

# La Redirection Écologique

nécessite aussi

une Redirection

de l'industrie traditionnelle

## Low-Tech et Biomimétisme pour une ingénierie redirigée

**Philippe Terrier. ing. Ph.D,**

*Professeur enseignant,*

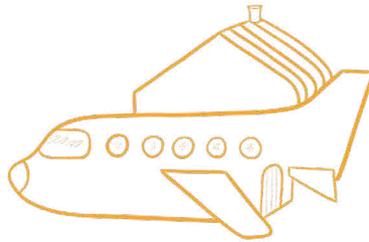
*École de technologie supérieure – Montréal,  
Département des enseignements généraux.*

Les Technologies Zombies (Techno Zombie) que l'on pourrait présenter comme des technologies dépassées, obsolètes ou dysfonctionnelles continuent d'exister et d'être utilisées malgré leur inefficacité et leurs effets nocifs aux plans écologiques et sociaux dans le contexte actuel. Ces Techno Zombies s'apparentent à des reliques du passé, maintenues par les dynamiques du capitalisme. Elles subsistent en raison d'habitudes, de coûts élevés de transition, d'intérêts politiques ou économiques dictés par la recherche de profits à court terme, le maintien de chaînes de production existantes, l'impossibilité de les traiter, de les réparer ou de gérer leur fin de vie. Ces Techno zombies existent plus longtemps sous forme de nuisances, d'impacts négatifs ou de déchets que sous forme de produits utiles, en plus de freiner l'innovation et le déploiement d'alternatives ?

Un exemple simple et parlant de Techno Zombies est incarné par certains matériaux polluants qui sont source de PFAS<sup>1</sup> appelés polluants éternels, ou encore par les énergies fossiles. Toutes ces technologies continuent d'être utilisées en raison parfois des investissements colossaux dans leurs infrastructures et du lobbying économique qui freine leur remplacement, malgré les effets négatifs connus et documentés<sup>2</sup>.

L'ingénierie joue un rôle central dans la technosphère<sup>3</sup> en concevant, optimisant et déployant les infrastructures et technologies qui soutiennent les systèmes énergétiques, de transport et de communication. La position des ingénieurs est ambivalente car d'un côté, ils participent à la création et au maintien de ces Techno Zombies, souvent sous la contrainte des priorités économiques et d'un autre côté, ils peuvent également être des agents de changement, en proposant des alternatives innovantes et durables. Cependant, leur capacité d'agir est souvent limitée par des contraintes multiples qui priorisent la rentabilité sur la soutenabilité.

Ces techno Zombies participent – mais elles ne sont pas seules – à la création de « communs négatifs » qui nous amènent à une surexploitation des ressources minérales et des métaux critiques (UNEP 2024), à un niveau d'émissions de contaminants atmosphériques ou de GES sans précédent, et à des dommages irréversibles sur les écosystèmes (Ruckelshaus, Jackson et al. 2020). Ces derniers, conjugués, induisent un dépassement de plusieurs frontières planétaires (Richardson, Steffen et al. 2023). Les communs négatifs pourraient donc être décrits comme des héritages collectifs nocifs qui menacent notre existence à venir, tout en rendant possible notre existence actuelle, mais qu'un jour nos descendants devront gérer. Notre dépendance aux Techno Zombies est à la source de ces communs négatifs.



