



**HAL**  
open science

## Innovation industrielle : analyse et stratégie

Olivier Boissin

► **To cite this version:**

Olivier Boissin. Innovation industrielle : analyse et stratégie. Ed. Campus ouvert, 179 p., 2022, Polycopiés, 979-10-90293-90-8. hal-03513315

**HAL Id: hal-03513315**

**<https://hal.science/hal-03513315v1>**

Submitted on 18 Jun 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# *Innovation (Vol. 1)*

## *Environnement industriel, soutenabilité et stratégie*

*Olivier Boissin*



2022

Ed. *Campus Ouvert*

**Direction éditoriale** : Vincent PLAUCHU, Maître de Conférences honoraire en Économie (Université Pierre Mendès France, Grenoble).

**Coordination** : Pierre CROCE, ancien responsable de la Cellule d'aide à la publication de l'Université Pierre Mendès France, Grenoble.

Cette maison d'édition, créée par l'Association pour la Diffusion d'Études et Recherches (ADER), a pour principal objectif de rendre accessibles, à des prix raisonnables, des cours dispensés dans le champ des Sciences Sociales.

**Couverture** : Arts Print Num

**Le « photocopillage » tue le livre**

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> a, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L.122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

© 2022, *Campus Ouvert*  
<http://editions-campusouvert.wordpress.com/>  
[editions-campusouvert@orange.fr](mailto:editions-campusouvert@orange.fr)

ISBN : 979-10-90293-90-8

## Syllabus



**Prérequis** : aucun

### Objectifs

Ce manuel a pour objectif la transmission des connaissances nécessaires à l'analyse de l'innovation dans le domaine industriel. Il porte sur l'identification des leviers de l'innovation, de sa dynamique dans le contexte d'une industrie du futur, et de ses enjeux dans une démarche de soutenabilité.

### Plan

Introduction

Chapitre 1 - Aux sources de l'innovation p. 08

Chapitre 2 – Inscrire l'innovation en soutenabilité p. 52

Chapitre 3 - L'industrie du futur est-elle pensée de manière durable ? p. 112

Conclusion

Table des annexes : p. 170

Annexe 1 : « *Le low-tech* : de quoi parle-t-on ? »

Annexe 2 : « L'économie circulaire »

Annexe 3 : « Pourquoi les plateformes multi faces triomphent sur le marché ».

Annexe 4 : « L'arnaque des cimentiers pour polluer tout en spéculant sur le climat »

Lexique p. 185

Bibliographie p. 190

### A chaque fin de chapitre se trouve :

- A- Un résumé
- B- Un rappel des principaux concepts abordés
- C- Les questions pour prolonger votre réflexion
- D- Des pistes de lecture
- E- L'énoncé des compétences attendues.

### Source bibliographique

Références bibliographiques complémentaires : en fin de chapitre et de manuel.

\* \* \*

## *Table des acronymes*

ACV	Analyse du cycle de vie
AF	Analyse Fonctionnelle
AV	Analyse de la valeur
BOP	<i>Bottom of the Pyramid</i> (la base de la population mondiale en matière de pouvoir d'achat)
BRICS	Pays émergents (Brésil, Russie, Inde, Chine, Afrique du Sud)
CDC	Cahier des charges
ESS	Économie Sociale et Solidaire
JV	<i>Joint-Venture</i> (co-entreprise)
IDE	Investissement Direct Étranger (FDI : <i>Foreign Direct Investment</i> )
INPI	Institut National de la Propriété Intellectuelle
4.0	Industrie 4.0 : numérisation, automatisation et connectivité croissante de l'industrie (produit et process)
M	Million
MM	Milliard (par exemple 10 MM USD = 10 milliards de dollars)
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i> (équipementier industriel produisant pour le compte d'un donneur d'ordres)
OMPI	Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
PMA	Pays les moins avancés (Madagascar, Bengladesh, Comores, Soudan, etc.)
PLM	<i>Product Life Management</i> (management du cycle de vie du produit)
PVD	Pays en voie de développement
SMR	<i>Small Modular Reactors</i> (mini réacteur nucléaire)
SCOP	Société Coopérative et Participative
SCIC	Société Coopérative d'Intérêt Collectif
ULC	Ultra Low Cost (produit ou service réalisés à très faible coût et vendu à très faible prix)
VA	Valeur ajoutée.

À vos inventivités



Collectif d'étudiants engagés pour un développement durable.  
Ici l'association COP 1 étudiante (2019), puis suivra la COP de l'Accord de Grenoble en 2021  
« *Allons de l'avant !* ».

Tels furent les mots de Jean Jouzel en clôture de sa présentation.  
Au regard des engagements, et en particulier ceux des étudiants bien souvent avant-  
gardistes sur ces questions de développement durable, sans doute pouvons-nous avoir  
confiance dans l'écriture de l'avenir.

## ***Introduction méthodologique***

### **1. Remerciement**

En premier lieu, j'adresse mes plus vifs remerciements à Pierre Croce, Véronique Joannin et Vincent Plauchu pour leurs relecture attentive, la qualité de leurs remarques et du travail réalisé sur le manuscrit.

### **2. Objectif**

Cet ouvrage a pour objectif le renforcement des capacités d'analyse et de l'esprit critique sur l'innovation, sa conceptualisation et son pilotage en milieu industriel.

### **3 - Ce manuel est la trame écrite d'un enseignement en « Circularité industrielle » dispensé à Grenoble-INP**

Sur le plan de l'écriture, la ligne retenue a été de rester le plus objectif possible, mais sur cette thématique ce pari n'est pas toujours aisé à tenir. Aussi, les prises de position n'engagent que son auteur et non point l'institution d'appartenance Grenoble-INP ni le laboratoire de recherche CREG de l'université Grenoble-Alpes (UGA).

### **4-En fonction des contraintes de temps, cet écrit a été rédigé en 3 vitesses de lecture**

Lecture rapide : lecture de tableaux statistiques et interrogations libres par des jeux de cartes et de photos.  
Police en taille 12 : pistes de réflexions et éléments explicatifs sur les photos, les cartes et les statistiques.  
Approfondissement : en notes de bas de page, des compléments d'analyse et des pistes de lecture.

### **5 - Déclarations d'intérêts**

Je ne travaille et ne conseille pas à titre lucratif, ne possède pas de parts, ne reçoit pas de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de ce manuel, et ne déclare aucune autre affiliation que mon poste universitaire.

### **6 - Support photographique**

Sur le plan méthodologique, l'illustration des propos passe par un recours aux statistiques et à des photographies. Ces dernières me sont personnelles ou sinon sont libres de droit et sous licence *Créative Commons* NC de réutilisation autorisée. L'auteur s'engage à n'avoir effectué aucune modification sur leurs contenus, et à ne vouloir faire par ailleurs aucun usage commercial du présent ouvrage, que ce soit par droit d'auteurs ou autres marges de bénéfices.

### **7 - Problème de motivation ?**

Est formulée l'hypothèse que vos capacités de travail et d'analyse sont considérables. N'ayant que peu d'attrait pour les situations tièdes, je distingue alors vos comportements en deux choix possibles :

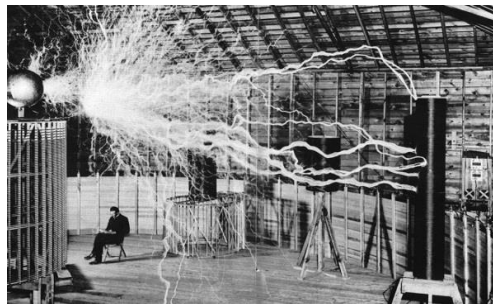
Choix 1 : peu de motivation pour cette thématique, vous travaillez au minimum, vous ne lisez que les conclusions des chapitres, ne jetez que quelques regards sur des photos ou statistiques, au final vous n'aurez qu'une connaissance désolante de cette thématique pourtant centrale qu'est l'innovation. Objectif raté.

Choix 2 : vous travaillez, vous lisez, vous regardez la Toile, vous croisez les analyses avec d'autres sources, vous vous rappelez qu'il y a 24 heures dans une journée, vous développez une exigence vis-à-vis de la connaissance, vous analysez les propos, les photos et statistiques avec esprit critique : le pari est alors réussi. Vous comprendrez mieux la marche du monde, celui que vous allez écrire avec tout votre talent.

En réalité, ce second choix ne provient que de votre **motivation**. Il n'y a pas de difficulté relative à la thématique car les raisonnements ont été ici simplifiés au maximum. Si le problème vient d'un manque de motivation, trouvez un référent qui vous parle, qui vous invite à cette exigence de connaissance, de travail, d'avancées. Bonne nouvelle, beaucoup sont présents. Dans le domaine des inventions et des innovations, par exemple :



Dans les pas d'Ada Lovelace, Grace Hopper



Nicolas Tesla



Alan Turing



Tim Berners-Lee

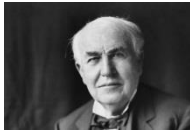
Trouvez les vôtres. Il est possible qu'ils vous suggèrent alors : « Identifiez ce qui a du sens pour vous et travaillez ».

\* \* \*



## Chapitre 1

### *Aux sources de l'innovation*



« Ce n'est pas en améliorant la bougie que l'on a inventé l'ampoule électrique »

Thomas Edison (1847-1931)

#### Sommaire

Introduction

1- Comprendre le processus d'innovation  
2- Aux sources de l'innovation

Conclusion

- A- Résumé
- B- Concepts abordés
- C- Compétences attendues
- D- Questions de prolongement
- E- Éléments bibliographiques

**Objectif du chapitre** : savoir identifier les évolutions scientifiques et technologiques et leurs retombées possibles sur les dynamiques sociétales.



Tesla Factory

## Introduction

Dans le nouveau contexte d'une concurrence intensifiée par la puissance notamment des BRICS<sup>1</sup> et des urgences à conduire en matière de transitions, les firmes se trouvent plus que jamais confrontées à un impératif d'innovation. Mais qu'est-ce que *l'innovation* ?

Il est possible de trouver des degrés de différenciation de l'innovation en distinguant l'innovation incrémentale de l'innovation de rupture.

Au-delà des modes managériales et autres communications plus ou moins superficielles voyant d'omniprésents changements de paradigmes, l'innovation résulte le plus souvent d'un échange permanent entre l'incrémental et le radical. Les « *révolutions* » technologiques ne sont pas si fréquentes, loin de là.

Même l'industrie 4.0 n'en est sans doute qu'une illustration à nuancer. Dans nombre de secteurs, il serait sans doute plus juste de parler de l'industrie traditionnelle du futur. Nous reviendrons sur cette question dans le chapitre 3 plus spécifiquement dédié à l'entreprise du futur.

Dans ce chapitre premier, nous définissons ce qu'est l'innovation et identifions quelques sources majeures pour la promouvoir, le tout dans une approche de développement durable.

### 1 - Comprendre le processus d'innovation

#### Définition

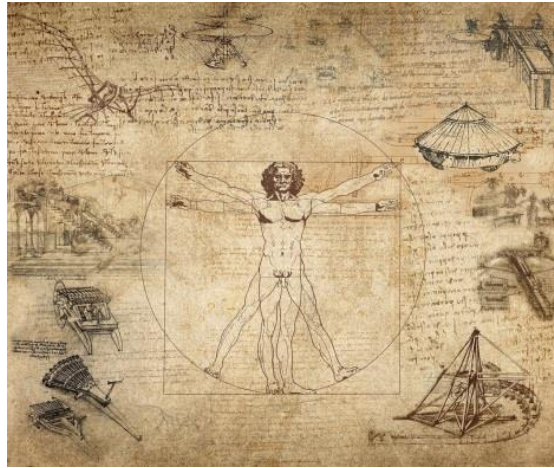
Il est important de distinguer l'invention de l'innovation. L'invention se réfère au domaine des sciences et des techniques et se situe en amont du processus d'innovation. L'innovation quant à elle a généralement un lien direct avec une valorisation sur le marché et puise ses sources dans de multiples domaines possibles : l'organisation, les sciences et techniques, les services, la finance, etc. L'innovation est ainsi inscrite en spectre large.

L'art également est façonné d'innovations. Il représente l'une de ses sources d'inspiration et d'expression. Ce domaine est bien souvent en avance sur

---

<sup>1</sup> Acronyme simplificateur des pays émergents : Brésil, Russie, Inde, Chine, South-Africa.

les conceptions à venir. Art, inventions et innovations sont ainsi des démarches en porosité, tel l'acronyme de la prestigieuse école des Arts et Métiers (ENSAM)<sup>2</sup>. Quant à une image d'Epinal, Léonard de Vinci pourrait représenter l'illustre ambassadeur de ces mariages d'art, d'invention et d'innovation.



Comme nous l'apprennent les historiens, Léonard de Vinci va être non seulement un artiste central, mais également un brillant inventeur et innovateur.

Parfois, l'innovation peut se définir comme un « condensé d'inventions ». Être un innovateur n'est pas nécessairement être inventeur, mais seulement celui qui va parvenir le premier à une mise en œuvre de l'inventivité sur le marché. L'analyse du cycle de vie d'un produit est alors un outil instructif pour éclairer cette stratégie.

### **Innovation et cycle de vie : éléments de stratégie**

Le cycle de vie d'un bien ou d'un service doit être analysé avec soin car de multiples conséquences tant stratégiques que tactiques en découlent. Par exemple, faut-il être le leader ou le suiveur sur une famille de produit ? Qui sera le « gagnant » en termes de performances économiques ?

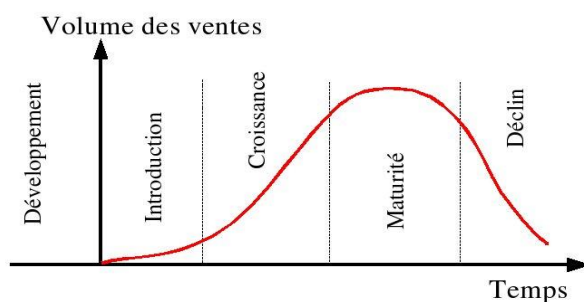
Il est coutume de faire l'éloge du premier rentrant sur un marché mais la

---

<sup>2</sup> ENSAM, Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers. Comme nous pouvons le lire sur le site Wikipédia, « L'École nationale supérieure d'arts et métiers (l'ENSAM, de nom de marque Arts et Métiers Sciences et Technologies ou Arts et Métiers) est l'une des 204 écoles d'ingénieurs françaises, l'une des plus anciennes écoles d'ingénieurs de France, et fut fondée en 1780 par le duc de La Rochefoucauld-Liancourt » (Wikipédia, ENSAM, janvier 2022)

réponse est en réalité loin d'être aisée. Cela dépend de la nature des marchés et de l'innovation : parlons-nous en effet du développement d'une innovation mineure ou d'une innovation majeure ? Quelle est la nature des barrières à l'entrée ? Un dépôt de brevet est-il par exemple possible sur l'invention ? Plus largement, l'invention ou l'innovation seront-elles bien protégées dans les faits ? Quel montant de capital doit être mobilisé afin de développer l'activité ? Sommes-nous sur des marchés classiques de distribution ou au contraire placés en marché biface avec des acteurs de type *Amazon*, *Booking.com*, *Blablacar*, où sur ces Marketplaces règne le principe « *The winner takes all* » ? Etc.

L'analyse d'un nouveau couple produit-marché s'inscrit ainsi dans une planification stratégique complexe et évolutive. Les sciences du management désignent cela le cycle de vie du produit et sa courbe est souvent présentée ainsi :



Ce graphique nécessite d'être complété par d'autres fonctions, notamment celles des coûts, des prix et du profit. Représentez ces fonctions sur ce graphique.

Cette fonction « classique » est-elle généralement validée par les faits ?

Illustrez par un bien ou service de votre choix, puis par un contre-exemple.

Au final, quels enseignements en retirez-vous ?

En matière de retour sur investissement, l'innovation « récupérée » par d'autres compétiteurs suiveurs peut se révéler plus rentable qu'elle ne l'a été pour l'innovateur initial. Ce dernier doit en effet supporter une grande partie des efforts de R&D avant même la mise sur le marché, et le tout dans un environnement aux données incertaines. Ce n'est ainsi pas toujours le pionnier qui bénéficie ainsi de la contribution économique la plus importante, mais parfois les suiveurs réactifs. Ceux ayant su trouver l'angle d'approche d'un meilleur rapport qualité-prix, le tout avec des temps de développement très courts.

L'analyse du cycle de vie en cela est fondamentale. Elle nous apprend que les étapes générant du profit pour l'entreprise sont rarement en phase de

lancement, mais principalement durant les phases de croissance et de maturité.

### Steve Jobs : brillant inventeur ou innovateur ?



Steve Jobs est-il finalement un inventeur ou un innovateur ? Les deux ? Un Leader ou un suiveur ? En R&D ? En production ? En marketing ? Sous quelle période ? Sur quels segments de marchés ?

Qui est l'inventeur du micro-ordinateur ? Du Walkman ? De la souris ? Des premières interfaces graphiques ? Des compilateurs et autres grands langages de programmation ? Des microprocesseurs ? De la photo numérique ? Des premières caméras intégrées au téléphone ? Du premier smartphone ? De la première tablette ? Etc.

Sur ces types de questions, il nous faudrait alors sans doute glisser à la corbeille les grand-messes en marketing de la société à la pomme au profit d'études sérieuses sur l'histoire de l'informatique. Le plus souvent Steve Jobs a été un formidable innovateur, mais guère un inventeur. Son intelligence est d'avoir su remarquablement bien s'encadrer (pensons à Steve Wosniak notamment) et de marier les inventions des précurseurs. Ces derniers sont par contre restés le plus souvent inconnus du grand public.

Puis il est coutume de différencier deux niveaux d'innovation :

#### (i) L'innovation radicale

L'innovation est dite "radicale" (de *radix*, racine en latin) lorsqu'elle modifie en profondeur les conditions d'utilisation par les clients et/ou qu'elle s'accompagne d'un bouleversement technologique.

