

# TRANSFORMATION ÉCOLOGIQUE : les voies de l'innovation sobre et responsable<sup>1</sup>

Franck Aggeri  
Professeur à MINES Paris-PSL



Un Stupa de glace est un type de glacier artificiel visant à lutter contre la pénurie d'eau causée par le réchauffement climatique dans l'Himalaya (Ladakh).

Franck AGGERI est professeur de management à MINES Paris-PSL et chercheur au CGS-i3, UMR 9217. Il est co-directeur de la chaire « Mines urbaines » dédiée à l'économie circulaire et codirecteur de l'école doctorale SDOSE (sciences de la décision, de l'organisation, de la société et de l'échange). Ses recherches et ses enseignements portent sur l'innovation responsable, l'économie circulaire, la RSE et la transition écologique à l'échelle des entreprises. Sur le thème de l'innovation, il vient de publier : « L'innovation, mais pour quoi faire ? Essai sur un mythe économique, social et managérial », Le Seuil, mars 2023. Il est également l'auteur d'un Repères aux éditions de la Découverte sur l'économie circulaire avec Helen Micheaux et Rémi Beulque, paru en mars 2023. Il est également chroniqueur pour Alternatives Economiques.

Innovez toujours plus et toujours vite. Telle est l'injonction qui s'impose à tous : individus, entreprises, États. En matière de transition écologique, cette croyance dans les bienfaits de l'innovation porte un nom : les innovations technologiques « vertes » (voiture électriques, énergies renouvelables, etc.). Celles-ci sont présentées comme la condition d'une « croissance verte », c'est-à-dire d'un modèle qui promet de créer des richesses économiques sans engendrer d'impacts environnementaux. Or ce modèle est dangereux pour trois raisons : il mésestime les transferts de pollution entre phases du cycle de vie ; il ne prend pas en compte les effets d'échelle et les effets systèmes associés à l'adoption massive de ces innovations ; il fait croire aux individus qu'ils pourront conserver leurs modes de vie et de consommation puisque la technologie va résoudre la crise écologique. Si des effets négatifs associés à ces innovations technologiques sont avérés, comment innover autrement pour éviter ces effets indésirables et contribuer à une société véritablement soutenable ? Cet article explore deux pistes de réflexion complémentaires : la responsabilisation des innovateurs sur les conséquences à long terme de leurs projets ; la promotion de projets d'innovation plus sobres fondés sur la transformation des modes de vie, de consommation et de production, compatibles avec les limites planétaires et les besoins des générations futures.

## INTRODUCTION

Voitures électriques, bâtiments à énergie positive, énergies renouvelables (éoliennes et panneaux photovoltaïques)... Dans l'imaginaire collectif, la transition environnementale se résume le plus souvent à l'adoption d'un bouquet de technologies dites « vertes ». Ce techno-optimisme est non seulement celui des médias, mais encore celui des politiques publiques et des entreprises qui font de l'innovation technologique la solution aux problèmes environnementaux actuels, en particulier à celui du changement climatique. Cette croyance est au fondement du modèle de la « croissance verte » qui promet qu'une croissance économique sans impacts environnementaux est possible grâce à l'adoption massive de ces innovations. Or cette représentation du futur est problématique car elle sous-estime les transferts de pollution engendrés par l'adoption à grande échelle de ces technologies high-tech pendant leur cycle de vie et parce qu'elle laisse de côté la question de la sobriété, c'est-à-dire du nécessaire changement des modes de vie pour éviter la surconsommation, alimentée par la course effrénée aux innovations.

Faut-il pour autant arrêter d'innover ? Cela n'aurait guère de sens car cela reviendrait à prolonger le statu quo, c'est-à-dire le modèle économique actuel qui n'est pas compatible avec les limites planétaires. Dès lors, comment innover autrement ? Après avoir montré les impensés de l'innovation technologique high-tech verte, cet article explore deux pistes de réflexion complémentaires : la responsabilisation des innovateurs sur les conséquences à long terme de leurs projets ; la promotion de projets d'innovation plus sobres fondés sur la transformation des modes de vie, de consommation et de production, compatibles avec les limites planétaires et les besoins des générations futures.

<sup>1</sup> Cet article s'inspire du livre récemment publié : F. Aggeri, *L'innovation, mais pour quoi faire ? Essai sur un mythe économique, social et environnemental*, Le Seuil, 2023.

