de l'environnement est une pression de sélection sur les populations.



Figure 8 : Les deux types de coloration de la phalène du bouleau (*Biston betularia*) (A) Forme claire, appelée *typica*. (B) Forme sombre, appelée *carbonaria*. (Wikipédia)

En fonction de la qualité de l'air du milieu (environnement industriel ou non), la sélection naturelle permet une adaptation via le changement de la couleur de l'insecte. C'est ce qu'on appelle la sélection directionnelle⁵² car les changements vont tous « dans le même sens », tendant vers ce qui est appelé un optimum. Dans le cas de la phalène du bouleau, c'est un état extrême, la forme sombre, qui a été favorisée via sélection naturelle, du fait de pressions externes. Au contraire, dans le cas de certains oiseaux comme les passereaux par exemple, la sélection naturelle a favorisé l'émergence d'un caractère intermédiaire et non plus extrême : le poids des oiseaux est un compromis entre la petite taille (associée à une facilité de vol mais faible en ressources) et la grande taille (associée à de bonnes réserves énergétiques mais peu mobile et donc constituant une proie facile). C'est ce qui est désigné par la sélection stabilisatrice, qui « maintient des traits donnés, ajustés au milieu ». Elle élimine ainsi les extrêmes. Enfin, d'autres espèces d'oiseaux peuvent présenter des formes très divergentes et non homogènes : par exemple, une espèce peut présenter deux typologies d'individus spécialisés⁵³ l'un sur les petites graines, et l'autre sur les plus grosses graines du fait de la forme spécifique de leur bec, bien adapté à la nourriture qu'ils récoltent. Les individus intermédiaires, moins spécialisés, disparaissent alors progressivement. Ce type de sélection est

appelée disruptive⁵⁴. Elle peut d'ailleurs conduire à une spéciation sans isolement géographique.

Il y a donc dans le vivant une certaine notion de direction quant aux nouveautés, non pas qui émergent, mais qui deviennent normes : bien que la notion d'évolution vers le progrès plébiscitée par Lamarck ait été invalidée, les pressions de sélection de l'environnement donnent à voir certaines nouveautés plutôt que d'autres et, de cette façon, cadrent le champ des possibles. Les contraintes physico-chimiques et physiologiques participent à cadrer le champ des possibles (de façon simplifiée, les pattes d'un oiseau peuvent supporter un poids maximal. Au-delà de ce seuil, l'émergence d'un oiseau viable n'est pas possible).

Ainsi, c'est à partir de l'émergence de nouveautés aléatoires que des pressions de sélection peuvent s'appliquer dans le champ de la biologie. Dans les systèmes socio-économiques, les processus d'émergence et de diffusion des nouveautés sont tous deux orientés : une invention est généralement pensée afin de résoudre une problématique (une vision lamarckienne du changement). Quelle est la meilleure innovation, celle qui est orientée ? Celle qui est aléatoire ? Est-ce une limite de l'analogie ? Pouvons-nous inscrire l'innovation économique dans des processus aléatoires où l'intention et la vision humaine n'auraient pas de place prépondérante ?

Ouverture : la sélection dans le champ de l'économie et analogies possibles

La sélection naturelle est le procédé par lequel un tri des nouveautés, les variations présentes dans le vivant, est opéré par les pressions de l'environnement. Ce tri aboutit à la diffusion des variations sélectionnées dans le milieu, jusqu'à ce que celles-ci deviennent la norme : c'est l'adaptation. D'après ce qui précède, le processus de sélection permet d'expliquer les phénomènes à

⁵² Voir (Eoche-Bosy. 2016.)

⁵³ *Ibid.*

⁵⁴ *Ibid.*

l'œuvre lors de l'émergence de la nouveauté et la sélection de ladite nouveauté.

La sélection naturelle est un équilibre entre des forces évolutives : les pressions de sélection agissent à plusieurs granularités et ne permettent pas de statuer facilement sur des gagnants potentiels de l'évolution. C'est ce qu'on appelle la sélection multi-niveaux.

Enfin, la sélection ne se produit qu'en présence d'une population présentant de la variabilité aléatoire. Celle-ci doit être en partie héritable, et donner lieu à un nombre de descendants différents.

Dans le champ de l'économie, il existe également une sélection parmi les nouveautés. En effet, un tamis, ici constitué des choix des agents de sélection (institutions, comités d'expert, gouvernement, etc.), pratique un tri des choses nouvelles qui émergent. En introduction, j'avais observé l'existence d'une sélection des projets existants d'une part, et d'autre part, une orientation des projets émergents du fait d'une volonté des innovateurs de répondre aux critères de sélection formulés. En effet, ce tamis tend à être pris en compte par les individus et collectifs qui innoveront dès les premières réflexions autour d'un projet d'innovation. Ces derniers s'alignent alors sur ces paramètres de sélection afin de s'assurer de la diffusion des nouveautés qu'ils portent. Il y a alors un côté normatif, voire dissuasif de la sélection de l'innovation. Peut-on parler de sélection dans ce cas ? Quel modèle biologique ressemble le plus au système de sélection d'innovation que je perçois dans le monde économique ?

Le premier niveau de sélection en innovation économique pourrait se rapprocher des dynamiques de sélection naturelle proposées par Darwin puisque le marché, représentant l'environnement dans lequel va évoluer l'entreprise et où se rencontrent l'offre et la demande d'un bien ou d'un service, se charge de sélectionner les inventions ayant émergées.

Cependant, les inventions humaines sont rarement spontanées et non orientées : elles sont toujours animées d'une certaine volonté de l'individu à l'origine de son émergence. La forme d'une innovation est d'ailleurs pensée pour la fonction qu'elle doit remplir : c'est le fameux dicton de Louis Sullivan, architecte américain du XX^{ème} siècle, « La forme suit la fonction ». Un second niveau est évoqué ici, et pratiqué sur des nouveautés dont l'émergence est orientée par une tendance à essayer de passer ce tamis. Dans ce cas, le pilotage de la transformation des espèces par le besoin est très lié à la théorie de l'évolution de Lamarck. Cela fait écho à un processus d'orientation dans la phase d'émergence de l'innovation. Des effets normatifs de la sélection peuvent aussi advenir, comme dans le cas de la transmission de niche.

Ce second niveau est moins formalisé ou moins conscientisé : au cours des échanges que j'ai pu effectuer avec Bruno Truong du Y. Spot (CEA), celui-ci mentionnait le fait que certains projets d'innovation arrivent à leur service⁵⁵ après le développement d'une première brique technologique en laboratoire, constituant en quelque sorte l'incarnation physique de l'invention. L'usage, c'est-à-dire le besoin, n'a souvent pas été examiné. Seule la notion de sophistication technologique a suffi pour générer du développement et du financement sur un sujet. Dans certains cas, aucun usage ne peut être identifié. M. Truong me confiait alors son sentiment d'arriver « trop tard, après que les ingénieurs se soient tapé la tête par terre ».

Aujourd'hui, le concept de sélection d'innovation est largement utilisé en management de l'innovation afin de comprendre comment les entreprises peuvent développer des stratégies efficaces pour introduire de nouvelles technologies, de nouveaux produits ou de nouveaux services sur le marché. La sélection de l'innovation est également utilisée pour comprendre comment les entreprises peuvent maintenir leur avantage concurrentiel en

⁵⁵ Dont la mission est d'identifier un usage pour les technologies développées dans les laboratoires du centre.

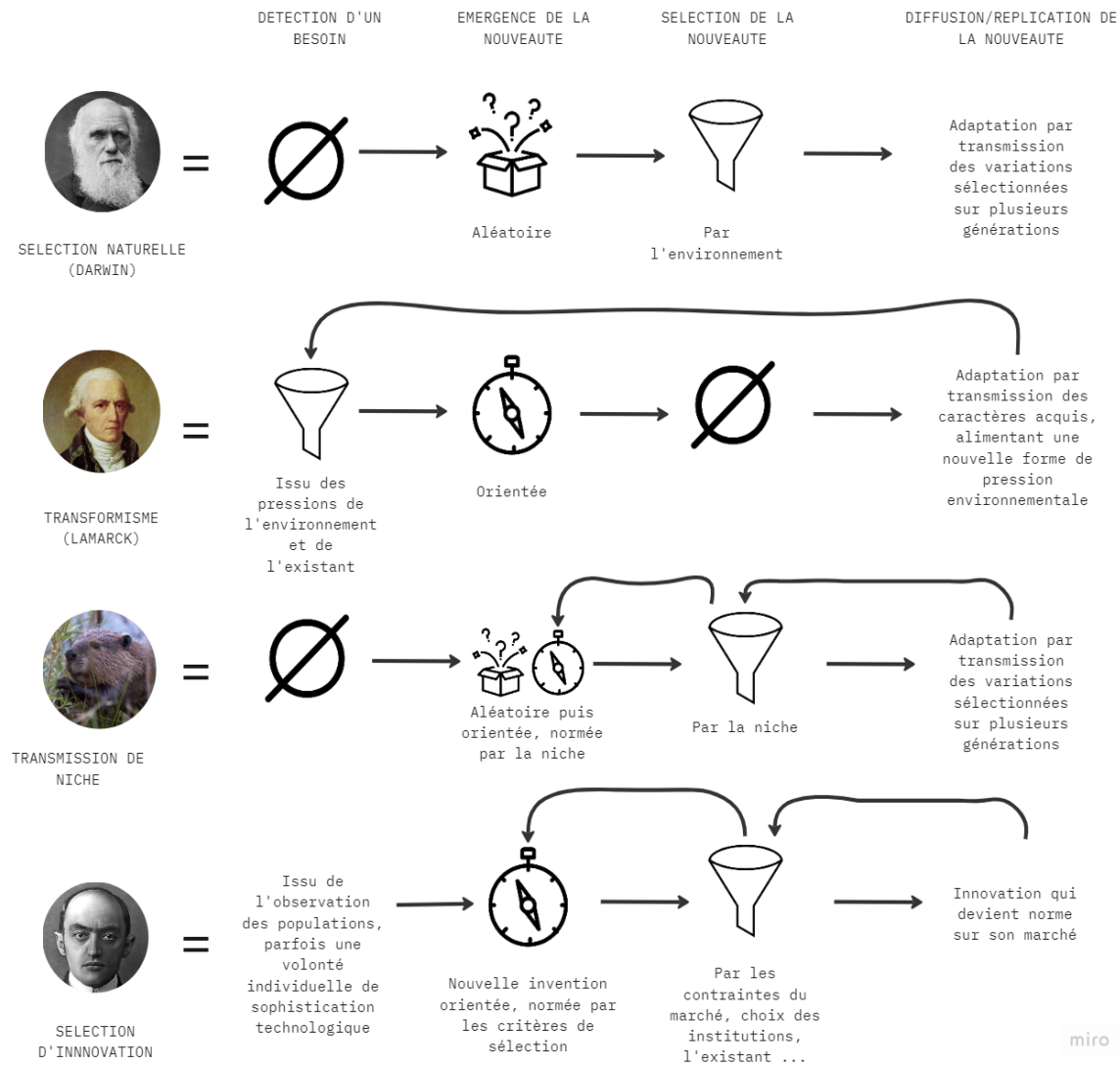
continuant à développer des innovations performantes. Les critères principaux qui ont été utilisés pour la sélection des innovations sont multiples et peuvent varier en fonction du contexte et des perspectives. Dans un contexte d'ingénierie ou de recherche, la faisabilité et la performance constituent les principaux critères de sélection d'une innovation. En effet, l'innovation doit être faisable en termes de coûts, de temps et de ressources. Les entreprises doivent s'assurer que l'innovation peut être développée et mise sur le marché de façon à atteindre un certain seuil de rentabilité. Par ailleurs, l'innovation doit être performante et offrir une meilleure qualité, une meilleure efficacité ou une meilleure expérience utilisateur que les solutions existantes. Les entreprises doivent s'assurer que leur innovation offre une réelle valeur ajoutée aux consommateurs. Si l'on regarde les outils de financement ou de valorisation de l'innovation (le brevet par exemple), l'originalité est un critère très récurrent : l'innovation doit être originale et se différencier des solutions existantes. Les entreprises doivent développer des innovations qui sont uniques et qui se démarquent de la concurrence, l'équivalent d'une sorte de « haute variabilité » en biologie. De plus en plus systématiquement, la pertinence de l'innovation doit avoir été évaluée : elle doit répondre aux besoins des clients cibles, une approche lamarckienne de génération de nouveautés. Ainsi, les entreprises ont la responsabilité de comprendre les attentes des consommateurs et de développer des innovations qui répondent à leurs besoins. Généralement, ce critère est vérifié par la conduite d'une étude de marché : l'appétence des clients ciblés est quantifiée par des parts de marché potentielles déterminées via des recherches théoriques et des études qualitatives.

Dans la figure suivante, je propose de reprendre les différents procédés d'émergence et de diffusion de la nouveauté que j'ai mentionnés pour en identifier les analogies potentielles.

La notion de sélection fait donc globalement référence à un processus de priorisation dans le cadre de l'entreprise, et ne porte pas de formalisation claire, systématique. Par ailleurs, les procédés d'innovations impliquent aujourd'hui

l'ajout systématique d'une "brique technique" ou plus globalement l'ajout d'une nouveauté dans le monde. Pour une meilleure innovation, doivent-ils devenir des procédés analogues à la sélection naturelle, d'adaptation, d'évolution, voire d'abandon ? Peut-on dans ce contexte réfléchir à une sélection naturelle des innovations ?





miro

Figure 9 : Synthèse des différents processus de sélection dans le champ de la biologie et de l'économie et analogies possibles

Sélectionner pour une meilleure innovation ou sélectionner de meilleures innovations ?

Il est intéressant dans le cadre d'une analogie entre monde économique et monde biologique d'analyser les propositions de transposition déjà réalisées par la littérature. Je me réfère ici aux travaux de Clément Levallois⁵⁶ et d'Eva Debray⁵⁷ qui se concentrent sur les différentes analogies réalisées entre le champ de la biologie évolutive et le champ de l'économie. La plupart de la littérature existante s'oriente sur la sélection des firmes, un sujet notamment approfondi par Richard R. Nelson et Sidney Winter, pères de l'économie évolutionniste. Les innovations étant un des paramètres permettant, selon la théorie des firmes, une meilleure survie des entreprises, je propose d'étudier ce que cela implique à l'échelle de l'entreprise avant d'analyser celle des innovations.

Afin de parler de théorie de l'évolution par sélection naturelle lors de l'étude d'une population (d'être vivants, d'entités, d'innovations...), j'ai montré en partie I qu'il fallait remplir trois critères : variabilité, hérédité et différence entre descendants possédant des traits déterminant des capacités de survie ou de reproduction différentes. Si ces trois principes sont respectés, une « population connaîtra un changement évolutif ». J'ai pu constater la nécessité de Nelson et Winter de faire émerger de nouveaux concepts pour remplir ces critères et tenter d'articuler économie et évolution : spécifiquement, ces trois critères ne peuvent être utilisés tels quels dans le champ de l'économie. Ils doivent être réinterprétés à la

lumière de la réalité de l'autre discipline mobilisée. Ainsi, pour parler de variations, Nelson et Winter développent d'abord le concept de « routine » : « un type de comportement qui est suivi de façon répétée, mais qui est susceptible de changer si les conditions changent ». Cette routine regroupe les caractéristiques et procédés des firmes, allant des processus techniques de production, jusqu'aux procédures d'embauche. Ces routines peuvent être considérées comme les gènes dans la théorie de l'évolution en biologie. C'est sur ces routines que joue la variation dans la théorie de Nelson et Winter.

Concernant l'hérédité, les auteurs pointent le fait que les modèles de Nelson et Winter n'ont pas identifié d'analogie clé. Cela repose effectivement la question du succès d'une firme : si celle-ci est très efficace et rentable par exemple, son succès doit-il se mesurer au nombre de filiales qu'elle ouvre ? Au nombre d'employés qu'elle emploie ? Afin de participer au débat autour de ces interrogations, l'article d'Eva Debray postule la chose suivante :

« Lorsqu'une firme est plus profitable, un modèle darwinien supposerait que cette firme parente devrait laisser davantage de « descendants » que ses concurrentes à la génération suivante, qui possèderaient des routines identiques à la firme

⁵⁶ Voir (Levallois, C., 2008)

⁵⁷ Voir (Debray, E., 2011)

« mère ». Ce serait l'analogie d'un individu mieux adapté à son environnement que d'autres et dont la valeur sélective serait mesurée par sa descendance. »

De leur côté, Nelson et Winter proposent simplement qu'une entreprise ayant des routines avantageuses dans son milieu, devenant ainsi rentable et augmentant de fait sa capacité de « survie » dans ledit milieu par rapport à ses concurrents, étende alors sa capacité de production. C'est ce qu'on pourrait appeler le succès évolutif d'une firme. Une notion d'hérédité est cependant évoquée dans les travaux de Nelson et Winter, en lien avec les routines : cette hérédité relève de la transmission de connaissances plutôt incarnée par les théories lamarckiennes de l'évolution.

Enfin, ce sont les évolutions du marché, la baisse ou la flambée des prix, la raréfaction d'une ressource ou d'une compétence, qui jouent le rôle des pressions de l'environnement. C'est l'adaptation suffisante de la firme à cet environnement contraint qui lui permettra de perdurer, jusqu'à la prochaine évolution de la structure du marché.

Ulrich Witt, économiste spécialiste de l'économie évolutionnaire, met cependant en avant une limite de l'analogie entre le champ économique et le champ biologique : les agents économiques ont la capacité de prévoir ou d'envisager les changements de leur environnement et de générer une action afin de modérer leurs impacts sur leurs activités (on dit de certaines startups ou projets qu'ils effectuent

un « pivot » en fonction de la réceptivité du marché par exemple), contrairement aux espèces qui n'ont pas cette capacité. Le rôle des pressions de l'environnement serait donc autrement plus clé dans la nature. Cette possibilité de se modifier en fonction de ses besoins se rapproche de nouveau de la vision lamarckienne de l'évolution. Je remarque ici que l'adaptation lamarckienne pourrait être légitimement considérée plus efficace et plus rapide que l'adaptation darwinienne. Centrée sur le besoin du porteur, la transformation lamarckienne des espèces ne peut pas impliquer d'émergence de nouveauté inutile. La vitesse du processus d'évolution dans ce cas serait considérablement accélérée. C'est aussi dans cette conception d'un procédé efficace que s'inscrit l'innovation œuvrant dans les sociétés humaines.

La capacité des entreprises à prévoir ces modifications et à générer des actions de transformation correspond à ce que Witt appelle une sélection interne. C'est un processus en amont de la sélection externe liée à l'environnement. En cela, il m'apparaît que la sélection des firmes diffère tout à fait de la sélection dans la construction de niche : dans cette modalité d'évolution par sélection naturelle, c'est la sélection de variations aléatoires qui constitue la première étape menant à l'augmentation des comportements induisant la construction de niche. La construction de niche ajoutant de nouvelles conditions environnementales, une nouvelle sélection pouvant sembler orientée s'effectue alors (bien que cette conception de la sélection de niche soit encore en débat).

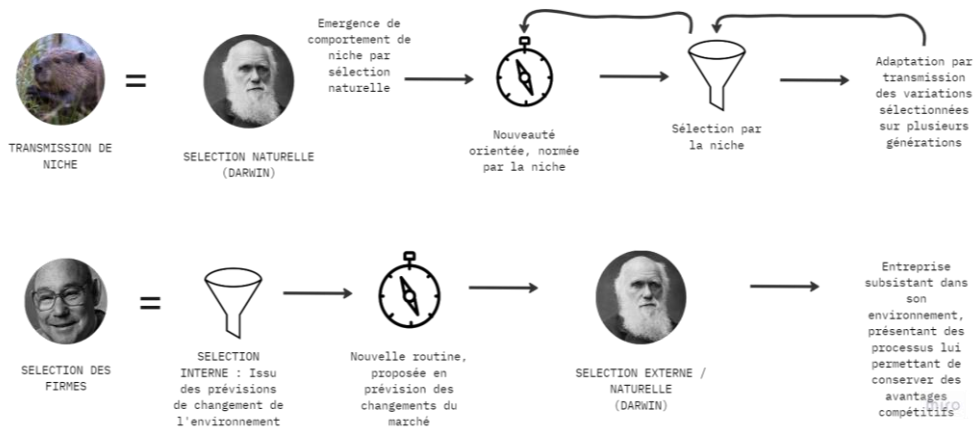


Figure 10 : La sélection des firmes au regard de la transmission de niche, analogies possibles

Cependant, il existe pour la première fois une difficulté à prévoir pour les entreprises : le changement climatique par exemple s'inscrit dans le temps long et impacte le monde de façon globale, différenciée, et spécifique. C'est une posture difficile à adopter pour un système fondé sur la réaction à des tendances court terme, dans un contexte de mondialisation fort où la standardisation massive de tous les domaines d'activité freine la capacité à fournir des réponses adaptées localement. La capacité de prédiction des conditions du milieu par les entreprises est donc considérablement réduite, de même que leur aptitude à réagir en conséquence. La sélection des firmes pourrait donc devenir de plus en plus proche d'une conception darwinienne.

Que peut-on tirer de cette analogie entre biologie et économie ? Peut-on parler de variation,

d'hérédité et de pressions externes pour évoquer la sélection des innovations ? La sélection interne et les capacités de prévision des sociétés humaines sont-elles des freins à l'analogie ? Au contraire, la difficulté à prévoir du fait du réchauffement climatique peut-elle signer un passage vers une sélection darwinienne des innovations ?

C'est ce que je propose d'observer maintenant : si je souhaite importer le lexique et les concepts de la biologie dans le champ de l'innovation, quel concept dois-je conserver ? où se situe l'innovation dans le procédé de sélection naturelle ? Est-ce une variation, une adaptation ? y a-t-il des échelles où la variation est orientée ? Où la sélection est orientée ? Cela pose-t-il un problème pour l'application de l'analogie ? Enfin, que dire des pressions de l'environnement et à quel niveau s'appliquent-elles ?

Sélectionner de meilleures innovations

Si je comprends l'innovation comme génératrice de nouveauté, je peux la rapprocher du concept de variation en biologie. Dans cette perspective, un procédé d'innovation pourrait être similaire au procédé d'émergence et de sélection de la variation. Mieux innover correspondrait alors à sélectionner les meilleures innovations : quels sont les phénomènes que met en œuvre le vivant pour sélectionner les meilleures variations ? Qu'est ce qui est contenu dans ce concept en biologie évolutive ? Quels sont les procédés à l'œuvre dans ce domaine ?

La variation comme innovation ⁵⁸

Dans la théorie de l'évolution de Lamarck, les variations sont des nouveautés ou changements qui apparaissent selon les besoins de l'individu. Traditionnellement, c'est l'exemple de la girafe qui est mobilisé. S'apercevant que les feuilles des branches les plus hautes des arbres sont les moins mangées, celle-ci allongerait son cou pour pouvoir se nourrir plus facilement. Dans cette théorie, la variation (l'allongement du cou) ne relève pas de la volonté de la girafe, mais d'un instinct que Lamarck appelle « les efforts de son sentiment intérieur ». Ce caractère nouvellement acquis chez un individu peut se transmettre à la génération suivante. C'est ce qu'on appelle l'hérédité des caractères acquis. Ici le changement a lieu pendant la vie de l'individu, et celui-ci « transmet » ces changements à la génération suivante. Ce mécanisme d'évolution est fondé sur le besoin : sans besoin, il n'y a pas d'évolution. Il y a ici une direction dans l'évolution. Le principe d'apparition d'une variation au sens lamarckien pourrait alors se rapprocher des processus d'émergence et de sélection d'innovation promus aujourd'hui. Il y a cependant eu plusieurs réfutations⁵⁹ de cette théorie et c'est celle de Darwin qui fait désormais foi en biologie évolutive.

La théorie de l'évolution darwinienne est fondée sur l'observation des petites variations individuelles. Dans cette perspective, ce n'est pas le besoin mais le hasard qui permet l'émergence

de nouveauté et les pressions du milieu qui font office de moule pour l'évolution. Il n'y a pas de direction à l'évolution chez Darwin. La théorie des petites variations peut faire spontanément penser à l'innovation incrémentale, un processus d'amélioration progressive, à partir de ce qui existe. Pour les tenants de la synthèse moderne de l'évolution, la variation fait référence à la fois à la nouveauté physique en tant que telle, mais aussi aux procédés qui ont permis son émergence.

Comment apparaissent les variations dans cette théorie synthétique de l'évolution ? Plusieurs phénomènes sont à l'œuvre. D'abord, il a été compris que les mutations au niveau des gènes peuvent provoquer l'apparition de variations et donc l'émergence de nouveautés. Les mutations peuvent notamment entraîner :

- L'apparition d'un nouveau trait ou d'une nouvelle fonction. Par exemple, l'apparition d'une mutation sur le gène codant pour l'enzyme lactase permet chez les humains de continuer à produire cette enzyme à l'âge adulte. C'est une enzyme nécessaire pour décomposer le lactose, le principal sucre présent dans le lait. Normalement, l'activité de la lactase diminue après le sevrage, car la consommation de lait diminue à l'âge adulte. Cet exemple illustre comment une mutation génétique spécifique peut conduire à l'apparition d'une nouvelle fonction, dans ce cas la capacité de digérer le lactose à l'âge adulte.

⁵⁸ Voir les Mondes Darwiniens

⁵⁹ Voir les queues de souris de Weissman

- La perte d'un trait ou d'une fonction. Par exemple, en raison d'une mutation sur le gène de la L-gulonolactone oxydase (GULO), certains primates et les humains ont perdu la capacité de synthétiser la vitamine C. La vitamine C est un antioxydant nécessaire à la synthèse du collagène. La perte de ce gène empêche la production de notre propre acide ascorbique et nous oblige à en inclure dans notre diète.
- La modification d'un trait ou d'une fonction. Par exemple, la mutation de quelques acides aminés sur un gène chez les souris engendre des différentiels de couleurs selon leur milieu initial afin d'être mieux protégés des prédateurs.

Dans les systèmes socio-économiques, je note que l'innovation est en général porteuse de nouvelles fonctions ou de modifications d'une fonction existante (en vue de son amélioration). Cependant, elle est beaucoup moins associée à la perte de fonction. L'innovation constitue plutôt l'ajout de quelque chose à l'existant, ou sa transformation, mais peu l'abandon d'une partie de ce qui existe, bien que certains mouvements comme les low tech introduisent dans le champ des activités technologiques et économiques la notion de renoncement. Est-ce que la stratégie d'abandon du vivant est un chemin vers les meilleures innovations ?

L'apparition de variations peut également être issue de la reproduction sexuée. En effet, la reproduction sexuée permet le mélange des gènes de deux parents pour donner un descendant. Chez les eucaryotes, c'est le principe de la méiose qui permet un mélange du matériel génétique des parents. Ce processus, associé à une loterie ou un brassage génétique, va créer de la diversité génétique. Pierre Henri Gouyon parle d'ailleurs du sexe comme le procédé permettant à deux êtres de génomes différents de mélanger leurs génomes pour créer un troisième être, différent des deux premiers. C'est notamment grâce à la reproduction sexuée qu'il est possible de contrer certaines mutations délétères d'un parent ou de se débarrasser de parasites. De

façon simplifiée, le mélange de deux diversités existantes amène-t-il, inversement, à une forme de préservation contre le changement (néfaste) ? Les meilleures innovations sont-elles correctives ?

Bien que d'autres mécanismes puissent être à l'œuvre, la plupart des variations proviennent de la recombinaison des gènes des parents et de mutations rares. La variation est donc issue d'un processus aléatoire d'apparition de la nouveauté biologique.