## L'avenue sans issue de la croissance verte portée par le technosolutionnisme

Pour faire face aux impératifs environnementaux qui imposent une diminution de l'empreinte carbone, écologique ou matériel de notre Humanité, plusieurs avenues sont proposées, dont la croissance verte qui devait fournir un découplage entre croissance économique et impacts environnementaux. Cette approche dont le réel succès est contesté (Duprez et Colin, 2022), reste portée par la foi dans le progrès technique pour réduire ou stabiliser les dommages environnementaux et mobilise grandement la contribution des ingénieurs afin de concevoir des technologies salvatrices qui régleront tout, sans que nous ayons à bousculer notre mode de vie non soutenable ni à remettre en cause le système capitaliste dominant. Parfait ? Pas si sûr ! Le technosolutionnisme (Pierron 2022) est devenu un réflexe de base, une croyance voulant que l'avènement de la haute technologie apporterait des solutions universelles tout en répondant aux demandes du marché. C'est confortable, et globalement cela ne prend pas de courage politique. Mais c'est faire fi des effets rebond, qui très souvent découlent des améliorations technologiques, comme l'avait mis en lumière dès 1865 Williams Stanley Jevons<sup>4</sup>, aujourd'hui connu sous le paradoxe de Jevons (Daumas 2020)

La transition écologique, en grande partie basée sur l'ingénierie de solutions technologiques pour la production d'énergie renouvelable, même si elle permet en théorie au moins une réduction des émissions de gaz à effet de serre, va se heurter au mur de la disponibilité des métaux critiques requis (Izoard 2024) pour la fabrication de ce nouveau parc intensif de machines. Les scénarios analysés par l'Agence internationale de l'énergie<sup>5</sup> montrent que l'objectif de carboneutralité pour 2050 requiert bien plus de métaux critiques de transition (MCT) – graphite, nickel, lithium, cobalt, cuivre – que ce que la production minière pourra fournir. Et c'est sans compter que l'extraction et la purification de ces MCT est hautement intensive en termes d'émissions de gaz à effet de serre (GES).

Ces trajectoires de croissance verte et de transition énergétique parsemées de nombreux obstacles illustrent comment il est nécessaire de rediriger l'ingénierie pour qu'elle ne se pose plus en lubrifiant de l'anthropocène, mais qu'elle soit mise au service du maintien de l'habitabilité de la planète. L'ingénierie doit donc intégrer de nouvelles approches qui invitent à l'élaboration de solutions techniques sobres sur le plan extensif (énergie et matière) mais intensives en termes de justice sociale et environnementale, avec à la clé une réduction des externalités négatives pour une société collectivement plus heureuse et durable comme on aime à le répéter. En résumé, une intensification non matérielle de notre mode de vie (Emmanuel Bonnet 2021).

## La durabilité : pour combien de temps ?

Il conviendrait peut-être de se questionner sur un élément important qu'est la durée de la durabilité. On entend ici durabilité dans le sens de soutenabilité, de maintien des conditions requises pour assurer la vie d'une majorité d'individus de notre espèce. Pour combien de temps aimerions-nous assurer les conditions d'existence requises pour la poursuite de l'aventure d'Homo Sapiens sur la Terre ?

Afin d'élaborer une piste de solution à cette question, remémorons-nous quelques éléments significatifs dans la chronologie des événements, qui ont fait que nous sommes là aujourd'hui, en tant qu'espèce parmi d'autres êtres vivants. Depuis ses origines, dont les balbutiements remontent à 3,8 milliards d'années, la vie a connu quelques épisodes turbulents au cours de sa longue existence. Une première grande extinction il y a 440 millions d'années, a entraîné la disparition de plus de 75% des espèces qui occupaient la Terre, ou plutôt la mer à cette époque. La vie sur la croûte terrestre s'est développée il y a 488 millions d'années pour connaître quatre grandes extinctions chacune séparée d'environ 100 millions d'années, la dernière étant survenue il y a environ 65 millions d'années. C'est beaucoup plus tard qu'Homo Sapiens a fait son entrée en scène à l'issue d'un long processus d'évolution qui fut marqué par de redoutables ères glaciaires : nous sommes sortis de la dernière il y a environ 12 000 ans. Si la trajectoire actuelle se maintient, nous allons accélérer encore davantage la 6e grande extinction, celle, en cours, dont nous sommes les responsables (en lien avec notamment ce que l'on nomme « anthropocène » - l'ère de l'humain), et dont la conséquence pourrait aller jusqu'à nous emporter avec elle. Mais une question se pose : sans la malheureuse action de notre espèce sur la planète, qu'en aurait-il été ? Homo Sapiens aurait-il pu connaître l'éternité (ou du moins une extraordinaire longévité) s'il avait été plus respectueux de son environnement ? Nous pouvons avancer l'hypothèse qu'avec ou sans notre contribution anthropique, la prochaine glaciation, qui devrait se produire dans environ 50 000 ans, ait dans tous les cas raison de bien des espèces, dont la nôtre. Cependant, pour en être victime il faudrait d'abord nous y rendre et les grandes tendances qui se dégagent, comme l'accélération inédite des changements climatiques, laissent entrevoir que tout cela est loin d'être assuré. Nous aurons peut-être disparu bien avant cette prochaine glaciation.