## LES IMPENSÉS DE L'INNOVATION HIGH-TECH VERTE

Pourquoi faut-il douter des bienfaits des innovations technologiques vertes ? Pour comprendre les biais cognitifs dont nous sommes prisonniers, il faut rappeler les critères qui permettent de qualifier une innovation de « verte ». Au moment de sa mise sur le marché, l'innovation doit passer l'épreuve de la normalisation technique, c'est-à-dire de sa conformité à des réglementations et des évaluations environnementales standardisées. La normalisation est variable dans ses modalités selon les produits et les secteurs. Mais elle se focalise le plus souvent sur certains types d'émissions (polluants atmosphériques, émissions de CO<sub>2</sub>, recyclabilité...), laissant de côté certains aspects comme l'empreinte matérielle (la consommation de ressources) ou la biodiversité. De plus, elle porte rarement sur l'ensemble du cycle du produit ou d'une infrastructure mais seulement sur certaines phases comme la phase de production, d'usage et de fin de vie. Enfin, l'évaluation est systématiquement réalisée à l'échelle individuelle d'une technologie, c'est-à-dire en omettant les effets d'échelle associés à la diffusion massive de l'innovation. Le problème de la normalisation est que non seulement elle présente des biais mais qu'elle se fonde sur des référentiels, souvent anciens et inadaptés aux enjeux des nouvelles innovations.

Ainsi, dans l'automobile, le véhicule électrique est réputé être « zéro émission » car la réglementation se focalise sur la phase d'usage du véhicule qui était la plus polluante pour les véhicules thermiques. Mais cette évaluation n'intègre pas les émissions liées à l'extraction et la transformation des matériaux, à la production du véhicule ou à la production d'électricité qui peut être plus ou moins carbonée en fonction du mix énergétique des pays. Quels sont les impensés de l'évaluation des innovations technologiques vertes ?

### LES TRANSFERTS DE POLLUTION

Premier impensé de cette évaluation : les transferts de pollution. Si l'on change de référentiel et que l'on considère maintenant l'ensemble des émissions sur l'ensemble de leur cycle de vie, selon la méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV), le bilan environnemental de ces technologies vertes est alors tout autre. Une telle évaluation multicritère en cycle de vie permet alors de mettre en évidence des « transferts de pollution » à la fois entre polluants et entre phases du cycle de vie. Ainsi, ces innovations technologiques « vertes » consomment davantage de ressources (matières premières, énergie, eau, espace...) pour leur production que les technologies conventionnelles qu'elles remplacent. Pour une même puissance énergétique, il faut beaucoup plus de béton, de métaux et d'espace pour produire et installer des éoliennes ou des panneaux solaires que pour une centrale thermique. De même, une voiture électrique, parce qu'elle embarque une grosse batterie (de 250 à 300 kg en moyenne), est beaucoup plus lourde qu'un véhicule thermique équivalent. Par ailleurs, les pollutions dues à ces innovations diffèrent des technologies précédentes. Certes, elles n'émettent plus de CO<sub>2</sub> à l'usage mais elles consomment beaucoup de métaux critiques (cobalt et lithium pour les batteries automobiles, terres rares nécessaires à la production des

aimants des éoliennes, etc.) dont les réserves connues sont non seulement limitées mais surtout posent de nouveaux problèmes géostratégiques d'approvisionnement car leur production est concentrée dans des quelques pays à risques (République démocratique du Congo pour le Cobalt ou Chine pour les terres rares). L'innovation technologique ne résout donc pas tous les problèmes écologiques, elle les déplace.

### EFFETS D'ÉCHELLE ET TEMPORELS

Deuxième impensé : les effets d'échelle. Le raisonnement incrémental au niveau d'un produit ou d'une infrastructure conduit à négliger les effets d'échelle et systémiques. L'arrivée des premiers véhicules thermiques a été saluée, au début du XX<sup>e</sup> siècle, par des scientifiques comme une technologie permettant d'améliorer la propreté et la qualité de l'air dans les villes qui étaient alors envahies de crottin de cheval qui dégageait des odeurs nauséabondes et contribuait à la saleté des rues. Un siècle plus tard, avec la croissance faramineuse du parc automobile mondial qui atteint désormais 1,4 milliards de véhicules, on peut mesurer comment les villes étouffent désormais sous l'accumulation de polluants atmosphériques

issus du trafic automobile. Si l'arrivée des premiers véhicules électriques est saluée comme une innovation permettant d'éviter ces polluants atmosphériques et de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, que diront les générations futures face aux pénuries de métaux rares et aux conséquences environnementales et sociales de leur extraction si cette innovation remplace la précédente ? Et quelles seront leur réaction si le parc automobile continue à croître et que les territoires se couvrent de panneaux solaires et d'éoliennes, engendrant artificialisation des sols et étalement urbain ?