Illustration : parmi d'autres, pensons à l'apparition de l'imprimerie, la machine à vapeur, puis le passage du moteur à vapeur au moteur à explosion, du télégraphe au téléphone, du téléphone à internet, les nanotechnologies et nanomatériaux, le système CRISPR en biologie moléculaire, etc.



R. Dufy (1877-1953) « Train rentrant en gare »

L'inventeur R. Trevithick (1771-1833) a fabriqué la première locomotive à vapeur à haute pression au début du XIX<sup>e</sup> siècle, puis elle fut améliorée par G. Stephenson et M. Séguin au tournant des années 1830. Le trafic ferroviaire est devenu ensuite intense sur cette base technologique jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup>.

Analysez cette épopée des trains vapeur, les enseignements qui en découlent sont considérables, y compris pour comprendre les défis actuels de la transition énergétique et des modes de valorisations industrielles à conduire.

Bien des trains de nos jours circulent toujours finalement sur une base d'énergie primaire charbon et cela n'est aucunement durable comme nous le savons. Si un TGV roulant en France est principalement propulsé par une source d'énergie nucléaire, le même TGV circulant en Chine l'est principalement par le charbon. Il ne s'agit pas tout à fait de la même chose...

Ou encore, un peu moins radical il est vrai, notons le passage de la cassette VHS au DVD. Le VHS, c'était une sorte de grosses cassettes à bande magnétique. Une invention significative qui sera à l'origine de la diffusion des films. Nous pouvons dire qu'il s'agit là d'une invention située à mi-chemin entre du radical et de l'incrémental.



Cassette VHS (1975) Station de charge Schneider Electric EVLink City (2020)

La cassette vidéo représente un cas d'école sur la guerre des normes technologiques, ici entre deux standards, le Betamax de Sony et le VHS de JVC. Cela est certes historique, il

s'agissait de la décennie 1970. Mais comme on le sait, ces questions sont plus que jamais d'actualité sur nombre de produits et de techniques. Pensons par exemple au standard des bornes de recharge des véhicules électriques à retenir au niveau des constructeurs, au niveau des nations ou encore au niveau des instances européennes.

En général et y compris entre concurrents, il est souvent préférable de s'entendre en amont du processus d'innovation sur un standard à retenir. En matière de stratégie d'innovation, cette question est toutefois complexe pour de multiples raisons. Tant sur le plan des lobbyings que des choix technologiques, des enjeux de marketing ou des jeux de contraintes réglementaires. Il s'agit là de choix stratégiques majeurs et complexes mais à arbitrer.

Puis les nouvelles générations d'enfants du XXI<sup>e</sup> siècle ont connu le téléchargement par la Toile, de même que l'*Ubérisation* du monde. Et demain sans doute aussi l'informatique quantique, le transhumanisme ainsi que la fusion nucléaire. Avec ces trois dernières inventions, on renoue ici avec les grands sauts scientifiques et technologiques de l'histoire. Il devient alors fondé de parler de changement de paradigme.

### Exemple d'une innovation radicale : la fusion nucléaire

Maquettage d'exposition du réacteur de fusion nucléaire et site de Cadarache



Projet ITER développé à Cadarache (France)

ITER est un programme scientifique de tout premier plan, probablement le plus complexe au monde afin de relever un défi scientifique et technique colossal : fournir de l'énergie propre de manière quasi-illimitée à travers un plasma à base d'hydrogène. Le tout inscrit dans une haute complexité organisationnelle et stratégique de 35 pays - plus ou moins en dialogue aisé - engagés depuis 2001 dans le dispositif : Europe, États-Unis, Russie, Japon, Chine, Inde, Corée<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Parallèlement à ce programme, notons que des membres d'ITER développent en parallèle leur propre programme de fusion ; la Chine par exemple qui en 2020 va parvenir à faire fonctionner son Tokamak avec une température d'environ 200 millions de degrés C°, les britanniques avec la réalisation en 2022 d'une réaction de fusion tenue durant 5 secondes, etc. Les États-Unis restent de leur côté toujours en tête des Tokamak les plus performants avec une température atteinte de 510 millions de degrés, et cela dès la fin des années 1990. Plus largement, de multiples projets de soleil artificiel se développent depuis 20 ans à un

Peu à peu le chantier voit le jour, 60% de la réalisation du réacteur étant estimé accomplie en 2022. Bien du chemin reste toutefois à parcourir pour parvenir à l'exploitation effective du procédé de fusion : en 2060 ? 2080 ?<sup>4</sup>

Bien d'autres inventions et innovations majeures sont en marche : la pile à combustible, les électro-carburants, les exosquelettes permettant aux personnes handicapées de retrouver leur motricité, etc. Les inventions et les innovations ont ainsi souvent du bon.



Les coopérations conduites entre les équipes de neurochirurgie du CHU de Grenoble sous la direction du Pr Benabid et celles du CEA Paris Saclay et Grenoble (Clnatec) vont conduire à la réalisation d'exosquelettes. Un tétraplégique retrouvant ici la fonction de marcher : l'innovation au service des humains.  
L'impossible devenu possible, cela s'appelle le progrès.

---

rythme soutenu, avec notamment des résultats très prometteurs réalisés par les partenaires d'outre-Rhin.

<sup>4</sup> Sur la base des recherches de l'UE, des États Unis, du Japon et de l'Union Soviétique lancées à partir de 1988, la nature de la conception du réacteur à fusion industrielle a été validée en 2001. Le site retenu est celui de Cadarache dans les Bouches-du-Rhône. A partir de 2020, 70% du génie civil du réacteur sur ce site est estimés réalisés, et l'assemblage des composants du Tokamak a commencé. Un gigantesque mécano scientifique et technique s'est alors mis en place et devrait conduire à la finalisation de son assemblage en 2025. Selon le planning établi par le comité d'organisation d'ITER, à partir de 2025 devrait ensuite suivre la phase de production du premier plasma. Puis il faudra encore patienter un peu : selon les experts scientifiques du programme, la première fusion tritium-deutérium pourrait se dérouler autour de 2035. Quant à l'industrialisation effective du procédé de fusion, peut-être pourrait-elle voir le jour entre 2060 et 2100. Au final, il s'agit d'un chantier technologique et scientifique d'un siècle, fort probablement le plus important mondialement. Pour les étudiants de Grenoble-INP Phelma - mais pas que - le centre de recherche maître reste le CEA, mais bien d'autres entreprises sont engagées comme Air Liquide, Bull, Alstom, SDMS, Ifmif, Bergoz, Thalès, Iferc, ... Et cela sous de multiples disciplines : la recherche en physique nucléaire, la cryogénie, les champs magnétiques, l'algorithmique, les matériaux et composants, l'accélérateur, la simulation numérique, la métrologie, les supercalculateurs, etc. Nombre d'entre vous connaîtront ce programme, que ce soit sur le plan des recherches ou de leurs mises en application.



Notons qu'une innovation radicale peut être plus ou moins dormante, en désaccord avec son temps, souvent en avance lorsqu'elle se trouve en rupture par rapport à l'évolution de la société. On parle alors d'une « innovation potentielle de rupture » : à une échelle internationale, tel le consortium scientifique ITER, ou à une échelle plus modeste d'une entreprise, pensons par exemple à Kodak. Cette société est connue pour son remarquable dynamisme d'inventivité sur longue période ; elle a toutefois décidé de laisser dormir sur ses étagères une invention majeure réalisée dans le domaine du numérique. Pour son plus grand malheur puisque Kodak n'existe plus dorénavant.



Durant la majeure partie du XX<sup>e</sup> siècle, la société de Rochester était le maître incontesté d'un des segments clé de la photographie : les supports d'impression sur la base de la technique de l'argentique. A partir de 1975, elle était également la seule à véritablement maîtriser les doubles compétences, certes en conflit, de l'argentique et du numérique.

Kodak était bel et bien l'un des pionniers du numérique. Et dans de nombreux autres domaines également que l'on désigne au XXI<sup>e</sup> le « 4.0 ».

Les choix stratégiques opérés par la direction du groupe se sont révélés toutefois bien hasardeux à partir de la fin des années 1970 et 1980. L'innovation radicale du numérique va rester longtemps dormante au sein de cette société si innovante depuis sa fondation à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. D'une position quasi monopolistique sur les technologies de l'argentique, elle va se retrouver progressivement évincée du marché de la photographie durant les années 1990, puis va déposer son bilan en 2012. A l'inverse, les nouveaux leaders sur le segment tels Samsung Electronique, Nokia, Sony, Apple ... ainsi que les derniers venus tels Hua Wei, ZTE, Xiaomi, Novo, Oppo, eux, sauront valoriser et améliorer les avancées du leader Kodak.

En résumé, la technologie de rupture telle que la définit C. Christensen (1997) est initialement sous-performante par rapport aux besoins du marché principal, car trop en avance. Bien souvent cette constatation est validée. A la fin des années 1940, la firme américaine Raytheon inventait le premier four micro-ondes sur la base de magnétron. Trente ans plus tard, ce sont les firmes asiatiques qui sauront valoriser cette invention (Sharp, Samsung, Haier, Etc.). Qui de nos jours connaît Raytheon ?



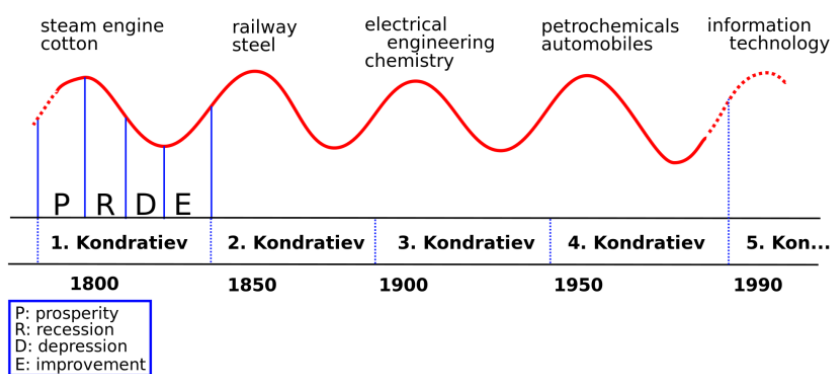
Nous ne trouvons aucun four micro-ondes de l'entreprise Raytheon sur les rayons des grandes surfaces. Pourtant, c'est cette société qui à l'origine de cette invention. Quant au nom de son précurseur, monsieur Percy Spencer -un inventeur de tout premier plan-, il ne fera jamais fortune.

En dynamique, comme le développait J. Schumpeter, l'innovation se traduit par un processus de « *destruction créatrice* ». C'est sur la base de ces vagues d'innovations majeures que se comprennent les cycles économiques longs, dits les « cycles Kondratiev ». Le four à bois va être ainsi remplacé par le charbon, puis par le four électrique.



J. Schumpeter (1883-1950), célèbre économiste ayant notamment développé les bases de la théorie moderne de l'innovation. Mais pas uniquement, il s'agit d'un penseur central de l'économie politique. En rupture avec les enseignements mécanistes, statiques et en silo disciplinaire de l'académisme standard, il va être l'un des rares maîtres à penser de la science économique. Celui qui nous permet de comprendre aujourd'hui, mais aussi d'envisager l'industrie du futur. Nous reviendrons sur cette question dans le chapitre 3.

S'il ne vous fallait retenir que trois noms d'économistes dignes représentants d'une science économique éclairée, Schumpeter, Marx et Keynes serait un choix possible. Analyse subjective, analysez.



L'explication de la croissance par les cycles de N. Kondratiev (1892-1938) vous semble-t-elle toujours d'actualité ? Par exemple, dans le domaine du ferroviaire, pensons au passage d'une locomotive à vapeur aux motrices propulsées par un moteur Diesel, puis

par un moteur électrique. Demain, avec une électricité issue de SMR<sup>5</sup> sinon de fusion nucléaire ? Argumentez.



Mieux que de longs discours et si la possibilité s'offre à vous,  
Allez visitez les musées des sciences et des techniques de Berlin ou de Munich.  
Plus qu'un regard, une expérience.

## (ii) L'innovation incrémentale

Il s'agit de continues mais mineures améliorations de techniques ou de produits existants. Elles ne modifient en profondeur les usages mais apportent une amélioration. Pensons par exemple au passage d'une souris d'ordinateur à bille aux souris optiques, ou encore du passage d'un Galaxy A40 à A41 ou A42, ...



Le plus souvent les évolutions technologiques dont témoignent les smartphones - un des produits par excellence symbolique de notre période 4.0 - s'effectuent par des avancées incrémentales plus que de véritables sauts technologiques.

Quelle est votre analyse ? Retenez une famille de smartphones de votre choix (Samsung, Apple, Huawei, Sony, ...) et analysez cela son évolution depuis 15 ans.  
Quelles conclusions en retirez-vous ?

Entre l'innovation mineure et majeure, il reste de la place. Le monde n'est pas binaire et l'innovation non plus. Il est souvent difficile de caractériser une innovation mineure par rapport à une innovation majeure.

---

<sup>5</sup> *Small Modular Reactors*, petit réacteur nucléaire.

Par exemple, une innovation organisationnelle en Juste-à-temps (JAT) se réfère-t-elle à une innovation mineure ou majeure ? Cette question est loin d'être simple à trancher. L'innovation organisationnelle du JAT a pour objectif d'améliorer la compétitivité ou le positionnement marché d'une société. Elle est partout présente et a reconfiguré en profondeur le fonctionnement des organisations notamment industrielle.

Un des fondateurs du fast Food, Robert Mac Donald en a donné une illustration avec son organisation en flux tendu. Ou encore pensons à l'adoption du JAT dans l'industrie japonaise dans les années 1950. Le modèle issu de la société Toyota (le Toyota Production System) a été inspiré à son époque par le fonctionnement des supermarchés. Les ingénieurs du bureau des méthodes du constructeur nippon ont alors décidé d'adapter le principe du Kanban à l'organisation industrielle du groupe Toyota, et de l'étendre à ses sous-traitants via une organisation dite en flux tendu.



Tableau de Kanban (étiquette) avec les indicateurs de performance pour la planification de la production en flux tendu. Pour l'entreprise, quels sont les principaux avantages et inconvénients d'une production en juste-à-temps ?  
Illustrez cela sur la base d'une organisation de votre choix.

Cette difficulté à positionner les innovations dans une typologie se trouve renforcée par des phénomènes de grappes d'innovations. Un smartphone de nos jours est ainsi une véritable « cathédrale technologique », mais il est peut-être davantage inscrit dans une évolution technologique plutôt qu'une révolution technologique. Les innovations de rupture ne sont en réalité pas si fréquentes.

Mise à jour avril 2022

### Design de rupture ?

Source : Boissin, O., « Chine : le basculement du monde », Série Off, 2022.



Port de Shanghai (Ningbo / le plus grand port maritime mondial)

En 2020 puis en 2022, des ruptures majeures d’approvisionnement vont mondialement être constatées suite aux deux crises Covid enregistrées en Chine. Sur le plan du fret, les containers vont notamment rester bloqués durant de longues périodes au sein des ports maritimes, désorganisant en profondeur les Supply Chain mondiales. Ce sera la prise de conscience mondiale de la dépendance du monde à l’Usine Chine.

Le terme de rupture -parfois également nommé disruptif-, devrait probablement moins être constaté dans le domaine de la conception des produits que dans celui des organisations industrielles. En effet, depuis 2020, une urgence se fait mondialement jour afin de réorienter les entreprises et plus largement l’ensemble de leur organisation industrielle dans le sens de structures agiles et résilientes. Les impacts relatifs aux ruptures d’approvisionnement sont en effet absolument majeurs depuis les doubles crises de la Covid 2020, puis de la guerre lancée en Ukraine doublé du second confinement chinois de 2022.

Face aux sévères crises tant énergétiques qu’industrielles ou encore alimentaires qui en découlent, le monde est ainsi rentré dans une nouvelle problématique de la mondialisation. Les entreprises et les pays sont ainsi amenés à trouver des réponses -tant de court terme que de long terme- aux nouveaux défis posés. Notamment l’Europe, mais aussi les Amériques devraient connaître une réorganisation en profondeur de leurs économies en faveur d’une relocalisation d’activités estimées critiques en vue notamment d’une sécurisation de leurs approvisionnements sur les biens et commodities fondamentales. Le terme de rupture dans les *Design d’organisation* est alors sans doute le mot pertinent.

### **Les innovations sont inscrites le plus souvent dans une temporalité longue.**

Comme le mentionnait un rapport certes ancien mais pertinent de l’Académie des sciences et technologie (2013), « *Qu’est-ce qu’une innovation ? Au début du XX<sup>e</sup> siècle, personne n’aurait sans doute compris le sens d’une telle*

*question en France, tant les inventions et innovations parfois majeures émergeaient. Quelques exemples ? La turbine à vapeur et à gaz, l'accéléromètre, le scooter, les ailerons d'avion, les pneus à clous, le manche à balai d'avion, l'hélicoptère, le dessin animé, le tube au néon, le sonar, le tube de roue à levre coulissant, le béton compacté et armé, l'avion télécommandé, le récepteur radio à changement de fréquence... Les dates de toutes ces inventions se situent entre 1900 et 1920. Elles ont donc plus ou moins 100 ans et il est remarquable que toutes existent toujours aujourd'hui ».*

Si nous pouvions démonter un moteur de véhicule De Dion-Bouton de 1908, ou encore celui de la Ford T, nous serions surpris de retrouver une nomenclature finalement guère éloignée de celle de nos temps actuels : came, bielle, piston, segment... le tout délivrant une puissance par une explosion de carburant dans une chambre à combustion.



Démontage par des élèves ingénieur d'un variateur et d'un moteur 4 temps T-Max 500 cm<sup>3</sup> en filière Ingénierie de produits de l'ENSE3 et de Génie industriel (Écoles du groupe Grenoble-INP). Lors de ces étapes de décomposition d'un bloc moteur, il est toujours surprenant de constater la similitude des principes de fonctionnement mécanique, alors même que plus d'un siècle se soit écoulé entre ces deux réalisations. Mais il est vrai, avec une sophistication mécanique sans égal et avec l'introduction de l'électronique. On parle alors de mécatronique, un système complexe mariant la mécanique avec l'informatique et l'électronique.