Peut-on rapprocher cela d'un processus d'innovation dans le champ économique ? Par ailleurs, les variations, comme la taille d'un individu par exemple, pourraient spontanément faire écho aux innovations incrémentales de nos sociétés humaines (réduction de la taille d'une puce de téléphone par exemple). En revanche, quel est l'équivalent des innovations de rupture ? Il y a bien des caractères discontinus qui émergent dans le vivant, ainsi que de grandes ruptures dans l'évolution (apparition des procaryotes, puis des eucaryotes, des espèces multicellulaires, ...), peut-on associer ces phénomènes à des innovations de rupture ? Cela met-il en péril l'analogie de la variation avec l'innovation ?

Le caractère aléatoire des variations

Dans un premier temps, le caractère aléatoire des variations a été identifié comme nécessaire pour qu'un processus de sélection darwinienne advienne. En effet, le principe central de la théorie darwinienne de l'évolution peut être résumé comme « des variations aveugles conservées sélectivement »⁶⁰. Cependant, au sein des systèmes sociotechniques, la direction et l'intention sont deux éléments indissociables d'une approche anthropologique des innovations : un processus d'innovation est impulsé soit par le souhait de résoudre une problématique (technique, sociale, etc.) observée dans notre société, soit par la volonté d'atteindre un nouveau niveau de sophistication

⁶⁰ Voir (Schot, J., Geels, F.W., 2007)

technologique (par exemple, les travaux de recherche s'attachent à aller au-delà des travaux existants dans leur domaine technique). Dans une théorie de la sélection appliquée au champ économique, la variation technologique (ici l'innovation), les variations peuvent-elles être orientées ?

Johan Schot & Frank W. Geels⁶¹ reprennent le travail de plusieurs économistes évolutionnistes autour du concept de variation appliqué au champ de l'économie. Ils la décrivent comme « la variété des produits adaptés aux besoins particuliers d'une gamme de niches de marché différentes ». Selon les deux auteurs, la variation dans le domaine économique est déjà adaptée à son environnement : elle ne subit pas de sélection par celui-ci puisqu'elle émerge par les contraintes que l'environnement génère. L'article fait mention de la difficulté pour les systèmes techniques de se défaire de variations dirigées et orientées, issues des processus de R&D, des contextes d'utilisation et des trajectoires techniques, en reprenant les propos de Nelson and Winter :

« On pourrait envisager par exemple l'évolution des moyens de transport aériens, de la montgolfière à l'A380, comme un processus d'évolution où la demande publique, les possibilités technologiques et les ressources énergétiques jouent le rôle de pressions de sélection. Cependant, indépendamment même des difficultés d'identifier un équivalent des gènes pour ce domaine-ci, le projet rencontre un problème majeur : les variations (qui distinguent les différents produits d'une même gamme créés à une époque donnée) n'y sont pas aléatoires ; elles sont dues à des travaux d'ingénieurs qui visent à adapter leur prototype à des fins données, et la sélection ne semble donc pas devoir intervenir. »

Peut-on imaginer des processus de génération d'innovations/variations aléatoires dans le champ de l'économie ? Dans la nature ou dans nos sociétés humaines, dans quelle mesure l'existant conditionne-t-il les possibilités de variation en dehors de ce qui existe déjà ? Qu'est-ce que cela dit sur les variations ? Globalement, cela constitue-t-il un frein à l'utilisation du concept de variation pour parler d'innovations ?

A ce sujet, la vision d'E. Debray est la suivante : le caractère intentionnel des actions menées par les agents proposant de la nouveauté ne s'opposerait pas à la sélection tant que ces actions (ces variations) ne débouchent pas sur de meilleures adaptations à l'environnement que ce que propose la sélection. Sinon, le recours au principe de sélection serait superflu. Afin de nuancer cette limite, Debray met en avant la chose suivante : il est possible de douter du fait que le caractère intentionnel des actions humaines constitue en lui-même un élément remettant en cause le rôle de la sélection naturelle, car pour qu'une innovation devienne norme et en être certain avant même son apparition, il est nécessaire de posséder des capacités cognitives très étendues. En particulier, dans le champ économique, vouloir lancer un produit qui « marche » est problématique, dans la mesure où le résultat est souvent inattendu. L'intention d'un agent et le résultat engendré par ses actions peuvent donc être complètement dissociés puisque les capacités de prédiction des agents proposant l'innovation sont limitées. En ce sens, il ne serait pas nécessaire d'exclure le principe de sélection naturelle comme principe d'explication des processus d'évolution en économie, ainsi que des comportements contribuant à ce processus. Il ne serait par conséquent pas non plus nécessaire de penser une forme d'évolution spécifique, c'est-à-dire distincte de l'évolution biologique quant à ses principes explicatifs et sa logique, pour penser l'évolution des phénomènes économiques.

Par ailleurs, je relève que les auteurs identifient la coexistence de différentes niches de marché, ayant chacune une appétence pour certaines

⁶¹ *Ibid.*

innovations/variations (ajout d'une fonctionnalité, modification d'une forme) en fonction de l'environnement associé à cette niche (système de croyance, pays de diffusion de l'innovation et ses réglementations propres, profils particuliers d'utilisateurs, ...). Ces innovations coévolueraient à partir du même régime sociotechnique global. Le régime technique, ou trajectoire évolutive⁶² peut être

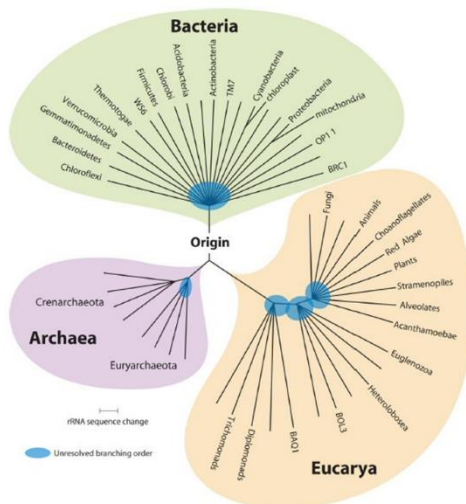


Figure 11 : Arbre phylogénétique (source Wikipédia)

considéré comme « la constitution génétique (le génotype) d'une technologie s'exprimant dans des produits et des procédés (le phénotype) défendus par différentes entreprises et vendus sur le marché ». La notion de régime permet, dans le cadre des innovations, de garantir une certaine stabilité car un socle commun (un ancêtre commun) est partagé entre les différentes ramifications du régime.

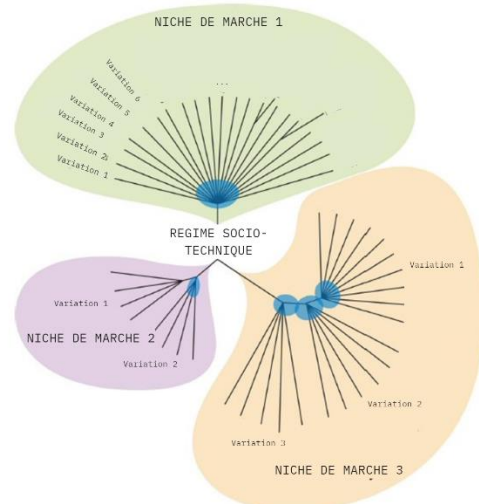


Figure 12 : Arbre socio-technico-génétique ?

Ainsi, dans le cadre d'une abondance de ressources, ou de l'absence de contraintes, l'article fait remarquer que des acteurs peuvent en effet étudier, tester et introduire au sein d'une niche marché de nouvelles variations plus facilement. À la faveur de nouvelles pressions de sélection, les entreprises en présence pourraient commencer à remettre en question certains acquis du régime, ou identifier de nouvelles pistes de recherche, de nouvelles variations pour ensuite mieux s'adapter. Lorsqu'une innovation/variation se répand alors dans une niche du fait de son adéquation avec le milieu, le reste des entreprises se « met à niveau » afin de rattraper son retard et s'adapte aussi en imitant ou modifiant la base innovante adoptée. Celle-ci peut devenir à son tour un ancêtre commun à l'origine d'un futur régime sociotechnique via le processus d'adaptation. Elle passerait de l'innovation/variation à la règle. C'est ainsi qu'un

nouveau régime émergerait et finirait par se substituer à l'ancien. L'émergence d'un nouveau régime serait alors « continue, cumulative [...] par le changement adaptatif de séquences plus longues de petites mutations » d'après Geels et Schot. Du fait de son caractère graduel, une telle transformation de régime est parfois difficile à discerner, et peut apparaître comme une optimisation.

A partir de quel moment peut-on alors parler de rupture entre deux régimes sociotechniques ? Comment appréhender la discontinuité dans le changement technique ? En biologie évolutive, la sélection amène de la différenciation, de façon continue dans le temps long, jusqu'à la spéciation entre deux espèces, c'est-à-dire lorsque deux êtres vivants sont suffisamment différents pour ne plus pouvoir se reproduire ensemble. Peut-on parler de spéciation technique dans ce cas ? Schot et Geels proposent, à partir des théories

⁶² Conception proposée par B. Truong, Y. spot

de Nelson et Winter, une définition des « espèces » dans l'évolution technologique :

« Une nouvelle technologie forme une nouvelle espèce lorsqu'un régime distinct émerge. Nous élargissons seulement leur concept de régime technique en incluant les aspects institutionnels et de marché nécessaires pour faire fonctionner le régime technique ».

Le terme de régime sociotechnique permet de caractériser ce changement.

Dans cette perspective, un régime consiste en un ensemble de règles alignées qui sont portées par un éventail d'acteurs (entreprises, utilisateurs, gouvernements) qui forment ensemble ce que les auteurs évoquent comme une communauté, que j'ai souvent ici identifié comme un écosystème. Les auteurs ici montrent que l'interaction entre acteurs repose sur la participation de chacun à la « production et à la reproduction d'un régime sociotechnique », soit à l'adaptation d'une variété et ainsi la diffusion de celle-ci. Ainsi, les régimes sociotechniques « portent et stockent les règles sur la manière de produire, d'utiliser et de réglementer des produits et des processus spécifiques. Ils accomplissent la tâche des gènes et définissent la frontière entre les espèces technologiques ».

Comment comprendre l'émergence de nouveaux régimes sociotechniques dans un modèle de sélection naturelle ? Peut-on évoquer la théorie des niches de marché de façon analogue à la diversification des espèces, à une échelle plus réduite ? Qu'est-ce que cela voudrait dire pour les variations ? Sont-elles contraintes par le régime sociotechnique et donc orientées ?

La sélection des meilleures innovations

Qu'en est-il du processus de sélection ? est-il ou doit-il être orienté ? Comment sont sélectionnées les meilleures innovations/variations ?

Dans les systèmes sociotechniques, la sélection des innovations oriente ce qui existe et ce qui n'advient pas. Je retrouve cela très distinctement en biologie évolutive. Guillaume Lecointre parle d'ailleurs d'une évolution (comprendre l'ensemble des forces évolutives et notamment la sélection naturelle) qui se paye au prix d'un « immense cimetière ». Cela renvoie à la fois à la disparition du moins bien adapté au sens darwinien de lutte pour la survie (la sélection naturelle), mais aussi à la mort des individus adaptés mais n'ayant pas pu se reproduire, ou pas suffisamment du fait de la compétition pour la reproduction (la sélection sexuelle). C'est ce processus de sélection (d'abandon ?) que l'on retrouve au sein des appels à projets évoqués en introduction : toutes les innovations possibles émergent et celles qui deviendront norme seront celles sélectionnées par l'environnement, c'est à dire celles qui répondront aux exigences d'un corps décideur sur les notions de faisabilité technique, financière (répondant aux cahiers des charges fournis par les demandeurs), de pertinence en réponse à un besoin client existant, en accord avec le paysage réglementaire, favorisées par un contexte politique, un système de croyance, etc. Schot & Geels considèrent que ce processus de sélection oriente « d'une certaine façon l'évolution des systèmes techniques dans une direction déterminée par la nature de l'environnement de sélection formé par les marchés et les facteurs institutionnels ». Cela implique un processus d'apprentissage s'appuyant sur l'antérieur. Les auteurs reprennent d'ailleurs l'affirmation suivante, proposée par A. Rosenberg⁶³:

« Ce qui est réellement impliqué est un processus d'accumulation cumulative de connaissances utiles, auquel de nombreuses personnes apportent des contributions essentielles, même si les prix et la reconnaissance sont généralement accordés au seul acteur qui se trouve être sur scène à un moment critique »

⁶³ Voir (Rosenberg N., 1982)

On retrouve ici la notion de bricolage de l'évolution avec « l'accumulation cumulative des connaissances utiles » qui peut légitimement s'appliquer à l'innovation : c'est la capacité de faire à partir de l'existant, via la participation de nombreuses parties prenantes, qui permet l'émergence *in fine* d'une innovation/variation qui sera retenue par sélection.

Dans cette perspective, qui sont les agents sélectionneurs ? Cela implique-t-il une sélection orientée ? Je ressens ici que la décision de sélection incombe à un corps décideur unique, bien que de nombreuses interactions aient pu être à l'origine de contributions clés. Ce n'est pas le cas dans le monde vivant, où la sélection est multifactorielle et ne s'embarrasse pas d'un corps décideur. Cette sélection naturelle favorise-t-elle les meilleures innovations ?

Rétrospectivement, le processus de sélection naturelle des variations peut sembler orienté, comme cela a été vu avec les différents mécanismes de sélection (dont la sélection « directionnelle »). Cette « direction » peut être comprise a posteriori par l'observation des pressions de sélection. Il est possible de distinguer deux principaux types de pressions de sélection :

- Des pressions dites *intérieures*⁶⁴ à l'espèce (sélection sexuelle, compétition intraspécifique), c'est à dire l'ensemble des situations de concurrence pour des ressources ou pour la reproduction entre individus d'une même espèce ;
- Des pressions dites *extérieures*⁶⁵ à l'espèce (compétition extra spécifique, environnement), c'est-à-dire l'ensemble des relations entre des populations d'espèces différentes (lutte pour les ressources, le territoire, mais aussi relations de prédation, de parasitisme ou de symbioses), ou avec des facteurs non vivants (modification de l'environnement, composition chimique, température, etc.).

Est-ce que ces deux niveaux de pressions pourraient évoquer la sélection interne et externe proposée plus haut pour expliquer la sélection des firmes ? A l'instar des pressions de sélection en biologie, et comme je l'ai évoqué en introduction de la seconde partie, il est possible de mettre en avant des pressions de sélection des innovations dans les systèmes humains : exigences économiques et réglementaires des marchés, croyances religieuses, attendus sociaux, rentabilité, rareté des ressources, etc. La sélection, si les conditions du milieu ne changent pas pendant une longue période, pourrait-elle amener à une homogénéisation des innovations qui émergent ? Est-ce risqué d'apporter une réponse homogène dans un milieu qui devient changeant tandis que nos filtres de sélection, eux, n'évoluent pas ? Naturellement, les variants constituant une déviance par rapport à la norme vont être éloignés. Pourtant, la diversité est une chose bonne en soi car ce qui n'est pas utile aujourd'hui pourra être utile plus tard. Est-ce qu'il y a un côté normatif à la sélection qui limite l'émergence de nouveauté ?

Afin de comprendre ce qui peut être favorisé par ces pressions, je propose de regarder ce qu'il se passe à l'échelle de l'écosystème. La question de savoir si la sélection peut opérer à un niveau supérieur à celui de l'individu est controversée parmi les biologistes de l'évolution⁶⁶. Cependant, le niveau « écosystème » permet de s'attaquer à des systèmes de plus en plus complexes, du fait des nombreuses interactions qui le constituent. Certaines théories scientifiques⁶⁷ s'accordent à dire que l'évolution des espèces façonne indirectement les propriétés des écosystèmes du fait de la sélection de certaines caractéristiques au niveau de l'individu ou du groupe. Par exemple, les interactions plante-pollinisateur sont des phénomènes structurants pour l'écosystème (fourniture de nourriture pour les espèces pollinisatrices et les mammifères herbivores, maintien de la structure des habitats en assurant la reproduction des plantes, favorisation du brassage génétique entre plantes, ...). Ces

⁶⁴ Wikipédia sur les pressions de sélection : [Lien](#)

⁶⁵ *Ibid.*

⁶⁶ Voir (Sober, E. et Wilson, DS., 1998)

⁶⁷ Voir la Fondation pour la recherche sur la biodiversité sur ce sujet, ou (Swenson, W. *et al.*, 2000)

interactions dépendent des caractéristiques phénotypiques des organismes impliqués dans la pollinisation. Ces caractéristiques sont elles-mêmes issues de l'évolution passée de ces organismes jusqu'à nos jours. Cependant, la vision de la sélection naturelle à l'échelle de l'écosystème poserait problème du fait de la difficulté à comprendre le succès évolutif d'un écosystème : à l'instar de la difficulté à comprendre le succès évolutif d'un groupe, les écosystèmes ne peuvent pas se dupliquer pour donner des descendants. La question de l'hérédité est aussi complexe à aborder à cette échelle : un écosystème-enfant renfermerait le même panel d'espèces que son écosystème-parent ?

Il m'apparaît qu'une forme de « succès évolutif » pour l'écosystème pourrait être mesurée par la capacité de celui-ci à se maintenir dans le temps : c'est ce qu'on désigne par le concept d'autorégulation. Le risque pour l'écosystème est de disparaître si son autorégulation ne fonctionne pas. Il pourrait être proposé qu'à l'échelle de l'écosystème, les variations sélectionnées par la sélection multi-niveaux, donc les meilleures innovations, soient celles qui autorégulent le système. Par exemple, l'équilibre de la chaîne trophique entre les prédateurs, les proies et les nutriments dépend de la modification cyclique du nombre d'individus dans les populations : dans le cas des lacs, exemple pris par la plateforme *Ask Nature*⁶⁸ pour illustrer la fonction d'autorégulation, les poissons prédateurs réduisent le nombre de petites proies qui, à leur tour, contrôlent les populations de zooplanctons mangeurs d'algues. Inversement, lorsqu'il n'y a plus assez de zooplanctons ou de petites proies, le nombre de prédateurs va diminuer, donnant le temps à la population de proies en réduction de se régénérer⁶⁹. Les lacs, la topographie, l'acidité, la pression sont autant de facteurs externes importants à l'échelle de l'écosystème. C'est la fluctuation des ressources qui va déterminer le nombre de consommateurs. A l'échelle de l'écosystème, la sélection naturelle serait l'un des

moteurs de l'autorégulation de l'écosystème. Cela pose de nouveau la question du changement pour atteindre la stabilité : est-ce que ce sont les variations qui maintiennent l'écosystème, c'est-à-dire que l'écosystème est fait de l'ensemble des changements nécessaires pour qu'il se conserve ? Ou au contraire est-ce que l'écosystème freine l'émergence de variations, de changements pour atteindre une forme de stabilité ? Cette sélection oriente-elle vers les meilleures innovations ou vers la limitation du changement ?

La sélection naturelle est le résultat des interactions entre de multiples facteurs environnementaux : dans un écosystème, chaque espèce contribue à la construction d'un filtre dynamique. Bien que le caractère désincarné du processus de sélection naturelle ait parfois conduit à des idéologies dangereuses déjà évoquées (entre autres, une hiérarchie des êtres vivants ne laisse aucune place à l'intégration des vivants non-humains dans les réflexions autour du mieux innover), la sélection incombe à une diversité (de filtres), non pas à un unique agent décideur. Que pourrait-on imaginer pour le champ de l'économie humaine ?

Ouverture : la variation comme invention

Dans cette partie, j'ai considéré l'innovation comme analogue à la variation. Cela implique que l'innovation est équivalente à l'émergence de la nouveauté. Or, il a été observé précédemment que la variation pouvait être néfaste, au sens de nos normes morales et de justice, dès son émergence (on peut reprendre ici l'exemple des chiens proposé en introduction). Si l'innovation reste l'équivalent de la variation, cela laisse la possibilité à l'innovation d'être néfaste dès son émergence. Dans ce cas, il serait impossible de se poser la question du bien, du mieux innover *pour qui*. Afin de penser le mieux innover, faut-il plutôt comprendre l'innovation comme une adaptation que comme une variation afin de se

⁶⁸ Asknature.org, plateforme spécialisée dans le recensement de stratégies biologiques d'intérêt.

⁶⁹ Ce sont les équations de Lotka Voltera pour les modèles proie-prédateur.

prémunir de la possibilité d'un effet nuisible dès son émergence ?

En outre, bien que les variations soient la seule force d'introduction de la nouveauté, il ne me semble pas que celles-ci puissent seules définir les innovations qui peuvent s'observer dans le vivant. Spécifiquement, les variations ne permettent pas de rendre compte des grands changements observables dans la nature, principalement dus à d'importants chocs externes (impact de météorites, éruptions volcaniques...), qui perturbent violemment l'équilibre dynamique en cours. Ces événements génèrent des forces de sélection fortes dues à un milieu souvent devenu très contraint. Par exemple, les six grandes extinctions massives de la vie sur Terre sont associées à six perturbations sans précédent de l'environnement : l'extinction de l'Ordovicien (60 à 70 % des espèces disparues) certainement dû à une période glaciaire courte mais intense, à un moment où la vie se trouvait principalement dans les océans; l'extinction du Dévonien (jusqu'à 75 % des espèces disparues) dû à un épuisement de l'oxygène dans les océans; etc. Nous serions aujourd'hui en train de vivre la 6ème extinction de masse : c'est de nouveau 75% des espèces animales qui seraient vouées à disparaître durant les siècles à venir.⁷⁰

L'émergence de la nouveauté est comprise dans le principe de variation, mais ce qui acte le changement et parvient à en faire une règle pour l'espèce est un phénomène exogène au terme de variation.

Par ailleurs, la variation ne comprend pas dans sa définition la possibilité de se diffuser et laisse cela au concept d'adaptation. Pourtant, c'est un des caractères clés de l'innovation économique (une invention qui atteint son marché, qui se « sociabilise »).

La variation est-elle alors l'équivalent d'une innovation ou d'une invention (au sens Schumpétérien) ? L'invention constitue une

nouveauté qui n'est pas encore diffusée, ou qui ne fait pas norme dans son environnement d'émergence. Certaines variations ne voient jamais le jour au sens de leur diffusion à grande échelle. C'est bien le statut des inventions. A l'inverse, une fois sélectionnée, la variation devient adaptation lorsqu'elle se diffuse sur les temps géologiques au sein des populations qu'elle impacte alors. C'est le statut de l'innovation. Si la variation est analogue à l'invention, pouvons-nous parler de l'innovation comme étant équivalente à la nouveauté qui se diffuse c'est-à-dire à l'adaptation ? C'est notamment cette hypothèse qui est reprise chez Pascal Picq ou Michael Hochberg et c'est celle que je souhaite explorer à ce stade. L'adaptation pourrait-elle être une analogie plus fine de l'innovation en biologie évolutive ?

⁷⁰ Voir l'article du National Geographic à ce sujet : [Lien](#)

Sélectionner pour une meilleure innovation

Si je considère l'innovation comme étant l'équivalent de l'adaptation, cela signifierait que l'on ne sélectionne plus des innovations mais que l'on sélectionne pour mieux innover. Afin d'explorer cette proposition, regardons ce qui est contenu dans le concept d'adaptation en biologie évolutive.

L'adaptation comme innovation⁷¹

L'adaptation peut être définie comme un caractère nouveau apparu chez un organisme et maintenu par la sélection naturelle dans sa descendance. Elle rend compte des caractéristiques permettant la survie des êtres vivants dans un environnement donné. Ainsi, deux espèces de souris vivant dans des environnements différents présenteront des caractéristiques distinctes (une couleur claire ou foncée par exemple) que l'on pourra facilement relier aux particularités des milieux où ils vivent (respectivement du sable ou de la pierre, afin de mieux se cacher des prédateurs). Il est intéressant d'observer deux usages du concept, comme c'est le cas pour le concept d'innovation :

- L'adaptation en tant que nouveauté évolutive et maintenue par sélection naturelle : la couleur claire d'une souris est une adaptation à son environnement
- L'adaptation en tant que processus mettant en jeu la sélection naturelle : c'est le phénomène d'adaptation progressive de la souris à son nouvel environnement.

Par ailleurs, il est intéressant pour ce travail de noter que ce concept est relatif, c'est-à-dire qu'il concerne toujours un trait bien adapté à un environnement, dans une temporalité donnée pour lequel il apparaît comme nouveauté. Par exemple, une espèce invasive peut envahir une « niche ouverte » dans le sens où elle ne rencontre pas de compétition dans le milieu dans

lequel elle s'installe. Elle y montre alors un comportement nouveau par rapport à ce qu'il existait déjà dans ce milieu, cette nouveauté lui permettant visiblement d'être très compétitive. En revanche, l'espèce n'était pas nécessairement invasive dans son milieu endémique : le crabe vert d'Europe (*Carcinus maenas*) colonise aujourd'hui l'Australie, bien qu'il ne fût pas invasif en Europe.



Figure 13 : *Carcinus maenas*

C'est une espèce carnivore qui chasse les palourdes, les moules, les huîtres ou encore les gastéropodes. Outre le fait qu'il chasse les espèces locales, le crabe vert d'Europe est bien meilleur qu'elles pour trouver de la nourriture et peut se reproduire en grand nombre.

Dans l'évolution, à quel moment est-il possible de parler d'adaptation ? La réponse, d'après Armand de Riclès et Jean Gayon⁷², paraît se situer dans l'étude des fonctions en lien avec les caractères visibles. Dans le champ de la technique, la fonction d'un outil désigne l'action pour laquelle il a été imaginé. L'objet est fait pour, destiné à, remplir sa fonction. En pratique, cette fonction est d'ailleurs formalisée au sein d'un cahier des charges, bien que lorsque l'on touche à l'innovation, il a été montré que les fonctions réelles diffèrent parfois de ce qui est

⁷¹ Voir Philippe Grandcolas sur ce sujet

⁷² Voir Jean Gayon et De Riclès sur ce sujet

attendu. En biologie évolutive, cela fait écho à l'expression « *selected for* » : un trait serait observable car il remplit un certain rôle dans le fonctionnement global du système qu'il compose. La notion de fonction permet donc de s'interroger en biologie sur la présence d'un trait phénotypique, grâce à la question d'entrée « à quoi cela sert ? »⁷³. En biologie comme en innovation, la fonction est la « raison de l'existence d'un élément » (une structure, un organisme, un produit, ...) : c'est à la fois parce qu'il remplit une fonction particulière que cet élément a été sélectionné mais c'est aussi ladite fonction qui est la conséquence de sa présence. La fonction ne concerne pas seulement « l'effet réel d'une structure, d'un dispositif ou d'un processus, mais aussi son effet attendu : non pas seulement ce que la fonction fait, mais aussi ce qu'elle est censée faire »⁷⁴. En réalité, le concept de fonction peut poser quelques problèmes en biologie : un trait n'émerge pas *pour* (c'est le discours de Lamarck) mais est sélectionné *par* les pressions du milieu et notamment par les besoins que la fonction permet de combler (se nourrir par exemple). Dans le champ économique, la question pourrait être posée : une innovation est-elle causée par le besoin ou est-ce qu'elle est sélectionnée en vertu de nouvelles fonctions qu'elle apporte, indépendamment des besoins existants ?

La notion de fonction permet également de donner corps à une certaine finalité dans le vivant, bien plus compréhensible pour nos capacités cognitives qu'un processus aléatoire. En revanche, l'une des nombreuses difficultés avec le concept de fonction est de tenter d'expliquer l'existence de tout le vivant par sa fonction actuelle. Or, il est possible qu'une structure donnée ne remplisse pas qu'une seule fonction. De plus, la fonction actuelle n'est pas forcément celle qui était assurée par la structure lors de son émergence et chaque structure qui apparaît n'est pas optimisée dès son émergence en vue de remplir une fonction précise. Par exemple, l'évolution de la vision chez les mammifères s'est effectuée à partir de reptiles

anciens, qui n'avaient qu'une vision monochromatique ou dichromatique limitée. Au fil du temps, les mammifères ont développé une vision trichromatique (trois types de cônes sensibles à différentes longueurs d'onde de lumière) qui leur permet de voir une gamme plus large de couleurs. Cependant, cette évolution de la vision trichromatique a été rendue possible par l'existence préalable de cônes sensibles à deux longueurs d'onde, ce qui a fourni une base génétique pour l'évolution des cônes sensibles à une troisième longueur d'onde. Ainsi, la formation des cônes trichromatiques est dépendante du développement préalable des cônes dichromatiques. Par ailleurs, nous avons dans la structure de l'œil un point aveugle qui continue à être sélectionné. Cette « non-optimisation » est dépendante de l'histoire évolutive de la vision chez les mammifères. Ainsi, la fonction, et donc l'adaptation, sont toujours intrinsèquement liées à un environnement (temporalité et espace) spécifique.