À l'heure de la crise écologique, on ne peut plus raisonner « toutes choses égales par ailleurs ». Il faut intégrer dans l'évaluation des innovations les effets temporels, d'échelle, de système et les irréversibilités qu'elles sont susceptibles d'engendrer sur le plan environnemental et social. Car, une fois adoptées, il est souvent difficile de faire machine arrière, le coût social et environnemental d'une sortie de certaines innovations étant considérable.

### L'IMPENSÉ DE LA SOBRIÉTÉ

Troisième impensé : la sobriété. Dans le mythe de la croissance « verte », tout se passe comme si les innovations technologiques allaient permettre aux individus de conserver leurs modes de vie et d'assouvir leur soif inextinguible de consommation de biens matériels. Or, dans la mesure où les innovations technologiques ont des impacts environnementaux, il convient également d'agir sur la demande pour modérer la consommation de biens matériels. Depuis les travaux de l'économiste et sociologue Thorstein Veblen au début du XX<sup>e</sup> siècle, on sait que la consommation est un processus social et ostentatoire, qui n'est pas uniquement mu par la satisfaction de besoins essentiels. Comment sortir de cette logique de croissance effrénée de la consommation ? C'est l'enjeu de la sobriété. Valérie Guillard<sup>2</sup> la définit comme une démarche individuelle et collective visant à modérer la consommation. Sur un plan individuel, elle note une sensibilité croissante de la population à l'égard de la sobriété.

*Dans l'imaginaire collectif, la transition environnementale se résume le plus souvent à l'adoption d'un bouquet de technologies dites « vertes »*

2 V. Guillard, *Du gaspillage à la sobriété. Avoir moins et vivre mieux ?* Louvain-la-Neuve, De Boeck Supérieur, 2019.



Les nouvelles technologies atteignent les campagnes. Production d'énergie solaire sur le toit d'une maison à Mungun Morit, en Mongolie.  
Source : Dave Lawrence.

Comme l'attestent différentes études, les consommateurs sont désormais de plus en plus nombreux à vouloir faire réparer ou à réparer eux-mêmes leurs produits, à acheter des produits de seconde main ou des produits reconditionnés, à louer ou à partager leurs équipements plutôt que d'acheter des produits neufs. L'adoption de comportements plus sobres, indique-t-elle, suppose des changements à trois niveaux : les normes personnelles (les dimensions émotionnelles et psychologiques propres à chaque individu), les normes sociales (les représentations sociales que l'individu se fait de lui-même et de l'image qu'il cherche à renvoyer) et les dispositifs matériels (les ressources collectives à disposition (ex. : pistes cyclables, composteurs...) qui conditionnent le passage à l'acte des individus).

Du côté des producteurs, tant que les managers seront évalués sur la base d'objectifs irréalistes de croissance de la production et des ventes qui encourage la course à l'innovation, il y a peu de chances que les pratiques de sobriété se développent spontanément. Pour y parvenir, il faut donc engager des politiques publiques volontaristes qui visent à modifier en profondeur les modes de vie et de production en limitant la publicité et toutes les techniques qui visent à stimuler artificiellement la consommation. Avec les crises récentes (Covid, guerre en Ukraine, crises environnementales répétées), l'idée de sobriété commence à faire son chemin pour éviter les pénuries énergétiques ou celles en eau. La notion est désormais moins systématiquement associée à la décroissance. Cependant, le sujet est encore souvent vu par le petit bout de la lorgnette, sous l'angle de la sobriété énergétique résumée à quelques « éco-gestes », comme réduire sa température et engager des investissements dans l'isolation des bâtiments. Or, la sobriété est une démarche beaucoup plus large qui implique de revoir en profondeur nos modes de vie et de production en cherchant à réduire systématiquement les besoins superflus, notre rapport au temps et les impacts environnementaux associés à nos activités économiques.

## COMMENT INNOVER AUTREMENT ?

Dans ce contexte, comment innover autrement ? Deux pistes de réflexion peuvent être identifiées : la responsabilisation des acteurs de l'innovation sur les conséquences à long terme de leurs actions, que l'on désignera sous le terme d'*innovation responsable* ; l'exploration d'*innovations sobres*, explicitement orientées vers le changement des modes de vie et de consommation dans le sens d'une plus grande sobriété.