Finalement, sur le fonds, il n'y a guère eut de révolutions sous les étoiles. Une fois inventé, un bloc moteur thermique témoigne surtout d'évolutions incrémentales hormis l'introduction du pilotage électronique qui représente en effet une innovation de rupture au sein du domaine.



Henri Ford et la « Ford T » (1908)

H. Ford n'était-il pas finalement un keynésien en logique *Right Tech* avant l'heure ? Analysez. Par *Right Tech*, nous désignons des innovations articulant le *High-Tech* et *Low Tech* afin de répondre à un besoin essentiel sur la base d'un produit à faible ou très faible prix de vente. De biens loin du « *Big Technology* ».

Si l'on cherche une illustration du côté de la firme au losange, pensons par exemple à la 4L ou encore, plus proche de nous, à la Twingo, à la Logan ou à la Kwid.

#### Encadré : Right-Tech : de quoi parle-t-on ?

##### « Innovation right-tech : vers la fin du Tout-technologie »

Michel Berry

Source : <https://www.miroirsocial.com/participatif/innovation-right-tech-vers-la-fin-du-tout-technologie>



À l'occasion de leur mémoire de fin d'études au Corps des Mines, Romain Campillo, Céline Fasulo et Christophe Zhang se sont intéressés à l'innovation, en commençant par « l'innovation frugale ».

Comment expliquer que, simultanément à l'envolée des coûts de l'innovation en Occident, l'Inde parvienne à concevoir, produire et lancer une sonde martienne pour 53 millions d'euros (soit à peu près la moitié du budget du film *Gravity* ou un dixième du coût du programme Maven de la NASA, sonde mise en orbite autour de Mars trois jours plus tôt) ?

Que faire face à l'inexorable complexification des systèmes, multipliant les coûts de maintenance et laissant l'utilisateur désemparé face aux pannes ?

Que dire des conséquences environnementales des produits « innovants », bourrés d'électronique, donc rapidement mis au rebut car irréparables et difficilement recyclables ?

L'innovation n'a jamais été autant vantée. Elle est présentée comme *la* solution à tous nos problèmes : compétitivité, chômage, changement climatique, explosion à venir des coûts de santé, etc. On parle de numérique, d'objets connectés, de voitures autonomes et de robots qui remplaceraient les humains. Pourtant, l'innovation ne se résume pas à de nouvelles solutions techniques, toujours plus sophistiquées. C'est aussi le moyen de remettre les usages en cause et de réfléchir aux coûts économiques et environnementaux, induits par nos habitudes.

A-t-on toujours besoin de plus ? Comment mieux répondre au juste besoin ? Toutes ces questions sont abordées et reprises dans le numéro de janvier de la Gazette de la Société et des Techniques, publication des Annales des Mines...

Pour les auteurs de cette étude : « Sans prôner un retour à l'âge des cavernes, il est bénéfique de ne pas restreindre le progrès à une hyper-technologie complexe. Pour cela, il faut agir sur notre représentation du progrès pour qu'il soit mieux associé à d'autres concepts, comme celui de la simplicité ».

Aussi, proposent-ils d'agir sur la formation des ingénieurs. Et de conclure :  
*« Penser simple dans un monde de plus en plus complexe où les problèmes sont interconnectés et où les ressources doivent être économisées nécessite de la pratique. Sans remettre en cause la nécessité de former les ingénieurs à la maîtrise des phénomènes complexes, il est indispensable de les faire expérimenter concrètement à la recherche de solutions right-tech, c'est-à-dire justes et adaptées aux contraintes économiques, environnementales et sociales fortes de marchés à faibles pouvoir d'achat. C'est à travers la valorisation de tels travaux que nous pourrions élargir la vision du progrès auprès des ingénieurs ».*

\* \* \*

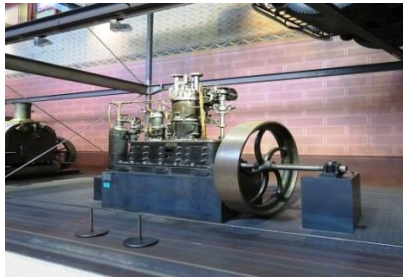
## 2 - Aux sources de l'innovation

De multiples leviers existent pour innover et s'inscrivent généralement dans des contextes d'incubation spécifique.

### (i) L'environnement industriel est de plus en plus complexe

L'innovation nécessite un environnement porteur de plus en plus complexe pour émerger. Sur des offres techniques sophistiquées, il devient très difficile de créer seul, de manière autodidacte comme cela était parfois auparavant le cas. L'activité industrielle innovante a besoin de prérequis importants en termes de compétences techniques et scientifiques, mais aussi organisationnelles, de marketing, de gestion des collectifs et de finance.





Moteur diesel 1892 (musée ENSAM)



Moteur diesel d'un bâtiment de marine (2006)

Rudolf Diesel, avec l'aide de F. Dyckhoff et de la future entreprise MAN a été à l'origine de l'invention du moteur Diesel. Une petite poignée d'individus ont ainsi suffi à la conception et réalisation de cette avancée technique majeure. Au XXI<sup>e</sup> siècle, seuls quelques géants mondiaux sont capables de produire des moteurs marins diesel ou au GNL. Mais il est vrai, dotés de nos jours de puissance allant de 50.000 ou 100.000 chevaux, sinon plus...

Historiquement, l'innovation n'est pas toujours en cohérence avec son environnement économique et social. Dans le secteur automobile, l'innovation de rupture que fut l'invention du moteur thermique (1885) était par exemple très en avance sur son époque. Il faudra attendre vingt-cinq ans pour voir véritablement cette industrie se développer, notamment avec la Ford Compagnie.

Au début, de manière relativement artisanale, comme la plupart des autres constructeurs, puis le développement du taylorisme et du fordisme tout au long du XX<sup>e</sup> siècle va conduire à l'installation des géants de l'automobile que l'on connaît aujourd'hui.

Le point positif de la dynamique d'innovation est la naissance de véhicules sans cesse perfectionnés, offrant puissance et sécurité, et le confort aussi. Le point négatif, l'apparition de logiques concurrentielles et actionnariales exacerbées et des effets « Jevons<sup>6</sup> » conduisant à des empreintes écologiques croissantes au niveau du parc mondial. L'innovation est ainsi en lien direct avec l'écologie.

---

<sup>6</sup> Les effets « Jevons » sont présents sur des véhicules perfectionnés, mais encore davantage sur des véhicules inscrits dans une démarche *Low-Tech*. Si une croissance forte du taux de motorisation se fait jour mondialement sur la base d'un petit véhicule à prix abordable, cela va se traduire par de nouveaux impacts environnementaux. Car plus les véhicules deviennent accessibles à la population mondiale, plus ils vont se vendre. Là se trouve le dilemme « Jevons ». On dit « le paradoxe » Jevons bien que ce dernier ne soit qu'apparent.



Prague (République Tchèque).

Certains jours, le Smog émanant en grande partie du trafic routier conduit à ces degrés de pollution au sein de la capitale. Ici Prague, mais il en est de même à New-Delhi, Pékin, Djakarta, Kuala Lumpur, etc.

Les modes de développement capitalistes actuels sont non durables et posent de redoutables questions, en commençant par celle de la gouvernance. Nombre de dirigeants des grands groupes mondiaux, brillants stratèges il est vrai, ne sont-ils pas bien souvent que des mercenaires au service des grands actionnaires ?



C. Ghosn a été mis en examen fin 2018 par les autorités nippones pour des malversations financières présumées dans la gestion du groupe Renault-Nissan et des pratiques d'enrichissements personnels. Et pour d'autres raisons stratégiques bien plus opaques au profit des intérêts japonais bien probablement. Cette arrestation pour des raisons sans doute légitimes ne doit pas masquer le redressement de Nissan qu'il a conduit sous la présidence L. Schweitzer en 1999, ainsi qu'une volonté de développement ambitieux du groupe Renault-Nissan de 2000 jusqu'à sa mise en examen<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> En 1999, le groupe Nissan était au bord de la faillite, plus de 20 MM USD de dettes, des parts de marchés en baisse constante, un titre en bourse au plus bas. Il va suffire de trois ans seulement pour que la nouvelle direction de C. Ghosn au Japon conduise le groupe à renouer avec les bénéfices. Sous son impulsion une profonde réorganisation a eu lieu sur les trois domaines des méthodes de management interne, de la rationalisation des panels fournisseurs et de la mutualisation des plateformes, le tout en un temps très court. Les critiques et le procès ouvert ne doivent pas masquer cela. Enfin, rappelons que Nissan n'est pas une petite structure mais un des plus grands groupes industriels nippon, une saga de près d'un siècle, et comptant quelques 160.000 salariés de nos jours. Cela étant dit, cette spectaculaire réussite industrielle ne dispense pas C. Ghosn de devoir rendre des comptes devant la justice pour ses malversations financières présumées.

Retour à l'histoire : en 1898, les frères Renault fondaient avec deux autres passionnés autodidactes la société Renault. Puis effectuons un pas de géant pour observer la société 120 ans plus tard : elle compte environ 120.000 salariés et 180.000 au niveau du groupe dans son ensemble. Dans le monde industriel, tout s'inscrit ainsi dans un environnement de plus en plus oligopolistique, et avec des organisations industrielles extrêmement complexes et le plus souvent verticalisées.

Bien des propos présentant le monde industriel comme étant de plus en plus horizontalisé, où les frontières des firmes s'estompent, voire en mode de start-up, sont ainsi à nuancer. Sur la période 1990-2022, n'est-ce pas plutôt l'inverse ? C'est-à-dire un monde industriel de plus en plus concentré, oligopolistique, contrôlé, financiarisé, structuré et verticalisé ? Analysez sur la base d'un secteur à haute intensité capitaliste de votre choix : métallurgie, aéronautique, ferroviaire, hydraulique, pharmaceutique, ... Quelle conclusion retirez-vous ?



Renault MT (1925)



A l'origine, d'assez faibles intensités capitalistiques



Usine Tesla – Beaucoup de capital accumulé sur les sites, et peu de salariés.  
La société va se heurter à de multiples dysfonctionnements de par une automatisation trop poussée menée sur la période 2013-2017.

Question :

Sur le plan de l'industrialisation, établissez une liste de dix compétences requises pour faire fonctionner un tel environnement industriel. Le tout sans omettre que l'industrie 4.0 devrait avant tout être une industrie 4.H. « H » pour Humain. L'économie doit être au service de l'humain et non point l'inverse.

## (ii) Le primat d'un contexte favorable

Qu'il s'agisse d'une innovation mineure ou majeure, pour parvenir à sa cristallisation il faut parvenir à associer l'ensemble des ressources de la société et de ses partenaires, et non pas seulement la R&D. Au sein d'équipes projet, les compétences doivent être maillées : celles du bureau des études mais aussi des méthodes d'industrialisation, du marketing et de la logistique, des systèmes d'information et de la gestion financière, des achats et de la qualité, de la GRH et des affaires juridiques, ... le tout dans des temps de plus en plus courts.

La conception, la production et l'exploitation d'un avion ou d'un smartphone, d'un poste radio ou d'un écran de télévision, d'un véhicule ou d'un produit blanc en représente de possibles illustrations.





Hitachi, modèle de radio (1964)

Pourquoi l'économie japonaise est-elle si innovante, et encore toujours actuellement avec l'industrie 4.0 (en réalité depuis l'après seconde guerre mondiale) ? Certes, l'économie américaine reste celle qui est en pointe depuis 1945, mais le développement le plus spectaculaire n'est-il pas celui du Japon dans les domaines de l'automobile, de l'électronique ou encore de la robotique ?

Nous avons beaucoup à apprendre du pays du soleil levant. Vaincu après la seconde guerre mondiale et soumis à de très fortes contraintes financières, d'accès aux matières premières et de reconstruction économique d'un pays en partie détruit, le Japon va témoigner de spectaculaires avancées 30 ans plus tard : électronique, micromécanique, automobile, textile, etc.

Plusieurs éléments sont présents pour expliquer cette réussite. Des facteurs culturels liés à la recherche de l'excellence, la présence d'un système éducatif performant (bien que fortement contestable en termes de pression scolaire exercée<sup>8</sup>), une motivation à devenir leader dans de nombreux secteurs, une politique industrielle audacieuse reposant sur une ouverture sélective et un soutien aux entreprises nippones, un maillage réussi de petites et moyennes entreprises au sein de grands réseaux d'entreprises, la présence de solutions de financement innovantes tant au niveau bancaire que financier, des prérequis industriels importants depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècles (entrée du Japon dans l'ère du Meiji à partir de 1868 suite aux transferts technologiques et d'organisations opérés à partir de l'Europe), etc.

---

<sup>8</sup> Par exemple, le Japon détient sur longue période l'alarmant record du plus haut taux de suicide parmi les étudiants, les élèves des collèges et des lycées.



Empereur Meiji

Quelle théorie économique pourrait évoquer le mieux possible le développement de l'économie japonaise ? La théorie néo-libérale ? La théorie néo-keynésienne ? La théorie marxiste ?

Face à sa réussite, l'Occident a beaucoup à apprendre de cette nation. Notamment du rôle de l'Etat en matière de choix de politique industrielle et plus largement scientifique et technique.

En résumé, l'innovation n'est jamais exogène à son milieu de référence. À l'échelle locale, Grenoble n'échappe pas à la règle avec un cluster scientifique et technique de tout premier plan reconnu dans les domaines de la microélectronique, l'énergie, les nanomatériaux, l'informatique, la science de l'atome, les neurosciences cellulaires et moléculaires, ...



### ***Grenoble, un pôle scientifique et technique mondial***

Source : Boissin, O. « *L'économie contemporaine en dix questions clés* », Ed Campus Ouvert, 2021.

Historiquement Grenoble était une ville de taille modeste, plus petite que ses voisines Annecy ou Chambéry. Elle connaîtra toutefois un dynamisme industriel

et universitaire qui lui permettra de devenir au XXI<sup>e</sup> un pôle scientifique et technique de tout premier plan.



Métier à tisser de J. de Vaucanson (Exposée au Musée des Arts et Métiers, Paris)

Grenoble sera réputée de longue date pour son industrie de la ganterie. Mais que cela ne masque pas d'autres activités inventives durant cette période. Notamment l'invention en 1747 de la première machine textile automatisée, celle conçue par J. de Vaucanson. Cette invention majeure sera précurseur du métier Jacquard et de la Mule Jenny<sup>9</sup>, symboles avec la machine à vapeur de J. Watt et du four sidérurgique d'I. Wilkinson de la première révolution industrielle. D'autres inventions dans le domaine des automatismes seront également à l'actif du même inventeur grenoblois.



Pierre Simon

La révolution du « 4.0 » peut se lire comme le résultat d'une longue évolution scientifique et technique puisant ses racines dans le XVIII<sup>e</sup> : le siècle des Lumières. Dans les domaines de la culture, des lettres et de la philosophie, mais aussi des sciences et des techniques, ce siècle a vu l'émergence des travaux de Bernoulli, Lagrange, Monge, Condorcet, Cavendish, Coulomb, Volta, ... et l'Encyclopédie de Diderot et Dalember aussi<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Inventée en Grande-Bretagne, il s'agit d'une technique de tissage automatique sur la base d'un filage actionné par l'énergie hydraulique.

<sup>10</sup> Pour une analyse des sciences et des techniques dans l'histoire des dynamiques socio-économiques mais également géopolitiques des nations, quelques signatures centrales d'historiens de l'économie : J. Brasseul, F. Braudel, E. Labrousse et I. Wallerstein. Quant à une analyse focalisée sur l'histoire des sciences et des techniques, une des références majeures reste l'œuvre de B. Gille « *Histoire des techniques : civilisations, technique et sciences* », La Pléiade, 1978.

A partir d'un secteur industriel reposant initialement au XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècle sur les gantiers<sup>11</sup>, durant la deuxième partie du XIX<sup>e</sup> siècle l'industrie prendra toutefois véritablement son essor dans la région. Tout d'abord avec l'invention du ciment artificiel par Louis Vicat, activité qui se traduit encore de nos jours par l'exploitation de carrières autour de Grenoble, mais aussi de recherches sur la manière de réduire l'empreinte écologique très élevée de ce secteur<sup>12</sup>.



Brillant ingénieur œuvrant dans le génie civil, Louis Vicat va inventer en 1817 la base du ciment portland avec de la chaux artificielle. Il faudra toutefois attendre les années 1840 pour voir « l'or gris » acquérir le succès qu'on lui connaît. Soucieux de léguer son invention à l'humanité, L. Vicat refusera de déposer un brevet sur son invention.

Puis face aux demandes croissantes liées à l'imprimerie, des besoins d'inventions mécaniques seront adressés aux ateliers de papeterie (notamment la conception de défibreurs de plus en plus puissants). Les montées en compétences ne cesseront alors de se développer : créée en 1907, l'École Française de Papeterie en sera une des résultantes<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> Cette activité perdurera également au XIX<sup>e</sup> siècle. En réalité, son âge d'or se situera d'ailleurs là, avec l'invention notamment, par Xavier Jouvin (1838), d'une technique mécanique sophistiquée de découpe des gants selon la morphologie des mains.

<sup>12</sup> Pour un ouvrage d'art en « or gris », si la possibilité s'en offre, visitez le garage hélicoïdal à Grenoble (à proximité de la place Grenette). Une conception de 1929, un digne témoin de la période Art-déco. A défaut, contempler la Tour Perret dans le parc Mistral.

<sup>13</sup> L'école sera rattachée à l'INPG en 1973, et va compléter son offre de formation d'ingénieurs vers les fibres et les biomatériaux (école Pagora).





Phase amont du *process* de papeterie.

Si la région s'est s'avérée relativement pauvre en ressources naturelles, elle n'en demeure pas moins riche par son considérable potentiel énergétique. Cela grâce à l'eau et au relief montagneux favorable à l'exploitation de l'énergie hydraulique.



Grenoble et la chaîne de Belledonne.