Pour fixer l'horizon de possibilité que nous souhaitons pour la durabilité, il paraît raisonnable, compte tenu de ce que nous venons d'énoncer au niveau de l'arrivée de la prochaine glaciation, de l'établir à quelques milliers d'années. Fixons par exemple 1000 ans. Il faudrait donc établir un objectif de conservation des conditions

d'habitabilité, d'équilibre climatique, de disponibilités des ressources pour les 1000 prochaines années. Ainsi, les choix technologiques et organisationnels ayant des impacts environnementaux seraient évalués en fonction du fait qu'ils permettent ou pas d'assurer les conditions de stabilité sur l'horizon préalablement défini. Par exemple, toute action d'extraction amenant à un épuisement de la ressource, donc sa non-durabilité sur l'échelle de temps retenue, serait proscrite. Il en irait de même pour les technologies mettant en péril le climat dans la période de durabilité. Même si fixer 1000 ans comme horizon de durabilité est un chiffre discutable, l'idée ici est d'essayer d'introduire une perspective temporelle dans la durabilité qui ne peut pas être infinie dans un monde où nous dépendons de ressources finies.

Une telle période d'un millénaire est significative à l'échelle des temps de l'humanité mais demeure insignifiante à l'échelle des temps géologiques et met en perspective l'importance que nous accordons à l'aventure de notre espèce sur la Terre. Certes la durabilité n'est pas qu'une question de temps, mais on pourrait la voir comme une question de conservation des conditions d'habitabilité dans le temps. Actuellement, nous parlons de durabilité, mais sans nous fixer d'horizon temporel. Alors comment déterminer les quantités de ressources que nous pouvons prélever, si nous ne fixons pas l'horizon auquel nous acceptons que l'on puisse arriver au bout de ces dernières?

### **Mettre les chances de notre côté pour continuer l'aventure humaine sur Terre**

Si notre espèce veut continuer d'exister encore quelques milliers d'années sans avoir précipité bien avant cela sa propre chute et celle de bien d'autres qui constituent le vivant, alors il faudra que l'homme redirige les fondements des sociétés, gère ses ruines ruineuses et ses communs négatifs (Monnin 2023) et enfin, arrête d'en construire de nouveaux, même s'ils se cachent derrière toujours plus de rutilantes technologies de pointe. Il faudra rediriger la technologie et les approches d'ingénierie pour sortir de la genèse de technologies zombies (Emmanuel Bonnet 2021) qui présentent le paradoxe, rappelons-le, d'offrir plus de temps de résidence et de dommages pour leurs déchets une fois obsolètes, que de durée pendant leur phase de fonctionnement. Regardez autour de vous et pensez-y ! Combien d'objets de votre quotidien vont faillir rapidement sans que vous puissiez vraiment leur donner une nouvelle vie, les recycler, les réparer ? De plus, ces technologies souvent high tech, existent aux dépens de ressources fossiles et minérales rares et de plus en plus convoitées. Ces technologies Zombies dont on déplore les effets tout en chérissant l'utilisation ne lègue en héritage que des communs négatifs. Voilà l'impasse où nous a conduits le technosolutionnisme !