## LES VOIES DE L'INNOVATION RESPONSABLE

Première piste : l'innovation responsable. Le problème des principaux dispositifs de responsabilisation existants en matière environnementale, qu'ils soient juridiques, économiques ou légaux, est qu'ils relèvent pour la plupart d'une responsabilité rétrospective. Celle-ci se fonde sur les problèmes d'imputation, c'est-à-dire sur la recherche d'un lien de causalité entre des pollutions et les acteurs à l'origine de ces pollutions selon le principe pollueur-payeur. Or, comme le rappelait le philosophe Hans Jonas<sup>3</sup>, l'enjeu du développement de la technologie est la mise en œuvre d'une responsabilité projective, orientée vers le futur : il s'agit d'anticiper les conséquences éventuelles négatives à moyen et long terme associées à l'introduction de nouvelles innovations car la puissance d'agir associée à la technique est devenue tellement grande qu'elle peut mettre en danger la planète, voire la survie même de l'espèce humaine. Dans cette perspective, toute une série de dispositifs doivent être réactualisés ou inventés. On peut penser par exemple au dispositif de la responsabilité élargie des producteurs (REP) qui pourrait utilement contribuer à responsabiliser les innovateurs s'il était davantage tourné vers des objectifs de prévention, d'éco-conception et d'allongement de la durée de vie des produits plutôt que vers la collecte des déchets et leur recyclage, comme c'est le cas aujourd'hui dans la plupart des pays. On peut également imaginer de changer les systèmes comptables, infrastructure cognitive de nos activités économiques, en adoptant les principes de la comptabilité en triple capital où les organisations économiques ont une dette à l'égard de la nature (capitaux naturels) et des salariés (capital humain) qu'elles doivent préserver à l'instar du capital financier. Une autre piste est celle la gouvernance de la recherche et de l'innovation : c'est l'enjeu de l'innovation responsable et démocratique où il s'agit d'associer des parties concernées (usagers, ONG, acteurs publics...) à la discussion des finalités de l'innovation, de ses modalités et des choix techniques associés. Ce concept d'innovation responsable a gagné en visibilité à la fois dans les milieux publics, académiques et économiques. Celle-ci est conçue comme une démarche *anticipatrice, réflexive, inclusive* et attentive aux attentes des parties prenantes (*responsive* en anglais), dont les missions sont structurées autour des objectifs du développement durable de l'ONU ; démarche résumée par l'acronyme ARIR<sup>4</sup>. Ainsi problématisée, l'innovation n'est plus synonyme de progrès. Elle doit faire la démonstration de son impact positif dans le cadre d'un processus dialogique où il s'agit d'apporter des preuves tangibles sur la base de techniques d'évaluation, comme l'ACV par exemple.

<sup>3</sup> H. Jonas, *Le principe responsabilité. Une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Champs essais (première édition 1979).

<sup>4</sup> J. Stilgoe, R. Owen et P. Macnaghten, *Developing a framework for responsible innovation*, Research Policy, Vol.42, n°9, 1565-1580, 2013.



Cependant, ces principes relevant encore du volontariat, il faudrait les rendre obligatoires et mieux les encadrer, pour éviter les risques de *greenwashing* ou de simulacre.

## LE POTENTIEL D'INNOVATIONS SOBRES

Deuxième piste : l'exploration d'innovations plus sobres visant à produire des richesses et de créer des emplois avec une empreinte environnementale et matérielle réduite. Quelles pistes concrètes recouvre cette notion d'innovation sobre ?

Celle-ci se fonde sur deux piliers :

l'éco-conception des produits et des équipements pour allonger leur durée de vie et intensifier leurs usages ; le développement d'activités de services et de nouveaux modèles d'affaires adossés à ces produits et équipements durables. L'éco-conception est un enjeu crucial car la plupart des produits et équipements