L'inventeur Aristide Berges va être le premier à valoriser l'hydroélectricité. Il mettra en œuvre ses inventions en 1867 à Lancey - une commune proche de Grenoble, au pied de la chaîne de Belledonne - afin d'actionner des défibreurs par la force hydraulique (secteur de la papeterie).

Puis en 1889, il confèrera ses lettres de noblesse à la houille blanche lors de l'Exposition universelle de Paris : il s'agissait de turbiner l'eau à des fins d'énergie électrique.



S'il ne fallait historiquement retenir qu'un seul facteur du dynamisme industriel de la région, la houille blanche serait probablement l'élue. Sur sa base, l'expansion des grands groupes sera lancée : les ateliers Neyret-Beylier-Piccard (futur Neyrpic-Alstom-GE), avec la construction mécanique pour les conduites forcées et les turbines, la fabrication des concasseurs-broyeurs pour les cimenteries, la fabrication des remontées mécaniques, Aristide Berges et les équipements pour l'industrie papetière également, Pechiney et l'aluminium, l'électrochimie et la fonte dans la vallée de la Romanche, Merlin Gerin et le matériel électrique, le génie civil pour la construction notamment des barrages, la Cie du Tramway Grenoble-Chapareillan (TGC) qui grâce à l'électricité va développer un réseau d'une densité de tout premier plan.



La centrale hydroélectrique des Vernes (à Livet-Gavet, vallée de la Romanche, 1918).

Puis, plus tard va être réalisé la plus grande capacité d'hydroélectricité française : le barrage de Grand Maison. D'une puissance installée de 1800 MW, ce barrage représente près de 10% de la puissance du parc hydraulique français. Il va être mis en service en 1988.

Conjointement à cela sera développé tout un ensemble de formations universitaires et de laboratoires afin d'accompagner les besoins sur le marché

du travail<sup>14</sup> et les avancées scientifiques, techniques et organisationnelles nécessaires. Dans ces dispositifs, soulignons en particulier l'université des sciences Joseph Fourier qui continue de compter parmi les plus prestigieuses mondialement (UGA).



Bibliothèque des sciences, université de Grenoble.

### **Grenoble, au cœur de l'atome, de l'électronique et du numérique.**

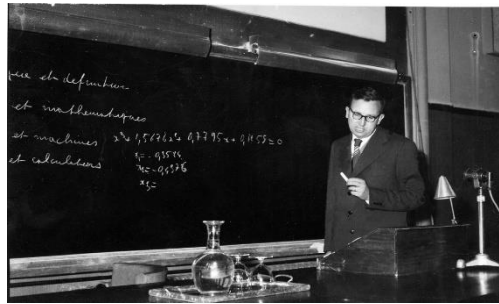
Dans d'autres domaines également, d'importantes avancées scientifiques seront initiées par le physicien Louis Néel. Sans oublier le mathématicien Jean Kuntzmann. Plus proche de nous, ce dernier va développer dès 1951 un centre de calcul en lien avec les industriels locaux. Puis les formations de l'Ensimag et de l'Imag durant les années 1960 et 1970, rappelant l'importance des synergies à valoriser entre l'industrie et l'université.

Autre fait marquant : Grenoble a connu un rayonnement important grâce à l'accueil des Jeux Olympiques en 1968. Sur le plan urbain et quant à son architecture, la physionomie de la ville en sera profondément remodelée. Puis durant cette période des Trente Glorieuses, le développement des grands centres scientifiques tel le CENG<sup>15</sup> (renommé CEA-Leti en 1995), mais aussi des universités et des écoles d'ingénieurs permettront à la ville de s'affirmer dans les domaines des sciences de l'atome, des nanotechnologies, des matériaux, de l'informatique, des batteries, des cellules photovoltaïques, de la pile à combustibles, ...

---

<sup>14</sup> Sur le plan de la mécanique et de l'hydraulique, pensons notamment à l'ENS d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble (HMG-INPG). Cette école va être fondée en 1929, initialement sous le nom d'École des ingénieurs hydrauliciens de Grenoble, l'EIH. Il s'agit de nos jours de l'ENSE3, une école positionnée sur l'Eau, l'Energie et l'Environnement.

<sup>15</sup> Centre d'Études Nucléaires de Grenoble.



Source : Aconit / L. Bolliet

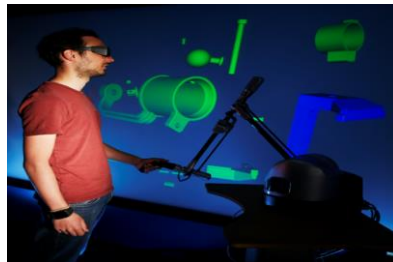
Jean Kuntzmann, au côté de Louis Néel, a été l'un des pères fondateurs des écoles d'ingénieurs de Grenoble. Ici avec l'Ensimag, une école de mathématiques appliquées qui va ouvrir ses portes en 1960.

Dans le prolongement des grandes découvertes réalisées outre-Atlantique, Grenoble va se trouver ainsi être un des lieux phares dans la genèse de la microélectronique et du numérique.



Rappelons que c'est au milieu du XX<sup>e</sup> siècle que la microélectronique voit le jour, avec l'invention du transistor en 1947 s'il ne fallait retenir qu'une date symbolique. Il s'agit là de l'élément central d'un circuit intégré. Cette invention majeure a été le fait de trois chercheurs américains au sein du laboratoire Bell. Le transistor remplacera alors les tubes à vide, annonçant les progrès à venir en termes de miniaturisation.

Une décennie plus tard, Jack Kilby et Robert Noyce inventeront - toujours outre Atlantique - le premier circuit intégré. Un système de composants électroniques connectés sur un support en silicium. Permettant la réalisation d'opérations à un niveau sans cesse croissant, ce sera là le moteur d'une nouvelle révolution industrielle : celle du 4.0.



Sur la plateforme GINOVA de l'école de Génie Industriel (Grenoble-INP), une expérimentation sur les possibilités du numérique - ici par bras haptique - appliquée à la conception de produit. Une des applications du 4.0.

Entre 1947 et 2022, les inventions de la microélectronique se transformeront alors en de multiples innovations : une valorisation des avancées scientifiques notamment vers les domaines des calculateurs et des algorithmes. Après IBM et HP, après Bell et Texas Instrument, Intel naîtra en 1968 et développera en 1971 le premier microprocesseur standard de l'industrie : le 4004. Les premiers micro-ordinateurs ne tarderont alors pas à sortir : l'Altair, mais aussi le Micral qui lui sera même antérieur (1972), ce dernier émanant d'une PME française R2E<sup>16</sup>. Et jusqu'à nos jours, Grenoble ne ratera pas cette nouvelle vague d'innovations.

De multiples investissements seront lancés par des acteurs tant privés que publics et viseront notamment une miniaturisation des circuits intégrés, une excellence dans la physique des particules (avec notamment l'accueil du Synchrotron Européen), mais aussi de nouvelles applications informatiques (compilateurs, éditions de logiciels, gestion des IT, ...), tout un tissu de laboratoires et d'entreprises allant des start-up aux géants mondiaux des systèmes d'information, tel Capgemini dans les services du numérique.

#### Le synchrotron européen



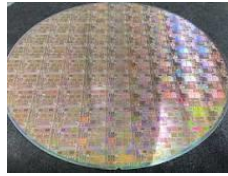
Il associe 22 pays pour conduire à travers un accélérateur de particules des recherches sur la matière à l'échelle nanométrique. L'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) est le plus puissant synchrotron mondial. Cela lui permet d'effectuer des recherches tant sur les virus que sur les comportements de matériaux au sein d'une batterie, de cartographier un cerveau ou encore d'analyser les cellules du vivant ... Une infrastructure qui a vu le jour en 1994, et qui va connaître un nouvel élan en 2020 suite à un investissement de 150 millions d'euros.

Dans le domaine des semi-conducteurs, le site grenoblois s'est révélé là aussi particulièrement innovant. En 1975, les chercheurs travaillaient ainsi sur des plaques de silicium de 100 millimètres, aujourd'hui de 300 centimètres,

---

<sup>16</sup> Ces inventions dignes des plus belles histoires de l'avant-gardisme technologique sont nées dans les garages. Il s'agit véritablement là des pionniers, avant les Apple, IBM ou Microsoft sur cette famille de produit. Peu de personnes retiendront toutefois les noms de ces inventeurs de la micro-informatique grand public : André Truong et François Gemelle pour le Micral sur une base d'Intel 8008 (1972) ; Edward Roberts et Forest Mims pour l'Altair (1974) sur une base d'Intel 8080.

demain de 450 ou plus. CEA-Leti, ST Microelectronics et Soitec avec le FDSOI représentent sur ces questions des entreprises à la pointe de la technologie.



Circuit intégré de semi-conducteur  
sur gaufrette de silicium

À une échelle encore plus étendue, évoquons le projet Giant. Un pôle scientifique mondial majeur : 10.000 chercheurs, 10.000 étudiants, 40 firmes, une connexion exemplaire de la science, des techniques et de l'industrie. Plus de 700 brevets par an, 7000 publications scientifiques annuelles, etc. Le CEA est le premier acteur national en matière de dépôt de brevets.



Source : Giant Innovation Campus

Objectif de Giant : structurer les compétences en différents pôles d'excellence sur le site : Recherche fondamentale, Information, Industrie, Energie, Management de la technologie, Instrument, Santé.



CEA-Leti

Au regard de sa trajectoire et de son potentiel, l'avenir de Grenoble est bel et bien ouvert. Et la Cité peut justifier haut la main de son positionnement parmi les villes les plus innovantes mondialement en bien des domaines.

### Grenoble, pôle d'excellence en R&D et fabrication de cellules de batteries électriques



Sur la base d'un investissement initial de 100 millions d'euros, l'entreprise Verkor va inaugurer en 2021 une Gigafactory dédiée à la production de cellules de batteries ion-lithium. Sur ce segment industriel stratégique, de multiples partenaires sont engagés dans le projet, tel Renault, ou encore Arkema, Schneider, Tokai Cobex, Capgemini, etc. Côté R&D, de longue date des recherches sont également menées sur le pôle Grenoblois et notamment par le CEA Tech - Liten<sup>17</sup>.

Elle se trouve ainsi classée en cinquième position des villes les plus innovantes selon le classement « Forbes ». C'est là le résultat d'un maillage industriel, universitaire et de recherche exceptionnel. Un environnement scientifique et technique riche de son passé, de ses pôles de formations et laboratoires, de son tissu entrepreneurial avec ses grands groupes, à l'instar de Schneider, Air Liquide, HP, Caterpillar, BD, Lynred, General Electric Energy, E2V, A. Raymond, Cap Gemini... mais aussi de ses ETI<sup>18</sup>, PME et Start-up, un terreau fécond en innovations.

Cette agglomération aux multiples métissages culturels est profondément inscrit dans un contexte international. Grenoble, ville élue « capitale verte » en 2022 apparait ainsi comme un pôle scientifique et technique majeur, qu'il s'agisse du numérique, de l'électronique, de la physique des particules, du nucléaire, des automatismes, des nanotechnologies, des batteries électriques, du photovoltaïque, de l'hydrogène, ... Et cela ne sera rien de trop face aux transitions notamment énergétiques à conduire.

<sup>17</sup> LITEN : Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux.

<sup>18</sup> Sur le plan de la démographie d'entreprise, la majorité des entreprises au sein du pôle Minalogic ne sont pas des grands groupes ou des PME mais des ETI pour plus des deux tiers.

### (iii) Une culture orientée innovation en *Design to Cost*

Y. Dubreuil, gestionnaire de projet chez Renault sous la présidence de L. Schweitzer a généralisé début 1990 dans le cadre du projet Twingo une approche dite en « *Design to Cost* ».

Puis dix années plus tard, C. Ghosn va en faire la clé de voute du management de projets. Objectif : sélectionner les innovations afin de concevoir et produire un bien dans une enveloppe financière contrainte. Lorsque l'objectif du coût à atteindre est drastique, on parle de logique *Low-Cost*.

Parfois même de nos jours d'*Ultra Low Cost* quand il s'agit de se positionner sur certains marchés. Il en découle une mise sous pression des différents acteurs face à l'importance des contraintes du *Target Costing*. Il s'agit là d'une cible de coûts à respecter et inscrite dans les domaines de la conception, de la production et de la distribution.

Suite au rachat de Dacia en 1999, la gamme de véhicules « *Entry* » initiée par le projet Logan sous la présidence L. Schweitzer représente un cas d'école. Elle va se généraliser sous C. Ghosn dans la voie de l'*Ultra Low Cost* avec la sortie en Inde du modèle de véhicule Kwid (2016).



Renault Kwid : un prix cible de 4000 USD.  
Marché initialement visé : l'Inde.

Gardons toutefois à l'esprit que derrière ces pratiques de *Design to Cost* se trouvent des pénibilités au travail particulièrement élevées. Cela provient d'une recherche d'efficacité en matière de tenue des budgets, des délais et des innovations à trouver. Cela tant du côté des produits et des process que de l'organisation afin d'atteindre les objectifs définis par la hiérarchie.

Passé un certain seuil de tension, les effets négatifs peuvent aussi l'emporter. En langue anglaise, c'est le *Burn out*, un excès de stress. Que ce soit dans l'industrie automobile, du textile, de la grande distribution, des télécommunications, ... de nos jours ces cas sont loin d'être isolés comme nous le savons. Et au sein d'un monde où la concurrence est globalisée, ces



dérives semblent devenir la norme : Chine, Corée du sud, Japon, États-Unis, Pays d'Asie du Sud-Est... En 2022, peu d'endroits de la planète échappent à la règle.



Selon les promoteurs de la « *Théorie du stress* », un subtil dosage doit être trouvé en termes d'intensité du travail et d'incitation à l'innovation. Sur la base d'une culture d'entreprise porteuse, d'une organisation agile et réactive, l'équipe projet doit parvenir à atteindre l'objectif fixé dans le cadre des moyens alloués .

Selon Y. Dubreuil, dans le cadre d'un contexte soumis au stress, le curseur des activités à mener doit être déplacé avec la plus grande prudence dès lors que l'on s'approche de zones délicates pour le collectif. Derrière se trouve le principe d'un « bon stress » utile à l'innovation, contrairement au « mauvais stress » qui lui est à bannir car toxique pour le collectif. Au final, le dosage d'une « contrainte horloge » est à trouver afin d'accroître une incitation à la performance.

Ainsi que l'indice de profitabilité diraient peut-être les financiers.

Enfin, tout cela doit être orchestré à un niveau managérial élevé et l'ancien PDG du groupe, C. Ghosn, ne devrait pas démentir ces pratiques. Ni d'ailleurs celles relatives aux inégalités dans la répartition des richesses. Ses rémunérations resteront en effet gravées comme le témoin de la dérive actuelle d'un capitalisme de plus en plus financiarisé<sup>19</sup>. Puis après 2019,

---

<sup>19</sup> A minima 15 millions d'euros annuel, ce chiffre cumulant un périmètre de responsabilités toutefois élargi par rapport à celui de Luca de Méo ; 15 millions d'euros, à titre comparatif notons qu'il s'agit là d'environ 800 fois le salaire d'un opérateur du groupe Renault travaillant en France et payé au SMIC.

Durant la décennie 1980, les rémunérations des hauts dirigeants du CAC 40 ne correspondaient pas à 400 ou 800 SMIC, mais à 40 ou 60 SMIC. Quant au SMIC, en valeur brute horaire il ne sera pas multiplié par 10 sur la période, mais par environ deux et sur la base d'un pouvoir d'achat réel globalement constant sur la période.

Un des leviers des actionnaires pour inciter le haut dirigeant (PDG) à accroître la performance financière de l'entreprise consiste à lui offrir, lors de sa nomination, un gros volume d'actions et/ou de stock-options. Ainsi, le manager devient non pas un petit porteur, mais un actionnaire important et sensible au cours de l'action de la société qu'il doit manager. Et comme le cours d'une action sur un marché financier est principalement lié au niveau de profit de la société, le reste en découle inéluctablement...

celles de son successeur Lucas de Méo ne va guère témoigner d'inflexion<sup>20</sup> : 1.3 million de fixe annuel, additionné aux 6 millions d'euros selon les performances. Si nous prenons du recul, encore bien du chemin reste donc à parcourir pour obtenir des logiques de rémunérations plus équitables entre les acteurs. En particulier depuis la décennie 1980, mondialement les sociétés innovent mais dans des conditions de travail et de répartition des richesses bien souvent contestables. Un euphémisme. En haut de la pyramide de ces grands groupes, les pratiques sont souvent hors-sols.

### **Une recherche de sens au travail.**

Sur le plan de la GRH, une politique visant la réduction de la masse salariale génère certes des effets de profitabilité, mais bien des limites relatives à cette culture du résultat sont enregistrées. Les collectifs se trouvent plongés dans des organisations industrielles de plus en plus complexes, fonctionnant en mode urgence, soumises à de continuelles obligations de reporting, et au final anxiogènes<sup>21</sup>.

Or, rappelons que la performance a besoin de transversalité, de sérénité et d'une bonne dose de prise de recul afin d'innover, d'évoluer dans un contexte humain favorable, et ayant du sens parmi les collectifs. En termes d'emploi, dans les souhaits des jeunes générations il n'est d'ailleurs pas neutre que le mot qui domine dorénavant est celui d'une recherche d'entreprises dite « libérées ». Bien des entreprises se targuent d'ailleurs de ce vocable, mais dans les faits cela reste souvent à nuancer. C'est dans le domaine de l'économie sociale et solidaire (ESS) qu'apparaissent les meilleurs exemples d'une gouvernance partagée et d'une conduite démocratique et humaine des activités.

Mais d'autres sociétés non estampillées de l'ESS peuvent également s'en rapprocher, y compris parfois de grands groupes.

Google<sup>22</sup> travaille de son côté sur la mise en place d'un environnement

---

<sup>20</sup> Et cela, malgré l'acception par L. de Méo d'une baisse de ses prétentions salariales pour prendre le poste laissé vacant en 2019.