C'est donc un vrai défi pour tenter d'y voir clair : les efforts de simplification donnent parfois des discours flous, alimentant des biais insensés notamment illustrés par la figure de Pangloss dans *Candide* de Voltaire : « le nez a été fait pour y poser des lunettes », ainsi que tout le discours téléologique problématique du XVIII^{ème} siècle. Cette notion de finalité, cela a été vu précédemment, ne poserait pas de problème dans le champ technologique, et a fortiori dans les différents domaines de la société humaine, au contraire de la biologie. Cependant, la difficulté à distinguer le langage biologiste d'un langage finaliste a poussé les auteurs à s'interroger sur la possibilité de formuler une « acception très soigneusement délimitée de la notion de finalité [...] utilement acceptée en biologie ».

Par ailleurs, l'article promeut une conception de la fonction au travers d'un couple « structuro-fonctionnel », une fonction ayant toujours besoin d'un support physique. De cette nécessité de comprendre la fonction à travers son incarnation physique, elle-même contrainte par

⁷³ *Ibid.*

⁷⁴ *Ibid.*

les lois physico-chimiques, émerge une certaine convergence des combinaisons nouvelles potentielles. En effet, l'article évoque « un nombre limité de solutions structurales à un problème fonctionnel donné », puisque les lois physico-chimiques canalisent le champ des possibles, comme cela a été mentionné pour l'exemple des passereaux. La formule « la forme suit la fonction » amène au concept de congruence, d'adaptation de la forme à ce pourquoi elle est destinée. C'est une conception assez lamarckienne, où le besoin est formulé avant l'apparition de la nouveauté, et l'espèce peut se transformer, c'est-à-dire changer sa forme, à partir de la fonction qu'elle doit remplir. Est-ce que ce principe se vérifie toujours pour chaque structure et réciproquement pour chaque fonction spécifique ?

La notion d'exaptation met à mal cette conception de forme spécifique à une fonction donnée. Appuyant ces propos, l'article reprend les propos de Lucrèce dans le *De rerum natura* : « tous les organes, à mon avis, sont antérieurs à l'usage qu'on a pu en faire. Ils n'ont donc pas été créés en vue de nos besoins. ». Ainsi, une structure donnée peut tenir plusieurs rôles (comme cela a été évoqué avec les ailes des oiseaux), remplir sa fonction de façon partielle (comme la vision monochromatique), ou ne remplir aucun rôle (comme c'est le cas pour les organes vestigiaux). En effet, la plupart des espèces présentent des structures vestigiales qui ont perdu leurs fonctions passées : c'est par exemple le cas chez la baleine, qui possède de petits os de pattes vestigiales, au dos de son corps. Ce sont les reliques des pattes de leurs ancêtres terrestres. Ces traces de l'évolution, aujourd'hui inutiles, pourraient être remobilisées pour de nouvelles fonctions. C'est sur ces potentiels que « joue » la sélection naturelle dans le cadre des grandes innovations évolutives. Une structure « s'adapte » en quelque sorte au nouvel environnement dans lequel l'espèce se trouve. Je retrouve ici l'idée de bricolage de l'évolution, qui se fait à partir de l'existant. Certains biologistes

comme Coddington et Dennett sont d'ailleurs d'avis qu'il n'y a pas d'innovation qui ne soit en réalité une exaptation, et en concluent que « toutes les adaptations seraient en fait des exaptations en puissance ». Cela pose de nouveau la question de savoir si l'innovation de rupture n'est en fait qu'un idéal pour les innovateurs, quand tout ne serait réellement que réutilisation de modèles accumulés dans le passé.

Cela interroge également la nécessité ou la possibilité d'atteindre des optimums dans l'évolution, et si le fait d'atteindre cet optimum signifie qu'il faille renoncer et perdre certaines caractéristiques. Par exemple, à l'exception des cheveux sur la tête et des poils corporels limités, les humains ont perdu la majorité de leur pelage par rapport à d'autres primates⁷⁵. De façon très simplifiée, la théorie largement dominante pour expliquer cette perte de poils est celle d'une évolution de la capacité à réguler la température corporelle par d'autres moyens, tels que la transpiration. L'absence de poils sur de grandes parties du corps a également permis le développement de la capacité à dissiper la chaleur plus efficacement, ce qui est avantageux dans les environnements chauds. Cette théorie est notamment confortée par la découverte d'une forte augmentation du nombre de glandes sudoripares, par rapport aux autres primates, bien que la perte de poils soit certainement due à la combinaison de plusieurs facteurs (limitation du nombre de parasites, moyen d'attraction, etc.). L'évolution peut impliquer l'abandon ou la réduction de certaines fonctions ou caractéristiques au profit de nouvelles adaptations qui confèrent un avantage sélectif. A l'inverse, l'appendice est considéré aujourd'hui comme un vestige évolutif sans fonction claire chez les humains. Bien qu'il puisse avoir joué un rôle dans la digestion chez les ancêtres humains, il est devenu non fonctionnel au fil du temps et peut même être sujet à des problèmes de santé tels que l'appendicite. Ainsi, le corps scientifique s'accorde pour affirmer que « tout n'est pas constitué de structures fonctionnelles dans les organismes, ni de structures nécessairement

⁷⁵ Voir le site de Luc Perino, essayiste français, référencé par la BNF

optimisées par la sélection naturelle. Il serait ainsi trompeur (et panglossien) d'assigner a priori une fonction, une opérationnalité et surtout une optimalité à tous les détails des organismes ». Les espèces ne sont donc pas tout à fait adaptées à leur environnement. Dans ce cas, qu'est-ce que cela veut dire pour l'innovation/adaptation ? Qu'elle n'est jamais tout à fait adaptée au besoin ? Qu'elle se diffuse mal ? Que c'est uniquement associée à d'autres innovations qu'elle a une chance de se diffuser ?

Finalement, l'innovation constitue un certain type de changement en biologie évolutive. Elle se nourrit des nouveautés, les inventions/variations qui apparaissent spontanément dans les populations. L'innovation/adaptation est une invention/variation sélectionnée qui se répand, se diffuse dans une population.

La diffusion d'une nouveauté dans le champ économique peut s'apparenter à l'évolution darwinienne puisque celle-ci fait l'objet d'une contingence : il est impossible de prédire *a priori* l'impact sur la vie des utilisateurs d'une innovation. Une innovation économique est diffusible à tous, et ne peut être considérée comme telle que si elle présente un écart avec l'existant. Une adaptation correspond bien à ce concept d'innovation puisqu'elle contient une composante liée à la diffusion d'une nouveauté. En revanche, l'écart avec l'existant est plus problématique. Il pourrait alors s'agir de redéfinir cette notion d'écart avec l'existant dans le champ de l'économie : l'adaptation se différencie de l'existant en le prenant comme le socle des nouveautés qui émergent. L'innovation la plus valorisée dans le champ de l'économie est celle qui apportera un changement fort : les dispositifs encadrant l'innovation (brevet, appels à projets, levée de fonds, ...) placent ce critère de l'unicité souvent au centre de leur sélection. Le choix du terme adaptation pour parler d'innovation est original à ce titre : cela disqualifie-t-il d'emblée l'introduction d'une nouveauté qui ne prend pas racine dans le terreau de ce qui existe déjà ? Est-il encore possible de faire de l'originalité, de la nouveauté exclusive ? Ou est-ce de l'exaptation bien cachée ? Doit-on

dès lors qualifier les innovations au regard du niveau de changement qu'elles impliquent ? Est-ce que les innovations uniques sont nécessairement les meilleures innovations ? L'examen de l'innovation au prisme de l'adaptation pourrait-elle permettre un changement de posture, lorsque l'on regarde l'écart à l'existant et le caractère unique des nouveautés ?

Dans la suite de ce travail, je propose de considérer l'innovation comme une adaptation, une variation inattendue qui est acceptée (sélectionnée) par son environnement (le système de sélection), et de réaliser une analogie entre le procédé d'innovation issu du champ économique et le processus d'adaptation proposé dans le champ de la biologie, au sens proposé précédemment.

Cependant, les mécanismes d'innovation dans le vivant posent plusieurs problèmes conceptuels d'échelles : ils agissent dans le temps long, à des niveaux divers du vivant et impactent des granularités variées tandis que l'innovation issue du champ économique concerne a priori des temps plus courts (on parle parfois de « *run* » d'innovation). Comment adresser ces problématiques d'échelle dans mon analogie ?

Les rythmes de l'adaptation

Il existe en biologie évolutive deux façons de caractériser les changements qu'a connus le vivant, deux conceptions des rythmes de l'évolution, incarnées par :

- Les théories de la continuité, comme la théorie des petites variations, formulée initialement par Charles Darwin, qui considère que l'évolution se produit grâce à l'émergence spontanée de petites variations à l'origine de légères différences, dont les plus avantageuses (meilleure survie ou meilleure reproduction) seront sélectionnées de façon continue au cours du temps.
- Les théories de la discontinuité, notamment illustrées par la théorie des équilibres ponctués de Gould, Lewontin et Eldredge. Celle-ci s'appuie sur

l'observation « d'écarts morphologiques irréguliers, d'amplitudes et de fréquences inégales, à travers des spéciations ou des extinctions » pour mettre en avant un rythme de l'évolution discontinu, saccadé en fonction de grandes périodes de chaos.

Dans les deux cas, les phénomènes exogènes jouent toujours un rôle dans les théories d'émergence de la nouveauté. C'est flagrant si l'on observe de nouveau l'exemple de la phalène du bouleau, dont la couleur est passée du blanc au noir lors de l'industrialisation de certaines zones où elle était présente. Lors de la désindustrialisation progressive du territoire, la forme blanche a repris de la place en proportion dans les populations. En effet, les bouleaux étant teintés de noir dans les régions industrielles du

fait des émanations de poussières des mines, c'est cette forme foncée qui a été sélectionnée. Les stimuli ou changements exogènes affectent de façon claire la diffusion d'une nouveauté plutôt qu'une autre dans les deux théories des rythmes de l'évolution.

A partir des théories de la discontinuité, Richard Goldschmidt, généticien allemand, propose le concept de « macromutations » (pour nous macro-inventions), selon lui à l'origine de l'émergence de nouvelles espèces (donc des innovations les plus radicales), afin d'enrichir la notion de « petites mutations » (petites inventions dans le cadre de cette étude). Les rythmes de l'évolution gouldiens pourraient alors être rapprochés des rythmes de l'innovation au sens schumpétérien du terme.

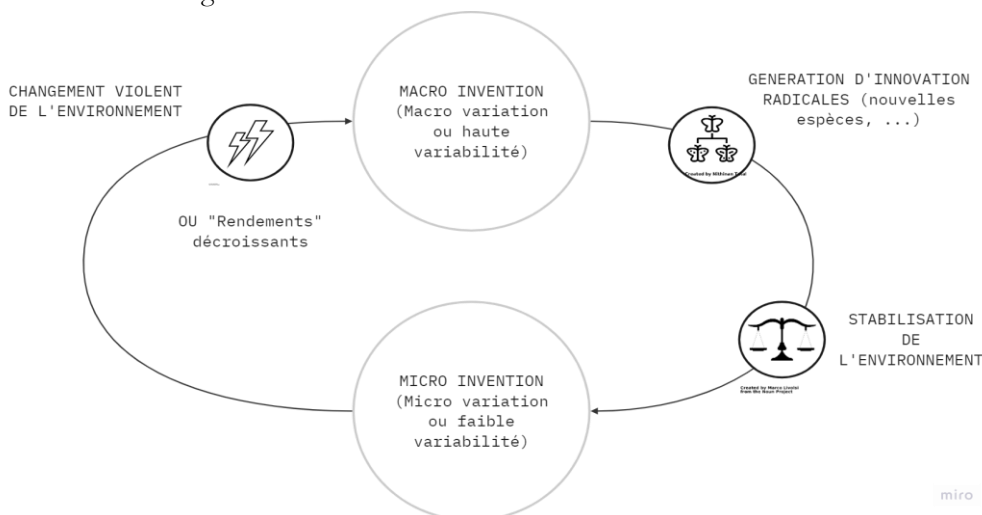


Figure 14 : Les rythmes de l'évolution gouldiens

L'article de Johan Schot et Frank W. Geels au sujet des niches technologiques⁷⁶ reprend cette proposition en ces termes :

« Nous voyons les deux types d'invention [micro et macro] comme complémentaires. Les micro-inventions exploitent les opportunités générées par une macro-invention, alors qu'une telle invention permet de pallier les rendements décroissants d'une série

de micro-inventions. Les micro-inventions peuvent être expliquées avec des concepts économiques standards. [...] Ils sont similaires aux petites variations discutées dans la théorie de la sélection naturelle. Les macro-inventions nécessitent une explication distincte et ne répondent pas aux variables économiques standard. [...] Les macro-inventions sont des événements rares qui, la

⁷⁶ Voir (Schot, J., Geels, F.W., 2007)

plupart du temps, sont dépassés par les technologies existantes plus efficaces, intégrées et nourries par un ensemble de technologies complémentaires et d'intérêts acquis. Seuls des changements dramatiques dans l'environnement peuvent changer les règles du jeu et permettre aux macro-inventions de survivre. »

Je m'interroge sur notre positionnement en tant que société dans ces cycles de changements : si nous sommes dans la partie continue du cycle de l'innovation (l'ère des micro-variations, de l'innovation incrémentale et de l'amélioration continue) ce que nous voyons apparaître au monde serait de l'ordre de la nouveauté incrémentale puisque celle-ci émanerait de l'ensemble des systèmes que nous connaissons, suivant une trajectoire technique prédéfinie⁷⁷ (on dit bien « faire du *business as usual*»). Faut-il attendre une grande rupture (de l'environnement ?) pour pouvoir remettre en question l'innovation ? Cela remet-il en question les considérations précédentes d'une nature « bricoleuse » dont il serait possible de s'inspirer pour proposer une meilleure innovation ? Un élément de réflexion à ce sujet se trouve dans le discours de Bernard Stiegler qui explique l'impact des ruptures technologiques de la façon suivante :

« Un grand moment de rupture technologique produit ce que les philosophes appellent une époque : une interruption, une suspension de tout ce qui paraissait « couler de source ». L'époque technologique engendre toujours une deuxième époque qui touche, elle, à la vie de l'esprit - l'art, la science, la philosophie, la politique, le droit... Et cela produit une nouvelle époque, au sens fort. »

À la faveur des interruptions technologiques, pouvons-nous questionner l'innovation au prisme de l'adaptation ? Faut-il forcer l'émergence de « macro-inventions » si celles-ci se définissent par leur inadéquation avec le régime sociotechnique en vigueur ? Puisqu'elles sont souvent le fruit du hasard, comment les piloter ? Le problème que soulève Stiegler est surtout le suivant : les ruptures technologiques se succèdent mais à un rythme si rapide qu'elles ne permettent pas de construire de nouvelles pensées et de nouveaux savoirs. En effet, une vigilance est à observer sur les innovations de rupture. D'après Stiegler, le déséquilibre engendré par ce type de modèle peut vraisemblablement prendre de court les institutions garantes de la stabilité des structures et constructions sociales. C'est le cas avec les intelligences artificielles comme ChatGPT, Midjourney ou encore Dall-E, pour lesquelles il n'existe pas encore de droit spécifique qui encadre de manière exhaustive et détaillée leur utilisation, alors même que le droit traditionnel ne convient pas toujours aux situations induites par ces nouveaux outils. Stiegler résume ce phénomène de la façon suivante :

« [L'innovation de rupture] peut conduire à la destruction des structures sociales et à une prise de vitesse de toute délibération par l'efficacité des technologies de calcul dans presque tous les domaines – et sans aucun recul sur leurs effets secondaires, qui risquent de s'avérer à terme calamiteux : cela instaure la domination d'un capitalisme de prédation, qui capte de la valeur, mais qui ne permet pas le maintien des conditions de la reproduction de cette valeur. »⁷⁸

Il parle d'ailleurs d'une « absence de savoir » : toutes les facettes de la société sont prises de court. Comment procède alors l'évolution

⁷⁷ Certains parlent de lois d'évolution technique. Par exemple, la miniaturisation des appareils électroniques est une loi d'évolution technique (voir entretien avec le CEA)

⁷⁸ Interview de Bernard Stiegler en mars 2018 pour le journal Le Temps

lorsqu'elle fait face à l'accumulation de ruptures ?

C'est dans la question des rythmes d'évolution que se trouve une partie de la réponse : les inventions à l'origine d'innovations majeures dans le champ économique ont souvent besoin de beaucoup plus de travail et d'investissement pour parvenir à maturité (acceptation de la population, phases de R&D pour prouver la faisabilité technique, ...). Est-ce le cas aussi dans le vivant ? Un exemple d'innovation évolutive qui s'est produite relativement lentement dans l'histoire de la vie est l'émergence de la photosynthèse chez les organismes. Cette innovation évolutive a pris des milliards d'années à se développer, car elle implique une série de changements sur les structures des végétaux (les feuilles notamment, en tant que support de la photosynthèse). Les premiers organismes photosynthétiques sont probablement apparus il y a 3,8 milliards d'années et utilisaient vraisemblablement l'hydrogène et le sulfure d'hydrogène au lieu de l'eau. A l'inverse, la résistance des champignons aux produits phytosanitaires est une innovation qui s'est produite relativement rapidement (nous en sommes d'ailleurs témoins). Une innovation majeure, de façon transdisciplinaire, pourrait donc nécessiter plus de temps relativement aux innovations plus incrémentales. J'ai évoqué avec Stiegler l'accélération du rythme des innovations de rupture, prenant de court les capacités d'adaptation de nos sociétés. La question du rythme pourrait-elle faire partie de ce changement de posture que je propose lorsque l'on examine l'innovation ? Est-ce possible de se poser la question du rythme en fonction du caractère majeur ou non d'une innovation alors que l'impact de celle-ci n'est pas systématiquement inclus dans les procédés d'innovation actuels ?

L'innovation qui advient est toujours la meilleure

A ce stade, j'ai donc proposé une conception de l'invention et de l'innovation reprises respectivement par la notion de variation et

d'adaptation. Nos procédés d'innovation seraient définis par les processus d'adaptation. Il a également été proposé une analogie entre les cycles évolutifs et les cycles d'émergence de la nouveauté économique postulés par Schumpeter.

J'ai également montré que le concept d'innovation porte en lui un caractère positif par défaut, associé à une injonction forte à l'innovation. Qu'en est-il du vivant ? Dans la Nature, est-ce que le changement est une chose bonne en soi ? Qu'en est-il de l'émergence de la nouveauté ? Si le changement n'est pas bon en soi, l'innovation doit-elle se défaire de son présumé positif pour laisser la place aux questionnements sur son effet ?

Selon Leigh Van Valen, biologiste de l'évolution, le changement est ce qui permet aux espèces de s'adapter dans un environnement en constant changement lui aussi : c'est l'hypothèse de la reine rouge.



Figure 15 : Alice au pays des merveilles et la reine rouge, Lewis Carroll

Le nom de « course de la reine rouge » est inspiré du personnage de la reine rouge dans le livre de Lewis Carroll « De l'autre côté du miroir », qui dit à Alice : « ici, il faut courir aussi vite que possible, juste pour rester à la même place ». Dans le contexte de la biologie évolutive, la course de la reine rouge se réfère à la compétition évolutive constante entre les espèces qui sont en interaction. Par exemple, si une proie évolue pour devenir plus rapide ou plus difficile à attraper par ses prédateurs, les prédateurs doivent alors évoluer pour devenir plus efficaces dans la chasse de cette proie. En réponse, la proie doit encore évoluer pour échapper aux prédateurs améliorés, et ainsi de suite. Ce

processus peut entraîner une évolution continue des espèces impliquées dans la course de la reine rouge, car aucune espèce n'a d'avantages durables sur les autres, ou n'est complètement adaptée à un environnement qui change constamment. De ce point de vue, le changement prémunit l'espèce de l'extinction dans un environnement qui change, et même, le changement engendre des cycles d'émergence de nouveauté.

Ce sont des considérations que l'on peut reprendre dans le monde économique. Xavier Pavie et Benjamin Boscher, philosophes de l'innovation, écrivent à ce sujet que « toutes les organisations “vivantes” qui se retrouvent dans un environnement ne cessant d'évoluer se doivent d'innover. Ainsi l'entreprise qui voit arriver un nouveau concurrent a une obligation de se modifier, de se transformer pour survivre »⁷⁹. D'après l'article, le changement est impulsé par la concurrence. Les auteurs reprennent l'exemple de l'arrivée de Direct Énergie et de Poweo qui a poussé EDF à changer. Qu'en est-il dans le vivant ? La compétition est-elle la seule source de changement ?

Les interactions entre espèces ne sont pas nécessairement compétitives, mais peuvent être coopératives ou neutres. Cela pose la question du type d'interaction le plus répandu : quelle est la stratégie privilégiée du vivant ? Les phénomènes de compétition sont-ils la seule explication possible ? Gauthier Chapelle et Pablo Servigne argumentent dans leur ouvrage que la symbiose est l'un des mécanismes à l'origine des plus grandes innovations dans le vivant. Les auteurs expliquent que la symbiose est un phénomène courant dans le monde vivant, où des organismes différents vivent en coopération étroite, échangeant des ressources, de l'énergie et de l'information. Ils soulignent également que la symbiose est à l'origine de nombreux exemples de coévolution positive, où deux ou plusieurs espèces évoluent ensemble pour se soutenir mutuellement. Par exemple, les plantes qui ont développé des associations symbiotiques avec

des champignons mycorhiziens sont capables de mieux absorber les nutriments du sol, tandis que les champignons bénéficient des sucres produits par la plante. En somme, pour Gauthier Chapelle et Pablo Servigne, la symbiose est une stratégie de collaboration qui a permis l'évolution de formes de vie plus complexes et qui continue à jouer un rôle clé dans l'adaptation des organismes aux changements environnementaux. Si la symbiose a été favorisée par sélection naturelle au cours de l'évolution, et a généré quelques-uns des changements les plus importants dans la nature, est-ce une recette à reprendre dans la réflexion autour d'une sélection pour une meilleure innovation ?

L'article de Pavie et Boscher met également en avant d'autres injonctions au changement que les activités de la concurrence dans le champ de l'économie : la législation serait la seconde « force évolutive », générant le changement chez les acteurs sous peine d'extinction. Dans la nature, les pressions des facteurs non-vivants sont également normatives voire législatives pour les formes de changements qui adviennent. En réalité, le changement, qu'il soit endogène ou exogène, compétitif ou coopératif, appelle le changement.

Mais qu'en est-il du rôle de celui-ci ? Le changement, et a fortiori l'innovation, prémunit-il toujours de l'extinction ou existe-t-il d'autres stratégies ? Le changement chez certaines espèces connaît des rythmes très soutenus, notamment lors de stress environnementaux : lorsque les conditions environnementales sont défavorables, la probabilité de survie d'une espèce peut être augmentée en introduisant de la variabilité génétique à un rythme plus rapide, ce qui pourrait permettre à certaines variantes génétiques d'être mieux adaptées aux nouvelles conditions environnementales. Par exemple, des études ont montré que des bactéries peuvent augmenter leur taux de mutation en réponse à des stress environnementaux comme les antibiotiques. Lorsqu'une bactérie est exposée à un antibiotique, elle peut répondre en augmentant son taux de mutation afin de

⁷⁹ Voir (Pavie, X., Boscher, B., 2018)

développer des mutations dans les gènes liés à la résistance aux antibiotiques. Les bactéries qui réussissent à développer des mutations résistantes à l'antibiotique ont un avantage compétitif sur les bactéries qui n'ont pas cette mutation et sont donc plus susceptibles de survivre et de se reproduire⁸⁰. Cette stratégie adaptative n'est cependant pas sans risque car une augmentation du taux de mutation peut également entraîner des mutations délétères et des maladies génétiques. Mais le changement n'est pas toujours la stratégie privilégiée pour se prémunir de l'extinction. Certaines espèces ont été détectées comme relativement « préservées » d'un quelconque changement. C'est notamment le cas du cœlacanthe⁸¹, un poisson considéré comme éteint depuis environ 65 millions d'années, jusqu'à ce qu'une population soit découverte en 1938 au large de la côte est de l'Afrique.



Figure 16 : Cœlacanthe

Depuis lors, des populations de cœlacanthes ont été découvertes dans d'autres parties du monde, notamment dans les Abysses. Le cœlacanthe est considéré comme un « fossile vivant », car il présente un grand nombre de caractéristiques anatomiques qui étaient déjà présentes chez les cœlacanthes du Dévonien (il y a environ 400 millions d'années). Cela signifie que le cœlacanthe a subi relativement peu de changements morphologiques au cours de son évolution. Cela peut être dû à plusieurs facteurs : tout d'abord, le cœlacanthe est un poisson qui vit dans des environnements très profonds et peu accessibles, ce qui limite sa capacité à se mélanger avec d'autres espèces. Il est donc possible que les cœlacanthes aient été relativement isolés géographiquement et n'aient

pas été exposés aux mêmes pressions de sélection que les autres espèces, ce qui a conduit à une stabilité morphologique. En outre, il est possible que les cœlacanthes aient atteint une sorte d'équilibre optimal dans leur environnement qui n'aurait pas été soumis à des changements importants. Pavia et Boscher font dans leur article le même constat pour le monde économique : « D'ailleurs, si l'on souhaite être protégé d'une manière ou d'une autre, c'est parfois pour ne pas avoir à se transformer car le changement nous projette dans un futur incertain. Si notre environnement ne change pas, il n'y a aucune nécessité naturelle de changer radicalement. »

Ces constats posent alors la question du coût du changement : celui-ci, puisqu'il n'est pas toujours la stratégie privilégiée, doit-il être conduit à n'importe quel prix ? Ce sont des questions qui sont abordées par le prisme économique du coût/bénéfice dans les sociétés humaines : un investissement dans une nouvelle technologie devra promettre un impact futur mesurable et rentable pour le dirigeant d'entreprise qui investit. De la même façon, l'intégration d'un nouveau procédé se fera à la suite de l'évaluation par les dirigeants des avantages de ce nouveau fonctionnement, au regard de l'acceptabilité et des efforts de conduite de changement à fournir auprès du personnel touché. En revanche, la question du prix et des conséquences du changement ne se pose pas vraiment en dehors de l'échelle de l'entreprise et de ses processus. De nouveau, il est possible de s'interroger sur le coût du changement dans la nature : comment le vivant « gère-t-il » le coût du changement ? En réalité, dès lors qu'une espèce présente une amélioration d'une fonction existante, ou une nouvelle fonction, ce changement s'effectue bien souvent au prix de la réduction ou de la disparition d'une autre caractéristique. C'est ce qui est évoqué par le concept de *trade-off*⁸² ou compromis évolutif⁸³. C'est notamment le cas des passereaux déjà évoqués, dont le poids et la taille amènent à un compromis entre l'aisance du

⁸⁰ Voir (Landecker, H., 2021)

⁸¹ Voir (Cavin, L., Guinot, G., 2014)

⁸² Voir (Vincent, J.F.V., 2016)

⁸³ E2BMO : Plateforme qui référence de nombreux les trade offs documentés de la nature [Lien](#)

vol, la visibilité auprès des prédateurs et les réserves énergétiques disponibles. Il existe également un coût de la nouveauté que l'on peut associer au coût de la reproduction sexuée ou autrement appelé coût de la production de mâles. Comme cela a été vu précédemment, une façon de produire de la nouveauté est la reproduction sexuée. Cependant, il a été montré par les biologistes que la reproduction asexuée ou clonale, c'est-à-dire qui n'apporte pas de nouveauté (la femelle se réplique exactement dans ses filles) est beaucoup moins coûteuse pour l'organisme : l'ensemble du génome de la mère est conservé, il n'y a pas besoin de chercher un mâle pour s'accoupler, ou de dépenser de l'énergie pour la production d'un œuf⁸⁴. Ce mode de reproduction est présent chez de nombreux végétaux mais également chez certains animaux comme le requin-marteau, l'anémone de mer, le Dragon du Komodo, le gecko, ou le puceron, qui utilisent souvent la reproduction asexuée comme stratégie de survie⁸⁵. Cependant, je note que la reproduction clonale n'est pas le mode de reproduction le plus répandu. Afin de comprendre comment perdure le coût de la production des mâles par sélection naturelle et donc pourquoi la sélection favorise la plupart du temps la reproduction à l'origine de nouveauté, je propose d'observer le cas frappant de l'espèce *Clytia Hemisphaerica*⁸⁶.