### **Rediriger l'ingénierie**

Dans une perspective de redirection, l'ingénierie devra proposer des technologies vivantes qui respectent les principes des écosystèmes durables et les stratégies prônées par le biomimétisme ou l'économie circulaire. Plutôt que de détruire la nature, d'être source d'impacts et d'externalités et de générer des déchets à long terme, les technologies vivantes invitent à une reconnexion avec le vivant et une prise de conscience de notre dépendance envers les services écosystémiques offerts par la Nature. De plus, dans une perspective de redirection, l'ingénierie devrait générer des technologies réellement utiles, répondant à des besoins fondamentaux et prioritaires, des solutions durables et frugales, et enfin des technologies appropriables



**Même si fixer 1000 ans comme horizon de durabilité est un chiffre discutable, l'idée ici est d'essayer d'introduire une perspective temporelle dans la durabilité qui ne peut pas être infinie dans un monde où nous dépendons de ressources finies.**

ou maîtrisables par les usagers. Ces caractéristiques sont en fait les critères fondamentaux des technologies issues de la démarche Low-Tech. Ces approches biomimétiques et Low-Tech revisitent notre rapport aux technologies, ainsi qu'aux principes d'ingénierie qui permettent de les élaborer en visant plus de sobriété, de durabilité forte sans substitution du capital écologique par du capital économique pendant la phase de vie utile, avec le minimum de dommages en fin de vie. On voit se dessiner plus clairement l'opposition entre une approche d'ingénierie créatrice de techno zombies et une élaboration de technologies vivantes, conformes aux principes fondateurs du biomimétisme et de la Low-Tech. Analysons donc ce duo de solutions que sont le biomimétisme et la démarche *Low Tech* pour une redirection de l'ingénierie.

### **Le biomimétisme et la conception biomimétique : S'inspirer du vivant et le réintégrer dans notre monde commun**

Le biomimétisme, dans sa philosophie et ses applications en ingénierie (Terrier, Glaus et Raufflet 2017), propose un nouveau regard sur le vivant, en passant d'une Nature pourvoyeur de ressources à celle de bibliothèque d'idées ou un générateur d'inspiration. Certes, le biomimétisme nourrit un décalage entre l'humain qui fait partie du vivant, et l'humain qui, se dissociant du vivant, regarde la nature comme un objet extérieur, riche en solutions performantes ou en innovations techniques qu'il serait souhaitable de comprendre et d'imiter, sans toutefois tomber dans un nouveau rapport de domination et d'utilitarisme (Bonhomme 2023). Mais le biomimétisme nous invite également à défendre et protéger la diversité du vivant pour ce qu'elle est, et non simplement pour ce que nous pourrions en tirer comme bénéfice. Pour cela il faut repenser les formes de relations entre le vivant humain et le vivant non humain. Le biomimétisme nous propose de nous reconnecter avec la nature (Learn Biomimicry 2021), et d'offrir une place au vivant dans notre monde commun (Morizot 2020). L'universalité des principes du vivant, mise de l'avant par le biomimétisme, présente un intérêt important en dehors même de la démarche de conception biomimétique. Ainsi, plusieurs principes de biomimétisme se retrouvent au sein de l'économie circulaire (Bonhomme 2023), qui propose diverses approches pour réduire les impacts de nos modes de consommation.

Contrairement à ce qu'apporte Bonnet, Landivar et Monin (2021) dans Héritage et Fermeture (i.e., p.21), le biomimétisme ne s'inscrit pas exclusivement dans une perspective de verdissement de l'économie. C'est peut-être réduire quelque peu la philosophie du biomimétisme que d'en limiter la portée à un simple instrument de plus dans l'artillerie de l'écoblanchiment. Les principes de bases sur lesquels le biomiméticien s'appuie pour imiter le vivant visent – à moins qu'il ne soit récupéré dans une démarche de greenwashing comme peuvent l'être tous les concepts et outils – plus de frugalité, de sobriété, de circularité et de réduction des dommages environnementaux (Terrier, Glaus et Raufflet 2019). Il s'agit de s'inspirer des principes retrouvés au cœur des écosystèmes durables tels que l'approvisionnement local, l'évolution en équilibre avec la biosphère, l'utilisation des déchets comme ressources ou l'élimination du concept de déchets, l'utilisation de l'énergie et des matériaux avec parcimonie et efficacité (Ibid.)