<sup>21</sup> Sous un prisme cinématographique, ne retrouverions-nous pas là finalement *les Temps modernes* de Charlie Chaplin, mais en version innovante, sur la base d'une industrie en 4.0 ? Les indicateurs de la pénibilité au travail sont-ils en réduction significative depuis quarante ans ? Retenez un secteur de votre choix et analysez. De nombreuses études seront là pour vous accompagner : en France, notamment celles de la DARES, de pôle emploi, de l'INSEE...

<sup>22</sup> Il serait plus juste de parler du groupe Alphabet, Google n'étant qu'une des entités du groupe.

incubateur porteur d'innovations pour ses salariés, à des hiérarchies plus « horizontalisées », à la recherche d'un bien vivre au travail, des degrés de liberté laissés aux salariés pour innover, etc. Il y a bien sûr toujours une face cachée à cela, mais à grosse maille disons que les « *Googler* » évoluent sans doute dans un environnement plus convivial que leurs confrères du groupe Foxconn<sup>23</sup>.

Décathlon en France pourrait représenter un autre exemple d'une entreprise où il semble plutôt faire bon vivre. Cela surtout dans leurs « centres d'innovation », peut-être un peu moins dans leurs grandes surfaces de ventes (et encore), ou encore chez leurs fournisseurs (là sans doute la réponse serait affirmative). Certainement est-il préférable d'être vendeur chez Décathlon que chez Leclerc, Leader Price ou d'autres grands distributeurs de l'Hexagone<sup>24</sup>. La société qui sait innover est celle qui parvient à attirer et à fidéliser les talents. Car la compétence se construit aussi dans le temps.

#### (iv) La concurrence

En matière industrielle, le cadre est généralement le suivant : peu de compétiteurs sont présents sur un même segment de marché. On parle alors d'un oligopole. Mais il n'en reste pas moins une concurrence généralement intense à l'échelle internationale.

---

<sup>23</sup> Foxconn est un groupe taïwanais dont la plupart des sites de production sont localisés en Chine. C'est eux qui réalisent une grande partie des familles de produits d'électroniques mondiaux tels les smartphones, les portables, ... La pénibilité au travail est régulièrement mentionnée comme particulièrement élevée pour les collectifs. Le nombre de suicides - notamment au stade des opérateurs - en est une des marques. Il ne s'agit pas ici d'un phénomène marginal, Foxconn étant le plus grand groupe industriel mondial comptant quelques 1,2 millions de salariés.

<sup>24</sup> Il s'agit toutefois ici de propos émis sous réserve car cela dépend aussi des hiérarchies en vigueur au sein des sites, ces derniers disposant souvent de larges degrés de liberté dans leur manière de manager. Lors des enquêtes où il fait bon vivre pour les salariés, Décathlon ressort toutefois souvent la tête haute dans les classements, les autres enseignes de la grande distribution moins fréquemment.



Les secteurs d'activités témoignent-ils principalement d'une structure concurrentielle, oligopolistique ou monopolistique ? Illustrez la question sur la base de deux ou trois secteurs d'activité de votre choix.

Que faut-il en conclure sur le plan de l'intensité concurrentielle ?

Généralement ce n'est pas la concurrence qui explique les retards d'innovations d'une firme. Une forte intensité concurrentielle est au contraire une puissante incitation à l'innovation. Ainsi, comparativement à une situation de monopole (hormis le cas particulier du monopole naturel)<sup>25</sup> une situation d'oligopole ou de concurrence est favorable à une dynamique d'innovations.

Dit autrement, la course à l'innovation est d'autant plus stimulée que la concurrence est forte. Et cette intensité concurrentielle peut parfois être atteinte avec une simple situation de duopole<sup>26</sup>. Une concurrence vive conduit ainsi à des rapides avancées. Tesla, Toyota, Stellantis, Renault, VW, NIO, Honda, ... sur les véhicules électriques, Microsoft, Tencen, Sony, Nintendo, Activision blizzard, Ubisoft, Electronics Arts... dans le domaine des consoles de jeu, etc. La concurrence mondiale est principalement de forme oligopolistique. Ainsi, deux à dix firmes mondialement sur la majorité des parts de marché suffisent pour créer un contexte de concurrence mondiale très soutenue.

#### (v) Le hasard

Au niveau des individus, de nombreuses inventions ou innovations trouvent leur origine dans un processus que l'on pourrait qualifier d'un heureux concours de circonstances. Plus ou moins par hasard, on ne le sait exactement. Les jeux d'associations d'idées et de créativité sont multiples et

---

<sup>25</sup> Pour l'ensemble des parties tant du côté de l'offre que de la demande, une situation avec un seul offreur (monopole) est préférable à une situation de plusieurs offreurs (oligopole).

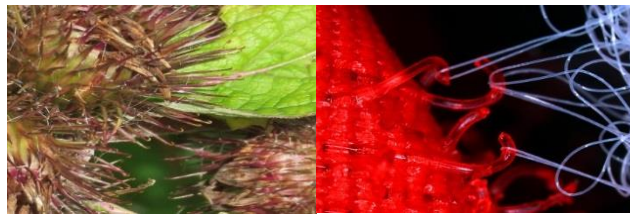
<sup>26</sup> Duopole : deux offreurs réalisent l'essentiel des parts de marché à l'échelle nationale ou mondiale sur leur segment de marché. Pensons à Boeing – Airbus par exemple sur les gros porteurs. Un duopole est la forme la plus étroite d'un oligopole.

les racines cognitives sont toujours entremêlées. Derrière l'apparent hasard se trouve le plus souvent un solide socle de compétences de l'inventeur ou de l'innovateur. Pensons par exemple à l'invention du verre par flottaison par A. Pilkington, G de Mestral avec le velcro, JB. Dunlop et la vulcanisation du caoutchouc, P. Spencer et le four micro-ondes, W. Röntgen et le rayon X, etc.

Au rendez-vous se trouve une curiosité intellectuelle doublée d'un travail important - voire acharné - pour transformer l'étincelle initiale en invention ou innovation. Parfois également avec la nécessité de disposer du temps.

Pensons à Thomas Edison avec la lampe à incandescence, où l'idée initiale remontait, paraît-il, à son enfance lors de l'observation de la combustion d'une fibre de bois dans un feu.

#### L'invention du Velcro



En 1941, de retour d'une promenade, l'ingénieur suisse Georges de Mestral va se heurter au menu problème d'ôter de ses habits les fleurs de bardanes. Sa curiosité l'amena à analyser au microscope le principe de fixation et il comprit l'efficacité des jeux de boucles. Après de premières applications infructueuses sur le coton, il parvint à des systèmes efficaces d'accroche sur une base de nylon. Le brevet du Velcro va être déposé en 1952, puis la compagnie va l'exploiter sous de multiples applications.

Bien sûr, le tout généralement non dénué d'une observation attentive des avancées concurrentes, parfois même en usurpant la primeur à l'inventeur initial. Sur nombre de ses inventions, T. Edison ne va pas échapper à la règle en témoignant de comportements bien cavaliers pour le moins.

Mais comme toujours, derrière l'invention ou l'innovation se trouve un contexte favorable à sa cristallisation. Les germes d'inventivité sont toujours ancrés spatialement et dans une temporalité porteuse. F. Braudel reste sur cette question un des grands historiens des innovations travaillant

sur la compréhension de la dynamique mondiale du capitalisme<sup>27</sup>. Bertrand Gille aussi<sup>28</sup>, invitation donc à la lecture.

## (vi) La contrainte d'innovation



La théorie des avantages comparatifs est-elle à l'avantage des nations dotées de fortes ressources naturelles ?

Dans un contexte d'intensité concurrentielle élevée, la concurrence par l'innovation est tout aussi importante - sinon plus - que la concurrence par les prix. Sauf peut-être pour les pays disposant de fortes dotations en ressources naturelles. Les économistes nomment cela « *la malédiction des pays rentiers* » : leurs atouts en richesses naturelles n'incitent guère à une prise de risques dans l'innovation.

Les coûts d'opportunité sont en effet trop élevés au regard du choix plus confortable, mais timoré, consistant à se limiter à exploiter les ressources rares de la nation.

La péninsule arabe, eldorado de matières premières énergétiques comme nous le savons, peut illustrer cela : riche de ses gisements en gaz et en pétrole, depuis bientôt un siècle elle témoigne d'un faible dynamisme en matière de dépôts de brevets, et plus largement d'avancées scientifiques et techniques<sup>29</sup>. Si quelques doutes subsistent sur ce constat -posture scientifique généralement féconde-, amusez-vous à un petit exercice.

### **Petit exercice : un peu d'observation.**

---

<sup>27</sup> Braudel, F., "*Civilisation matérielle, Economie et Capitalisme*", 3 tomes, Armand Colin, 1979.

<sup>28</sup> Gille, B., « *Histoire des techniques : Technique et civilisations, technique et sciences* (dir.) », La Pléiade, 1978

<sup>29</sup> Face à cela, Ben Salmane a d'ailleurs un plan ambitieux pour les décennies 2020-2030. Ce n'est pas de trop car il faudra parvenir à faire sortir l'Arabie Saoudite de sa dépendance à la seule industrie pétrolière et gazière.



Durant une journée, observez votre environnement afin d'identifier des sources d'inventions et d'innovations majeures. Quel est votre constat au final sur leur provenance ?

Puis retenez deux ou trois biens industriels de votre choix. Interrogez-vous sur leur origine, leurs racines, dans quels pays sont réalisées l'essentielle de la valeur ajoutée. Ensuite, posez-vous d'autres questions :

Quels sont les types d'ancrages territoriaux ? L'innovation est-elle issue de start-up ? De PME/PMI ? D'ETI<sup>30</sup> ? De grandes entreprises ? Nationale ? Privées ? Étrangères ? De *joint-venture* ? Sur le plan de l'espace, d'un district industriel ? De clusters nationaux ou encore d'un maillage de clusters internationaux ? Des chaînes de valeur faiblement ou hautement fragmentées, etc.

Et en résumé, en termes d'activités inventives, la péninsule arabe est-elle fortement impliquée dans ces dynamiques ?



En conclusion, ces pays ont surtout apporté sur longue période les matières premières fossiles nécessaires au développement des nations. Ne point voir là de propos déplacés vis-à-vis du grand peuple arabe, tout humain est frère et tout citoyen du monde n'est rien d'autre qu'une magie de métissages<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> ETI : Entreprise de taille intermédiaire.

<sup>31</sup> Pour exprimer les choses autrement, si la France avait disposé des formidables gisements pétrolifères et gaziers à l'instar de l'Arabie-Saoudite, peut-être n'aurait-elle pas su développer l'excellence de ses compétences dans le domaine de l'énergie nucléaire. Ces questions sont toutefois complexes et ne peuvent se résumer à des seuls coûts d'opportunité. Les choix de la politique industrielle et scientifique notamment sont majeurs en la matière. Ainsi, à l'instar de l'Arabie Saoudite et de la Russie, les États-Unis disposent des plus grands gisements pétrolifères mondiaux et n'en restent pas moins les maîtres historiquement dans le développement des sciences de l'atome.

D'autre part, si nous prenons quelque recul, ces nations du Moyen Orient ont fortement contribué historiquement aux avancées des sciences comme des techniques. Pensons par exemple aux mathématiques ou à l'astronomie, aux habitations bioclimatiques ou encore aux techniques d'irrigation, aux avancées techniques dans le domaine du textile, en matière d'architecture, tant de villes témoignent de si grands trésors persans. Des pays de si grandes cultures, de si grands peuples, de si longues histoires ... pouvait-il en être autrement ?



Ispahan (Iran)

Mais depuis la naissance de l'OPEP, en 1960 s'il nous faut retenir une date symbolique<sup>32</sup>, force est de reconnaître que ces nations sont peu présentes sur les thématiques modernes des inventions et des innovations. L'Iran, malgré les fortes sanctions qui lui sont imposées géopolitiquement et économiquement, en représente peut-être l'exception.

Inversement, sur la même période, nombre de pays faiblement dotés en ressources naturelles sont devenus des nations innovatrices de tout premier plan mondialement. Pensons par exemple aux nouveaux pays industrialisés asiatiques (NPI): Singapour, Corée du sud, Taïwan, ... pourtant si pauvres en richesses naturelles mais qui sont passés maîtres depuis 1960-1970 dans les domaines de l'informatique, de l'électronique, de

---

<sup>32</sup> La question est bien sûr plus complexe, et comprendre l'histoire du gaz et du pétrole au Proche et Moyen Orient ne peut se faire sans comprendre les jeux de la géopolitique mondiale, et notamment les rôles troubles sinon iniques de la grande Bretagne (avec la société BP notamment) et des États Unis dans l'exploitation des précieuses ressources de la région. L'année 1960 n'est alors pas la date clé, il nous faut revenir au début des années 1950 avec l'éviction de l'éclairé monsieur Mossadegh en particulier qui s'opposait non sans raison aux finalités poursuivies par les puissances occidentales, sinon aux années 1920 pour comprendre les racines géopolitiques de la répartition mondiale des cartes énergétiques, c'est-à-dire aussi des pouvoirs.



la robotique, de la sidérurgie, de la construction navale, etc. Nos smartphones foisonnent de composants issus des géants de l'électronique TSMC, MSI, Flextronics, Foxconn, Acer, Asus, .... Quant au leader mondial, il se nomme Samsung.

C'est-à-dire un groupe puissant sa force dans les *clusters* technologiques de la Corée du sud. Ce pays qui accusait un retard technologique considérable en 1960 peut dorénavant se targuer d'être un des plus avancés mondialement en de nombreux secteurs. Et le maître sur l'industrie du futur.

Comprendre un environnement fécond à l'innovation nécessite ainsi de poser le problème en analyse multifactorielle. C'est un terreau d'ensemble qui est nécessaire, mais nous pouvons avancer que la faible dotation en ressources naturelles représente finalement moins un handicap qu'un facteur favorable à une politique d'innovation. La France est parvenue à se hisser au rang des trois leaders mondiaux de la filière du nucléaire car elle ne détient pas de matières premières énergétiques. C'est là l'une des raisons.



Centrale nucléaire de Civaux (une production annuelle d'électricité d'environ 20 TWh). Rappelons que 70 % de l'électricité produite en France provient des centrales nucléaires. Il s'agit là d'une spécificité mondiale. Demain, un nouveau gisement par les SMR (Small Modular Reactors) est également envisageable. Par SMR sont désignés les mini réacteurs nucléaires générant des puissances de 100 à 200 MW. Là aussi, de grands groupes de l'Hexagone à l'instar de Naval Group et EDF sont très bien positionnés pour relever ces défis liés à la transitions énergétiques. Sans compter la présence de groupes chinois qui sont en réalité les plus en avance sur ces technologies de SMR.

Plus généralement, en 2022, concernant ces sources d'innovation par la contrainte, s'il ne nous fallait retenir qu'une seule nation le Japon s'imposerait sans équivoque. Les théories libérales classiques et néo-classiques n'ont souvent raconté que des sornettes sur cette question : la théorie des avantages comparatifs ou encore des dotations factorielles propres n'est qu'une supercherie intellectuelle travaillant à l'avantage des pays historiquement dominants. Elle conduit en effet trop souvent à légitimer sur son plan théorique et pour les pays fortement dotés en

matières premières le choix de se spécialiser dans l'exploitation de leur matière première.



Salle blanche d'une *Fab* de microprocesseurs. Singapour en est un des *clusters* technologiques mondial.

Question : quels sont les prérequis territoriaux permettant l'émergence de ces clusters ?

## Conclusion

Même si la R&D représente une source centrale des inventions, l'innovation est bien davantage que l'application réussie des résultats de la recherche. L'évolution du concept d'innovation s'étend ainsi en spectre large et concerne tout aussi bien les innovations de produit et de process, que sociales et de services. Dans les pas de J. Schumpeter, les innovations se déclinent ainsi en de nombreuses applications possibles.

De même, de multiples sources sont présentes pour promouvoir un processus d'innovation. Il convient alors de les connaître afin de savoir valoriser ces leviers, notamment lorsque nous sommes confrontés à un dysfonctionnement ou à une solution à trouver. Et les défis posés par la transition écologique ne devraient pas désavouer cette importance fondamentale des inventions comme des innovations. On parle alors d'innovations inscrites en soutenabilité.

\* \* \*

### A - Résumé

A vous de synthétiser cela sur la base des quelques lignes directrices suivantes :

- Définissez les termes d'invention et d'innovation. Ils sont souvent liés mais n'ont pas la même signification.

- Réfléchissez ensuite aux différentes sources de l'innovation (par exemple de type *Technology push*/ *Demand pull*, *Low-Tech Right-Tech*)
- Quelles sont les principales contraintes dans le processus d'innovation (pensons par exemple aux dimensions temporelles entre les cycles d'innovation et les temporalités financières de retour sur investissement (de type ROI).

## B - Concepts abordés

Cycle de vie du produit - invention – innovation - innovation radicale – innovation incrémentale – recentrage technologique – source des innovations - Schumpeter.

## C - Questions à prolonger

- (i) La nouvelle évolution (ou révolution ?) industrielle nous conduit-elle vers une horizontalité des pouvoirs dans l'entreprise, ou d'un mix d'horizontalité et de verticalité des organisations productives ? Illustrez sur la base d'une entreprise de votre choix.
- (ii) Quelles sont les principales sources d'innovation à venir ? Sont-elles à rechercher dans du *Technology Push* ? Dans une approche en *Demand Pull* ? *Right-Tech* ? Autres ? Illustrez vos raisonnements théoriques sur la base d'exemples empiriques de votre choix.