Figure 17 : *Clytia Hemisphaerica*

Clytia hemisphaerica est une espèce de cnidaire, un groupe d'animaux marins qui comprend les méduses, les anémones de mer et les coraux, capable de se reproduire de deux manières différentes : sexuée et asexuée. Pour cette espèce, la reproduction sexuée passe par la libération de gamètes dans l'eau. Les gamètes mâles et

femelles se rencontrent et fusionnent pour former un zygote. Le zygote se développe ensuite en une larve qui se fixe sur un substrat et se transforme en un polype qui se reproduira plus tard asexuellement. La reproduction asexuée se produit par bourgeonnement, où un nouveau polype se développe à partir d'un bourgeon sur l'un des tentacules du polype parent. Dans certains cas, lorsque les conditions environnementales sont défavorables, les polypes se détachent de la colonie et se développent en méduses matures capables de se reproduire sexuellement. Dans le cas de *C. hemisphaerica*, la reproduction sexuelle ou asexuelle est préférée en fonction des conditions environnementales et notamment de la température : plus la température est importante, plus la reproduction asexuée sera favorisée. Inversement, plus la température du milieu sera faible, plus la reproduction sexuée sera privilégiée. La plupart des scientifiques ont noté que la reproduction sexuée peut être plus avantageuse pour les organismes dans des environnements changeants et incertains car elle permet une plus grande diversité génétique et une meilleure adaptation à des conditions changeantes. D'un autre côté, la reproduction asexuée peut être plus efficace dans des environnements stables et favorables car elle permet une reproduction rapide et sans coût énergétique élevé lié à la production de gamètes et à la recherche d'un partenaire. Ainsi, la hausse de température dans les mers mènerait à un environnement stable et favorable à cette espèce, contrairement à un environnement plus frais. Lorsque l'environnement change, l'espèce est « appelée à changer ». Une reproduction sexuée pourra donc être privilégiée. Le changement sera alors une bonne chose. En revanche, dans un contexte stable, il peut être risqué voire néfaste de générer de la nouveauté. C'est l'idée de l'expression « on ne change pas une équipe qui gagne », c'est à dire que lorsqu'une combinaison fonctionne dans un environnement qui ne varie pas, il n'y a pas d'intérêt à dépenser dans la génération de changement.

⁸⁴ Voir Pierre-Henri Gouyon à ce sujet

⁸⁵ Voir (Maqueda, A.D., 2019)

⁸⁶ Voir (Leclerc *et al.*, 2019)

Il est encore difficile pour les spécialistes de se prononcer sur la raison pour laquelle la reproduction clonale n'est pas systématiquement le mode de reproduction privilégié. Cela peut venir de la présence de pressions externes qui empêchent l'invasion des formes clonales comme les conditions environnementales (baisse de la température par exemple qui élimine les petits issus de la reproduction clonale mais pas les œufs de la reproduction sexuée⁸⁷). Le risque de parasitisme ou de mutation délétère ne peut pas non plus être mitigé avec la reproduction clonale. Ces formes sont donc souvent éteintes au profit des formes à la reproduction sexuée. Ces questions de coûts se posent aussi dans le domaine économique : les processus d'innovation portent-ils aussi en eux le renoncement à d'autres formes d'avantages ?

J'ai évoqué la nécessité du changement et son prix. Mais qu'en est-il de ses effets ? existe-t-il un mauvais changement ? Quelle serait une mauvaise innovation ? Par exemple, existe-t-il au sein de ces écosystèmes des innovations bénéfiques pour une espèce et préjudiciables à d'autres espèces ? Cela met-il en péril l'écosystème complet ? Y a-t-il d'autres espèces que l'humain qui compromettent l'autorégulation des systèmes ? Cette question mérite d'être posée puisque dans le cas des innovations liées au champ économique, une innovation peut être « mal » utilisée, mal étant entendu dans le sens d'un usage contraire au bien commun. Ce fut par exemple le cas de Monsanto lors de conflits armés. Les produits Monsanto utilisés dans l'agriculture posent bien sûr la question du bon et du mauvais dans leur usage initial. Ces produits sont plébiscités par certains agriculteurs car ils ont été identifiés comme le seul moyen de nourrir l'humanité en croissance démographique. En revanche ils peuvent légitimement être considérés comme mauvais pour la santé des écosystèmes, humains inclus. De plus, lors de l'utilisation de ces produits chimiques nocifs (l'agent orange) pour les plantes par les armées, peut-on parler de mauvais

usage car le produit, déjà controversé, a été utilisé hors du cadre pour lequel il a été pensé ? Cette utilisation détournée engendre-t-elle du mieux ou de nouveaux maux ? Dans cet exemple, les armées ont eu recours aux produits Monsanto entre 1955 et 1975 lors de la guerre du Vietnam afin de débusquer les soldats cachés sous la végétation. Dans le cas de cet usage détourné⁸⁸, des conséquences sanitaires graves sur le sol asiatique ont pu être observées et le sont encore aujourd'hui. Ici, un emploi « corrompu » (ici comme arme) a engendré de nouveaux maux. Ce qui semble poser problème est peut-être le détournement d'une innovation de son usage initial. Cela existe-t-il dans le vivant ? Lorsqu'on pense au détournement d'un trait pour une fonction différente que celles qui ont mené à sa sélection à l'origine, il est possible de mobiliser la notion d'exaptation, cette forme d'adaptation capitalisant sur un trait déjà existant pour remplir une nouvelle fonction, plutôt que misant sur la construction d'un trait *de novo*. Cela n'est pas problématique à l'échelle de l'évolution et au contraire, permet le fameux bricolage à l'origine de la diversité du vivant. De plus, d'après le mécanisme de sélection naturelle, une exaptation ne pourrait pas être retenue si elle génère des effets délétères.

Une mauvaise innovation pourrait-elle engendrer l'extinction d'une espèce ? Sommes-nous la première espèce à générer du changement impactant si radicalement les écosystèmes, au point où leur biodiversité s'effondre ? En économie cela peut évoquer l'exemple bien connu de la disparition des photographies argentiques pour laisser place au numérique. Dans le vivant, cela peut faire référence aux espèces invasives, menant à l'extinction des autres espèces présentes dans leur milieu introductif. Mais pour qualifier le caractère bon ou mauvais de la nouveauté, il me semble que c'est dans l'échelle à laquelle l'innovation est observée que se trouve des éléments de réponse : une variation permettant à un parasite de pommier de proliférer pourra être

⁸⁷ Voir Pierre-Henri Gouyon sur ce sujet

⁸⁸ Je ne juge pas le bien-fondé ou non des conflits armés. Je m'interroge simplement sur les cas d'usage

(agriculture et guerre) d'un produit, et l'impact d'un détournement potentiel de son usage.

retenue par sélection naturelle à court terme, et fixée dans la population de sorte à devenir une innovation. Cependant, à long terme, la population de pommier diminue drastiquement sous l'effet de la virulence du parasite finira par s'éteindre, entraînant avec elle l'extinction du parasite. C'est un peu l'idée de scier la branche sur laquelle on est assis. C'est d'ailleurs un risque réel aujourd'hui : d'après les études en cours, les parasites ayant coévolué avec les traitements appliqués par les arboriculteurs⁸⁹ sont aujourd'hui bien plus résistants que leurs ancêtres. L'échelle est donc ici temporelle en plus d'être spatiale. Cependant, l'extinction d'une espèce pourrait mettre en danger les capacités d'autorégulation d'un écosystème. Mais les pressions évolutives liées à la sélection multi-niveaux tendent à créer un équilibre entre les différentes forces s'exerçant au sein des échelles variées sur lesquelles la sélection peut prendre effet. L'extinction d'une espèce, si elle suit une échelle temporelle permettant l'adaptation des espèces en interactions avec celle-ci, ne met pas nécessairement en danger l'écosystème. D'ailleurs, l'histoire de la vie montre que certaines des plus grandes extinctions de la vie ont été suivies d'un regain de diversité. Un exemple notable est l'extinction de masse Crétacé-Paléogène, il y a environ 66 millions d'années, qui a été causée par l'impact d'un astéroïde et qui a entraîné la disparition des dinosaures non aviens et de nombreuses autres espèces. Cette extinction a ouvert la voie à l'émergence de nouveaux groupes d'animaux, notamment les mammifères et les oiseaux, qui ont ensuite connu une diversification « rapide ». Cependant, il est important de noter que ces périodes de regain de diversité peuvent prendre des millions d'années. L'échelle de temps liée à l'émergence de la nouveauté à l'origine d'une extinction pourrait être un critère de distinction entre le bon et le mauvais à l'échelle de l'écosystème, si « mauvais » est compris comme ce qui serait à l'origine de son extinction. L'impact de l'activité humaine sur la biodiversité

actuelle pourrait entraîner une extinction de masse très rapide et sans précédent. Peut-on dire que l'humain est une innovation mauvaise pour l'écosystème ?

Ouverture : les leçons de l'évolution

Dans la nature, le changement n'est pas obligatoire mais dès qu'il apparaît, le changement appelle le changement. Dans le contexte des différentes crises que nous vivons, et principalement dans le cas du changement climatique en cours, la génération de nouveauté et donc l'innovation paraissent inévitables : le monde dans lequel nous vivons change, et il me semble alors nécessaire, si l'objectif est de vivre dans un monde où les conditions d'habitabilité de la planète sont respectées ou restaurées, de changer en conséquence. Mais comment changer ?

Le vivant montre que le changement n'est pas toujours bon en soi, à toutes les échelles impactées par celui-ci (on peut reprendre ici l'exemple des chiens de race : à l'échelle du gène, le chien de race est un « véhicule gagnant ». Mais ce sont les traits mêmes qui font de lui un bon passeur de gènes qui limitent sa durée de vie). Par ailleurs, le vivant montre que le changement à un prix, à l'échelle individuelle ou à l'échelle collective (perte d'une fonction à l'échelle de l'espèce, mort de l'individu pour permettre une meilleure reproduction, dépenses en énergie, etc.). Il implique également des effets importants, au-delà de l'échelle concernée initialement.

A partir de ces enseignements, j'appelle donc à repenser l'innovation et son procédé au prisme de l'analogie avec la sélection naturelle. Le concept d'adaptation m'est apparu comme un meilleur candidat pour tenir le rôle de l'innovation économique dans mon analogie avec le vivant. Dans cette perspective, la variation serait analogue à l'invention. Le procédé d'adaptation, à l'instar de celui

⁸⁹ Voir les cycles de conférence de Tatiana Giraud au collège de France

d'innovation, recèle en lui la sélection de la nouveauté et sa diffusion dans un milieu (un marché ou une population) jusqu'à ce que cette nouveauté devienne norme. Je propose au travers de la figure 18 une synthèse de ce travail d'analogie entre le champ de la biologie et celui de l'économie, afin d'illustrer ma compréhension des concepts de sélection et d'innovation. Seule une boucle de rétroaction de la sélection sur l'orientation dans l'émergence de nouveauté dans les systèmes humains a dû être introduite. J'ai identifié une première façon de problématiser cette différence : je me suis demandé précédemment si cette sélection orientée pouvait réellement constituer une sélection en soi. Les phénomènes de construction de niche ont permis d'apporter une réponse positive à cette question, dans le champ de l'évolution par sélection naturelle.

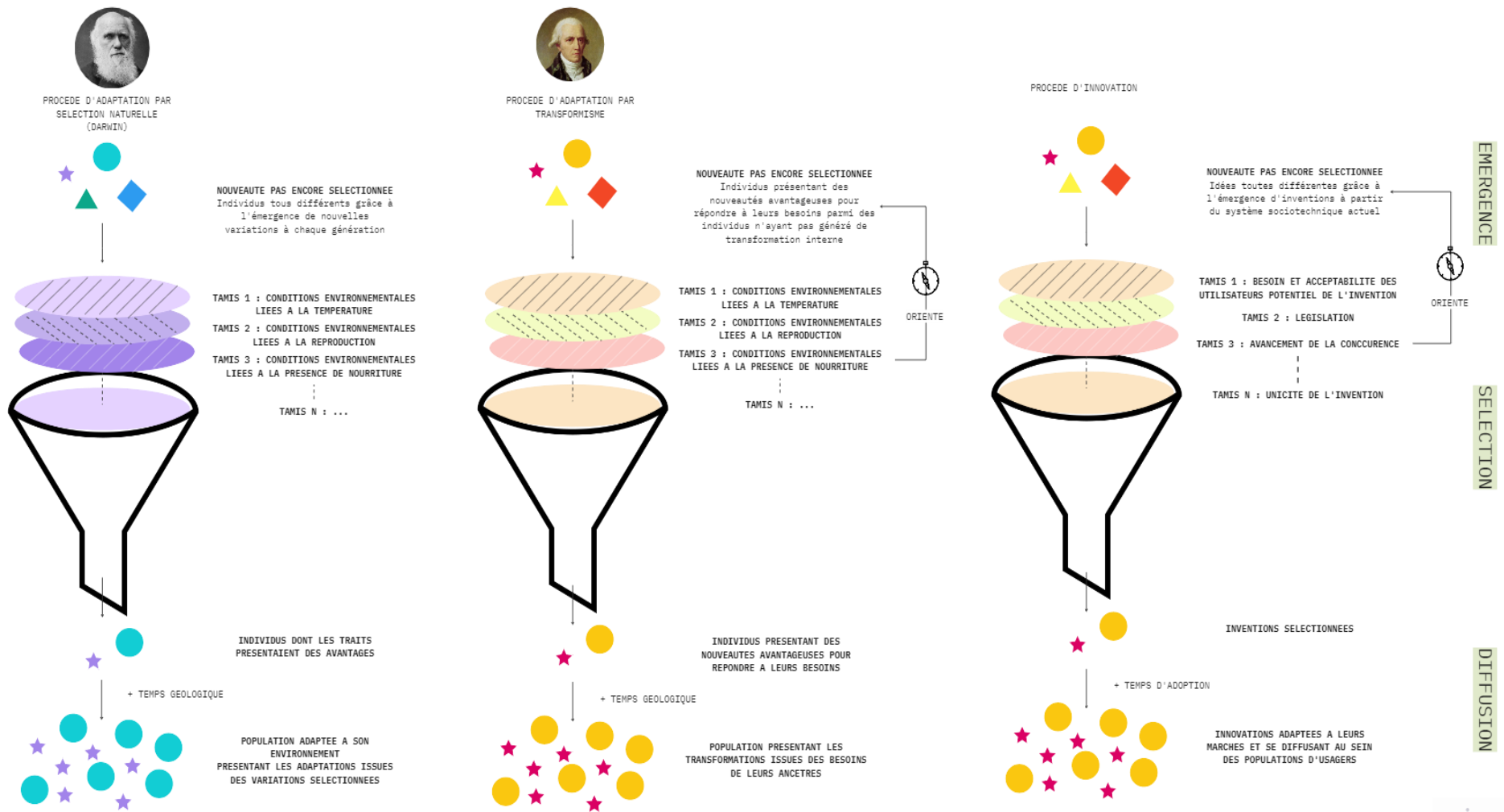


Figure 18 : Les procédés de sélection de la nouveauté et les analogies possibles

Au commencement de mon travail, je me suis intéressée au concept de sélection des innovations puisque c'est une notion courante et employée dans le champ de l'économie. L'usage de l'analogie et ses apports heuristiques m'ont permis de naviguer dans des enjeux ayant trait à l'innovation. L'étude de ces enjeux a abouti à la formulation d'interrogations clés pour la remise en question de la définition de l'innovation, ses modes opératoires et ses effets. Plusieurs enseignements issus de l'observation des phénomènes de sélection naturelle m'apparaissent à ce stade et me font notamment pensé à certaines notions évoquées par les principes du vivant formulés par Janine Benyus et ses collègues :

1/ Dans l'histoire naturelle, les nouveautés ont pu générer des effets de stabilisation, d'équilibre, de préservation, de défense contre le changement néfaste, plutôt que de la rupture vis-à-vis de l'existant, une voie souvent empruntée par les systèmes humains. **Comment évaluer l'impact des nouveautés avant qu'elles n'émergent ? Comment proposer un imaginaire alternatif à celui de la rupture technologique ? Comment réhabiliter la notion de stabilité au profit du changement parfois néfaste ?**

2/ La sélection ne favorise pas l'échelle du gène, de l'individu, du groupe ou de la population : la

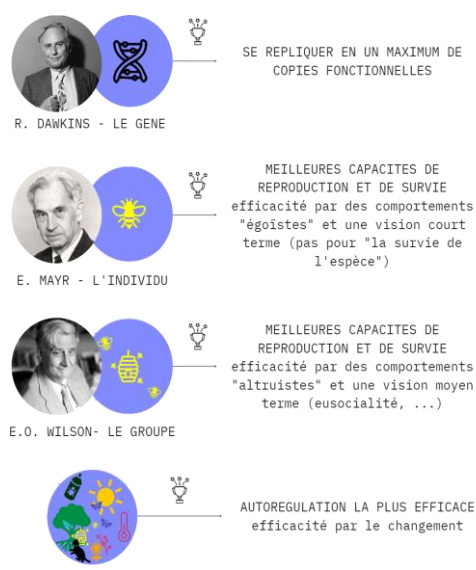


Figure 19 : Les formes de succès selon les échelles du vivant

sélection est désincarnée et l'émergence de variation est aléatoire.

En revanche, la sélection favorise des formes différentes de succès en fonction des granularités qu'elle impacte. La sélection ne favorise pas une échelle du vivant mais crée un équilibre entre les différentes forces évolutives existantes. **Comment assurer une prise en compte exhaustive des granularités impactées par le changement sélectionné ? Comment monitorer les compromis qui émergeront de ces enquêtes minutieuses ?**⁹⁰

3/ L'autorégulation serait une règle à l'échelle de l'écosystème : il semble à ce stade que ce soient les variations des espèces et éléments constitutifs de cet écosystème qui le maintiennent, c'est-à-dire que l'écosystème serait fait de l'ensemble des changements nécessaires pour qu'il se conserve. **Comment assurer l'autorégulation de notre écosystème ?** Dans le cadre de l'émergence de changement, un autre filtre peut être celui de l'articulation avec les autres nouveautés qui émergent. **Doit-on passer par l'absence d'action ou au contraire assurer la bonne co-évolution des innovations qui émergent ?**

4/ La variation peut engendrer des degrés différents de changement. Cependant, elle se fonde toujours sur l'existant. Le choix du terme d'adaptation pour parler d'innovation est original à ce titre : il met en avant la capacité à capitaliser sur l'existant. Cet enseignement pourrait remettre en question la tendance systématique de notre époque à chercher la « sophistication technologique », la rupture : est-ce dans l'idéalisation de la rupture que se trouve l'obstacle cognitif qui nous empêche d'innover à la façon du vivant ? L'analyse évolutionniste suggère une reconnaissance du rôle des innovations mineures endogènes, complétées par les innovations plus discontinues, les ruptures, issues de phénomènes

⁹⁰ Source des images : [Lien](#)

exogènes⁹¹. Des notions de continuité et de discontinuité de l'innovation sont aussi présentes dans la biologie. L'innovation de rupture est difficile à comprendre dans le vivant, sans le recours aux conditions extérieures. **Comment favoriser la réutilisation, la redécouverte de savoirs anciens sans condamner les nouveautés qui émergent d'un autre terreau que celui du système sociotechnique actuel ?**

5/ L'émergence de nouveauté dans le vivant s'apparente à l'apparition de nouvelles fonctions mais aussi à la modification ou à la perte de fonction. Les meilleures innovations peuvent aussi émerger à la faveur de processus d'abandon. **Quelles réflexions pourrions-nous mener sur les bienfaits du renoncement ? Comment donner corps à cette idée dans les processus d'émergence et de sélection de la nouveauté ?**

6/ Les processus de sélection du vivant sont régis par des filtres de différentes natures : les interactions avec ses congénères, les autres espèces et le non-vivant sont constitutifs de ces filtres de sélection. Les interactions avec ses congénères, les autres espèces et le non-vivant sont constitutifs de ces filtres de sélection. **Comment introduire la prise en compte des humains et non humains dans les procédés de sélection d'innovation ? Comment permettre l'émergence d'un corps d'acteurs pluriels pour rendre la gestion de la sélection collective ?**

7/ Il n'existe pas d'adaptation néfaste dans l'absolu, mais plutôt :

- Relativement aux échelles spatiales : une variation bonne à une échelle ne l'est pas forcément à une autre (ce qui est bon pour l'individu ne l'est pas forcément pour l'espèce ou vice versa par exemple).

- Relativement aux échelles temporelles : une variation bonne dans un contexte donné peut devenir délétère plus tard dans un autre contexte.

⁹¹ Je n'ai pas traité la stochasticité des mécanismes de l'évolution, bien que les événements stochastiques soient une des forces évolutives principales

Quels outils et modèles mobiliser pour se projeter dans un monde incertain ?

8/ Une période de changements exogènes forts a précédé certaines des plus grandes phases d'émergence de nouveautés dans le vivant. **Peut-on apprivoiser les ruptures technologiques en cours pour les mettre au service de l'émergence de nouveautés en lien avec les changements de notre environnement ?**

9/ Le changement appelle le changement dans le vivant. Les innovations sont au cœur de l'évolution, de la diversité phénotypique, de l'émergence et du remplissage de nouvelles niches, dans un environnement en constant changement. **Comment concilier le besoin de changement et la notion de stabilité et d'autorégulation ? Comment innover dans un monde complexe ?**

10/ Les temps de changement dans le vivant sont géologiques. **Quels outils sont à imaginer pour suivre les différents rythmes à exploiter ?**

Ce dernier enseignement fait émerger une autre limite à l'analogie que celle de l'intentionnalité déjà parcourue : c'est du fait du rythme de l'évolution que l'adaptation peut difficilement être transposée telle quelle à l'innovation : un calendrier « cosmique » pourrait résumer en une seule de nos années toute l'histoire de l'Univers, avec le Big Bang le 1er janvier à 0 heure, et notre présent le 31 décembre à minuit, la vie apparaît le 9 septembre, sous la forme d'organismes monocellulaires et Homo sapiens apparaît le 31 décembre à 23h48⁹². Nous sommes donc très jeunes : penser l'innovation à partir des concepts de biologie évolutive remet en jeu la question des rythmes de changement à adopter ou à respecter.

Par ailleurs, la plupart des questions que je me pose retranscrivent dans leur formulation deux choses. D'abord, elles posent la question du « Comment », qui transcrit la nécessité de poser ces questions à une échelle opérationnelle. Ensuite, ces interrogations posent de nouveau la question du compromis : à la façon de la sélection naturelle,

⁹² Voir (Barthélémy, P., 2017)

je souhaite d'abord réfléchir aux procédés d'innovation comme des processus de compromis, en proposant un changement de posture sur l'innovation, sans remplacer complètement l'existant. Ce positionnement est encore en débat : faut-il une rupture nette avec notre fonctionnement actuel pour permettre un nouveau paradigme de l'innovation, ou pouvons-nous construire à partir de celui-ci ?

Les différentes échelles d'observation du vivant et leurs spécificités sont une invitation à réfléchir sur les échelles auxquelles sont prises ces décisions. Ainsi, pour la fin de ce travail, je souhaite me détacher de l'analogie en tant que telle afin de me concentrer sur les enseignements variés que cette méthode d'enquête a pu apporter au fil de ce mémoire. Sans aller jusqu'à se dire que la nature « fait mieux », il est possible qu'elle offre de nouveaux moyens de penser nos modes d'innovation, sans se priver des notions d'orientation et d'intention qui n'ont pas de place en biologie évolutive mais qui font l'essence de nos sociétés. Notre capacité à choisir et teindre ces choix d'une intention et d'une vision sont justement ce qui permet de poser la question suivante, voire d'y répondre : que peut-on tirer d'une sélection des innovations bioinspirée par la sélection naturelle ?

Que peut-on tirer d'une sélection bio inspirée des innovations par la sélection naturelle ?

Le meilleur des mondes est-il possible ?

L'innovation dans un monde compromis⁹³

L'innovation est-elle finalement la voie sur laquelle l'humanité doit continuer de s'engager ? L'innovation est chargée d'une histoire intrinsèquement liée à l'origine des crises que nous rencontrons aujourd'hui (épuisement des ressources naturelles et notamment stress hydrique en croissance partout dans le monde, dégradation voire disparition de la biodiversité, réchauffement climatique, etc.) puisqu'elle s'est fondée dans un système pensé comme infini. Son avènement et ses injonctions caractérisent notre ère, l'anthropocène. C'est d'autant plus critique dans un contexte d'atteinte des limites planétaires. En effet, au cours de leur diffusion, les innovations (technologiques, mais pas que) peuvent générer des externalités négatives en déplaçant la problématique à laquelle elles devaient répondre sur un autre maillon de la chaîne de valeur qu'elles ciblent. Dans une ère où la sobriété de nos activités pour retrouver une trajectoire en phase avec les limites planétaires est centrale, l'impact environnemental du changement et de l'innovation doit être questionné : ces notions de sobriété et d'innovation sont-elles compatibles ? Par

exemple, la voiture électrique résoudrait la problématique des émissions de gaz à effet de serre lors de la phase d'usage du véhicule. En revanche, un nouvel enjeu apparaît quant à l'extraction de métaux rares pour permettre la production à l'échelle mondiale de cette solution technique. Comment piloter la gestion de ce type de compromis ? L'innovation ne pas toujours assurer le bien de l'humanité, sa promesse initiale. Pourtant, peut-on considérer l'immobilisme comme une stratégie possible, et si oui, est-elle souhaitable ? Faut-il abandonner l'innovation ou « changer [ses] modalités de conduite » et « revoir [ses] fondements » ?⁹⁴

Ces questionnements permettent de s'interroger sur la nécessité de mettre en place des processus nouveaux de sélection, de choix et d'arbitrage, parmi ces compromis à opérer. Qu'est-ce que pourrait évoquer l'analogie avec le vivant ici ? Le compromis est constitutif du changement dans la nature : une innovation pour augmenter les capacités de reproduction pourrait affaiblir les capacités de survie d'un individu par exemple⁹⁵. Comment la nature opère ces arbitrages ? Il m'apparaît, d'après l'enquête menée précédemment, que c'est dans le caractère multifactoriel de la sélection que se trouvent certains éléments de réponse : ce n'est pas un

⁹³ Voir (Acquier, A, 2020)

⁹⁴ Franck Aggeri, L'innovation, mais pour quoi faire ?, 2023

⁹⁵ Voir (Fisher, R. A., 1930)

agent (l'individu, le gène, le groupe ou encore la population) qui statue sur le compromis « gagnant » mais bien un agrégat de filtres de différentes natures. Le vivant mobilise trois types de filtres : les interactions intraspécifiques, les interactions interspécifiques et les interactions avec le non-vivant (les conditions environnementales). Nous avons bien intégré les interactions intraspécifiques dans nos évaluations d'innovations, mais seulement entre parties prenantes économiques (état de la concurrence, analyse de la réceptivité d'une innovation, ...). Les impacts sur les congénères (impact social), les autres espèces (impact sur la biodiversité) ou encore l'interaction avec l'environnement ne sont pas constitutifs de nos modèles de sélection. Ces différents niveaux d'interaction participent-ils à la construction du meilleur des mondes ?