### La démarche Low-Tech pour contrer les technologies zombies

Il est nécessaire de réfléchir sur l'adaptation ou la redirection de l'ingénierie, science de la technologie (Didier, 2008) afin qu'elle puisse participer à la redirection écologique globale. Comme énoncé plus haut, l'ingénierie traditionnelle porte en elle le concept de technosolutionnisme dont l'échec dans son approche se mesure à l'aune des effets rebonds.

Le terme Low-Tech, utilisé faute d'une meilleure traduction pour sustainable technology ou encore intermediate technology (Schumacher, 1973) désigne bien plus qu'un catalogue de technologies simples et soutenables ! L'ouvrage Perspectives Low-Tech (Mateus et Roussilhe 2023) en propose une définition intéressante; ainsi, la Low-Tech « parfois appelée innovation frugale, est une démarche innovante de conception de produits, de services ou de systèmes qui vise à maximiser leur utilité sociale, et dont l'impact environnemental n'excède pas les limites locales et planétaires ».

La Low-Tech (Bihoux 2014) est un courant techno-philosophique, mais c'est aussi un mode de vie, et des savoir-faire que le Low-tech Lab6 résume en trois qualificatifs : utile, accessible ou appropriables par les communautés et enfin, durable. C'est une démarche systémique visant à réduire notre dépendance aux technologies complexes et énergivores, souvent high-tech. Pour englober la vaste étendue et les multiples déclinaisons du concept, on parle souvent de démarche Low-Tech qui n'est pas un positionnement technophobe, comme ses détracteurs aiment à le présenter. La démarche Low-Tech est techno-critique, surtout envers les techno-zombies (Emmanuel Bonnet 2021) et invite au techno-discernement, afin de décider ensemble ce que l'on garde et ce que l'on abandonne en termes de développement technologique pour maintenir l'habitabilité planétaire. La Low-Tech préconise un usage réfléchi des technologies afin de sélectionner le niveau de complexité technologique réellement nécessaire selon les circonstances et applications.

Enfin, la Low-Tech, en tant qu'utopie rationnelle, propose un récit mobilisateur en critiquant la société de surconsommation et le technosolutionnisme, tout en décrivant un idéal de technologies utiles, mobilisées sobrement et à bon escient. La Low-Tech offre des outils pour guider l'action collective, et est portée par toute une communauté d'acteurs dans une démarche inclusive. Elle n'est pas réservée aux seuls ingénieurs, bien que ceux-ci jouent un rôle majeur dans la diffusion de connaissances liées aux technologies.

Adopter la Low-Tech aujourd'hui, c'est avoir le loisir de choisir nos contraintes pour apprendre à fonctionner dans de nouvelles limites planétaires trop souvent oubliées, mais qui tôt ou tard nous seront naturellement imposées. La Low-Tech est un premier pas vers une redirection de l'ingénierie dans une perspective de décroissance technologique, sans retour à la caverne, mais avec la bonne technologie au bon endroit. Que les inquiets se rassurent, dans une société Low Tech, il y a encore des IRM dans le système de santé !

La Low-Tech, c'est une "idéologie", comme l'écrit Jacques Tiberi (Tiberi, 2023) dans son ouvrage.



**On voit se dessiner plus  
clairement l'opposition  
entre une approche  
d'ingénierie créatrice  
de techno zombies  
et une élaboration de  
technologies vivantes,  
conformes aux principes  
fondateurs  
du biomimétisme  
et de la Low-Tech.**

# Principes et critères de la **Low-Tech**

1

Retenir nos besoins essentiels, sortir du consumérisme. La Low-Tech s'inscrit dans un courant de « déconsommation ».