## D - Pistes de lecture

- Académie des technologies, Rapport 2014.  
Bihoux, P., « *L'âge des Low-Tech* », Ed Seuil, 2014.  
Boissin, O., « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* », Série « Off », 2022.  
Boly, V., « *Ingénierie de l'Innovation* », Hermès-Lavoisier, 2009.  
Brasseul, J., « *Histoire des faits économiques et sociaux* », (3 vol), Armand Colin, 2004.  
Braudel, F., « *Civilisation matérielle, Economie et Capitalisme*, 3 tomes, Armand Colin, 1979.  
Mc Kinsey France, « *Accélérer la mutation numérique des entreprises : un gisement de croissance et de compétitivité pour la France* », 2014.  
Carlton, D. ; Perloff, J., « *Economie industrielle* », De Boeck Ed., 2015.  
Christensen, C., « *Innovator's Dilemma* », De Boeck, 1997.  
Delbos, A, de Perthuis, C., « *Les marchés du carbone expliqués* », Paris Dauphine, 2009.  
Garel, Mock, « *La fabrique de l'innovation* », Dunod, 2013.  
Gille, B., « *Histoire des techniques : civilisations, technique et sciences* », La Pléiade, 1978.  
Jouzel, J., Larrouturou, P., « *Pour éviter le chaos climatique et financier : une solution scandaleusement* », 2018  
Lauvergeon, A., (sous la dir), Rapport « *Innovation 2030* », ANRT, Commission de l'Innovation. 2014.  
Le Loarne, S., Blanco, S., « *Management de l'innovation* », Pearson, 2009.  
Le Tourneau, P., « *Ingénierie, transferts techniques et de maîtrise industrielle* », Ed d'organisation, 2016.  
Observatoire Régional de l'Environnement, « *Donner un prix à la nature* », ORE,

2012.

Radjou, N., Prabhu, P. « *L'innovation frugale, comment faire mieux avec moins* », The Economist, 2016.

Rifkin, J., « *La Troisième révolution industrielle* », Palgrave Mc Millan, 2011.

Schumpeter, J., « *Capitalisme, Socialisme et Démocratie* », Payot, 1942.

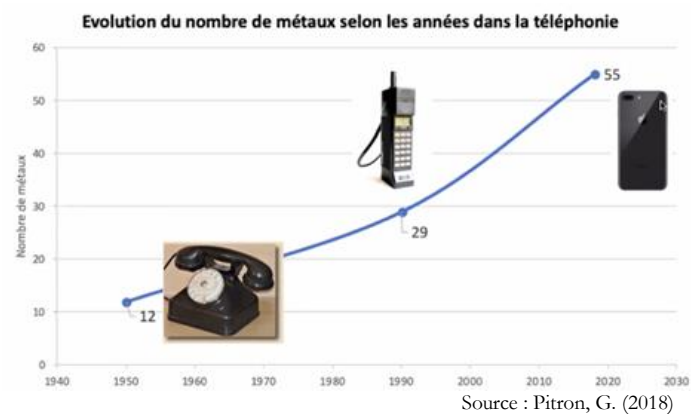
#### **E - Compétences attendues à l'issue de ce chapitre**

- Capacité à comprendre l'évolution économique comme un processus schumpétérien, l'innovation restant au cœur des dynamiques longues de développement.
- Savoir repérer les leviers et les parties prenantes dans un processus d'innovation.

\* \* \*

## Chapitre 2

### Inscrire l'innovation en soutenabilité



#### Sommaire

Introduction

- 1- Innovation et développement durable
- 2- *Low Tech, Right-Tech et Big Tech*
- 3- Circularité industrielle : contenu et périmètre de l'approche.
- 4- La complexité d'un bien est génératrice d'émissions.
- 5- Innover pour sortir d'un capitalisme thermo-fossile.

Conclusion

- A- Résumé
- B- Concepts abordés
- C- Compétences attendues
- D- Questions de prolongement
- E- Éléments bibliographiques

**Objectif du chapitre :** une capacité à engager une démarche d'innovation inscrite en soutenabilité, sinon en circularité industrielle. Sur la base de cas empiriques, ce chapitre a pour objet d'analyser cette démarche.

## Introduction

Les politiques de l'innovation ne doivent pas se concentrer uniquement sur la relation entre l'innovation et la recherche, mais bien sur la société dans son ensemble. Face aux transitions à conduire, elles doivent s'inscrire dans une approche de développement durable, c'est-à-dire parvenir à concilier les objectifs socio-économiques mais aussi écologiques. Sur le plan industriel, cela nécessite notamment la recherche d'une sobriété énergétique et une circularité. Sans cela, l'humanité se heurtera dans un horizon proche à un avenir difficile sinon critique.

### 1 - Innovation et soutenabilité

Soutenabilité, *Déf.* :

Une innovation soutenable consiste à l'inscrire dans un développement durable, c'est-à-dire d'innover afin de répondre aux besoins des générations présentes mais sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins à venir.

Comme nous l'avons vu, les domaines de l'innovation sont multiples et doivent s'inscrire dans la voie d'un développement durable.

-Innovations organisationnelles : ces dernières peuvent viser de nouveaux modèles d'organisation du travail ou encore la gestion des flux dans une voie soutenable (qu'il s'agisse de production, de logistique interne ou externe, de la gestion de fin de vie des biens et services, ...).

A l'entrée d'une agglomération, pensons par exemple au déploiement d'une logistique externe menée en intermodalité et sur la base de moyens doux afin de gérer l'approvisionnement des derniers kilomètres. Nous savons ce stade du dernier kilomètre particulièrement émetteur de CO<sup>2</sup>, des solutions sont donc à trouver notamment sur le plan organisationnel.



-Innovation liée au numérique : pensons aux nombreuses applications du *Cloud* et plus largement à la valorisation des informations par les géants des

algorithmes et du commerce en ligne. Aux GAFAM, aux BATX et autres empires liés aux marchés bifaces<sup>33</sup> (Uber, Booking.com, Mirakl, etc.).

Mais sachons garder un esprit critique sur ces innovations des Marketplaces car bien souvent elles sont éloignées d'une démarche en écologie industrielle. Elles sont à la source d'une pollution numérique en augmentation exponentielle, et induise par ailleurs -du fait de leur grande efficacité de fonctionnement- une croissance des consommations par les populations et une destruction des autres canaux habituels de distribution. Face à la concurrence d'Amazon, pensons par exemple aux faillites en chaîne des librairies en Grande Bretagne, ou encore en Inde dans le commerce de détail.

Quant à la protection des données privées des internautes, la question n'est là aussi non sans poser quelques interrogations.

Concernant le numérique, il peut toutefois permettre une réduction des émissions en dématérialisant par exemple des activités polluantes. Pensons à la substitution d'une écrit papier par un support numérique. Comme sur beaucoup d'autres questions, il ne nous faut être ni technophile ni technophobe.

-Innovation produit : l'invention et l'innovation de l'entrepreneur Boyan Slat à travers sa start-up *Clean up Ocean* peut témoigner d'une avancée positive. Cette innovation orientée ici en *Demand Pull* est riche en enseignement, et nous entrons là véritablement dans la problématique du développement durable. Objectif : participer au recyclage en nettoyant les océans des déchets issus de nos modes de vie marchands.

#### Startup Clean up Ocean



Barrage flottant de l'inventeur B. Slat pour collecter les résidus de surface, notamment de

---

<sup>33</sup> Par *marché biface*, nous désignons un marché nécessitant la présence de deux clientèles distinctes mais interdépendantes pour permettre une transaction sur les biens ou services concernés. Cela via, notamment des plateformes de marché.

matières plastiques. Sur le plan des compétences à mobiliser, synthétiquement quelles sont-elles, et que retenir de cette initiative ?

Ou encore, pensons à des innovations générées par de fortes avancées scientifiques et techniques en amont : on parle alors de *Technology Push*. Par exemple, dans le domaine des batteries électriques se font jour de multiples applications en moyen de mobilité douce, ou encore à l'émergence de Smart Grid<sup>34</sup> visant une optimisation des consommations d'électricité.

### *Les sciences et techniques au service d'un monde durable*

Source : Boissin, O., « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* » (vol 3),  
Série « Off », 2022

Le secteur qui émet le plus de GES est celui des transports<sup>35</sup>, et notamment du transport routier. Or, en la matière il est probable que l'on s'achemine vers des horizons beaucoup plus heureux que ceux des temps passés, et les avancées des sciences et des techniques n'y seront pas étrangères, loin de là.

Pensons par exemple aux spectaculaires avancées enregistrées dans le domaine des batteries électriques. Que ce soit en termes de puissance et de capacité de stockage, de rendement de recyclage, de nombre de cycles de charge et de durée de vie, de nouvelles potentialités en *Smart-Grid*, de réduction des teneurs en cobalt et autres métaux et terres rares, de chutes des coûts et des prix, etc. Bien des solutions arrivent à grands pas sur la base notamment des technologies lithium-ion ou encore lithium-fer-phosphate (LFP).

Il en est de même des avancées par les groupes Tesla, TACL, AESC, SK innovation, Yuasa, Toshiba, Samsung, LG Chem, Bosch, Varta, Panasonic, BYD... L'avenir est ainsi ouvert mais sous réserve que les applications visent une réelle sobriété énergétique.



Que ce soit sur les technologies Lithium-ion, Lithium Manganèse, Nickel Cobalt

<sup>34</sup> Les Smarts-grids associent les possibilités offertes par le numérique afin d'obtenir une meilleure gestion de l'électricité.

<sup>35</sup> S'il nous fallait nous résumer, sur le podium arriveraient le transport, le bâtiment et l'agriculture. Le tout ici en démarche d'ACV\*, c'est-à-dire en prenant également en compte les émissions de l'industrie incorporées aux biens finaux (sidérurgie, cimenterie, chimie, extraction fossile, biens d'équipement ...).



Manganèse ou Lithium-Fer-Phosphate, des avancées spectaculaires sont enregistrées notamment par des groupes chinois dans un temps très court. Nous n'en sommes qu'au début.

La source des innovations peut trouver ses origines tant du côté de l'offre que de la demande. Sur le plan de la soutenabilité, beaucoup d'innovations émergent de la société civile dans une volonté de démarche citoyenne. Face à la faible volonté souvent constatée des décideurs politiques sur le plan des transitions à conduire, la population est ainsi au cœur des initiatives. Elle le sera probablement de plus en plus.

La réglementation ainsi que les incitations de marché représentent pourtant des moteurs puissants pour découvrir de nouvelles inventions et innovations orientées en soutenabilité, et pour infléchir les actions vers des comportements davantage responsables. Pensons par exemple au marché des droits à polluer (marché carbone<sup>36</sup>).

Par ailleurs, les innovations ne sont pas que d'ordre technique ou scientifique, elles peuvent être organisationnelles et financières également. Certes, dans ce dernier cas, pour le meilleur comme pour le pire<sup>37</sup>. Des initiatives financières plus heureuses que celle des Subprimes, à l'instar du Crowd Funding de type « Quick Starter » témoignent de cela.

Ou encore à l'émission sur les marchés financiers de Green Bond dont la finalité est le financement d'investissements verts. De multiples initiatives se développent ainsi à travers la planète, par de multiples canaux. Pensons à la création en 1998 par J. Attali et A. Ventura de l'ONG *PlaNet Finance*. Objectif : permettre l'accès à des financements aux plus démunis au sein des pays pauvres ou des pays émergents, favoriser des projets en *Low Tech*, promouvoir des innovations répondants aux besoins essentiels des populations : se nourrir, se loger, se vêtir, se déplacer, ...

---

<sup>36</sup> Emission Trade Scheme. Une analyse des outils de l'intervention publique allant du marché des quotas carbone d'un côté aux écotaxes et normalisation de l'autre est exposé dans « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* » (vol. 1), 2022).

<sup>37</sup> Dans sa version sombre, pensons par exemple aux techniques de création de produits financiers toxiques. Il va en découler par exemple la crise des *subprimes* en 2008. Ces contrats *subprimes* représentaient pourtant une innovation financière.



Il s'agit là du développement d'une micro finance destinée à la lutte contre la pauvreté. A travers une cinquantaine de projets financés, l'objectif est de soutenir des actions locales inscrites en inclusion économique, sociale et environnementale. La finance est nécessaire, elle n'est pas le diable. Cela peut se concrétiser par des approches en *Low* et *Right Tech* par exemple, qui sont des domaines en pleine expansion au regard des besoins à couvrir.

## 2 - *Low Tech et Right-Tech*

Loin du *Big Tech*, de quoi parlons-nous ici ? Toujours s'en remettre au préalable aux définitions.

*En matière d'écologie industrielle, « Le low-tech ou basse technologie est un ensemble de techniques simples, pratiques, économiques et populaires. Le concept s'oppose au high-tech. Elles peuvent faire appel à des solutions techniques tombées (plus ou moins récemment) en désuétude.*

*Ces solutions techniques cherchent à être simples, bien pensées, bien dimensionnées et « réparables ». Elles sont issues d'une fabrication locale, favorisant l'emploi, plus proche de l'artisanat que de la production industrielle, voire de la « prosommation ». Ce sont des techniques issues de matériaux recyclés ou directement de sources naturelles primaires. Elles sont peu gourmandes en énergie et respectent l'environnement » (source : Wikipédia).*

Par exemple, lors d'un déplacement, si cela est possible plutôt opter pour un vélo plutôt qu'un véhicule à combustion thermique<sup>38</sup>. Le *Low-Tech* c'est souvent simple, économique et efficace pour l'ensemble des parties. C'est-à-dire pour la société dans son ensemble.

A l'exception des majors du pétrole, et peut être aussi de l'État au niveau de sa fiscalité sur l'énergie (pensons à la taxe intérieure sur la consommation de produits énergétiques -TICPE- qui représente la principale recette dans

---

<sup>38</sup> Ou même électrique, car quelle que soit la technologie mobilisée dans le véhicule, penser qu'elle est inscrite en développement durable est erroné. Il convient plus justement de dire qu'elle impacte plus ou moins fortement la planète au regard de son empreinte globale : c'est-à-dire de la somme de ses émissions générées lors de sa phase de construction additionnée de son facteur d'émission pour son fonctionnement puis de sa vie post-mortem.

l'ensemble des écotaxes). Le *Low-Tech* privilégie un non recours aux sources émettrices de CO<sub>2</sub>, ou encore à l'utilisation de ressources à stock fini.



Les solutions en *Low-Tech* sont multiples et s'inscrivent souvent dans une histoire longue.

Ici le vélo, mais nous aurions pu tout autant retenir la fabrication de capteurs solaires thermique pour générer de l'eau chaude-sanitaire. Il s'agit là d'une simple et remarquable invention. Les deux sont parfois possibles.

Amusez-vous pour certains à construire cela en circularité industrielle, une circularité qui peut être complète par ailleurs. C'est-à-dire sans aucun apport électrique dans le cadre de son fonctionnement, ni dans sa phase de construction. Pour sa construction, la réaliser sur la base de matériel en « seconde monte » (hormis peut-être un pot de peinture noire pour peindre un radiateur récupéré dans une déchetterie par exemple).

Un exemple d'écologie industrielle : le capteur solaire thermique



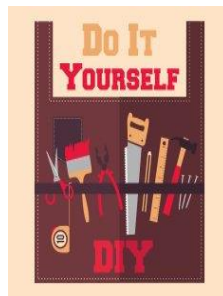
Chauffe-eau solaire : un dispositif efficace pour générer de l'eau chaude sanitaire, une solution très peu impactante sur le plan environnemental. Un exemple de pratique à promouvoir mondialement. Il peut être réalisé de manière plus simple que ce kit, sur une base exclusivement de *Low-Tech*. Lors de vos déplacements en pays émergents, vous

pouvez souvent identifier ces types d'installation. L'Hexagone est très en retard en la matière.

### Petit exercice : *Do It Yourself!*



Un peu d'eau chaude sanitaire gratuite, comment faire ? Un week-end de beau temps dans un jardin ou à la campagne, avec une bande de copains, festivité et créativité, quelques planches de bois et une vitre, un vieux radiateur ou un tuyau d'eau noir, un ballon de récupération, un peu d'antigel et un robinet, et sur la base d'un thermo siphon, il ne manquera plus que la boîte à outil et à vous de jouer !



*Eloge du DIY*

### Et les *Right-Tech* ?

Elles se réfèrent à un spectre plus large d'innovations que les seul *Low-Tech*. Elles peuvent combiner du *Low-Tech* et du *High-Tech* afin de répondre à un besoin important, et cela dans une approche là aussi de développement durable.

Par exemple, l'installation de panneaux photovoltaïques dans une zone de désert électrique. Pensons au continent africain, avec de nombreux pays souffrant de ce problème d'accès à l'électricité.

Ou encore en pays développé, au développement d'un vélo électrique pliable et pensé en intermodalité sur la base d'un cahier des charges très serré au niveau du coût cible et de son prix de vente. Comme nous le développons dans les volumes 3 « Innovation », cela nécessite de travailler en démarche d'éco-conception en recherchant le meilleur compromis entre l'usage recherché, le coût cible et l'empreinte environnementale en ACV.



Exemple d'une offre produit menée dans le cadre d'une démarche d'éco-conception et visant un besoin de mobilité douce. Le tout sans élément accessoire et en forte accessibilité prix. Il s'agit là d'un marché que nous pourrions qualifier de *Right-Tech*.

Par *Right Tech*, nous nommons des innovations articulant le *High-Tech* et le *Low Tech* afin de répondre à un besoin essentiel sur la base d'un produit à faible prix de vente, le tout inscrit dans une démarche de soutenabilité.

Il s'agit de l'emploi de la *High-Tech* aussi, car ce type de produit fait appel à des technologies parfois très sophistiquées, pensons par exemple aux motorisations électriques à faible encombrement, ou encore aux batteries ion-lithium dotant ce vélo.

Le *Right Tech* s'oppose par contre au *Big Tech*, cette dernière étant souvent une fuite en avant technologique plus ou moins motivée par une seule recherche de profit. Derrière le *Low* et le *Right Tech* se trouvent des approches en sciences et techniques citoyennes, au service de l'humain et visant une sobriété énergétique.

De nos jours, il n'y a jamais eu autant de potentialités d'innovations afin de répondre aux nécessaires transitions. Du simple au complexe, une large palette d'activité est ainsi ouverte.