Le meilleur des mondes ou le meilleur des mondes possibles ?

Pour comprendre si le meilleur des mondes est possible, il est utile de faire un rappel sur l'ensemble des éléments explorés dans les développements précédents. J'ai d'abord identifié le fait que la sélection naturelle est un processus désincarné et non orienté. Le meilleur des mondes n'est pas son but puisque la sélection elle-même n'en possède pas. Quand bien même le meilleur des mondes existerait, les différents filtres de la sélection ne sont pas « destinés à » atteindre celui-ci : il n'y a pas de morale, ni de sens dans la sélection naturelle. D'ailleurs, l'homme ne se situe pas au sommet des êtres vivants, représentant la forme d'évolution ultime, l'incarnation du sens de l'évolution vers le progrès. Au contraire, il n'existe pas de hiérarchie au sein des différentes espèces. La diversité peut être représentée plutôt par une forme buissonnante que par un arbre vertical, l'homme occupant finalement une petite place au sein d'une biodiversité représentée en très grande majorité par des bactéries⁹⁶. Si l'histoire de l'évolution devait recommencer, rien ne dit que

l'homme serait une forme d'être vivant qui adviendrait.

De plus, l'évolution par sélection naturelle relève plutôt du bricolage que de l'ingénierie. J'ai par exemple mentionné le phénomène d'exaptation qui mise sur l'existant pour construire la nouveauté, plutôt que de produire un trait de novo.

Il existe également des *tradeoffs* dans le vivant, les fameux compromis, comme cela a pu être vu avec l'exemple des passereaux. La nature ne permet pas d'atteindre des êtres aux traits et comportements maximisés.

Enfin, la sélection naturelle ne permet pas de faire le « bien » de façon absolue. Il est difficile de faire le « bien », et a fortiori le meilleur, à chaque échelle du vivant lors de l'introduction et de la sélection d'une nouveauté : ce qui favorise la bonne réplication d'un gène ne permet pas nécessairement de bonnes conditions de vie pour l'individu qui en est le vecteur.

Au sein des sociétés humaines, est-il possible de sélectionner pour le meilleur des mondes ? Le meilleur des mondes est une expression consacrée qui revient régulièrement dans les discours de différents penseurs, des débats entre les philosophes Gottfried Wilhelm Leibniz et Voltaire à travers *Candide*, à Aldous Huxley et son *Brave New World*. Certains philosophes soutiennent que la quête du « meilleur des mondes » est intrinsèquement problématique, car elle implique souvent un renforcement du contrôle de l'individu et de la société par un groupe d'individus. En effet, les questions de liberté, de justice, de bien, de bonheur pour la population font systématiquement l'objet de compromis dans les différentes conceptions du meilleur des mondes : l'ouvrage d'Huxley donne à voir une société au sein de laquelle les individus sont heureux et aspirent à une existence stable. Pour cela, ils confient leur liberté à un groupe minoritaire et puissant qui se charge de prendre

⁹⁶ Stephen Jay Gould, *L'éventail du vivant, le mythe du progrès*, 1997

les grandes décisions d'orientation de société pour la majorité.

La conception même du meilleur des mondes est à questionner en réalité : dans un monde de compromis entre les possibles, le monde qui adviendra fera toujours des perdants. Le meilleur des mondes serait donc en réalité le moins pire (celui pour qui la perte est la moins importante, ou le monde dans lequel il y a le moins de perdants possible). Cela pose la question du choix conscient de ceux qui perdent et de ceux qui gagnent dans ce monde limité, et donc de compromis. Cela pose globalement la question du sens que nous voulons accorder au mot « meilleur » : Avec le plus de bonheur ? D'égalité ? De libertés ? De sécurité ? De confort ? De justice ? Dans tous les cas, le meilleur des mondes possible est-il une vision que nos sociétés humaines peuvent porter ? Peut-on atteindre un monde souhaitable par tous en réfléchissant à la question de la sélection des innovations ?

Une première difficulté que rencontrent nos sociétés humaines est l'incapacité de celles-ci à s'accorder sur un sens commun :

« Tous nos malheurs proviennent de ce que les hommes ne savent pas ce qu'ils sont, et ne s'accordent pas sur ce qu'ils veulent être. »⁹⁷

De la même façon que le vivant, l'impact positif d'une innovation œuvrant à une échelle de nos sociétés peut s'avérer néfaste à une autre : chaque échelle, c'est à dire chaque agent de l'écosystème d'innovation, est impacté de façon différente par la diffusion d'une nouveauté. Si de façon caricaturale, nous imaginions une innovation permettant de taxer les plus riches pour redistribuer la richesse, l'ensemble de la population ne verrait pas cela comme le « bien ». A l'inverse, la décision prise par le président actuel Emmanuel Macron de supprimer l'ISF en 2018⁹⁸ a été perçue par les classes moyennes et populaires comme un cadeau fiscal destiné aux

plus riches. Cette réforme a été très critiquée notamment par peur que ce « manque à gagner » pour l'État ne soit récupéré auprès de populations plus défavorisées. Dans les deux cas, le changement a été favorable à une partie de la population mais n'a pas permis d'avancer de façon collective vers un projet de société commun. Puisque les sociétés humaines sont constituées d'individualités variées, animées de visions plurielles et souvent antagonistes, les trajectoires à imaginer pour fonder un projet de société sont difficiles à formuler. Un projet de société humaine sera nécessairement issu de compromis constants, et pose la question de la population qui initie l'innovation, celle qui profite de ses effets, celle qui en pâtit.

Cette difficulté à proposer un projet cohérent est également due à la priorisation de certains filtres de sélection au détriment d'autres indicateurs, à partir d'une décision souvent non démocratique. Par exemple, les innovations technologiques permettant la miniaturisation des puces électronique dans le domaine des semi-conducteurs ont nécessité de nouveaux procédés doublant la consommation d'eau et triplant la consommation d'électricité des procédés de production de puces par rapport aux processus aux performances plus faibles⁹⁹. Dans ce cas, une innovation technique, ici la miniaturisation, permet à l'entreprise de produire plus et de façon moins coûteuse. Cela sera bénéfique pour l'échelle de l'organisation, mais pourra au contraire engendrer des effets néfastes sur l'environnement du fait d'une production ne respectant pas les limites planétaires (grandes quantités pour une faible durabilité, impliquant le prélèvement de ressources naturelles en grandes quantités).

Enfin, selon moi, certaines innovations qui se diffusent n'ont pas toujours de sens, notamment au regard de la crise climatique en cours (c'est bien le constat initial qui a généré ce travail). Globalement, les innovations technologiques ont

⁹⁷ Jean Bruller, dit Vercors, *Les Animaux dénaturés*, 1952

⁹⁸ Transformation de l'ISF en un impôt sur le patrimoine immobilier (IFI) et accompagné par la mise

en place d'une « flat tax », un prélèvement forfaitaire unique (PFU) sur les revenus du capital.

⁹⁹ Voir (Bertuzzi, L., 2022)

un impact négatif sur l'environnement au sens où elles consomment des ressources non renouvelables comme les métaux. Le développement de systèmes innovants dans le secteur de l'énergie pour supporter l'électrification de nos usages et l'essor des EnR pose déjà des problématiques quant aux volumes de métaux à extraire, du fait d'un besoin en ressources gigantesque. Il est donc difficile de comprendre les innovations liées au tourisme spatial promu par Jeff Bezos ou Elon Musk par exemple, alors même que ce sont ces mêmes ressources, pourtant si stratégiques, qui sont mobilisées pour donner vie à ces technologies secondaires. Qu'est-ce que cela dit de nous en tant que société ? S'interroger sur le sens de l'innovation c'est donc se demander si l'innovation possède une signification, une direction, une sensibilité. Est-il possible de trouver ou retrouver le sens de l'innovation ? Quel serait alors le « bon sens » ? Une bonne raison d'être, un bon fonctionnement, une bonne direction, une bonne éthique ? Pouvons-nous collectivement tenter de répondre à ces questions ?

Pour cela, il me semble qu'il faille mobiliser quelque chose de l'ordre du sensible, perceptible par les sens. Cependant, certains écrits philosophiques¹⁰⁰ estiment que l'humain n'a plus de « bon sens » : les pressions de sélection à l'œuvre dans les procédés d'innovation participent à l'atteinte d'une certaine société. Mais cette société n'a pas été pensée au regard des effets des innovations qui y prennent vie : la nouveauté émerge tous azimuts, à la façon de la nouveauté dans le vivant. Thierry Ménissier évoque d'ailleurs un phénomène intéressant pour retranscrire ce phénomène buissonnant : les sociétés humaines auraient érigé « l'innovation du renouvellement comme boussole¹⁰¹ », c'est-à-dire que c'est l'innovation qui donne le nord, le sens de la marche. L'innovation ne serait donc plus ce

qui permet de participer à une orientation de la société mais bien ce qui en constitue le but. Ménissier reprend ensuite Hannah Arendt dans son ouvrage¹⁰² afin d'évoquer le phénomène « d'aliénation du monde »¹⁰³ que les humains subiraient. Le philosophe identifie, à partir de son étude de la pensée d'Arendt, la croyance en toute vérité scientifique et rationnelle comme un des marqueurs de l'aliénation du monde contemporain. Cette polarisation de notre regard sur les choses scientifiques nous couperait de nos sens, du monde sensible. Nous serions alors devenus incapables de penser à un projet de société commun car dépourvus de « bon sens ». L'innovation ne mènerait donc pas de façon spontanée vers le mieux : l'absence de sens et de monde commun rend la question et la mise en pratique d'une innovation et d'une sélection « dans le bon sens » épineuse.

La question pourrait être la suivante : comment redonner du sens à la sélection et aux innovations ? Cette question est politique : quels sont les compromis que l'on décide de réaliser en tant que société ?

¹⁰⁰ Thierry Ménissier, *Innovations, Une enquête philosophique*, 2020

¹⁰¹ *Ibid.*

¹⁰² *Ibid.*

¹⁰³ Arendt théorise d'abord l'aliénation avec l'observation des totalitarismes (rupture de la

communication entre humains, ...), puis plus globalement avec l'analyse du monde contemporain (aliénation par le travail, par la mise à distance du monde, qui n'est plus qu'un lieu de production, ...).

Pour qui, pourquoi, comment sélectionne-t-on dans le champ de l'innovation ?

Ma question initiale était de savoir si l'on peut s'inspirer de la sélection naturelle pour mieux innover. Mieux innover pose la question de l'avenir et du projet de société humaine que l'on souhaite se donner. Il a en effet été évoqué plus haut que les innovations ont un impact fort sur l'organisation des systèmes humains. Ainsi, sélectionner pour une meilleure innovation, qu'est-ce que cela peut impliquer ? Une nouvelle direction pour l'innovation pourrait-elle orienter notre société vers le meilleur des mondes ? Et si oui, laquelle ?

Le collectif et la diversité

J'observe que le problème à l'origine de la recherche d'Hannah Arendt est celui de « l'absence de monde commun dans lequel les hommes peuvent vivre, et donc également de la manière dont une pluralité d'individus peut créer un espace politique commun par leurs actions »¹⁰⁴. Hannah Arendt s'intéressait en particulier à la question de la création et du maintien d'un espace public dans lequel les citoyens peuvent s'exprimer librement et agir ensemble pour façonner leur avenir commun. Selon Arendt, la politique ne serait pas seulement une affaire d'État et de gouvernement, mais plutôt une activité collective qui implique la participation active des citoyens. Arendt soulignait que la création d'un espace public implique la reconnaissance de la pluralité des opinions et des perspectives. Elle insistait sur l'importance de l'interaction et du dialogue entre les citoyens pour construire un espace commun de discussion et de délibération, où les différences peuvent être discutées et résolues de manière pacifique. La construction d'un espace de réflexion à ce « bon sens » paraît alors possible. La

question n'est donc pas « comment atteindre le meilleur des mondes » mais plutôt « comment œuvrer collectivement pour s'orienter vers le meilleur des mondes possibles ».

L'idée du meilleur des mondes renvoie notamment à la recherche d'une société idéale, où règneraient la justice, l'égalité, la paix. En somme, la quête d'un "meilleur des mondes" fait écho aux rhétoriques de l'utopie. « Non-lieu » (c'est à dire qui n'existe pas) ou « lieu doux ou bon » (topos, le « lieu », et le préfixe u, « non », ou « bon, doux », suivant l'étymologie adoptée), l'utopie fait généralement référence à tout projet de société parfaite¹⁰⁵.

Or, si nous consultons les concepts et méthodologies théorisés et parfois expérimentés par le sociologue Bruno Latour et ses collectifs¹⁰⁶, les utopies, et par extension le concept du « meilleur des mondes », seraient problématiques puisque déconnectées de la réalité et de la complexité des relations sociales et environnementales, ignorant les multiples acteurs, les relations complexes et les incertitudes qui les caractérisent. Plus qu'une image rêvée et sans réalité, c'est une enquête minutieuse des relations complexes et incertaines entre les agents sociaux et environnementaux qui permettrait de statuer sur des projets de mondes communs. Il imaginait une enquête menée de manière participative, en impliquant tous les acteurs concernés, y compris les citoyens, les scientifiques, les entreprises, les gouvernements et les éléments naturels. C'est notamment ce qu'il théorisait dans son approche du parlement des choses, et via ses méthodes de travail permettant d'approcher une question philosophique par des expériences collectives. En outre, pour Latour, la recherche d'un monde

¹⁰⁴ Voir (Guezengar, A. 2020)

¹⁰⁵ Voir Le Monde sur la philosophie de l'utopie

¹⁰⁶ Bruno Latour, Enquête sur les modes d'existence, La Découverte, 2012

meilleur doit être fondée sur une reconnaissance de la pluralité des « modes d'existences » des « vérités », ou de façon simplifiée des points de vue, des connaissances et des valeurs. Il proposait donc de s'intéresser à la question de la composition de la société en analysant, non pas le tout c'est à dire la société d'un coup, mais plutôt par une approche « point à point », en collectant la « vérité locale » des segments (religion, sciences, techniques, droit, etc.) qui composent la société, et qui seraient évidemment incompatibles les uns avec les autres. La question du meilleur monde possible mobilise de nouveau les systèmes de compromis et des dispositifs politiques participatifs. Bien que la question des dispositifs participatifs et de la consultation en démocratie puissent faire l'objet d'un autre mémoire, et depuis ma position d'étudiante en biomimétisme non experte de la pensée de Arendt ou Latour, je risque ici quelques questions : ces typologies d'espaces collectifs pourraient-ils être une fenêtre de réflexion pour penser les procédés de sélection d'innovation ?

Les dispositifs politiques précédemment évoqués proposent une approche collective : il serait possible de statuer collectivement sur les arbitrages que la société serait prête à réaliser. La nécessité d'appréhender de façon systémique une innovation et ses effets via une enquête minutieuse des acteurs et milieux impactés, au-delà de son marché de diffusion, appelle à la génération d'outils d'aide à la décision, d'évaluation, de projection, créatifs et résilients pour penser dans la complexité.

Bien qu'elle n'oriente pas le changement vers le meilleur des mondes, la nature procède de façon différente de l'humain pour amener du changement. Quelles sont les façons qu'a la nature d'innover, notamment en temps de crise ? En reprenant les enseignements issus de l'observation des phénomènes de sélection, qu'est-ce que cela pourrait évoquer dans nos sociétés humaines ?

Il est possible de commencer à toucher du doigt de premières initiatives liées à la sélection dans le champ de l'innovation aujourd'hui. En effet, de

premiers outils voient le jour, dans les domaines techniques et économiques.

On peut notamment citer les modes de sélection des innovations mis en œuvre par l'initiative Time for the Planet (TFTP). De nouveaux critères ont enrichi les grilles de sélection non formalisées présentes communément dans ces domaines et focalisées sur la faisabilité technique et la rentabilité. Par exemple, le volume d'émission de gaz à effet de serre a été proposé comme critère de sélection. Ce critère introduit une nouvelle échelle encore peu intégrée aux processus d'évaluation : l'environnement. Pourtant, d'après les mécanismes de sélection naturelle, c'est bien l'environnement qui fait office d'agent de sélection. Une sélection bio inspirée pourrait-elle prendre systématiquement en compte les effets des pressions de l'environnement ?

Dans le cas de l'initiative TFTP par exemple, le critère des « externalités induites » est également formulé. C'est particulièrement intéressant pour incarner les effets des modifications engendrées par une innovation sur les agents à proximité. Typiquement, dans le cas d'un écosystème, l'idée serait de prédire l'effet de l'extinction ou de la modification d'une espèce sur l'équilibre global du système. En revanche, opérationnellement, ce critère est très difficile à évaluer. Par ailleurs, le fait d'avoir un impact n'implique pas nécessairement que celui-ci induise un changement négatif : une externalité du changement à une certaine échelle engendrera simplement du changement ailleurs. Pourquoi ne pas s'interroger sur un critère qui retranscrirait l'autorégulation des systèmes, la capacité des innovations à ne pas déstabiliser les changements ou maintiens naturels ?

Un autre critère est étonnamment le caractère disruptif de l'innovation : TFTP souhaite initier un changement de paradigme pour endiguer le changement climatique. Pourtant, les éléments précédents ont montré que le vivant ne peut se fonder que sur de l'existant pour générer du changement. Pouvons-nous imaginer le meilleur des mondes possible en misant sur ce qui a causé les crises actuelles ?

Afin de sortir des cadres existants sans condamner des systèmes entiers, certaines initiatives proposent de réaliser non plus une sélection, mais une orientation du cahier des charges des innovations. C'est notamment le cas de la société Ellyx qui accompagne les collectivités dans la formulation de leurs appels à projets (AAP). Traditionnellement, les collectivités posent un cahier des charges lors du lancement de leurs AAP. Ce dispositif semble arriver à bout de souffle : le caractère normatif de cette méthode freine la variété des solutions qui pourraient émerger, et les acteurs ne sont plus financés sur leur fonctionnement originel et doivent sans cesse proposer de nouveaux projets ou « redécorer » des projets existants. La posture d'Ellyx est de repolitiser l'innovation sociale : leur postulat est que pour définir une bonne innovation sociale, c'est le champ de la société, de l'intérêt général qui doit être mobilisé, puisque nous n'avons pas tous la même vision : il faut une discussion politique là-dessus. Ellyx propose donc un travail particulier avec ces organisations en définissant avec elles la dimension politique qu'elle souhaite donner à certaines orientations pour la vie locale, le sens de la société qu'elle souhaite porter, et en proposant une critique de ces définitions par la mobilisation d'acteurs de différentes natures (publics, privés, citoyens, ...). Ces dispositifs collectifs ont vocation à définir de nouveaux critères permettant de répondre aux ambitions de la collectivité, voire définir de nouveaux modes d'appels à innovation. Par exemple, la région Aquitaine a mis en place des laboratoires mobiles coopératifs hébergeant des projets d'innovation, sans sélection sur la base d'un cahier des charges initial mais plutôt en affichant la posture de la région vis à vis de l'innovation (ici de l'innovation sociale de rupture).

Le commun ou les communs ?

S'inspirer de la sélection naturelle pour mieux innover permet de s'interroger sur les grands principes de ce que serait une sélection bio

inspirée pour mieux innover. Cela permet de proposer des outils intéressants pour comprendre et questionner le projet de société que l'on souhaite se donner.

Cependant, notre société est fondamentalement pluraliste : elle est par conséquent animée par une pluralité de conceptions du bien¹⁰⁷. Comment articuler cette diversité, clé pour la survie, avec la notion d'un corps collectif devant prendre des décisions pour un projet de société commun ? Thierry Ménissier pose la problématique de cette façon :

« C'est la raison pour laquelle la définition du bien commun (au singulier), quant à ses réalisations possibles, est un véritable défi pour la pensée. Quels biens communs ? Quelle justice ? »¹⁰⁸

Cette problématique est celle de la recherche d'un compromis ("d'un point d'équilibre" d'après Ménissier) entre le juste, le bien, l'utile, le responsable pour l'innovation, voire le juste et l'éthique pour la société, ainsi que son articulation en principes de fonctionnement (règles, lois, normes, conventions, paramètres, ...). Mais le juste et le bien sont des valeurs dont la conception peut changer d'un individu à l'autre. A titre personnel par exemple, je trouverais plus juste d'interdire l'utilisation des jets privés comme mesure pour participer à la réduction de l'injustice climatique. Cependant, une partie du corps politique et de la population pourrait être d'un avis contraire, argumentant qu'un vol en jet privé se justifie par des besoins d'échanges présents et fréquents entre dirigeants éloignés géographiquement. De plus, cette mesure pourrait être considérée comme injuste puisqu'elle prive une partie de la population d'un droit qu'elle exerçait auparavant. Comment penser les règles du jeu de la société au-delà de ces grandes notions ? Est-ce possible d'intégrer à la fois de l'uniformisation (par la normalisation notamment) sans mettre en danger les diversités ? Comment permettre d'articuler un projet de société commun avec l'expression des

¹⁰⁷ Voir Ménissier sur The Conversation, 2018

¹⁰⁸ *Ibid.*

individualités ? Comment faire une place aux concepts de justice, de bien, d'éthique, de compromis dans un dispositif qui garantit la conservation des pluralités ?

Un parallèle intéressant pourrait être proposé avec les notions de *milieu* et *d'environnement*. Ces notions proches ont été décortiquées par Jakob Johann von Uexküll¹⁰⁹, un biologiste et philosophe allemand. Celui-ci distingue *Umgebung*, l'environnement géographique banal, et *Umwelt*, le milieu de comportement propre à un être vivant. Georges Canguilhem, philosophe français, reprend cela de la façon suivante :

« Pour qu'il y ait environnement, il faut qu'il y ait centre. C'est la position d'un vivant se référant à l'expérience qu'il vit en sa totalité qui donne au milieu le sens de conditions d'existence »

D'après Canguilhem, la *Umwelt* de l'animal serait le milieu « centré par rapport à ce sujet de valeurs vitales en quoi consiste essentiellement le vivant », c'est-à-dire que le milieu serait constitué de l'ensemble des signaux qui ont valeur de signification pour une espèce donnée. L'exemple fondateur proposé par Uexküll et repris par Canguilhem est celui de la tique : celle-ci se développe aux dépens du sang chaud des mammifères. Lorsqu'un mammifère passe sous « le poste de guet et de chasse de la tique », celle-ci détecte une vibration sur le sol indiquant l'approche d'un hôte potentiel. Elle se laisse alors tomber. Le déclencheur de sa chute correspond à l'odeur de beurre rance qui émane des glandes cutanées de l'animal. Ce qui permet à la tique de se fixer sur l'animal sont ses capteurs thermiques et tactiles, qui lui permettent de sentir la température du sang de l'animal ainsi que les endroits de la peau qui sont dépourvus de poils. Le milieu serait donc pour la tique cet agrégat de signaux essentiellement olfactifs et vibratoires qu'elle perçoit.

A l'inverse, l'environnement ou *Umgebung*, est « ce qui entoure » géographiquement toutes les espèces et les met en relation. La *Umwelt* (le milieu) serait un « prélèvement sélectif dans la *Umgebung*, dans l'environnement géographique ». L'incarnation de la pluralité pourrait donc être le milieu puisque celui-ci est l'agrégat des signaux essentiels spécifiques à la survie d'un organisme. En conséquence, l'environnement pourrait constituer ce qu'il y a de commun entre les espèces puisqu'il concerne ce qui entoure les différents milieux. Il n'est pas spécifique mais serait le même pour tous.

Qu'est-ce que cette notion d'environnement commun recèle ? Comment a-t-elle été traitée jusqu'alors ? Une notion, non pas celle du commun mais des communs, a été formulée par Elinor Ostrom, politologue américaine. J'y perçois une première piste de réponse quant à la difficulté d'articuler un monde pluriel mais commun¹¹⁰. L'approche des communs est fondée sur le concept de gestion collective des ressources, dans le but de les utiliser de manière durable et équitable pour le bénéfice de tous. Les communs cherchent à dépasser le modèle extractiviste en promouvant la gestion responsable des ressources naturelles, mais aussi culturelles ou intellectuelles. L'accent est mis sur la coopération et la participation, plutôt que sur la maximisation du profit individuel. Dans l'ouvrage de Gauthier Chapelle et Pablo Servigne¹¹¹, il est fait mention des principes de la bonne gouvernance d'un bien commun à partir des principes formulés en 1990¹¹² et retravaillés par Michael Cox *et al.* en 2010. Y sont formulés de grands principes liés à la question des limites (des usagers et de la ressources), de la bonne échelle, du sentiment d'égalité et d'équité, du rapport à l'environnement, du sentiment de justice, de la sécurité. E. Ostrom, M. Cox et l'évolutionniste D.S. Wilson proposaient en 2013 de rendre ces principes « universalisables » du fait de leur analogie forte avec certains des principes fondateurs de la biologie évolutive¹¹³:

¹⁰⁹ Voir Armengaud sur Georges Canguilhem, 2010

¹¹⁰ Issu d'un titre d'ouvrage de Bruno Latour et François Ewald

¹¹¹ Servigne et Chapelle sur l'altruisme

¹¹² Voir (Ostrom, E., 1990)

¹¹³ Voir (Wilson, D.S. *et al.*, 2013)

« Ces principes peuvent être généralisés à deux égards : premièrement, en montrant comment ils découlent des principes évolutionnistes fondamentaux ; deuxièmement, en montrant comment ils s'appliquent à un plus large éventail de groupes. »¹¹⁴

L'hypothèse des auteurs est que ces principes peuvent s'appliquer, non plus seulement aux groupes responsables de la gestion des biens communs, mais à d'autres types de groupe, en charge de la gestion d'éléments conflictuels ou soumis à des compromis. Les auteurs rapprochent le design de ces principes de la posture de la nouvelle sociobiologie, c'est-à-dire l'étude des comportements des êtres humains dans une perspective évolutionniste. Cette sociobiologie remet en question la croyance du champ économique selon laquelle les préférences individuelles amènent au « meilleur des mondes possibles » entendu comme la meilleure performance de la société¹¹⁵. Au contraire, elle tente de traiter la question de « la meilleure échelle », ou tout du moins du compromis entre individuel et collectif, et souligne la nuance suivante : le choix individuel ne maximise pas nécessairement le bien public. C'est justement la question qui m'intéresse : comment se défaire de l'idée d'une échelle « absolument » bonne, pour faire parlementer, assembler, collecter les différentes granularités ?

D'après l'article de DS. Wilson *et al.*, c'est le concept de la sélection multi-niveaux qui permet à la sociobiologie d'étudier ces arbitrages. C'est cette même sélection qui permettrait de formuler la gouvernance des biens communs. La sélection multi-niveaux, pour rappel, peut se résumer de façon simple via la fameuse maxime : « L'égoïsme supplante l'altruisme au sein d'un groupe. Les groupes altruistes supplantent les groupes égoïstes. Le reste n'est que commentaire. »¹¹⁶

(repensons à l'exemple des araignées d'eau mâles, et leur façon de s'accoupler de façon agressive ou non vis-à-vis des femelles). L'article souligne également que la sélection multi-niveaux n'impacte pas seulement l'échelle de l'individu et du groupe. Comme je l'ai évoqué plus haut, elle peut s'appliquer sur les gènes au sein des organismes¹¹⁷, ainsi qu'entre les groupes¹¹⁸ ou au niveau des écosystèmes multi-espèces. Les auteurs postulent également la chose suivante : il est possible d'atteindre un équilibre « localement stable », « pour le bien du groupe » et stable en interne (c'est-à-dire relativement pour chacun des membres du groupe). Pour les auteurs, réussir en tant que groupe serait la condition de base pour une transition évolutive majeure¹¹⁹ dans n'importe quelle espèce.