2

Analyser et mettre en question nos dépendances aux ressources rares, aux réseaux de distribution, aux entreprises qui détiennent un pouvoir par le contrôle qu'elles exercent sur nos high-tech insondables<sup>7</sup>.

3

Concilier bien-être et frugalité. Prioriser les solutions simples, sobres, efficaces sur le plan énergétique, moins gourmandes en ressources, utilisant le plus possible des matériaux de base abondants, faciles à extraire et à recycler.

4

Se reconnecter avec le vivant et ses principes de circularité comme le propose également le biomimétisme<sup>8</sup>.

5

Concevoir et produire de manière soutenable et maximiser les impacts sociaux positifs.

6

Favoriser l'adaptabilité avec d'autres systèmes.

7

Privilégier les circuits courts. Considérer les lieux et conditions de production.

8

Proscrire l'obsolescence pour allonger la durée de vie utile.

9

Rendre les technologies « accessibles » afin de pouvoir les comprendre et les réparer. Favoriser le partage de connaissances, la coopération et la solidarité afin d'améliorer la résilience, l'autonomie et l'empouvoirement des utilisateurs.

10

Redevenir modestes et sortir des visions de domination technologique occidentale.

11

Ne pas rejeter la rétro-innovation. Redécouvrir et perfectionner des techniques et savoir-faire oubliés et les intégrer dans des solutions modernes.



## Alors, quelle proposition pour conclure ?

Nous prenons de plus en plus la mesure des défis qui nous attendent pour maintenir l'habitabilité de la Terre. C'est notre rapport avec la planète et avec le vivant, que nous devons reconsidérer, car la trajectoire que nous suivons actuellement n'est pas soutenable.

Les ingénieurs devront inévitablement revoir leur approche de conception et accorder une part de plus en plus significative aux courants Low-Tech et Biomimétique qui nous proposent une reconnexion avec la Nature et l'adoption du vivant comme source d'inspiration, faute de quoi, chaque innovation technologique et son effet rebond nous rapprocheront d'un effondrement. Suivre les modèles du vivant et de la Low-Tech, c'est opter pour un fonctionnement dans les limites planétaires et souscrire à de nouveaux récits qui entraîneront une bifurcation dans notre trajectoire mortifère, une réorientation des créateurs de technologies que sont les ingénieurs vers une autre trajectoire que celle du technosolutionnisme.

Ces approches novatrices sont aussi sources de nouvelles utopies libératrices de l'emprise qu'à sur nos sociétés, la technosphère, corolaire du capitalisme opérant au niveau du développement technologique. Ces rapports à la technologie portés par la Low-Tech ou le biomimétisme visent à nous ancrer dans ce que le philosophe Latour (2017) présente comme le Terrestre9, nouvel attracteur politique. Avec le Terrestre, Latour nous invite à saisir que nous ne sommes pas la seule espèce à vivre sur Terre, que tous les vivants la partagent, et que nous devons reconsidérer nos actions face aux autres formes de vie avec une vision systémique et non anthropocentrique. Pour Bonnet (2021), cette technosphère qui nous aliène nous empêche de prendre le recul nécessaire pour évaluer pleinement les conséquences qui découlent de sa forme actuelle. Nous sommes pris dans un réalisme économique ayant comme postulat qu'en dehors de la croissance économique portée par l'innovation technologique, point de salut !

Il faut donc rediriger l'ingénierie vers le Biomimétisme et la Low-Tech afin d'éviter de contribuer plus encore à la genèse de nouveaux communs négatifs et de ruines ruineuses. Mais le chemin à parcourir pour parvenir à modifier les façons de faire en ingénierie nécessitera l'acquisition de nouvelles connaissances, de nouvelles valeurs, qui devront être introduites dans le curriculum universitaire de l'ingénieur formé à l'ère de l'Anthropocène (Wallenhorst 2020). •