actuels n'ont pas été conçus pour durer, pour être réparés ou recyclés. Ils sont d'abord conçus pour être les moins coûteux à fabriquer ou à installer. Presque partout, c'est la recherche des coûts les plus bas qui domine, soit le primat d'une vision de court terme où il s'agit de générer des revenus immédiats sans considération des impacts environnementaux et sociaux à moyen et long terme. Remettre la durabilité au cœur de la conception, c'est éventuellement accepter d'assumer des surcoûts liés au choix de matières et de composants de meilleure qualité, qui pourront être valorisés en générant des revenus issus de services de maintenance, de réparation, de reconditionnement, de réusinage ou de recyclage. Cela n'implique pas nécessairement des solutions plus coûteuses, mais la mise en œuvre de principes simples : la modularité qui permet la réparation ou le remplacement des composants défectueux ; la simplification des systèmes de fixation et l'abandon des solutions de collage ou les soudures inutiles ; la sélection de matériaux non polluants et recyclables ; le choix de systèmes technologiques robustes, sans sophistication inutile. Cette démarche ne s'oppose pas au high-tech. Les objets connectés ont toute leur place dès lors qu'ils facilitent la maintenance préventive et prédictive et une meilleure connaissance des performances d'usage des produits dans le temps, afin d'en améliorer la conception.

Sur la base de cette stratégie de durabilité programmée, il est alors possible d'imaginer des stratégies de services. Les exemples de telles approches se développent, y compris au sein de grandes entreprises qui font pivoter leur modèle d'affaires vers des modèles circulaires. Michelin a ainsi déployé cette stratégie depuis plus de vingt ans vis-à-vis de ses clients professionnels (gestionnaires de flottes) sur différents continents en proposant des contrats de performance où l'entreprise s'occupe de la maintenance, de la réparation et du rechapage des pneumatiques. Signify (ex. Philips lighting) en fait de même dans le domaine de l'éclairage où elle s'engage vis-à-vis de ses clients en matière de consommation d'énergie, de qualité d'éclairage et de recyclage des ampoules. En matière de réparation, Fnac-Darty, fort d'un réseau de service après-vente et de réparation unique en son genre et de sa position de leader du marché français de l'électronique grand public et de l'électroménager, a tiré parti de l'introduction

de l'indice de réparabilité dans la loi AGEC<sup>5</sup> pour cinq familles de produits électriques et électroniques, pour lancer en 2019 des abonnements de réparation pour ses produits. L'objectif de l'entreprise est que ces services représentent un tiers de son chiffre d'affaires en 2025. Parallèlement, elle cherche à orienter le choix de ses consommateurs et l'offre de ses fournisseurs en établissant un palmarès des produits les plus durables (choix durable), selon une méthodologie rendue publique. Ces exemples montrent que d'autres stratégies

de production de richesses sont possibles que la production et la vente en quantités croissantes de produits neufs. Ils sont cependant très exigeants et difficiles à mettre en œuvre car ils supposent de nouvelles compétences (réparateurs, agents de maintenance, ingénierie de service et financière, etc.) et la reconversion des métiers liés à la

vente de masse, le changement des indicateurs de performance, la mise en place de nouvelles logiques d'éco-conception, la refonte des chaînes de valeur ou encore celle des modèles d'affaires avec des structures de revenus et d'immobilisations transformées.

Pour que le potentiel de telles innovations sobres se matérialise au plan macro-économique et permette un découplage effectif entre la production de richesses et leurs impacts économiques et sociaux, il faut éviter les effets rebond et donc sortir du modèle de la société de consommation. Acheter un produit de seconde main ou reconditionné n'est vertueux sur un plan environnemental qu'à condition que l'acheteur, avec l'économie réalisée, n'achète pas d'autres objets dont il n'a pas absolument besoin. Limiter les achats d'impulsion, c'est tout l'enjeu du passage à des modes de vie plus sobres dont nous avons mis en évidence l'importance.

## CONCLUSION

Transformer à la fois les modèles de production et de consommation ne se fera pas spontanément car les deux sont profondément ancrés dans des cadres cognitifs et culturels. Les changer exige d'abord de modifier l'infrastructure cognitive sur lequel les acteurs sont évalués (les indicateurs de richesse au niveau national et international ; les indicateurs financiers des entreprises ; renoncer aux objectifs de croissance de la production, etc.). Ce changement suppose un accompagnement des pouvoirs publics à toutes les échelles (locale, nationale et supranationale) et de jouer sur toute la gamme des leviers possibles : les politiques d'éducation, les systèmes d'incitation et d'information des consommateurs, la fiscalité ou encore les investissements publics. Ce n'est qu'à cette condition que ce modèle d'innovations sobres et responsables, aura une chance d'émerger.

*L'innovation technologique ne résout donc pas tous les problèmes écologiques, elle les déplace*

<sup>5</sup> Loi antigaspillage et économie circulaire adoptée en France en 2020.