Selon l'article, il existe donc une correspondance frappante entre les principes d'Ostrom pour les biens communs et les conditions qui nous ont permis d'évoluer vers une telle espèce coopérative. Les principes fondamentaux de conception identifiés par Ostrom pour la gouvernance des biens communs ont été examinés par Wilson, Cox et Ostrom elle-même dans une perspective évolutionniste, à la lumière de la notion de sélection multi-niveaux.

Concernant le principe des frontières clairement définies dans la gouvernance des biens communs (ou des limites selon Servigne et Chapelle), les auteurs notent que nombre de transitions évolutives majeures impliquent des groupes aux frontières clairement définies, en prenant comme exemple la paroi cellulaire pour les cellules et les nids pour les insectes eusociaux.

La question de l'équivalence proportionnelle entre les avantages et les coûts, centrale pour la gestion des biens communs, est aussi un enseignement de l'évolution : en général, plus la proportionnalité est établie au sein des groupes, plus la sélection entre les groupes sera forte par

¹¹⁴ Voir (Wilson, DS. *et al.*, 2013)

¹¹⁵ Concept des *selfish systems of morals* du XVII^e siècle (Bernard Mandeville, La fable des abeilles, 1714)

¹¹⁶ Voir (Wilson DS et Wilson EO, 2007)

¹¹⁷ Voir (Burt et Trivers, 2006)

¹¹⁸ Voir (Richerson et Boyd, 2005)

¹¹⁹ Dans la théorie de l'évolution génétique des organismes, il s'agit de stades majeurs dans l'évolution de la complexité qui impliquent un changement dans le niveau d'organisation et donc dans le niveau de sélection des organismes.

rapport à la sélection au sein des groupes. Si cette proportionnalité est mal établie, ou non respectée, certains individus profiteront de ce déséquilibre par rapport à leurs congénères et la sélection au sein du groupe sera plus importante. Je prends ici le cas, de façon simplifiée, de la coopération chez les fourmis. Dans une colonie de fourmis, chaque individu contribue à la survie du nid en effectuant différentes tâches, selon sa caste. Il existe donc des différences de contribution entre les individus (collecte de nourriture, défense du nid). C'est ce que nous pouvons considérer comme des coûts. Les individus qui supportent des coûts élevés mais bénéficient également de récompenses élevées sont incités à continuer de coopérer. C'est cette proportionnalité qui favorise la coopération au sein du groupe. La sélection à l'échelle du groupe est donc plus forte que celle œuvrant à l'échelle individuelle, selon les principes de la sélection multi-niveaux. En revanche, si la proportionnalité entre les avantages et les coûts est mal établie, ou mal respectée, cela peut entraîner des conflits et renverser alors les rapports de force entre sélection de groupe et sélection de l'individu. Les groupes qui parviennent à maintenir une proportionnalité équilibrée entre les avantages et les coûts grâce à des mécanismes de régulation interne ont tendance à prospérer et à surpasser les groupes où cette équivalence est perturbée.

La question du sentiment d'égalité ou d'équité, et les dispositions relatives au choix collectif, sont des notions particulièrement clé lorsque l'on cherche à établir des principes dans une structure de société démocratique. C'est aussi la question du compromis, traitée en partie par la sociobiologie. Les travaux de certains évolutionnistes montrent que lorsque la prise de décision au niveau du groupe est structurée de la bonne manière, elle peut donner de meilleurs résultats que la prise de décision au niveau individuel¹²⁰. Wilson, Cox et Ostrom conviennent que la prise de décision au niveau du groupe est en soi une adaptation au niveau du groupe.

Le suivi, ou la question du rapport à l'environnement est clé pour outrepasser la sélection au sein d'un groupe. L'article met d'ailleurs en avant la nécessité de recourir à « un arsenal de mécanismes [pour maintenir la sélection naturelle au sein des groupes] sous contrôle ». Dans la gestion des biens communs, la surveillance de la ressource et des usagers est un outil essentiel.

La question du sentiment de justice, des sanctions graduelles et des mécanismes de résolution de conflits font également partie intégrante des éléments de cet arsenal de bonne gestion des biens communs. La sélection par le groupe est notamment assurée lorsque des incitations, des avertissements, voire des punitions mises en place par le groupe condamnent les comportements égoïstes. Comme dans le cas de l'équivalence proportionnelle et des accords de choix collectif, des mécanismes équitables de résolution des conflits constituent une protection contre l'exploitation au sein des groupes.

Enfin, la question de la bonne échelle permet de s'interroger sur des principes de conception de modèles de gouvernance, notamment dans les sociétés à grande échelle (c'est-à-dire décomposables en sous-groupes). Pour les groupes qui font partie de systèmes sociaux plus vastes, il doit y avoir une coordination appropriée entre les groupes concernés. Pour Chapelle et Servigne, cela relève de la congruence de l'échelle choisie avec les conditions locales, d'usage et d'approvisionnement, en imbriquant et en coordonnant de petites échelles.

Ce concept des communs me paraît apporter des éléments de réponse à plusieurs des questions que j'ai souhaité explorer sur la fin de ma recherche : les grands principes de biologie évolutive peuvent infuser dans le champ de l'économie avec succès. En effet, Servigne et Chapelle rappellent qu'une analyse datant de 2010¹²¹ et portant sur 91 études effectuées sur des biens communs (forêts, pâturages, eau, ...) a permis de montrer que l'application de ces principes est corrélée

¹²⁰ Voir (Van Vugt et Ahuja, 2011); (Wilson, 1997); (Wilson et al., 2004)

¹²¹ Voir (Cox *et al.*, 2010)

positivement au niveau de succès de la gestion des ressources. Il traite également de cette notion de compromis via la question de la bonne échelle. Les communs offrent l'opportunité de renverser le rapport de force entre intérêt public et intérêt commun, en proposant des règles adaptables à la diversité locale. On parle parfois de gouvernance adaptative, c'est-à-dire qui s'adapte aux spécificités de la localité (géographique, culturelle, etc.) concernée par la gestion d'une ressource elle-même locale. Le concept de gouvernance adaptative¹²² prend effectivement ses racines dans la notion de gestion adaptative des ressources naturelles pour répondre aux enjeux de la complexité et de l'incertitude qui caractérisent la gestion de ce type de ressources. La gouvernance adaptative désigne donc une approche de gestion et de prise de décisions flexible, réactive et capable de s'adapter à des conditions changeantes. Elle repose en réalité sur la reconnaissance du fait que les ressources gérées sont modifiées sous l'effet de l'intervention humaine et donc du caractère complexe et incertain des problèmes et des systèmes sociaux et écologiques.

Pourrait-on imaginer une sélection des innovations que l'on pourrait qualifier d'adaptative, qui reconnaîtrait le caractère incertain de celles-ci et qui intégrerait dans son processus les changements sociaux et environnementaux ? Comment permettre à cette sélection d'intégrer la notion de localité, de la bonne échelle, du « point-à-point » préconisé par Latour ?

Pour cela, il serait nécessaire d'ajuster les règles, les normes et les pratiques de sélection en réponse aux changements et aux apprentissages acquis au fil du temps. De la même façon que la diversité est essentielle pour permettre aux populations de s'adapter à des conditions changeantes dans la biologie évolutive, une diversité des règles et des institutions pouvant œuvrer dans la sélection des innovations peut être bénéfique pour répondre aux défis et aux changements. Par ailleurs, les écosystèmes étant dynamiques, soumis à des pressions environnementales et socio-économiques évolutives, les solutions de sélection

des innovations qui y prennent corps pourraient donc être adaptées en conséquence.

La sélection naturelle peut favoriser des traits adaptatifs qui améliorent la survie et la reproduction à l'échelle individuelle mais aussi les comportements altruistes à l'échelle du groupe, ou l'autorégulation à l'échelle de l'écosystème. Dans le contexte de la sélection des innovations, les règles et les institutions qui favorisent l'autorégulation de notre environnement, la cohésion sociale, sans verser dans l'uniformisation pourront être maintenues au fil du temps.

Enfin, dans le contexte de sélection adaptative des innovations, cela pourrait signifier que les règles et les comportements des acteurs évoluent en réponse aux changements de l'environnement ou en réponse aux actions des autres parties prenantes (humains, non-humains, changements environnementaux).

S'inspirer de la sélection naturelle pour mieux innover revient certainement à imaginer l'application des principes de la biologie évolutive à la sélection des innovations. Cette analogie permet de donner une place à l'adaptation, la diversité, et la co-évolution pour une approche de l'innovation dans un monde de compromis. Cela pourrait aider à développer des approches de sélection plus résilientes et efficaces, en prenant en compte la complexité des systèmes socio-écologiques et en favorisant l'adaptation aux changements et aux défis.

¹²² Voir (Angeon, *et al.*)

Ouverture : un monde pluriel commun à l'aune de l'urgence climatique

Il est difficile de répondre à la question « peut-on s'inspirer de la sélection naturelle pour mieux innover ? ».

Pour tenter d'y apporter ma contribution, j'ai d'abord conduit une enquête conceptuelle et analogique autour des termes *innovation* et *sélection*. L'analyse du concept d'innovation dans le champ de l'économie a permis de confirmer ce qui était pressenti en introduction de ce travail : l'anthropocène et le « désordre planétaire inédit »¹²³ qu'il induit requestionne l'innovation et sa filiation avec progrès. Bien qu'une injonction forte à l'innovation existe aujourd'hui, la définition même du concept n'est pas homogène : le terme est employé à la fois pour évoquer l'émergence de nouveautés, mais aussi pour expliquer les mécanismes de diffusion de cette nouveauté dans les populations. Dans ce travail, j'ai proposé, en m'appuyant sur la littérature disponible, que l'innovation soit la nouveauté qui se diffuse et désigne également le processus qui permet cette diffusion.

Mon enquête conceptuelle autour du concept de sélection m'a permis de valider l'existence d'un processus d'émergence, de tri et de diffusion des nouveautés dans le champ de la biologie évolutive, un terrain idéal pour effectuer mon analogie. Cette analyse a été l'opportunité de s'atteler à des questionnements originaux dans le

champ de l'innovation : penser la nouveauté comme barrière au changement (néfaste) ou comme procédé d'abandon, plutôt que de création ; identifier les différentes échelles concernées par le changement et comment la sélection peut jouer un rôle dans le choix du niveau impacté et enfin comprendre que la sélection peut être réalisée sur des nouveautés aléatoires.

Afin de traiter la question du « mieux innover », il a été proposé d'effectuer successivement une analogie entre l'innovation et la variation puis entre l'innovation et l'adaptation. Ce rapprochement avec la variation a permis de comprendre les mécanismes à l'origine de l'émergence de la nouveauté, et d'identifier ce que ces phénomènes peuvent produire comme type de nouveauté. De nouveau, le chemin qu'emprunte le vivant diffère du notre : l'innovation/variation agirait sur des temps longs, de façon aléatoire, en ne cultivant pas une position de rupture vis-à-vis de l'existant. L'analogie avec l'adaptation, originale puisqu'elle évoque ce caractère continu entre l'émergence et la diffusion de la nouveauté, a été plus fructueuse. Elle a permis de travailler sur les questions de diffusion de la nouveauté, de nécessité, de coût et d'impact du changement, contrairement à la variation dont ce n'est pas l'objet.

¹²³ Voir (Gemenne, Denis, 2019)

Cette enquête sur les leçons de l'évolution, et spécifiquement autour de la sélection dans le champ de la biologie évolutive m'a permis d'identifier des enseignements clés quant à la façon qu'a la nature d'innover. Les mécanismes évoqués ont mis en avant l'importance de la défense contre le changement néfaste, la prise en compte de l'existant, de l'échelle et de la granularité du changement, sa nécessité et son rythme, ainsi que l'existence d'une diversité pour permettre l'adaptabilité dans un environnement changeant. Sans nécessairement donner de réponse, ces notions permettent d'interroger les dispositifs actuels d'innovation, traditionnellement portés par la sophistication technologique, la rentabilité, la disruption, la rapidité, le changement global.

Ce travail avait vocation à alimenter de premières propositions de réponse à la question du « mieux innover ». Celle-ci soulève des enjeux importants liés au projet de société que nous souhaitons construire. C'est une question politique. En effet, la question de la sélection pour une meilleure innovation mobilise la notion de compromis : il est nécessaire de faire des choix lors de l'émergence de nouveautés. Cependant, la pluralité des opinions et des perspectives ne permet pas de procéder à cette sélection pour le meilleur des mondes, c'est-à-dire pour la satisfaction de tous. Différentes approches collectives peuvent permettre de statuer sur les arbitrages que la société est prête à réaliser. Cela nécessite une compréhension systémique des innovations et de leurs effets, en tenant compte des acteurs et des milieux impactés au-delà du marché de diffusion. Des outils d'aide à la décision, d'évaluation et de projection créatifs et résilients seront nécessaires pour penser dans la complexité. Cependant, la compréhension des impacts des innovations est complexe et l'exhaustivité ne peut être la clé ici.

L'exemple de la gestion des biens communs m'apparaît comme mettant d'ores et déjà en œuvre les deux points précédemment mentionnés : ses principes utilisent les notions de l'évolution (l'adaptabilité, la collaboration, la diversité, le tout à la juste échelle) pour tenter de résoudre la question de la gouvernance des

ressources naturelles. C'est toute la question de la conservation des pluralités dans un monde commun qui tente ici de trouver une résonance.

Est-ce ce monde pluriel mais commun qui peut faire office de projet de société ? Est-ce que cette stratégie nous permettra d'être à la hauteur des enjeux auxquels nous faisons face ? Comment amorcer un changement si important, c'est-à-dire nécessitant du temps et de l'expérimentation alors même que nous sommes dans l'urgence ? Les conditions d'habitabilité de la planète sont aujourd'hui largement compromises et les effets de seuil engendrent l'emballlement des phénomènes menaçant la survie de l'espèce humaine déjà en cours. Comment concilier l'urgence des besoins de changement pour faire face à ces défis et la lenteur préconisée par le vivant dans les rythmes d'émergence de nouveauté ? La nature a d'ores et déjà vécu des changements « rapides » (cela a été montré avec la notion de discontinuité dans l'évolution). Cependant, ces phases de grands changements restent toujours immensément plus longues que les tempos auxquels nous sommes confrontés. Quelles seraient les conséquences d'une accélération des rythmes du changement, même s'il a été pensé pour le mieux ? En accélérant le rythme du changement, cela nous amènerait-il à s'extraire, une fois de plus, de notre lien avec la nature ? Ces interrogations posent d'ailleurs la question de l'impact de la sélection naturelle sur l'homme : celui-ci est-il toujours sous le joug de la sélection naturelle ? Si non, peut-il et doit-il s'extirper des temporalités lentes qui semblent régir le vivant ? Est-ce pour le mieux ? Une autre question connexe à celle qui a été abordée ici serait alors : peut-on s'inspirer des rythmes de l'évolution pour concilier l'urgence des problèmes environnementaux avec la nécessité d'un changement profond et durable ?

Enfin, sur quels possibles compter en plus de l'innovation pour articuler ce monde ? Nous avons vu que l'innovation était souvent érigée au statut de stratégie salutaire, avec la lourde mission de nous sortir de toutes les crises en cours. Avec quoi l'innovation pourrait-elle coévoluer pour se défaire de ce statut ? Comment ce mémoire pourrait nourrir d'autres champs que celui de

l'économie ? Cette enquête sur la sélection des innovations m'a permis d'aborder des questions morales, éthiques, et politiques, des enjeux clés à traiter pour définir collectivement un « bon sens » pour nos projets de société. Ces travaux pourraient-ils alimenter ces questions pour participer à la construction d'un « nouveau sens » ? C'est la question des imaginaires qui se pose ici : quels seront les autres rêves que ceux de la sophistication technologique pour le post-anthropocène ? Ce mémoire est rempli d'exemples inspirants et d'interrogations qui n'ont pas encore leurs réponses et qui remettent en cause les conceptions classiques du progrès. Après avoir proposé des « outils de dérangement intellectuels », ce mémoire peut-il être une porte d'entrée vers la formulation d'« outils pour des imaginaires alternatifs » ?

Toutes ces questions occuperont, j'espère, mon futur professionnel ou personnel. Après avoir cherché à faire émerger des nouveautés par des procédés de création, puis m'être investie dans des missions d'accompagnement pour supporter l'émergence et la diffusion de celles-ci, quelle place puis-je prendre pour questionner les principes même de leur émergence et de leur diffusion ?

Ce master et ce mémoire auront été l'occasion de comprendre ce qui m'animait et les tensions que je souhaitais mettre en lumière. C'est désormais chose faite. Mon travail futur pourra être celui d'enrichir ces propositions par la recherche et l'enquête, la collaboration, la discussion, l'expérimentation et la remise en question; en somme mettre en pratique tous les enseignements que ces réflexions auront formalisés.



Bibliographie

Ressources numériques

Asknature.org, plateforme spécialisée dans le recensement de stratégies biologiques d'intérêt.

CNRTL sur la définition de la sélection : [Lien](#)

E2BMO : Plateforme qui référence de nombreux les trade offs documentés de la nature [Lien](#)

Fondation pour la recherche sur la biodiversité, L'évolution darwinienne, la biodiversité et les humains, 2021. [Lien](#)

Tatiana Giraud, cycle de conférence au collège de France : « Dynamique de la biodiversité et évolution », leçon inaugurale, 2021-2022

Tatiana Giraud, cycle de conférence au collège de France : « Dynamique de la biodiversité et évolution », intervention de Pierre-Henri Gouyon lors de la conférence (16), 2021-2022

Tatiana Giraud, cycle de conférence au collège de France : « Dynamique de la biodiversité et évolution » (7), 2021-2022, [Lien](#) (à 50min environ)

Pierre-Henri Gouyon dans sa conférence sur la sexualité dans le monde vivant à l'Université Rennes 2, 2013: [Lien](#)

Pierre-Damien Huyghe, L'innovation comme maître-mot, Conférence à l'ENSCI, 2013. [Lien](#)

Luc Perino, article sur la perte de la fourrure chez homo sapiens sur le site de l'essayiste Luc Perino, référencé par la BNF : [Lien](#)

Intervention de Michel Serres, enregistrée à l'École polytechnique, 2005. [Lien](#)

Bernard Stiegler et son collectif Ars Industrialis à propos du concept de "Pharmakon" : [Lien](#)

Bernard Stiegler, interview pour le journal le Temps, 2018 : [Lien](#)

Site du plan France 2030 : un plan d'investissement pour la France : [Lien](#)

Site du plan France Relance : « Faire émerger les futurs champions dans nos filières d'excellence », [Lien](#)

Site de présentation du SGPI : [Lien](#)

Wikipédia sur l'eusocialité : [Lien](#)

Wikipédia sur les pressions de sélection : [Lien](#)

Ouvrages

Franck Aggeri, L'innovation, mais pour quoi faire ?, 2023.

Janine Benyus, Biomimétisme : quand la nature inspire des innovations durables, Rue de l'échiquier, 2011.

Robert Boyd, Peter J. Richerson, Culture and the Evolutionary Process, 2005

Jean Bruller, Les Animaux dénaturés, 1952

Austin Burt, Robert L. Trivers, Genes In Conflict: The Biology Of Selfish Genetic Elements, 2006

Philippe Descola, Alessandro Pignocchi, Ethnographies des mondes à venir, Anthropocène seul, 2022.

Benoît Godin, L'innovation sous tension : histoire d'un concept, Presses de l'Université Laval, 2017.

Stephen Jay Gould, L'éventail du vivant, le mythe du progrès, 1997

Thomas Heams, Philippe Huneman, Guillaume Lecointre & Marc Silberstein (dir.), Les Mondes darwiniens. L'évolution de l'évolution, Paris, éditions Matériologiques, 2011.

Bruno Latour, Enquête sur les modes d'existence, La Découverte, 2012

Thierry Ménissier, Innovations. Une enquête philosophique, Hermann, 2021.

Victor Papanek, Design pour un monde réel, Edition les presses du réel, 1971

Everett Rogers, Diffusion of Innovations, Toronto, Free Press, 2003.

Joseph Aloïs Schumpeter, Théorie de l'évolution économique, 1911.

Pablo Servigne, Gauthier Chapelle, L'entraide : l'autre loi de la jungle, LLL Les Liens qui Libèrent, 2019

Voltaire, Candide ou l'Optimisme, 1759

Georg Henrik Von Wright, Le Mythe du progrès, L'Arche Éditeur, 2000.

Articles & Thèses

Acquier, A., L'innovation technologique à l'épreuve de l'anthropocène, 2020, [Lien](#)

Angeon, V., Caron, A., Birard, C., Cayre, P., Chambon, P., Larade, A., Méasson, L. et Planchat, C., Les apports de la gouvernance adaptative pour analyser les enjeux d'une mise en œuvre effective de la Trame Verte et Bleue. L'exemple du PNR des Volcans d'Auvergne, Développement durable et territoires, Vol. 4, n° 1, 2013, [Lien](#)

Armengaud, F., Georges Canguilhem : le comportement comme « allure de la vie », 2010

Barthélémy, P., L'histoire de l'Univers condensée en un an, Le Monde, 2017, [Lien](#)

Bertuzzi, L., Le défi environnemental de la production de semi-conducteurs, Magazine Euarctiv, 2022. [Lien](#)

Cavin, L., Guinot, G., Coelacanth as “almost living fossils”, 2014, [Lien](#)

Cox, M., Arnold, G., Villamoayor Tomas, S., A Review of Design Principles for Community-based Natural Resource Management, 2010.

Day Rachel L., Laland K.N., Odling-Smee J., Rethinking adaptation: The niche-construction perspective. *Perspect Biol Med*, 2003.

Drake, N., La sixième extinction massive a déjà commencé, National Geographic, [Lien](#)

Debray, E., L'économie évolutionniste : une forme spécifique d'évolution ?, Les mondes darwiniens, 2011

De Riclès, A., Gayon, J., “Les fonctions”, Les Mondes darwiniens, 2011

Eoche-Bosy. D., Génomique de l'adaptation de *Globodera pallida* aux résistances de la pomme de terre et conséquences sur les traits d'histoire de vie du nématode. Amélioration des plantes, Agrocampus Ouest, 2016.

Fisher, R. A. The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford University Press, Oxford, 1930.

Gemenne, F., Denis, M., Qu'est-ce que l'Anthropocène ?, 2019. [Lien](#)

Grandcolas, P., “Adaptation”, Les mondes Darwiniens, 2011

Granstrand, O., Holgersson, M., Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition, *Technovation*, Volumes 90–91, 2020, [Lien](#)

Guezengar, A. Hannah Arendt et la rupture totalitaire, 2020

Guichard, R., Serval, L. : Qui sont les innovateurs ? Une lecture socio-économique des acteurs de l'innovation. *Revue Sociétal*, 2006, [Lien](#)

Hochberg M., Marquet P., Boyd R. and Wagner A., Innovation: an emerging focus from cells to societies, 2017, [Lien](#)

Jacobs, G.H., Evolution of colour vision in mammals, *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, 2001

Landecker , H., Antibiotic Resistance and the Biology of History, Traduction de Lisa Blackman, 2021, [Lien](#)

Leclère, L., Horin, C., Chevalier, S. et al. The genome of the jellyfish *Clytia hemisphaerica* and the evolution of the cnidarian life-cycle, 2019. [Lien](#)

Lecointre, G., L'innovation dans l'évolution, Les cahiers du musée des Confluences, 2011, [Lien](#)

Levallois, C., Économie et biologie aux États-Unis (1950-1982). L'ambivalence d'un lien, ressource électronique, Lyon, université Lumière-Lyon II, 2008

Maqueda, A.D., Reproduction asexuée chez les animaux, 2019, [Lien](#)

Marsden, C.D., *et al.*, Bottlenecks and selective sweeps during domestication have increased deleterious genetic variation in dogs, 2015, [Lien](#)

Ménissier, T., « Tech for good » : quelle théorie de la justice pour les sociétés innovantes ?, 2018. [Lien](#)

Ostrom, E., Governing the commons: The evolution of institutions for collective action, Cambridge university press, 1990.

Patten, E., Patten, L., E., Jay Motta, P., Lowry, D., Modulation in the Feeding Prey Capture of the Ant-lion, *Myrmeleon crudelis*, 2011, [Lien](#)

Pavie, X., Boscher, B., L'innovation à l'ère du bien commun, 2018, [Lien](#)

Rosenberg N, Inside the black box: technology and economics. Cambridge University Press, Cambridge, 1982

Schot, J., Geels, F.W., Niches in evolutionary theories of technical change, 2007, [Lien](#)

Sober, E., Wilson, D.S., *Unto Others: The Evolution of Altruism*, Harvard Univ. Press, Cambridge, 1998.

Swenson, W., Wilson, D.S., Elias, R., Artificial ecosystem selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97, 2000. [Lien](#)

Van Vugt, M., Ahuja, A., *Naturally selected: The evolutionary science of leadership*, 2011.

Vincent, J.F.V., *The trade-off: a central concept for biomimetics*, 2016, [Lien](#)

Wilson, D.S., Ostrom, E., Cox, M., Generalizing the core design principles for the efficacy of groups, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Volume 90, Supplement, 2013. [Lien](#)

Wilson DS et Wilson EO, Survival of the selfless, *New Scientist*, 2007

Annexes

Entretien réalisé le 27/02/2023 avec Rémi Engelbrecht, Manager et Facilitateur pour la Convention des Entreprises pour le Climat (CEC)

Pouvez-vous me décrire votre activité ? Votre parcours ?

Je suis issu d'une formation en biologie végétale et en écologie, puis d'un master à l'Essec, une école de management. J'ai également réalisé ma formation de guide de haute montagne et j'ai eu pendant longtemps une activité de formation au management et coaching d'équipe pour les entreprises. Je base notamment ma pensée sur l'idée qu'une équipe est un organisme vivant : cela implique de réfléchir avec des approches systémiques, de réfléchir sur la dynamique d'équipe etc.

C'est lors d'un séminaire RSE que j'ai eu une révélation. A la suite de cet événement, j'ai souhaité travailler sur la redirection écologique des modèles économiques. Je suis désormais à la convention des entreprises pour le climat (CEC), une organisation qui se décline de façon territoriale aujourd'hui, qui permet d'avoir accès à beaucoup d'information sur les sujets écologiques, et qui formalise de nouvelles feuilles de route pour les entreprises qui souhaitent s'engager dans la redirection écologique.

Quel est votre contact avec l'innovation ? Vous innovez, accompagnez, ?

Non je n'ai pas de contact avec l'innovation. En fait, mon parcours m'a déjà amené à être en contact avec l'innovation, notamment au sein de formations que j'ai pu donner à GEM, et progressivement je m'intéressais de moins en moins à l'innovation : c'est devenu l'innovation pour l'innovation, avec un manque de sens : une application de plus, ... ça n'avait pas de sens. J'ai donc arrêté de croire en l'innovation et m'en suis écarté le plus possible.

Mais aujourd'hui, pour sauver l'espèce humaine sur une planète en mauvais état, l'innovation prend tout son sens. Je m'explique : aujourd'hui, on est bloqué dans la dichotomie "c'est soit la sobriété soit l'innovation (technologique) qui va nous sauver", avec toutes les théories techno solutionnistes notamment.

Ce que je propose c'est d'innover dans la manière d'innover : dans de nouvelles coopération, dans les manières d'utiliser les ressources, ... On a besoin de sortir du système sobre/techno et pour ça, il faut faire confiance à de nouvelles formes d'innovation, comme l'innovation publique/privée, l'innovation s'inspirant des citoyens : on doit essayer de sortir des trucs classiques.

Comment définissez-vous l'innovation ? Qu'est-ce que ça veut dire "innover" ?