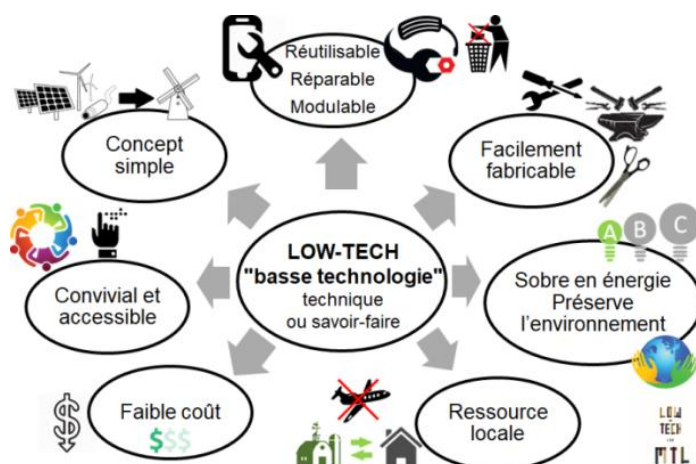


Schéma illustratif de l'approche *Low Tech* par le Lab de Montréal.  
Une démarche *Low-Tech* s'inscrit dans cette problématique plurielle.  
Selon les familles de produits, elle peut être complétée par une démarche en *Right-Tech*

articulant *Low* et *High-Tech*.

*Low-Tech* et *Right-Tech* au service des toilettes du futur :  
notamment en Inde, il s'agit là d'un des enjeux sociétaux à relever.

Un défi sanitaire, écologique et social majeur qui reste à relever pour une large partie de la population mondiale est le suivant : la construction de WC. En Inde, en Afrique, en Asie du Sud-Est...

Les *Low-Tech* mais aussi les *Right-Tech* peuvent permettre de résoudre cela en créant des toilettes disponibles pour le plus grand nombre. Les matières fécales sont des ressources précieuses pour créer des engrais, mais aussi de l'énergie via l'émission de biogaz par exemple. De l'eau aussi. Cela peut passer par des solutions simples en *Low-Tech* telles les initiatives de type ECOSAN au Burkina Faso, ou plus complexes en *Right-Tech* à l'image de solutions développées par la fondation Bill et Melinda Gates dans d'autres pays d'Afrique ou en Inde.



### « Bill Gates présente les toilettes du futur »

Source : Oneheart, 1 février 2019.



Afin de lutter contre les problématiques sanitaires dans les pays en développement, le fondateur de Microsoft a décidé de lancer ses toilettes sèches. L'objectif : apporter une solution durable dans les zones où l'eau manque.

En Inde, près de **150 millions de personnes** continuent de faire leurs besoins en plein air contre 550 millions en 2014. Cela pose de sérieux soucis d'insalubrité et entraîne une forte **mortalité infantile** dans de nombreux pays. Comme l'expliquait **Bill Gates** le 6 novembre 2018 lors d'une conférence à Pékin : « Quand les enfants vont jouer dehors, ils sont exposés à ça (déjections humaines) tout le temps. Ce n'est pas juste une question de qualité de vie, c'est lié aux maladies, à la mort et à la malnutrition ». Dans le cadre de sa fondation Bill &

Miranda Gates, il a donc lancé ses **toilettes sèches** appelés « **Nano Membrane Toilet** ».

#### **Des toilettes qui recyclent l'eau et produisent de l'énergie**

Déjà plus de 300 millions de dollars investis dans l'installation de ces toilettes qui enferment les excréments pour **éviter la propagation des odeurs et des bactéries**. Les excréments sont ainsi **transformés en énergie** par un processus de combustion. **Les toilettes recyclent également l'eau en la séparant de l'urine**. De cette manière l'eau peut être réutilisée dans le cadre d'activités domestiques (nettoyer la maison ou arroser des plantes).

### **3 – Circularité industrielle : de quoi parlons-nous ?**

#### **Contenu et périmètre de l'approche**

##### **Circularité : Déf.**

Selon Wikipédia (2022) « L'industrie circulaire est une expression qui désigne un modèle économique basé sur la durabilité des ressources, l'extension de la durée de vie et la régénération des produits et des matériaux. Ainsi, l'industrie circulaire est beaucoup plus complète que le simple recyclage. L'économie circulaire vise un découplage entre la création de valeur sociétale de son impact sur l'environnement, à travers une gestion optimisée des ressources<sup>1</sup>. Ce modèle implique la mise en place de nouveaux modes de conception, de production et de consommation plus sobres et efficaces (éco-conception, écologie industrielle et territoriale, économie de fonctionnalité, etc.) et à considérer les déchets comme des ressources. L'industrie circulaire représente ainsi une évolution significative en comparaison de l'industrie linéaire, qui consiste à extraire des matières premières, produire, consommer et jeter des produits ».

Cette définition posée, analysons maintenant l'ACV, c'est-à-dire l'Analyse du Cycle de Vie, mais cette fois sous son volet de la soutenabilité et non pas de son modèle marketing classique.

L'ACV est l'outil méthodologique permettant d'envisager la circularité. Et l'éco-conception est au cœur de la démarche.

#### **Sur le plan environnemental, l'innovation est-elle soutenable ?**

Notamment, les données environnementales sont-elles prises en

compte dans le bien ou le service à concevoir ? Apporter une réponse nécessite de se plonger dans l'inventaire de l'ensemble des flux engagés dans le bien ou le service. Objectif ? Mesurer le coût environnemental sur l'ensemble de son cycle de vie, et tenter de le réduire au maximum, voir même de travailler en émission CO<sup>2</sup> négative. Le recours à des experts matériaux est alors précieux durant la phase amont de l'ACV. Et quel que soit le bien, la démarche est souvent identique :

les phases d'extraction, de production, d'exploitation et de fin de vie sont-elles bien prises en compte dans l'analyse en matière d'émission d'eq. CO<sup>2</sup> ?



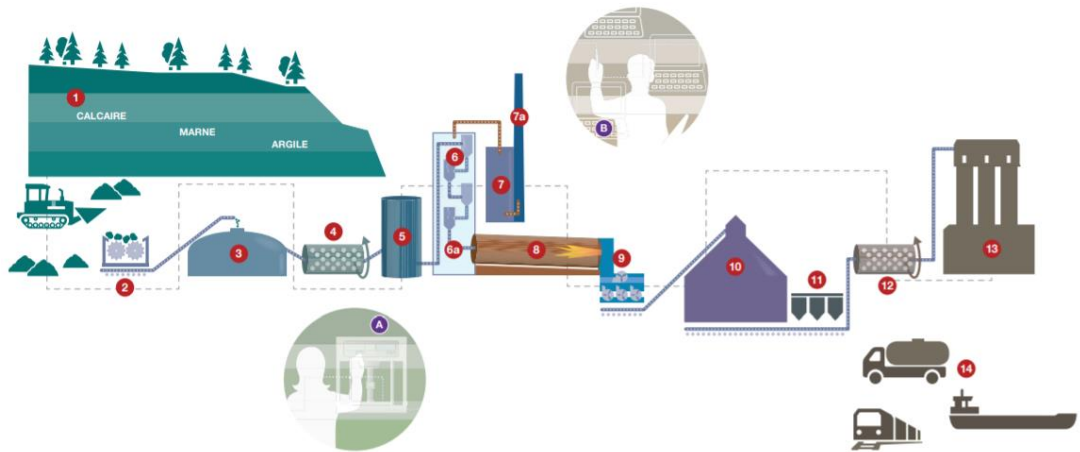
Une approche ACV passe par ce questionnement et par les analyses qui en découlent. Qu'il s'agisse du cycle de vie d'un vélo *Rock-Rider*, d'un sac de ciment *Portland*, d'un smartphone *Fairphone* ou d'un kWh issu d'une centrale thermique au charbon propre, ou encore d'une centrale nucléaire EPR ou en SMR, il s'agit toujours de la même problématique. Certes, le degré de complexité de l'analyse sera différent, mais sur le fond la question identique. Illustrons cela par du ciment. C'est-à-dire comprendre au préalable comment fonctionne cette filière industrielle.

**Innovation, environnement industriel et soutenabilité :**  
**voyage dans la filière du ciment.**





Le préalable à toute analyse environnementale est d'identifier les phases de l'ensemble de la filière étudiée. Schématiquement, celle de la filière du ciment se présente comme une suite d'étapes allant de l'amont (la carrière) à l'aval (la distribution du ciment) :



Source : Infociment (2020)

La filière se décompose alors en 12 étapes clés :

- la carrière de cimenterie
- la pré-homogénéisation des matières premières
- le broyage du cru
- l'homogénéisation du cru
- le préchauffage du cru
- la cuisson
- le refroidissement du clinker
- le stockage du clinker
- le broyage du ciment
- le stockage du ciment
- le contrôle qualité du ciment
- le conditionnement et l'expédition du ciment.

Aux différents stades de la filière, de multiples initiatives sont lancées dans une démarche de soutenabilité : innovation sur les techniques mobilisées dans les carrières, degré d'éloignement des carrières et mode de transport des inputs jusqu'à la cimenterie<sup>39</sup>, puis à l'aval le recyclage des cendres

<sup>39</sup> Le mauvais ratio poids/valeurs des inputs conduit toutefois les cimentiers à privilégier l'installation des cimenteries à proximité des carrières.

volantes issues de centrales thermiques par exemple au charbon, de gypse issu des *process* chimiques, des laitiers issus des hauts fourneaux ... Ces différents outputs sont ainsi réintroduits dans la composition du ciment et permettent une économie en termes de production de clinker<sup>40</sup>.



L'activité cimentière est particulièrement polluante aux quatre stades :

- de l'extraction minière des matières premières ;
- de la consommation d'énergie pour le fonctionnement des fourneaux ;
- de l'émission d'eq. CO<sup>2</sup> par réaction chimique lors du chauffage du calcaire et de l'argile pour la fabrication du clinker ;
- et dans une moindre mesure, des activités logistiques sur l'ensemble de la filière.

Cette modification des intrants n'est toutefois pas toujours facile à modéliser car elle peut modifier les propriétés physiques du ciment<sup>41</sup>.

De même, un élément majeur concerne la nature du process à sélectionner afin d'abandonner la voie humide<sup>42</sup> au profit d'un process par voie sèche, cette dernière étant préférable sur le plan du bilan énergétique.

Mentionnons de même de multiples recherches conduites sur le volet des adjuvants pour le béton.

---

<sup>40</sup> Une des différences importantes est le choix entre le Portland catégorisé en CEM1 qui est un ciment pur sans ajout de laitier et où seul du gypse est additionné au clinker ; et le Portland CEM2 faisant intervenir des ajouts de calcaire et de laitier en provenance des fours. Ainsi, ce dernier offre un bilan énergétique nettement meilleur que le CEM1.

<sup>41</sup> Notamment la prise du béton peut se révéler plus lente, ce qui représente un problème en termes d'utilisation.

<sup>42</sup> Les matières premières du clinker sont mélangées à l'eau avant les phases de broyage et d'homogénéisation. Dans un *process* par voie sèche, les matières sont directement introduites en phase de cuisson et permettent ainsi un gain d'énergie. De même, d'autres innovations de récupération d'énergie concernant le préchauffage influent sur le bilan énergétique de l'installation.

## Pour une approche en écologie industrielle

L'adjuvant pour le béton commercialisé sous la dénomination PERMIX est issu de surplus de peinture latex recyclé. Il permet d'améliorer la résistance du béton au gel/dégel et au sel de déglçage.



Source : CTTEI, 2020

Exemple d'un produit visant une circularité industrielle ici appliqué au béton. Une des illustrations possibles est ici menée par le CTTEI, le Centre de Transfert Technologique en Ecologie Industrielle (Québec). Ce dernier vise à promouvoir des démarches en éco-conception, à valoriser des résidus industriels, des procédés propres en chimie verte et à la symbiose industrielle (c'est-à-dire des approches inscrites en développement durable et visant un allongement de la durée de vie des biens). Mais la solution optimale est l'usage d'un substitut au béton, ce dernier figurant parmi les matériaux de construction les plus impactants en termes d'émissions de GES. Une habitation ou un ouvrage d'art avec une ossature bois lui serait par exemple préférable.

Par ailleurs, la grande majorité du béton en phase de déconstruction est réutilisée dans le secteur du BTP ou réintroduit dans le process des cimenteries.



En matière de circularité, le béton est un matériau se prêtant aisément au recyclage. L'essentiel des bétons récupérés (un volume estimé à environ 80 % des destructions) est ainsi réutilisé notamment à titre de fondations dans les bâtiments, de voiries (soubassements) ou encore broyé pour être réintroduit sous forme de poudre en substitut du clinker dans le process des cimenteries, ou encore d'agrégats réutilisés dans les constructions.

Au sein de cette industrie, le plus grand défi de la soutenabilité porte toutefois sur la consommation énergétique. La filière est en effet particulièrement énergivore et émettrice de CO<sub>2</sub><sup>43</sup>. De gros volumes de ciment sont réalisés, et le tout à une échelle mondiale : près de quatre milliards de tonnes par an de ciment sont ainsi produits. Concernant la nature du process, le poste énergie est considérable et dans l'évaluation techno-économique, ce poste représente environ le tiers du coût de revient d'une tonne de ciment.

Le défi à relever est donc triple : d'une part il faut accroître l'efficacité énergétique en particulier durant la phase de cuisson du clinker ; d'autres part il faut parvenir à verdir la nature du mix énergétique mobilisé dans l'ensemble de la filière (principalement du coke de pétrole et du charbon). Enfin, il faut trouver des substituts aux matières premières émettrices (calcaire, ...). Bien du chemin reste donc à parcourir en cette décennie 2020.

Pour la France, une baisse tendancielle des émissions est toutefois enregistrée (environ 2 % annuellement). Les lobbyistes de la filière affichent parfois des résultats spectaculaires, mais ces derniers gagnent à être relativisés, même si de multiples investissements sont en effet réalisés par les professionnels de la filière afin de parvenir à des ciments moins émetteurs. Ces améliorations devraient substantiellement s'intensifier d'ici 2050. Ainsi, en France et par tonne de ciment, les professionnels de la filière

---

<sup>43</sup> Le *process* pour réaliser une tonne de ciment génère une émission de 800 à 900 kg de CO<sub>2</sub>. En France, l'industrie cimentière mentionne des émissions souvent plus faibles, de l'ordre de 650 kg de CO<sub>2</sub>/t de nos jours, avec une baisse de 40 % des émissions depuis 1990 pour les installations les plus performantes. Les situations sont toutefois encore contrastées selon les sites. Notamment, il faut noter de très grandes variations de consommation énergétique à l'échelle mondiale selon les usines. Selon les données de la profession, la fourchette de la consommation calorifique entre les usines varie ainsi entre 3000 et 8000 kJ par tonne de clinker, et de 70 à 160 kWh par tonne de ciment. Sur le plan de la consommation électrique -cette dernière provenant essentiellement des phases de broyage du clinker et des matières premières- de grandes variations existent ainsi.

Dans les pays industrialisés, de fortes économies ont pu être réalisées grâce à la mise en œuvre d'innovation de *process* par voie sèche, en abandonnant donc le procédé par voie humide. Dans les usines des pays émergents, ce dernier *process* reste toutefois encore souvent présent dans les installations de faible capacité. De larges marges de progrès sont encore donc possibles. De même, de multiples innovations techniques sont apportées lors de la conception des refroidisseurs, des broyeurs, sur la continuité des *process* sans arrêt des installations (cette dernière étant particulièrement énergivore en phase de redémarrage), sur la stabilisation du clinker en sortie de cuisson (dans le cas contraire, une mise au rebut de l'output peut-être générée), sur la qualité du stockage du clinker notamment concernant le taux d'humidité, la qualité des filtres aux différents stades de la filière (notamment en phase de cuisson, de refroidissement et de broyage) et sur la composition chimique du clinker, cette dernière influant la phase de broyage.

se fixent comme objectif une émission de 498 kg de CO<sup>2</sup> en 2030 contre 656 kg en 2016. Et de 130 kg de CO<sup>2</sup> en 2050. Ces chiffres varient toutefois fortement selon les pays de production, et dans les émergents il n'est par rare de voir des cimenteries approcher la tonne de CO<sup>2</sup> par tonne de ciment produite.

Évolution des émissions CO<sup>2</sup> de la filière Ciment en France  
(Mt eq CO<sup>2</sup>)



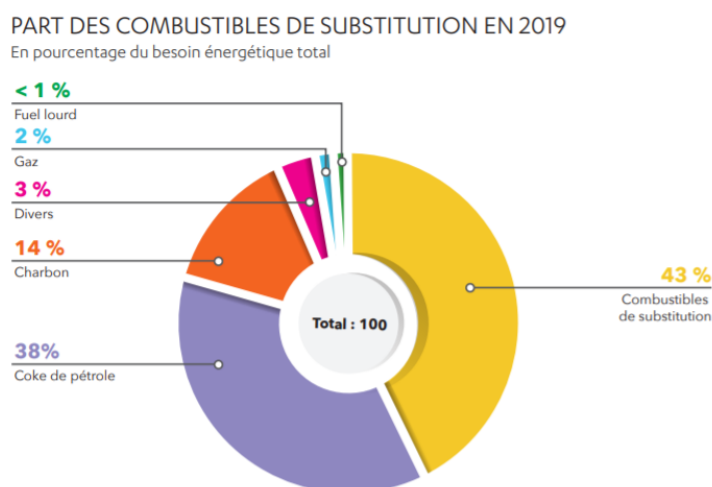
Source : CFIC Industrie du Ciment

Selon le CFIC, entre 1990 et 2000 la filière serait parvenue à réduire ses émissions d'environ 50%. La réalité reste toutefois à nuancer car il y a de multiples problèmes méthodologiques quant à la mesure des émissions.

L'usage de combustibles moins émetteurs (pensons aux bio-carburants<sup>44</sup>, demain aux électro-carburants, à la biomasse issue de farines animales et autres EnR), ainsi que les combustibles de récupération tels que les schistes de terril, les vieux pneumatiques, les huiles usagées, le coke de pétrole, les sciures de bois pollués, les solvants... représentent des intrants valorisés.