## Bibliographie

- Bihouix, P. (2014). *L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable: Vers une civilisation techniquement soutenable*, Média Diffusion.
- Bonhomme, J. (2023). «Vers un biomimétisme «renouvelé» au-delà du cadre du développement durable?».
- Daumas, L. (2020). «L'effet-rebond condamne-t-il la transition à l'échec ?» *Regards croisés sur l'économie* 26(1): 189-197.
- Didier, C. (2008). *L'«ingénierie», un agir sociotechnique marqué par des valeurs. Penser l'éthique des ingénieurs (157-164)*. Paris, Presses Universitaires de France.
- Duprez, C., et Colin, R. (2022). *Le découplage: un concept au cœur des débats sur la transition écologique*. Le Climatoscope, vol 2, p12.
- Bonnet, E., Landivar, D. et Monnin, A. (2021). *Héritage et fermeture. Une écologie du démantèlement*. Paris, Divergences.
- Izoard, C. (2024). *La ruée minière au XXIe siècle: enquête sur les métaux à l'ère de la transition*. Seuil.
- Latour, B. (2017). *Où atterrir?: comment s'orienter en politique*. La Découverte.
- Learn Biomimicry (2021). *A Field Guide to Biomimicry*.
- Mateus, Q. et G. Roussilhe (2023). *Perspectives low-tech: comment vivre, faire et s'organiser autrement?*. Éditions Divergences.
- Monnin, A. (2023). *Politiser le renoncement*. Éditions Divergences.
- Morizot, B. (2020). *Manières d'être vivant: enquêtes sur la vie à travers nous*. Éditions Actes Sud.
- Pierron, J.-P. (2022). «La solution n'est pas au bout d'un interrupteur.» *Études Mars*(3): 65-66.
- Richardson, K., et al. (2023). «Earth beyond six of nine planetary boundaries.» *Science advances* 9(37): eadh2458.
- Ruckelshaus, M. H., et al. (2020). «The IPBES global assessment: Pathways to action.» *Trends in Ecology & Evolution* 35(5): 407-414.
- Schumacher, E.F. (1973) *Small is beautiful*.
- Terrier, P., et al. (2017). «Biomimétisme: outils pour une démarche écoinovante en ingénierie.» *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*.
- Terrier, P., et al. (2019). «BiomIMETRIC assistance tool: a quantitative performance tool for biomimetic design.» *Biomimetics* 4(3): 49.
- Tiberi, J. (2023). *Qu'est-ce que la low-tech*. Éditions Dandelion.
- UNEP, I. (2024). *Global Resources Outlook 2024*.
- Wallenhorst, N. (2020). «Quel paradigme pour éduquer en Anthropocène?» *Humains, animaux, nature*: 253-265.

## Annotations

- 1 Perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) appelées également "polluants éternels"
- 2 Polluants éternels : tout comprendre sur les PFAS en 5 questions | vie-publique.fr
- 3 La technosphère représente tous les éléments technologiques créés par l'humanité et leur impact sur l'environnement. On considère par exemple les infrastructures, les usines, les centrales énergétiques, les mines, les maisons, les biens de consommation, autos, avions, matériaux, plastiques...
- 4 William Stanley Jevons, *Sur la question du charbon*, 1865.
- 5 <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
- 6 Low-tech Lab – Accueil
- 7 Dans le sens où il est, pour une majorité d'utilisateurs, complexe voire impossible de maîtriser ou simplement de comprendre le fonctionnement de certaines technologies dont ils dépendent au quotidien.
- 8 La conception biomimétique encadrée par la norme ISO18458 est reconnue comme une approche d'éco-innovation en ingénierie
- 9 L'attracteur Terrestre, désigne une nouvelle orientation géopolitique centrée sur la Terre et les enjeux écologiques. Contrairement aux attracteurs traditionnels comme la globalisation ou le nationalisme, le Terrestre met l'accent sur la nécessité de repenser notre relation avec la planète et de reconnaître les limites écologiques. Latour énonce que pour faire face aux crises comme celle climatique, il faut « réatterrir » sur Terre, c'est-à-dire réorienter nos politiques et nos modes de vie en fonction des contraintes environnementales.