Il y a deux niveaux, voire trois niveaux d'innovation. Nous avons les entreprises gérées par des gestionnaires : il ne faut pas prendre de risques, il existe des innovations d'amélioration à la marge mais il n'y a pas de rupture car ça fait trop peur. De l'autre côté, il y a les étudiants en master "entrepreneur" à GEM, ceux qui souhaitent faire de l'innovation "qui change le monde" mais qui n'ont pas de connaissance scientifique ou technique, ni de connaissance des enjeux. A l'inverse, quelqu'un ayant un profil biologie/commerce ou ingénieur/commerce peut avoir du contenu et de la matière pour imaginer des innovations qui font du sens. C'est un troisième niveau.

Y a-t-il besoin d'innover? de mieux innover ? Pourquoi et comment s'y prendre ? Avez-vous des exemples?

Dans les méthodes que l'on met en œuvre dans le cadre de la CEC, on propose de penser l'innovation en termes d'amélioration des processus : au lieu de traiter les causes (de nos insuffisances et impacts négatifs), on va se mettre en mode solution : on se projette en 2030 et on imagine que ce qu'on a mis en place a

fonctionné. L'idée est ensuite de prendre la posture d'un jardinier qui observe sa permaculture, et de décrire ce qu'on voudrait voir dans notre parcelle.

On utilise aussi des méthodes d'effectuation : c'est quelque chose qui est utilisé par des start-uppeurs, une méthode agile puissance 10 : l'idée est de regarder à l'horizon 5ans ou 10ans et d'imaginer comment nous voudrions être au monde. Ces méthodes ont pour ambition de faire apparaître de nouveaux horizons.

Ensuite, pour pouvoir réellement mettre en œuvre ce que l'on souhaite, il faut accepter l'idée que nous sommes dans un écosystème vivant : les interactions avec les autres que moi ont un effet sur mon projet. Concrètement, il faut lancer une bouteille à la mer à chaque projet et voir ce que ça donne : on regarde les effets de nos premières actions et en fonction de ce qu'on observe, on poursuit ou on arrête le projet. Il faut prendre en compte le fait que nous sommes dans un monde complexe et pas compliqué : on ne peut pas se dire qu'on a un plan pour dans 10 ans. Ça n'a pas de sens. Par contre, à chaque action, on observe les mouvements de l'écosystème dans lequel on a agi.

Qu'est-ce qu'une innovation qui fait du sens ?

Il y a aujourd'hui chez certains dirigeants une ambition très forte du fait de leur découverte du contexte, de la complexité, de l'urgence. Par exemple, Araymond est en train de mettre en place un deuxième niveau d'éco-conception, l'éco-conception : comment éco-concevoir avec d'autres entreprises? Ça, ça donne du sens à tout le monde.

Comment se prémunir des innovations "mauvaises" ?

Il faut des nouveaux KPI par rapport à ceux que l'on rencontre en entreprise en général. Aux KPI financiers et clients, on peut penser à des KPI planétaires (comme les 9 limites planétaires) afin d'identifier à quel point on contribue ou non aux limites planétaires, et surtout dans quel sens. Il faudrait avoir ces éléments sur les tableaux de bord au plus haut niveau de l'entreprise.

Schneider Electric et SEB utilisent des KPI extra financiers dans leurs projets en démarrage. C'est une bonne manière de faire du go/no Go

En phase de développement, il faut inculquer une culture de l'entreprise intégrant l'océan, la roche-mère, la biodiversité, etc. Et réaliser un SWOT par exemple, pour faire ressortir nos opportunités et nos menaces. L'idée est à la fois d'amener de l'information "grave" en lien avec les enjeux actuels pour amener à la prise de conscience et surtout afin de comprendre le problème, mais également d'être optimistes.

S'il y a en plus une feuille de route de direction écologique au niveau COMEX, cela peut alimenter la démarche globale.

Y a-t-il des entreprises, des modèles, des organisations qui mettent tout ça en place ? Vont-ils plus loin que la Fresque du Climat ?

En 2023, faire la fresque du climat est très largement insuffisant. C'est vraiment le niveau 0 de la sensibilisation, même s'il faut passer par là sans doute.

Ce que je cherche c'est déjà d'apporter la complexité de l'ensemble des limites planétaires dans mes formations, il faut aller au-delà du climat.

Concrètement, si on veut que l'intelligence collective soit force de proposition d'innovation à impact, il faut faire plus que ça. Il existe par exemple des entreprises qui envoient un délégué au grand défi ou dont le DG va faire des séminaires et des formations sur le temps longs, et faire infuser ensuite les connaissances acquises à son COMEX et ainsi de suite. Là ça peut commencer à alimenter des énergies dans le bon sens. Mais aujourd'hui, avec les formations type "Fresque du Climat", il y a une espèce de green washing. J'ai déjà vu un DG me commander une fresque du climat, sans autres ateliers pour passer à l'action par exemple. Lorsque je lui ai demandé pourquoi il ne souhaitait pas aller plus loin, il a avoué qu'il ne croyait pas à ce genre de format mais que les autres services l'avaient fait, il se sentait donc obligé de suivre au moins ce niveau.

Pensez-vous que la redirection écologique d'une entreprise ou des innovations passe uniquement ou prioritairement par le top management ?

Attention, nous sommes dans le vivant donc c'est de tout le monde que l'impulsion ou la diffusion de cette impulsion peut venir : il existe des entreprises où des Collectifs sont mis en place : ce sont des salariés qui ne démissionnent pas et qui passent à l'action, qui font des revendications. La CFDT par exemple a mis en place ce qu'on appelle des "sentinelles vertes". Il y a aussi les enfants du DG qui vont l'embêter sur les sujets d'écologie à Noël et qui vont le bouger.

Parfois, c'est l'inverse, même quand un DG est prêt, beaucoup de gens ne sont pas prêts. Le DG d'une entreprise que j'avais rencontrée avait d'ailleurs proposé des formations et ateliers de sensibilisation et de passage à l'action sur les temps du midi autour des thématiques écologiques. Cependant, ses salariés ne sont pas venus, lui faisant remonter honnêtement qu'ils avaient trop de tâches opérationnelles en cours.

En tout cas, ce qu'il faut à tout prix éviter, c'est la "RSE à la papa", où il n'y a pas assez de remise en question, où l'entreprise est en "mode ingénieur" pour optimiser mais n'est pas du tout à la hauteur des enjeux.

Le rôle du DG est d'avoir l'autorité pour donner le cap, mais c'est chacun dans son domaine de donner le cap et de faire proposition ensuite. Un concept intéressant ici, auquel je ne croyais pas avant, est celui de l'entreprise libérée. Mais dans le paradigme actuel il peut faire sens pour des projets d'adaptation climat, pour moins affecter le climat, pour l'adaptation à la raréfaction des ressources, la pollution, la biodiversité,.... En fait, c'est par rapport à ces thématiques que l'entreprise doit innover. Ce n'est surtout pas créer une nouvelle application, aller chercher des nouveaux emballages, ... La vraie question est "Comment se passer d'emballage" ou "Avons-nous besoin de ce produit emballé" ?

Finalement, il faut créer des conditions pour qu'à tous les endroits de l'écosystème, les gens puissent dire quelque chose.

Qu'est-ce cela implique de considérer l'entreprise comme un organisme vivant ?

Commençons par-là fin : comme c'est vivant, ça peut mourir. Très tôt, du fait de ma formation biologique, dans un organigramme d'entreprise, ce qui m'intéressait n'était pas les cases représentant les différentes personnes en poste, mais plutôt ces lignes qui connectent les cases, ce qu'il y a entre les cases. En effet, en biologie, ce qui fait que les écosystèmes fonctionnent, ce sont ces échanges invisibles entre espèces (le cycle du carbone, de l'azote, ...). Un premier enseignement de l'entreprise comme être vivant est de décloisonner les interfaces, de faire parler l'intelligence collective, et de libérer la parole. Le vivant marche aussi sur le feedback, positif ou négatif. Il faut donc libérer le feedback.

A ce sujet, Emmanuel Delannoy a écrit quelque chose sur la permaéconomie : les êtres vivants sont économes en énergie et en matières car ils sont très riches en échanges d'information : cela implique pour l'entreprise un maximum d'échange, décloisonner les services (R&D, commercial, RSE, ;...). Par exemple, une innovation qui a du sens ou en tout cas à laquelle on peut donner du sens c'est l'IA, le numérique, même s'il y a un impact climat, c'est une source de mise en œuvre de la bio inspiration dans l'entreprise (les applicatifs de maintenance prédictive).

Une entreprise a également un ADN : elle communique sur son ADN, ses valeurs avec son écosystème. En effet, personne ne vit isolé des autres : il faut se mettre en lien avec tous les acteurs possibles. Cela implique d'interagir avec beaucoup plus de parties prenantes

Pensez-vous qu'il y a de la sélection dans les innovations actuelles (axes d'innovation ou projet d'innovation, ...) ? Si oui, pensez-vous que l'on sélectionne bien ?

Je ne suis pas vraiment au courant de tout ce qu'il se passe en entreprise mais je sais qu'il existe des entreprises qui mettent des critères extra financiers dans la sélection des innovations. C'était notamment le cas chez Faurecia (automobile), où j'ai accompagné un étudiant sur l'écoconception et un autre sur justement la mise en place de critères extra financiers.

Dans les entreprises, quel serait un format qui fonctionnerait pour sélectionner de meilleures innovations ?

Pour résumer, il faut à la fois lancer un stimuli dans les entreprises et une feuille de route horizon 2024 créée par le COMEX. In fine, ce que l'on souhaite, c'est créer un pool d'idées de projet ambitieuses et avoir une check list des bonnes questions exigeantes. En fait, chaque projet d'innovation doit se doter d'un argumentaire scientifique, d'un récit *idéologique* (rêver, imaginer des bénéfices malgré les limites planétaires) et d'un plan permettant de comprendre pourquoi et comment on va s'y prendre pour mettre en place l'idée proposée, pour être sélectionné.

Là aussi, le processus ne sera pas linéaire : quand on reconnaît que notre entreprise est interdépendante avec le système "terre", ... par exemple, une feuille de route ne peut pas être exacte et prédictive sur 10 ans, le terme même de feuille de route écologique est peut-être à revoir...

Le cas idéal, c'est une entreprise qui veut innover dans le cadre des limites planétaires, qui peut raconter son futur souhaitable mais qui l'alimente avec des faits, des chiffres, qui montrent qu'avant ça ne marchait pas et qu'avec son projet, cela va vraiment changer quelque chose. Il nous faut un impact réel mais aussi un récit : "raconte-nous en 2032 une version idéale de ce qu'aura permis ton projet!". Il faut vendre du rêve sociétal et à la fois communiquer des informations sur la technique, le problème, les impacts, C'est quelque chose qui était déjà là mais qu'on doit multiplier par 10 du fait des interconnexions.

Auriez-vous un exemple de ce que serait, selon vous, une innovation évolutive ?

Le vivant a deux manières de se développer : la multiplication sexuée ou asexuée. Quand le milieu est sympa, la multiplication asexuée suffit : c'est l'exemple du figuier qui plonge ses racines dans la terre et qui va finalement finir par faire un petit. Quand le milieu devient hostile, la plante va utiliser ses fleurs et son pollen pour brasser le matériel génétique et espérer qu'il y ait une mutation, une innovation forte qui va permettre de s'en sortir

On parle souvent de la théorie des petites variations pour l'évolution Darwinienne, est-ce que cela peut fonctionner dans notre contexte de crises ?

C'est une question d'innovation d'amélioration continue ou d'innovation de rupture. Puisqu'on va manquer d'eau, de cuivre, de fer, de lithium, de climat tempéré, en milieu hostile, on a besoin de plus de rupture que d'adaptation, si on se réfère au vivant, il est nécessaire de brasser les matériels génétiques pour faire de la rupture et espérer que ça génère des vraies solutions d'adaptation.

Un enseignement est peut-être : oser la rupture, coopérer

Par exemple, la multiplication sexuée, ça peut être assimilé à bosser avec une boîte de recyclage dans le BTP par exemple.

Une façon de faire cela en entreprise c'est peut-être de donner 10% de son temps à des personnes de la R&D ou du marketing pour travailler sur une idée "free innovation" pour laquelle il n'y a pas forcément de temps d'argent. Aujourd'hui, ce n'est pas possible car les projets sont dans des portefeuilles de projets, cadrés, budgétés, etc.

Il serait également souhaitable de se rassembler dès l'amont avec le client, le fournisseur, la collectivité, avant même de savoir ce qu'on devrait faire ensemble par rapport à la problématique "se nourrir", "se déplacer",

Qu'est-ce que vous inspire la sélection naturelle dans le champ de l'innovation ?

La sélection naturelle, c'est qui survit et qui ne survit pas en gros donc aujourd'hui, avec les limites planétaire, faire de l'innovation pour l'écologie, ce n'est même plus l'enjeu numéro 1, c'est presque un critère humaniste. En fait, il faut innover parce qu'il n'y a plus de pétrole, de cobalt, de nickel,... C'est une question de vie ou de mort pour nous aussi donc en ce sens, il y a sélection naturelle : ce n'est pas que pour la planète, c'est ce qui peut sauver mon business et ma raison d'être qui est de faire perdurer l'humanité.

Entretien réalisé le 01/03/2023 avec Bruno Truong, Responsable Design au Y.Spot

Pouvez-vous me décrire votre activité ?

Je travaille à la direction innovation du CEA, orienté sur la recherche technologique. Dans cette direction innovation, le service innovation est le Y.Spot. Nous sommes une équipe de 25 personnes : des chefs de projet innovation, des designers, des mécaniciens, des sociologues, des personnes dédiées à la facilitation créative (AR VR). Nous accompagnons les porteurs de projets internes et externes.

Notre façon de travailler se résume à la formule suivante : Dream design do. C'est en fait un résumé des phases classiques des procédés d'innovation : l'idéation, le concept, et jusqu'au prototype avancé. En revanche, nous ne sommes pas chargés du déploiement industriel.

Aujourd'hui, je travaille sur une variété de projet qui couvrent des domaines très variés :

- L'industrie du sport avec Rossignol
- Le médical
- L'industrie lourde avec Colas, Bouygues ou Vinci.

Ces différents secteurs d'activités seront à l'origine d'innovations très variées.

Comment se passe cet accompagnement à l'innovation externe ? Comment les industriels que vous accompagnez sélectionnent entre les concepts que vous leur proposez ?

Dans le cadre de l'accompagnement des projets, ce sont des projets bilatéraux entre le CEA et les industriels : un industriel arrive avec une crainte, un doute, une question très précise, ou une crainte forte de louper quelque chose, de manquer le train. On peut d'ailleurs dans ce type de cas générer des livrables pour le rassurer via un état de l'art par exemple. Sinon, on peut aller jusqu'au petit PoC lorsque l'objectif de la sollicitation est la génération de concepts.

Lorsque les projets que l'on accompagne n'aboutissent pas à des concepts nouveaux, c'est généralement parce la sélection est liée à la viabilité économique du projet. Mais il y a également d'autres critères liés au positionnement du CEA. Par exemple, nous avons proposé 3 concepts (soft, service, hardware poussé jusqu'au brevet) pour l'industrie du photovoltaïque. C'est le concept hardware qui avait été sélectionné initialement par l'industriel, bien qu'il ne fût pas réellement viable. Le critère qui a d'abord primé ici était celui de la matérialité du concept, l'idée d'avoir quelque chose de palpable. Dans ce cas-là, il y avait également un effet de mode : le souhait du demandeur était d'avoir quelque chose de connecté. Les tendances créent des voiles, des filtres sur ce qu'il est pertinent de sélectionner. C'est souvent un biais difficile à contrecarrer. Il y a ensuite la question de l'apport de la technologie, sa valeur ajoutée, la pertinence de la réponse au besoin (urgence importance, ...). L'idéal c'est lorsque nous sommes face à un effort technique nécessaire faible mais qui apporte beaucoup.

Finalement, des filtres moins rationnels s'exercent. Par exemple, le média de présentation d'une innovation joue nécessairement sur l'adhésion à celle-ci ou non. Entre des slides et une maquette par exemple, il y a un fossé : avec la maquette, cela véhicule l'impression que ça existe déjà et qu'on peut déjà utiliser la technologie. Il y a également le filtre du bon sens, par exemple sur des aspects ergonomiques qui "tombent sous le sens". Il y a également des choix à opérer dans les projets plus techniques : de nombreuses pistes de résolution technique s'offrent à nous (par exemple dans le cas de la batterie amovible) et là aussi, une sélection doit s'opérer.

Il y a une sélection plus organique parfois. Lorsque je fais un bilan de projet, je remarque qu'en début d'entonnoir, il y avait une centaine d'idées au départ puis finalement 3 propositions abouties : la survie est dure ! Il y a une forte sélection naturelle d'idées.

Y a-t-il des concepts que vous avez générés et qui sont allés au-delà de la maquette ? Si oui, comment s'est déroulée la mise à l'échelle, voire la diffusion de ce concept ?

En réalité, lorsqu'il y a un dépôt de brevet pour un concept, c'est déjà une forme d'aboutissement : une valeur est mise en face du projet. En revanche, je ne sais pas si certains concepts sont arrivés jusqu'au marché. Aujourd'hui, on veut innover sur tout et n'importe quoi, une innovation qui advient c'est une aiguille dans une botte de foin !

C'est-à-dire ?

J'ai vu il y a peu une représentation super parlante de ce qu'était la recherche, et la thèse en particulier : on pourrait représenter l'état de l'art, ce qui se fait déjà, les connaissances acquises par un cercle dont le tour limite le périmètre des choses que l'on sait déjà. Sur le bord de ce cercle, on imagine une petite bosse. C'est ça la recherche : c'est essayer de d'agrandir petit à petit le cercle des connaissances en repoussant bosse par bosse la limite de ce que nous savons. Nous, le service Y.Spot, nous avons vocation à promouvoir et valoriser les petites bosses qui viennent s'ajouter à un état de l'art très conséquent : il y a déjà énormément de choses, d'innovations maintenant très installées dans nos modes de vies et la fameuse bosse ajoute quelque chose de sensiblement différent.

Par exemple, le Lifi est une pulsation de la lumière qui envoie de la donnée, mais attention, ce n'est pas une innovation : c'est très ancien, ce n'est pas une technologie très nouvelle. En revanche, le laboratoire que nous accompagnions avait travaillé sur un sujet bien particulier: il était nécessaire d'être tout le temps sous le cône de lumière pour que l'envoi de données soit effectif. Il y avait donc un travail autour de la continuité de service pour l'utilisateur Lifi. Là, trouver une innovation d'usage qui soit fondée sur cette technologie, c'est chercher une aiguille dans une botte de foin.

Malgré tout, on tente de ne pas être trop techno push, trop obnubilé par la technologie : si on a un marteau dans la main on voit des têtes de clou partout.

Sélectionnez-vous les projets que vous accompagnez ? Par exemple, y a-t-il une place pour des questions d'impact sociétal ?

Je pense que dans mon activité, des sélections devraient être menées, notamment sur les projets entrants. En réalité, la sélection devrait être réalisée avant que les développements techniques aient lieu, en se posant les questions suivantes : "qu'est-ce qu'on sent être des bons terrains ?", "qu'est-ce qu'on met comme ingrédient dans la machine pour que ça sorte quelque chose d'intéressant?". Donc la sélection en entrée n'est pas systématisée, bien que chacun à son échelle puisse être sensible sur ces questions. Par exemple, il y a un projet qui rentre dans nos services en ce moment : c'est une brique technologique qui a été développée. Je ne vois aucune application intéressante et pourtant elle a bien été financée en premier lieu puis développée. Dans ce cas-là, nous arrivons trop tard, après que les ingénieurs se soient tapé la tête par terre. C'est une usine à gaz et on ne voit pas comment cette chose va résoudre des problématiques de façon simple. Donc l'utile par exemple n'est pas un filtre qui est assez présent pour moi : on essaye de trouver de la pertinence et du bon sens dans les technologies qui nous sont imposées en tant que matière première : je joue alors le jeu de voir si elle pourrait servir à quelque chose ou pas. Je vais essayer de chercher des applications et usages alternatifs, ou alors d'identifier des savoir-faire générés lors du développement de la technologie et voir à quoi ils peuvent servir.

Ce n'est pas simple : dans toutes les boîtes ces questions se posent. Ce processus pose la question de savoir pourquoi nous avons développé ces technologies-là au départ. C'est très lié à la question du financement : si un projet est financé, alors il fait l'objet de développement. C'est aussi la force du hasard parfois.

On essaye de se poser des questions d'impact social des technologies : est-ce que cela remplace un travail humain ? C'est une petite musique qu'on a en toile de fond

On est au service du CEA donc nécessairement avec une appétence pour la technologie mais on est un peu décalés pour pouvoir poser ce type de questions justement.

Depuis tout à l'heure on parle beaucoup d'innovation mais comment définissez-vous l'innovation ? Qu'est-ce que ça veut dire "innover" de votre point de vue, ou pour le CEA ?

Sur la sémantique, on utilise tout et n'importe quoi, ça ne veut plus rien dire. En réalité, de façon pratique, cela ne nous gêne pas dans la mesure où il n'y a pas de problématique d'incompréhension avec ce terme, tout le monde s'entend sur celui-ci.

En revanche, si on décortique la chose, c'est plus compliqué : certaines technologies sont plus ou moins en tension sur des enjeux particuliers (ex : Lifi et continuité de service, c'est lié à un usage de consommation de données). En pratique, la technologie est déjà en interaction avec son marché.

Qu'est-ce qui pousse l'innovation dans le CEA ?

Dans les laboratoires, je pense que l'innovation est tirée par l'optimisation technologique. Je donne un cours dans le master CTC où on parle de poussées technologiques, sous-tendues par des lois d'évolution technologiques : par exemple, l'intégration, l'assemblage, la synthèse de différentes technologies est une loi d'évolution technologique. Dans le cas des capteur d'appareil photo, il est possible de réaliser un couplage avec des cellules sensorielles, via un processeur, pour que l'appareil devienne un imageur intelligent, conscient des pixels : c'est à dire que lorsque l'on filme quelqu'un en train de courir, l'imageur peut obtenir la vitesse de la personne par exemple. Ici il y a la fusion de deux choses : un processeur et un imageur. C'est un phénomène qui se retrouve dans d'autres secteurs bien sûr. La miniaturisation est aussi une loi d'évolution technologique. Donc effectivement, dans les laboratoires, l'innovation est très "techno push", c'est de l'ingénierie pure et dure. En revanche, nous, ce qui nous guide, c'est plutôt l'opportunité de rencontre entre une innovation technologique du CEA (la petite bosse) et un marché : c'est vraiment cette question de la valorisation, du matching marché qui nous occupe.

Une fois qu'une innovation est identifiée/diffusée etc., comment s'assurer qu'elle répond à la problématique pour laquelle elle a été pensée ? Comment assurer sa fin de vie ? Y en a-t-il une ?

Il y a des théories sur l'échelle de la vie d'une innovation : le diagramme en S par exemple, utilisé en ingénierie de l'innovation permet d'identifier les trajectoires techniques d'un usage. Par exemple pour la musique, les technologies de support étaient physiques (walkman, iPod, ...). Le support musical de prédilection est désormais le cloud.

A l'échelle du projet, nous avons un showroom, un espace de démonstration et il y a un certain turnover sur les innovations que nous mettons en avant. C'est une indication du degré de péremption d'une technologie : si on décide de plus l'afficher c'est qu'elle est plus "dans le coup". Typiquement, la durée de vie est de 3 ans.

Comment se prémunir des innovations "mauvaises" ou qui tourneraient mal ?

En fait ce n'est pas tout noir/tout blanc : une innovation comme internet polarise et crée du complot mais aussi de la connaissance créée par tous. C'est un constat valable pour toutes les technologies.

Nous avons par exemple suivi un projet dans la santé qui visait à améliorer le quotidien des patients. Mais rien ne dit que ce projet sera réellement adopté par tous. Par exemple, des influenceuses ont récemment fait la promotion d'un traitement contre le diabète pour perdre du poids. Il y a ici une question de matching entre l'innovation et son utilisation : le bon et le mauvais reste ensuite à l'appréciation de chacun.

Entretien réalisé le 01/03/2023 avec Alice Le Dret, Consultante chercheuse en innovation sociale chez Ellyx

Pouvez-vous me décrire votre activité ? Quels sont vos grands enjeux/sujets aujourd'hui ?

Alors tout d'abord, Ellyx est une agence d'innovation sociale et de R&D sociale. Nous cherchons à appliquer la méthode R&D des champs technologique dans le domaine des sciences humaines et sociales. Nous avons par ailleurs un statut de SCOP, ce qui implique certains principes de gestion et de partage de la valeur au sein de l'organisation.

C'est une entreprise qui a 10 ans et qui s'est fondée sur la critique de l'innovation sociale telle qu'elle se pense et se fait aujourd'hui. En effet, l'innovation sociale est un terme qui est utilisé à toutes les sauces dans le champ de l'intérêt général, des associations, de l'économie sociale et solidaire (ESS). C'est un terme qui, de notre point de vue, trouve peu de résonance d'un point de vue méthodologique, et qui ne produit pas grand-chose.

Ce terme est apparu dans les années 60-70 dans les mouvements contestataires. Il s'est démodé puis est revenu dans les années 90-2000 du fait de la société en crise que nous connaissons : on ne sait plus faire face aux défis sociétaux. On ressort un peu ce terme du chapeau à ce moment-là, car c'est performatif, et met tout le monde d'accord. Tout le champ de l'ESS adopte ce terme d'innovation sociale. Cependant, la capacité à générer de l'innovation et la capacité de transformation de ces innovations là pour résoudre des problèmes est faible, bien que ce soit intéressant. Par ailleurs, les politiques publiques mises en face allouant des fonds à ce type de développement ne sont pas à la hauteur.

Ce qui peuple l'innovation sociale aujourd'hui, ce sont les associations, l'ESS avec des modèles économiques fragiles et hybrides, et on ne leur donne pas les moyens de traduire ces idées dans des projets forts.

Nous nous positionnons donc aux deux entrées : nous accompagnons les porteurs de projets et ceux qui font les cadres de financement, autrement dit les pouvoirs publics, sur la définition d'enveloppes financières à la hauteur des besoins réalistes de l'écosystème et de critères de sélection.

Sur le plan outillage, nous proposons des outils de caractérisation d'une innovation sociale, des grilles d'évaluation, notamment de suivi de la maturité d'un projet grâce à la grille SRL (social readiness level) inspirée de la grille TRL (technological readiness level).

Nous utilisons également la matière que nous voyons sur le terrain pour faire évoluer nos outils et en créer de nouveaux, pour affiner nos grilles de lecture afin de promouvoir des innovations transformatives.

Pouvez-vous rappeler ce qu'est une innovation sociale, et la différence avec une innovation sociale "de rupture" ?

L'innovation sociale ne dit rien de son caractère nouveau et de son changement de paradigme. Nous avons donc créé un idéal type, l'innovation sociale de rupture : c'est une innovation qui présente une dimension de transformation forte, un changement de paradigme, une nouvelle manière de traiter un problème, un nouveau regard, dans une perspective d'intérêt général, afin de contribuer au bien commun. Cela doit également amener un cadre de coopération entre les acteurs. En effet, notre vision des choses est la suivante : on ne veut pas changer de société mais changer la société en tant que telle.

Par ailleurs, il n'y a pas en fait les gentils d'un côté et les méchants de l'autre (c'est la rhétorique du champ de l'ESS). Par exemple, si on veut régler la question des bâtiments (se loger), on aura besoin des "méchants" pour y parvenir (Bouygues et autres, ...)

Ce qu'on considère comme une innovation de rupture est en fait une combinaison d'innovations (souvent dans une dynamique d'innovation, une innovation ne vient jamais seule mais apporte avec elle une dynamique technologique, un processus pour la mettre en place, de nouveau métier, un nouveau système d'organisation, ...) qui rompt avec l'existant, vers un changement radical durable des cadres (cadre institutionnel, social, cadre cognitif), ...

Par exemple, le projet "Territoire zéro chômeur de longue durée" est l'innovation la plus forte de mon point de vue dans le champ des innovations des sciences humaines et sociales, mais qui n'est pourtant jamais passé par aucun accompagnement classique de l'ESS. Aujourd'hui dans le champ de l'insertion professionnelle, il existe beaucoup de chômeurs longue durée. Le dispositif classique d'accompagnement est d'avoir un mentor pendant 6 mois, des stages, des entretiens etc. jusqu'à réintégrer le marché de l'emploi. Nous sommes dans une société libérale donc dans tous les cas, le fait d'être "réintroduit" sur le marché de l'emploi implique au départ une forme d'exclusion. Les projets de d'habitude viennent en réparation : on remet le pied à l'étrier de ces chômeurs pour qu'ils réintègrent le marché.

Ce projet-là permet un changement de paradigme et évoque le droit à l'emploi de la constitution : on crée l'emploi des gens au lieu de les accompagner. Il est fondé sur la transformation des minima sociaux reçus (représentant 18k euros /an / pers) en salaire au SMIC : on crée des entreprises avec de vrais postes salariés, l'offre de l'entreprise est identifiée par rapport au besoin du territoire, et elles peuvent rester dans l'entreprise autant qu'elles veulent.

C'est une innovation en termes de service/ technique (on transforme des minimas sociaux en salaire), cela va aussi amener une évolution institutionnelle et rompre avec les pratiques existantes. Il y a également de l'innovation dans le processus de développement : l'initiative avait vu le jour en Vendée dans les années 90 puis était tombée à l'eau car il était interdit de modifier les minimas en salaire. Une ONG l'a repris, en collaboration avec un député pour créer une loi d'expérimentation, appuyée par un cadre législatif apparu en 2012 et donnant droit à de l'expérimentation législative. Elle a ensuite été déployée sous le contrôle d'un comité scientifique et sur différents territoires. Ce qui est intéressant, c'est qu'ils n'ont pas été dans les incubateurs d'innovation actuels.

Il existe une différence avec l'innovation technologique : elle recouvre une logique de marché, de R&D. Ce qui garantit son essaimage, c'est que l'innovation trouve son marché.

Là, on ne cherche pas une logique de marché. Ce qui va faire qu'une innovation sociale de rupture va essaimer, c'est qu'elle répond bien à un besoin social.

On a donc adapté la grille TRL au champ de l'innovation sociale avec une grille SRL qui permet de comprendre à quelle stade de développement en est l'innovation et de trouver des leviers de développement. Ce sont des outils qu'on intègre dans notre lecture : quand des clients viennent nous voir, ils ont des demandes d'innovation et on ne formule pas la même demande qu'eux en général, par rapport au besoin qu'on identifie. Par exemple, ils ont un pilote et veulent essaimer, ils veulent faire une mesure d'impact : mais ces éléments ne disent rien sur les transformations que peut générer le projet. Typiquement pour la mesure d'impact, ils payent cher mais cela n'ouvre pas les portes de l'essaimage. Une innovation sociale repose sur un travail de partenariat : par exemple, j'ai rencontré une association qui développe des logements participatifs. Elle a dû faire un gros travail sur le terrain avec des HLM, des promoteurs immobiliers, les associations du coin. Ça a duré 3 ans, sans salaire, pour que cela fonctionne. Une fois la preuve de concept sur une maille très fine, ils ont souhaité le déployer dans 10 autres territoires. Cependant, effectuer ce travail de confiance hyper long, il y a un risque d'épuisement et de déstabilisation du modèle économique. Il y a donc aujourd'hui un enfermement des innovations sociales dans des logiques territoriales : c'est super mais en fait quand les acteurs veulent générer une transformation systémique, et passer à l'échelle, ils mangent un mur.

Pour éviter cela, on met en place des logiques de R&D sociales : on essaye de revenir au besoin, à la problématique : quels sont les freins qui freinent l'habitat participatif (économique, cognitif, législatif) ? Pour répondre, on met autour de la table une dimension de coopération avec des acteurs nationaux et seulement après, on a des terrains d'expérimentations locaux. L'ancrage territorial n'est pas la bonne selon nous.

Comment se prémunir des innovations "mauvaises" ?

Il faut se doter de grilles de lecture et de caractérisation, créer des cadres d'évaluation et de suivi des trajectoires d'impact des projets, en se laissant le temps long. Le champ de l'ESS est jeune et l'écosystème a

besoin d'être acculturé : les agents des collectivités, les élus, qui vont définir les innovations et qui ont envie de soutenir sur les territoires, ...

Les critères sont la coopération avec des acteurs hétérogènes, le fait d'avoir une dimension transformatrice, le fait d'accepter les temps longs (pas possible 2ans), ... Cela implique de repenser les dimensions d'évaluation.

Aujourd'hui, la mesure d'impact est une des solutions qui est mobilisée par des organisations individuellement pour montrer leur plus-value par rapport aux concurrents. Cette logique est terrible car cela implique une mise en concurrence de facto des organisations. Pourtant, c'est bien la coopération qui fait toute la capacité de transformation d'une innovation : dans le cas du territoire chômeurs longue durée, quand quelqu'un retrouve un emploi c'est grâce à l'association qui l'a accompagné, mais aussi les allocations, ... Il faut penser en termes de transformation : ça amène à penser non pas en terme d'attribution mais plutôt en mode contribution.

Je ne sais pas s'il y a de bonnes ou de mauvaises innovations : notre logique, c'est qu'il y a des innovations qui ne changent rien, qui sont un pansement sur une jambe de bois, mais il ne faut pas appeler ça innovation, elles ne génèrent aucune transformation. Il ne faut pas agir en réparation, dans ce cas on reste dans le cadre.

Une fois qu'une innovation est identifiée/diffusée etc., comment s'assurer qu'elle répond à la problématique pour laquelle elle a été pensée ? Comment assurer sa fin de vie ? Y en a-t-il une ?

La fin de l'innovation, c'est quand elle est intégrée dans la société, dans un dispositif de droit commun (cf. grille SRL). Ce qui va permettre de poser des jalons, c'est la question de la coopération : le cadre collectif est fort, c'est celui qui va permettre d'aller dans la direction de l'intérêt général. Un acteur qui n'a pas de cadre pour mettre en critique ce qu'il fait, c'est problématique, comme dans un exercice de recherche.

Dans le domaine de l'innovation sociale, il existe des défis liés à la fiscalité et aux leviers de financement. Le crédit d'impôt recherche (CIR) est accessible à la recherche, mais l'innovation sociale ne bénéficie pas des mêmes avantages fiscaux. Il est donc envisagé d'adapter le CIR pour inclure l'innovation sociale. Un label CDT (Coopération Développement Territorial) est proposé pour accompagner les acteurs de l'innovation sociale et intégrer des subventions dans les modèles économiques. C'est une première pour la science humaine et sociale.

Après, je n'oppose pas l'innovation sociale et technologique. On a énormément besoin d'innovation sociale, on a besoin de penser à d'autres cadres et on ne se met pas à la hauteur des enjeux. Mais les deux types d'innovation peuvent s'intégrer

En revanche, je suis vigilante sur la contribution à l'intérêt général et la mise en critique des innovations : il faut un débat collectif, critique. C'est d'ailleurs très intéressant sur le sujet ChatGPT. Pour les innovations technologiques et en général pour l'innovation, un cadre de débat critique est nécessaire : j'ai besoin qu'il y ait une critique de la société parce sinon la question c'est un peu "qui ils sont eux pour déterminer que c'est la bonne chose" ? Pour avoir ce débat, il faut des gardes fous.

Dans le cas des collectivités, par exemple, celles-ci ont déjà des grilles de critères car l'ESS se fait financer par appel à projet : un cahier des charges est rédigé et exprime la volonté de la collectivité. Le message est grossièrement le suivant : "voilà ce qu'on veut faire en tant que collectivité et pondez-nous un truc qui rentre là-dedans". Cette méthodologie est arrivée à bout de souffle car les acteurs ne sont plus financés sur leur fonctionnement et doivent sans cesse faire de nouveaux projets voire redécorer de projets existants.

Je pense qu'il faut repolitiser l'innovation sociale : pour faire une bonne innovation sociale, c'est le champ de la société, de l'intérêt général, mais nous n'avons pas tous la même vision. Il faut donc une discussion politique là-dessus.

On mène donc un travail avec ces organisations en les challengeant sur leur projet de collectivité : "quelle est la dimension politique que vous voulez donner à ça, quel est le sens de la société que vous voulez porter?". Une phase de critique et de définition de nouveaux critères adaptés à ce projet politique émane alors de ces échanges. C'est une sorte de grille de lecture sur ce qui semble intéressant, mais aussi de

cartographie de compétences pour rester pragmatique en co-construction. Le livrable que nous fournissons aux collectivités peut être :

- un nouveau CDC pour cadrer des AAP en fonction du projet de la collectivité,
- une sortie de la logique des AAP comme ce qui a été fait avec la mise à disposition de laboratoires mobiles en aquitaine : aucun CDC initial n'a été communiqué mais il a été affiché que l'objectif de la métropole était de faire de l'innovation sociale de rupture : c'est en fait une feuille blanche pour des acteurs qui ont des idées d'innovation de rupture dans un cadre coopératif et avec un accompagnement pour construire leur projet. Les meilleurs sont ensuite financés par la région. Dans les Pyrénées également, nous sommes revenus à la logique de financement et de levée de fond, avec un travail de formalisation d'une grille de lecture et un changement de posture, passant de "je finance et contrôle" à "je suis partenaire du projet".

De plus, la dimension écologique vient imposer un changement de paradigme fort, terreau d'innovation très fort. Par exemple, nous avons travaillé avec une fédération de garage solidaire. Cette organisation souhaitait répondre aux problématiques de mobilité dans les campagnes, ou en milieu périurbain : certains ont dû quitter les grandes métropoles du fait des prix trop importants mais doivent continuer à faire des allers-retours vers les métropoles puisque ce sont aussi les pôles d'emplois et de services publics. Les transports en communs sont cependant peu développés, et les populations sont donc très dépendantes de la voiture. Cependant, un véhicule coûte cher. Le garage proposait alors l'achat de voitures d'occasion moins chères avec des services de réparation moins onéreux. Le modèle repose sur le don de voiture de particulier. Mais, de nouveaux défis se posent, tels que les Zones à Faibles Émissions (ZFE), où la plupart des véhicules d'occasion ne respectent pas les normes de pollution. Il est donc nécessaire de repenser le modèle pour concilier la mobilité des plus précaires avec les enjeux écologiques.

Pensez-vous que s'inspirer des phénomènes de biologie évolutive pour la sélection des innovations peut être fructueux : en quoi ? Qu'est-ce que cela vous inspire ?

Je prends ma casquette perso pour répondre ici : je considère que si on veut faire de l'innovation sociale de rupture, ce n'est pas en améliorant la bougie qu'on crée de l'électricité. Ainsi, je ne m'inscrirais pas dans le champ de la sélection naturelle qui fonctionne par pas de temps longs et petites variations.

Pour autant, ce qui va faire que la diffusion d'une innovation est une réussite est l'acceptation par la société. Il y a une logique d'évolution des regards qui, elle, agit sur le temps long avec des micro-variations. Peut-être que sur le plan de l'acceptation, de la conduite du changement, c'est intéressant.

Par exemple, on travaille sur la problématique des pratiques funéraires. Les pompes funèbres sont une industrie très florissante, mais elles ne s'inscrivent pas encore dans le champ de l'innovation sociale. Cependant, il y a des mouvements des coopératives funéraires qui se développent sur les sujets de rapport à la mort, qu'on exclut de nos quotidiens, notamment du fait d'une logique de société où la religion est moins présente dans l'espace public. Lorsqu'on n'est pas croyant, il n'y a pas d'accompagnement spirituel à la mort. Ces coopératives veulent inventer des nouveaux rites funéraires où on pourra accompagner davantage le moment charnière. Quand je parle de ce sujet, on voit que ces questions-là génèrent des réactions extrêmes, qu'elles soient positives ou négatives, car il y a un ancrage fort de certaines idées dans les mentalités. Certains veulent même faire du compost avec les morts (humus sapiens). Il y a ici une dimension technique forte, mais surtout un débat de société éthique, de la variation éthique peut-être ?

Echange mené le 24/03 avec Nadia Wolff et Hélène Clot, responsables innovation et transformation à la métropole de Grenoble

Pouvez-vous me décrire votre activité ? Quels sont vos grands enjeux/sujets aujourd'hui ?

Nous travaillons dans l'innovation publique. C'est un champ bien défini de l'innovation.

En interne, nous nous concentrons notamment sur le décloisonnement des métiers et les nouvelles façons de travailler.

En externe, on accompagne en mettant l'accent sur la démarche centrée sur l'utilisateur, le design de service public et, en ce moment, la lutte contre le non-recours, afin de rendre les projets plus efficaces dans divers domaines. L'accompagnement au changement de comportement est également important, dans les cas où un geste usager est nécessaire pour faire fonctionner l'innovation. Nous identifions donc les freins et les leviers pour encourager les comportements vertueux, tels que le tri des déchets ou l'adoption de modes de mobilité douce.

L'innovation en matière de gouvernance est également encouragée, avec la mise en place d'équipes projet visant à faciliter le travail et la collaboration des équipes internes.

Vous accompagnez, c'est-à-dire que vous financez ?

On ne finance pas les projets d'innovation, mais on accueille des expérimentations menées par des startups et d'autres acteurs économiques qui testent de nouvelles solutions sur le territoire.

La participation citoyenne est également un volet essentiel de notre métier, que ce soit dans la construction des projets, la conception des politiques publiques, leur mise en œuvre ou leur évaluation, mais aussi l'évaluation des prospectives.

Qu'est-ce qui génère les projets d'innovation en interne ?

Dans la plupart des cas, c'est l'engagement politique : le plan climat nous fixe les objectifs sur la production d'énergie renouvelable par exemple, mais aussi le schéma directeur (politique des déchets avec des objectifs en tonnage de déchet recyclés), ainsi que les contraintes techniques que nous fixent les objectifs cités.

Dans certains cas, il y a un décalage entre les objectifs fixés et la vitesse à laquelle ils sont atteints. Lorsqu'il y a des obstacles ou des freins difficiles à comprendre, nous sommes sollicités en interne pour utiliser des méthodes afin d'enquêter et analyser les profils, les parcours et les pratiques des personnes concernées afin de trouver des solutions qui s'adaptent à leur quotidien.

Par exemple, nous avons mis en place une prime chauffage qui n'est pas utilisée. Notre rôle est de comprendre pourquoi. On apporte donc des méthodes pour enquêter (centré profil, parcours, ergonomie dans le quotidien des citoyens)

Un autre exemple est celui des Zones à Faibles Émissions (ZFE), où des mesures sont imposées de l'extérieur et peuvent créer des injustices sociales, il est nécessaire de revoir et d'accompagner ces mesures. On a donc travaillé sur le sentiment d'injustice sociale (élus et citoyens) et recueilli les sentiments qui s'expriment. L'idée a ensuite été de regarder comment il était possible d'y répondre à travers différentes pistes :

- Dérogation : avoir une dérogation pour les petits rouleurs (-5k km) comme les personnes âgées qui vont faire leurs courses
- ZFE temporaire pour permettre aux gens de circuler le week-end (limite des injustices pour aller en balade en montagne)
- Lobbying d'autres instances pour les autres territoires
- Aides financières pour le renouvellement de véhicules

Quand on est face à une problématique, un des enjeux est d'arriver à le décortiquer pour l'analyser en catégorie. Aujourd'hui, on ne passe plus tant de temps sur le problème : ce que nous a amené l'innovation est d'aller vite sur des hypothèses de solution, aller vite sur du test, avec logique de prise de risque. Pour arbitrer, on va chercher un collectif de tous ceux qui sont impliqués sur l'innovation et on arbitre ensemble. Dans le cadre de la théorie de la transformation publique, il est essentiel de procéder à des prototypes pour mener à bien les projets. Cela implique une immersion sur le terrain, la réalisation de questionnaires et d'observations, et à la fin, la rédaction d'un rapport d'étonnement. Ensuite, une phase de brainstorming est organisée, réunissant l'ensemble des acteurs concernés, afin de générer des idées. Un temps d'arbitrage est ensuite consacré pour sélectionner l'idée la plus impactante, réalisable, et qui correspond aux compétences disponibles et à la capacité d'action de l'organisation. Les designers avec lesquels nous sommes en partenariat travaillent ensuite sur la création d'un prototype, qu'il s'agisse d'un objet ou d'un service avec une approche de fonctionnement différente. Une évaluation est ensuite effectuée, et les ajustements nécessaires sont apportés avant de procéder au déploiement.

Par exemple, on expérimente en interne une gouvernance selon le principe de l'holocratie. La raison d'être de l'organisation est définie, ainsi que tous les rôles nécessaires pour la réaliser. Il est envisagé d'ajuster les rôles en fonction du contexte spécifique, ce qui démontre la capacité d'adaptation de l'organisation. Selon Arthur Colser, qui a exposé l'idée dans "Le cheval dans la machine", les organisations doivent être envisagées comme des êtres vivants, nécessitant une imagination et une compréhension de cette dimension vivante.

Comment définissez-vous l'innovation ? Qu'est-ce que ça veut dire "innover" ?

Nous n'avons pas de définition de l'innovation mais on se réfère au manifeste de l'innovation publique (DITP), qui correspond le mieux à ce qu'on essaye de faire en interne.

On s'est également inspiré de la 27^{ème} région, une association qui réunit des designers et qui ont proposé une théorie du changement pour repenser ses objectifs : nous avons déjà un arbre des objectifs de l'innovation publique qui reprend tous les enjeux stratégiques, opérationnels et les actions à mener.

Souvent, on oscille entre innovation et transformation publique : derrière l'innovation, il y a la notion de rupture, "ça n'a jamais été fait ailleurs", .. on ne recherche pas du tout le disruptif. La transformation en revanche raconte plus ce changement de posture que l'on cherche.

De fait, on combine des innovations : le produit de sortie pour résoudre la problématique est aussi important que la manière dont on le produit. Sur Prim'air bois par exemple, il y a un bout d'innovation sur les marchés publics, sur les nouvelles manières de faire de la communication, ... En réalité, l'innovation n'est pas du tout une fin en soi pour nous : on nous demande de résoudre des problématiques et il faut seulement que ça marche.

Après, cela génère également des liens de nature différente avec de nouveaux acteurs. Il faut identifier les parties prenantes, faire une cartographie de qui va être impacté, les acteurs, les cobénéficiaires, ... Quand on est sur des dispositifs de concertation et de design, ce n'est pas pareil : c'est beaucoup moins participatif. Avec le design, on cherche des profils spécifiques, non pas de la quantité.

Comment est-ce que vous arbitrez entre les différentes paroles et intérêts des parties prenantes que vous mobilisez ?

Le pouvoir donné à la parole citoyenne est toujours consultatif : c'est le contrat participatif, on communique aux participants au démarrage les lieux où il y a de la marge de manœuvre et ce sont les élus qui arbitrent sur ce qui émane de ces dispositifs consultatifs.

Sur les démarches de design et d'évaluation, un des savoirs faire c'est la capacité à aller chercher la parole citoyenne et la rendre intelligible : la dernière fois que nous avons mis en place des consultations, c'était sur l'isolation thermique : cela a permis de mettre la parole des usagers au centre.

Dans les hiérarchisations de paroles, c'est à façon, ce n'est pas toujours très conscientisé. Je repense à une concertation qu'on avait eu sur une zone : salariés comme usagers de l'entreprise étaient comme une somme d'individualités

Il y a également une hiérarchisation entre la réception que les élus vont avoir d'une parole d'acteur constituée type association militante et celle d'habitants tirés au sort (ce sont des habitants lambdas donc le panel citoyen a un impact plus fort).

Qu'est-ce qu'une bonne et une mauvaise innovation ? Pensez-vous que nous innovons bien aujourd'hui ? Si oui, comment s'y prend-on ?

Les expérimentations que nous menons sont très documentées et sur de petites innovations. Il y a une culture de la capitalisation et de l'évaluation, du retour d'expérience. Par exemple, Grenoble avait été élue capitale verte européenne. Des conférences et ateliers avaient donc eu lieu tout au long de l'année. L'idée était ensuite de faire de la "riposte graduée", c'est-à-dire de définir la taille du projet, quel héritage ça laisse, comment on donne suite, ...

Pensez-vous que s'inspirer des phénomènes de biologie évolutive pour la sélection des innovations peut être fructueux : en quoi ? Qu'est-ce que cela vous inspire ?

Cela me fait penser à toutes les expérimentations sur les droits donnés à la nature, le parlement de la Loire par exemple, pour répondre aux questions "comment, lorsque je fais mes tours de tables, je fais comme si les éléments naturels avaient voix au chapitre?"

Nous allons également poser la question de la place de l'eau dans la ville : on peut incarner ce que c'est que d'être une rivière, une goutte d'eau, ... On a eu récemment un échange avec le service développement économique et on partageait nos visions sur la question de "remettre la nature au centre": chez eux, remettre la nature au centre correspond au fait d'avoir réussi à maîtriser la nature (hydroélectricité par exemple). De notre côté, nous pensons que nous sommes à un moment de l'évolution qui nous dit que l'erreur est justement là : se considère-t-on intégré ou maîtrisant le vivant ?

Echange avec Joel Gréa, membre du comité scientifique et chargé de la sélection des innovations chez Time for the Planet

Pouvez-vous me décrire votre activité ?

Je suis un vulgarisateur, notamment autour des enjeux environnementaux.

Au cours de mon parcours, j'ai pu sourcer plus de 8000 start-ups sur ces sujets. C'est de cette façon que je suis rentré au comité scientifique, avec l'envie de répondre aux enjeux de risques pour l'humain vis à vis de toutes les problématiques environnementales actuelles

Pour ce processus de sélection des innovations chez TFTP, on a fait de l'essai-erreur. Nous avons un "keeper", un gardien des valeurs de l'entreprise, qui a été le principal architecte du processus.

Le cheminement normal de la sélection des innovations est l'utilisation de l'intelligence collective : les bénévoles évaluent sans avoir de compétence technique ou scientifique. D'après les études, la moyenne d'une foule importante va évaluer comme un expert. On a également défini des critères au préalable, et on fait évaluer les innovations par ces bénévoles.

Cela effectue un premier filtre qui nous permet de voir émerger les innovations qui semblent les plus prometteuses. Après ce premier filtre, le keeper va sélectionner une dizaine de projets parmi les mieux notés pour s'en faire une idée plus poussée avec l'aide d'un expert et sélectionner celles qui seront présentées au comité scientifique (environ 4-5).

Il y a également un court échange avec les startups pour présenter le fonctionnement tftp, qui souhaite être le seul investisseur et travailler en licence libre, un point bloquant.

Ensuite, un entretien plus poussé a lieu avec un spécialiste (un appel au réseau tftp est effectué)

Enfin, un comité scientifique a lieu : chaque membre propose une note et évalue selon les critères time for the planet : on émet des avis, on discute, on les challenge, on soulève des interrogations, ...

Ce processus est imparfait car on fonctionne par comparaison.

On définit finalement les projets les plus pertinents

L'organisation se focalise également sur le dérèglement climatique donc le plus important est d'évaluer si la startup a une chance d'agir significativement pour lutter contre le dérèglement climatique

Les critères sont génériques : on les travaille régulièrement et il fallait que ce soit assez simple. Il y en a 6 aujourd'hui : l'impact GES, les externalités induites (sur la biodiversité, les ressources, etc.) , la faisabilité technique, la répliquabilité de la solution, le marché potentiel, et le critère disruptif (la rupture). Il y a d'ailleurs débat sur ce critère aujourd'hui.

L'impact GES est le plus important : la question que nous nous posons est la part des émissions mondiales de GES qui peut être réduite grâce à l'innovation. Il y a également une analyse du cycle de vie de l'innovation et une évaluation du risque d'effet rebond.

Quelles sont les typologies d'innovations qui sont favorisées par ce processus de sélection ?

On peut avoir du no tech comme le blocage de crédit carbone, du très technique comme Leviathan dynamics, une innovation qui permet de refroidir les bâtiments avec de l'eau à la place des CFC via un changement de cycle thermodynamique.

Enfin, une fois qu'une innovation est sélectionnée, des tests de marché sont effectués pour mesurer l'appétence et l'acceptabilité des cibles.

Pensez-vous que la sélection oriente l'innovation ? Pensez-vous que la sélection soit absolument nécessaire ? Ne pourrait-on pas laisser faire ?

Notre focus est principalement axé sur l'environnement et le climat. Il est essentiel de se poser la question de savoir si nos actions contribuent à l'effondrement de la civilisation à laquelle nous appartenons. Même si nous sommes compétents en matière de gestion des ressources naturelles, si nous compromettons le lien

social, il vaut mieux ne pas poursuivre dans cette voie. Ce type de réflexion devrait constituer la base de nos décisions.

Si nous ne faisons pas de sélection, il y a peut-être une voie vers la pédagogie et la sensibilisation. Plus la population est correctement informée des enjeux sérieux, plus les innovations se concentreront sur ces enjeux. Aujourd'hui, le crédit d'impôt recherche (CIR) est versé à n'importe qui. Il y aurait un coût à essayer de sélectionner les bénéficiaires. Actuellement, une proportion énorme du budget mondial de la recherche est consacrée à des sujets marginaux par rapport à leur importance. En orientant les budgets et en formant les entrepreneurs, nous pouvons favoriser l'émergence d'innovations répondant aux enjeux réels.

J'ai été impliqué dans l'univers des startups et j'ai constaté que les investisseurs sont motivés par le "product-market fit" et s'engagent également parce que l'équipe et la mission les touchent. La sélection des missions et des innovations est donc essentielle. Plus nous formons et sélectionnons les investisseurs, plus les sujets importants bénéficieront des financements nécessaires.

Nous sommes avant tout des animaux sociaux, et nous ressentons du plaisir lorsque nous accomplissons une action que nous considérons comme bénéfique pour notre groupe. Aujourd'hui, la plupart des gens pensent que la croissance du PIB est une bonne chose, alors qu'il y a une confusion entre le PIB et la richesse. Le PIB est un flux, tandis que la richesse est un stock, donc nous nous trompons en considérant le PIB comme la mesure de notre richesse, alors qu'il mesure la vitesse à laquelle nous épuisons les ressources naturelles.

Un exemple à la Maison Blanche illustre cette problématique : un sénateur américain s'oppose à la réduction d'un budget alloué à une maladie spécifique, car son neveu est atteint de ce syndrome. Il s'agit là d'un problème qui lui est personnel, mais il soulève une question plus générale.

Pensez-vous que s'inspirer des phénomènes de biologie évolutive pour la sélection des innovations peut être fructueux : en quoi ? Qu'est-ce que cela vous inspire ?

Pourquoi est-ce qu'on a l'impression que la nature fait toujours les choses bien (c'est faux) et qu'elle atteint des systèmes à l'équilibre sur le long terme ? Parce que lorsque l'évolution fait des choses qui déconnet, ça meurt, donc on ne voit que les trucs équilibrés. Tous les trucs déséquilibrés sont morts.

Pour qu'il y ait une chance de prolonger la vie humaine, il faut que la civilisation tienne le coup, que l'humanité vive donc il faut régler la question du climat. Une innovation qui détruit ce dont elle a besoin pour être utilisée n'est certainement pas une bonne innovation. C'est une réflexion à une échelle de temps. Le vivant a abouti à un système homéostatique qui régule le climat sur terre. Si on enlève les humains, dans l'ensemble, le vivant qui a été sélectionné régule le climat. La sélection naturelle a quelque chose de magique : ça marche au niveau des écosystèmes aussi, et pas juste au niveau des individus