---

<sup>44</sup> Les biocarburants ont toutefois deux inconvénients : une faible densité calorifique et des effets d'éviction sur le marché des denrées animale. Par ailleurs, il convient de prendre en compte l'ACV de ces biocarburants car ils ont un fort impact environnemental pour leur production (engrais, pesticides, irrigation, ...)



Source : Infociment (rapport 2020)

Mondialement, la cuisson du clinker est en majorité assurée par l'usage de coke de pétrole et par le charbon/lignite. D'autres sources peuvent être adjointes à la combustion, notamment du fioul lourd, divers déchets ou encore du gaz. En Europe, ou ici en France des combustibles verts et de substitution commencent à prendre une place croissante à partir de 2010, avec notamment la biomasse. Dans ces pays soumis à des plafonds d'émission sur le SEQE, une forte croissance de ces combustibles moins émetteurs est enregistrée, et cette tendance ne devrait que se poursuivre.

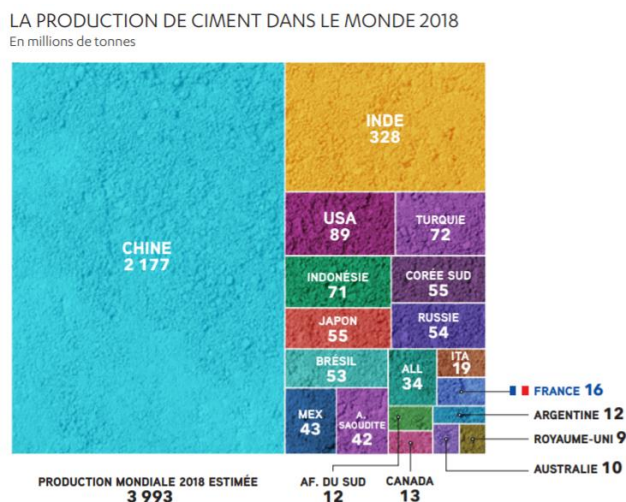
Au-delà de l'amélioration du bilan énergétique, des investissements verts sont également réalisés afin de réduire les polluants<sup>45</sup> au niveau des carrières et des sites de production par des techniques d'arrosage des poussières, de mise en place de talus végétaux, de filtration en sortie des cheminées des fours et au stade du broyage. Ces poussières sont ensuite réintroduites en phase amont des process.

En France, les principaux sites sont détenus par les quatre grandes sociétés LafargeHolcim, Ciment Calcia Group, Equiom-CRH et Vicat. La production nationale reste toutefois dérisoire par rapport à celle de l'Arabie saoudite, la Chine et l'Inde, et plus largement comparativement à la production mondiale. Les groupes mondiaux sont principalement chinois aux côtés des quatre occidentaux LafargeHolcim, CRH (Irlande), Heidelberg Cement (Allemagne), le mexicain Cemex et l'italien Italcementi. Les États-Unis enregistrent quant à eux une réduction significative de leur production, et cela s'accroît ces dix dernières années.

---

<sup>45</sup> On parle d'immissions.

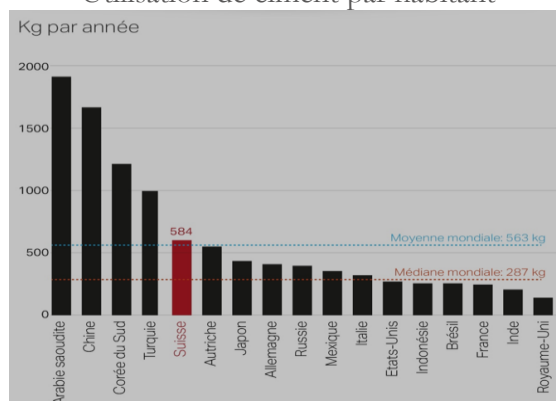
Dans l'Hexagone, une quarantaine de cimenteries réalisent de 15 à 20 millions de tonnes de ciment par an, du ciment Portland principalement (à hauteur de 80%), en CEM I et CEM II.



Source : CEM Bureau (2019)

Quant à la consommation par habitant, elle gravite autour de 500 kg/an et avec une médiane d'environ 300 kg à l'échelle mondiale. Quatre nations se distinguent par des niveaux de consommation très élevés, supérieurs à 1 tonne par habitant : L'Arabie saoudite et la Chine en tête.

### Utilisation de ciment par habitant



Source : SWI Swiss topo 2020

D'autres innovations afin de réduire les émissions existent ou sont en cours d'expérimentation. Soulignons notamment la production de ciment sur la

base principalement d'argile et non pas de clinker (ciment argileux)<sup>46</sup>. Comparativement au ciment à base de clinker, ce ciment argileux génère vingt fois moins de CO<sub>2</sub>. Il peut par ailleurs être recyclé sur longue période, et le tout en bénéficiant d'un coût complet globalement similaire au ciment Portland. Il faut toutefois parvenir à stabiliser ses propriétés physiques et veiller à ce qu'il offre les mêmes caractéristiques en termes de stabilité et de résistance mécanique.

Chez les grands émergents, le recours au ciment classique (Portland) mais de surcroît produit sur la base d'un mix énergétique hautement carboné reste la norme<sup>47</sup>. Toutefois, cela ne doit pas masquer des recherches afin de réduire les émissions, notamment en Chine, sur les procédés de refroidissement du clinker, ainsi que sur le préchauffage de la farine (on parle alors de site en Greenfield). Des avancées significatives sont ainsi enregistrées dans les pays développés ainsi qu'en Chine<sup>48</sup>, en particulier

---

<sup>46</sup> Comme vu précédemment, le clinker est un mélange principalement d'argile et de calcaire. Le problème que pose la cuisson du clinker est la décarbonation massive générée, de l'ordre de 500 kg de CO<sub>2</sub> par tonne de clinker. A cela il convient d'ajouter environ 300 kg d'émission de CO<sub>2</sub> issu de la combustion des carburants au niveau de la cuisson, soit un total d'environ 800 kg de CO<sub>2</sub>. La nature du mix énergétique retenu s'avère alors centrale. Une voie pour réduire les émissions de GES consiste à recourir à des laitiers notamment issus de l'industrie sidérurgique qui sont déjà eux décarbonatés.

<sup>47</sup> Sur ces questions : Aitcin, P.C., Mindess, S., « *Ecostructures En Béton - Comment Diminuer L'empreinte Carbone Des Structures En Béton* » Ed. Eyrolles ; Boissin, O., « *La filière du ciment en Chine : situation, enjeux, impacts environnementaux et perspectives 2025 Made in China* », REWP-C n°14, 2016 ; FLSmithd, « *Cement in China steering towards sustainability* », 2021 ; Touil, D., « *Modélisation des dégradations d'énergie dans l'industrie du ciment* », Éd. Universitaires Européennes, 2018 ; CFIC *industrie du ciment*, 2019 ; Infociments 2021 ; CEM Bureau 2020 ; Global Cement Report 2020 ; CIM *Béton rapport 2020* ; *Energy Conservation Center : Cement Industry*, UNIDO.org ; National Bureau of Statistics of China « *China Cement Production* », 2021 ; Kimberly Yang, « *The Crushing Environmental Impact of China's Cement Industry* », New Security Beat, Sept. 2018.

<sup>48</sup> En 2022, les géants chinois comme Anhui Conch, CNBM (*China National Building Material*), Huaxin, Tangshan Jidong Cement, China United Cement Corp. et South Cement Co., ne se limitent plus au développement du marché interne mais progressivement à une expansion de la production en particulier dans le cadre de la stratégie OBOR. Cela est accentué par le choix politique de Pékin de fermer les cimenteries nationales traditionnelles au regard de leurs impacts environnementaux. Une fuite carbone est ainsi engagée par les grands groupes dans les pays émergents conjointement à une hausse marquée des prix sur le territoire chinois. Le secteur cimentier national devient ainsi hautement rentable depuis la crise Covid et permet au groupe un financement d'une stratégie agressive à l'international. En ce début de décennie 2020, le secteur mondial du ciment est ainsi très majoritairement dominé par un oligopole de cinq principaux cimentiers chinois et cinq cimentiers occidentaux. La production nationale chinoise concentre l'essentiel en dépassant dorénavant les 2.7 milliards de tonnes pour un marché mondial consolidé proche de 5 milliards de tonnes. Les acteurs du secteur ne cessent de se focaliser sur les pays émergents, ces nations représentant les premières zones de consommation (près de 90% des consommations en 2021). La réalisation de ciments moins émetteurs est alors un



depuis 2010, afin de parvenir à la production de ciments à moindre impact environnemental<sup>49</sup>. Mais il reste beaucoup d'innovations à mettre au point notamment en matière de capture et de séquestration du carbone (CSC), ce qui demeure non constaté en particulier sur le territoire chinois et dans les pays émergents<sup>50</sup>. Ces dernières nations concentrent pourtant près de 90 % de la production et de la consommation mondiale du bien ...

Les innovations sur le territoire chinois proviennent finalement en bonne partie du géant franco-suisse Lafarge-Holcim qui a implanté sur le territoire la première cimenterie Greenfield du groupe. Cette société est à la pointe des normes environnementales mondiale. Il s'agit ici de la cimenterie de Duijiangyan dans la province du Sichuan<sup>51</sup>.

---

défi central au sein de cette industrie qui totalise entre 5 et 6 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>. Sur son plan environnemental, la ventilation des émissions est la suivante : 55 % provient du procédé de calcination du calcaire, 35 % des combustibles pour le fonctionnement des fours et 10 % de l'électricité.

Les lieux de cuisson du clinker et la destination finale du ciment laissent toutefois planer de lourdes interrogations à l'horizon 2030-2040, les pays destinataires n'étant généralement pas soumis à une réglementation sérieuse, ni à des objectifs contraignants quant à l'importance des émissions. La profession tente de jouer sur l'ensemble des données, ne serait-ce que pour des raisons de rentabilité : réduction de consommation des combustibles utilisés dans le *process* avec des taux proches de 2800 joules par tonne de clinker et d'environ 80 kWh par tonne de ciment produit au niveau de la consommation électrique. Une analyse comparée par coût d'opportunité est fréquemment constatée au niveau des principaux acteurs de la filière et nous retrouvons là le dilemme entre un choix d'investissement dans la voie d'un ciment vert, coûteux dans le court terme pour le cimentier mais générateur d'un avantage compétitif dans le moyen-long terme.

<sup>49</sup> Par exemple, des recherches sont menées sur des liants binaires, ternaires ou même quaternaires qui utilisent d'autres matières cimentaires. Les résultats montrent qu'un plus faible rapport eau/liant améliore la résistance mécanique du béton tout en lui permettant d'accroître sa durée de vie. Dans l'Hexagone, de nombreuses compétences travaillent sur ce sujet, notamment à Grenoble avec la présence historique du cimentier Vicat.

<sup>50</sup> Boissin, O., « *La filière du ciment en Chine : situation, enjeux, impacts environnementaux et perspectives 2025* », REWP-C n°14, 2016 ; FLSmithd, « *Cement in China steering towards sustainability* », 2021 ; National Bureau of Statistics of China « *China Cement Production* », 2021 ; Kimberly Yang, « *The Crushing Environmental Impact of China's Cement Industry* », New Security Beat, Sept. 2018 ; Munkedal, C., « *L'industrie du ciment chinoise pourrait-elle être alimentée par des déchets ménagers ?* », China Dialogue, nov. 2019.

<sup>51</sup> Le montage est réalisé sur la base d'une *joint-venture* avec un partenaire chinois, Chengdu DJY Building Materials Co. Ltd. L'investissement financier réalisé est majeur (environ 150 millions USD sur la base d'une capacité annuelle de production d'1,4 million de tonnes de ciment). La ligne de production retenue est par voie sèche, la plus performante techniquement sur le plan environnemental. Quant à la logistique entre la carrière et la cimenterie, elle a été optimisée afin de minimiser les émissions de CO<sub>2</sub>. Rappelons que société Lafarge connaît bien la Chine où elle est présente depuis 1994. La gestion de ce nouveau site reste par ailleurs en grande partie sous le contrôle du cimentier français, ce dernier détenant 75% du capital de la JV.



La société Anhui Conch avec Lafarge-Holcim et le chinois CNBM comptent parmi les trois leaders mondiaux du secteur.

Ici une des cimenteries de Conch localisées à Zhuizi Mountain (Province du Jiangsu).

La compréhension des enjeux environnementaux au sein de la filière ne peut se faire sans une analyse approfondie de la situation chinoise, cette nation rebattant en profondeur les cartes mondiales du secteur depuis 1994, et surtout 2006 (entre 2006 et 2014, la production chinoise de ciment a ainsi doublé en passant de 1.2 milliard de tonnes à 2.4 milliards). Il est fondamental de comprendre l'évolution de la filière sur le territoire, ainsi que sa stratégie d'expansion à l'international à travers notamment le programme OBOR.

A l'inverse, une autre stratégie beaucoup moins heureuse de la part des cimentiers occidentaux consiste à délocaliser la réalisation du clinker au sein de nations peu regardantes sur le plan réglementaire. Le problème est toutefois moins aigu lorsque la consommation finale se situe au sein de ces pays (Afrique du nord, Turquie, Nigéria, Iran...).

Parfois même, l'on enregistre des réimportations dans les pays développés pour les stades finaux de broyage et de conditionnement. Le bilan s'avère alors particulièrement lourd car il faut adjoindre aux émissions classiques de CO<sub>2</sub>, celles relatives au transport du clinker. Le groupe Lafarge-Holcim est souvent pointé du doigt en la matière.

2019	EXPORTATIONS	IMPORTATIONS
Ciment	914,2 (source adhérents SFIC)	3 073,6 (source Douanes)
Clinker (source Douanes)	274,2	1 035

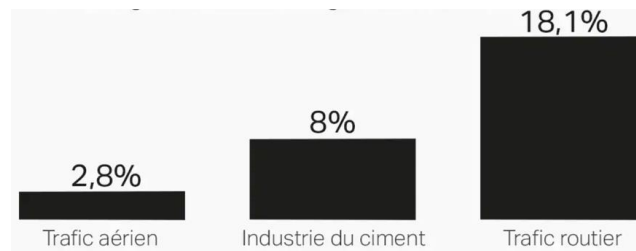
Source : infociment 2020

Cette stratégie en fuite carbone est constatée en provenance d'Afrique (le Maghreb notamment, ou encore en Egypte) et ces menaces-chantages pèsent lors des négociations avec les autorités réglementaires nationales ou européennes. Les cimentiers sont en effet actifs sur le plan du lobbying<sup>52</sup> afin

<sup>52</sup> Ils sont regroupés généralement au sein du Groupement des fédérations industrielles

de pouvoir bénéficier de moindres contraintes réglementaires en Europe ainsi qu'un octroi de quotas d'émission sur le marché des droits à polluer (cf. annexe n°4).

Pourcentage des émissions globales de CO<sup>2</sup>



Source : AIE, Cemsuisse, Chathamhouse, USGS

Derrière la métallurgie, la réalisation du ciment représente le second secteur d'émission de GES. En France, en 2020 il génère à lui seul environ 4% des émissions d'eq. CO<sup>2</sup> (soit environ 23 % des émissions du secteur industriel) et 6 % à l'échelle mondiale, soit plus que les émissions du transport aérien et maritime confondus.

Au final, en ce qui concerne la soutenabilité de la filière, la réduction de ses émissions peut passer par six voies :

- réduire la consommation mondiale de ciment (sobriété et logique de substitut<sup>53</sup>) ;
- réduire la quantité de ciment dans le béton ;
- réduire la teneur de clinker dans le ciment et jouer sur la composition du ciment<sup>54</sup> ;
- accroître l'efficacité énergétique aux différents stades de la filière<sup>55</sup> ;
- s'assurer d'une qualité des infrastructures, de leur maintenance et de leur modernisation<sup>56</sup> ;
- veiller à la présence de cimenteries à proximité des grandes zones de consommation.

---

(GFI), du CFIC Industrie du ciment / Syndicat français de l'industrie cimentière (SFIC) afin d'accroître leur pouvoir de négociation.

<sup>53</sup> Type de constructions conçues sur la base d'ossatures en bois.

<sup>54</sup> Le ciment Portland (standard mondial) est composé de 95% de clinker. Des recherches menées à l'EPFL (Polytechnique Lausanne) concluent à la possibilité d'obtenir un ciment d'une teneur limitée à 60 % de clinker sans perte de propriété physique. De multiples voies sont privilégiées comme l'utilisation de laitier ou de cendres volantes.

<sup>55</sup> Nature du mix énergétique et valorisation des déchets notamment en phase de cuisson.

<sup>56</sup> Un non arrêt des usines et notamment des fourneaux, utilisation de refroidisseurs modernes, optimisation des séparateurs sur les lignes de broyage, ...

Il faut parvenir à jouer sur l'ensemble de ces leviers et au niveau des investissements, impulser une ambitieuse fiscalité verte<sup>57</sup>. Malgré de multiples voies expérimentées, d'une part la filière reste loin d'être un exemple en matière de soutenabilité industrielle, et d'autre part bien des ouvrages en béton vont encore voir le jour au sein des nations au regard des besoins exprimés. Pensons en particulier aux pays émergents : Inde, Indonésie, Nigeria, Egypte, Iran, Bengladesh...



Immeubles en construction à Hong Kong

Sur le marché, les industriels de la filière sont alors plongés dans des luttes concurrentielles intenses, mais l'innovation vers des ciments moins émetteurs va se révéler être de plus en plus la variable clé du succès.

### **Concurrence, production et innovation : le groupe Vicat au Sénégal.**

Source : Boissin, O., « *Mondialisation économique* » (Vol.2), manuel de cours  
Grenoble-INP, 2022.



Quel que soit l'activité en question, en matière de process mobilisé, de propriété du capital et de gouvernance de l'entreprise, les implantations industrielles sont contraintes à évoluer. Cela provient de l'évolution de la réglementation prévalant

---

<sup>57</sup> Cf. « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* », Vol. 1, chap 3 (disponible sur le portail Hal de l'université UGA)

au sein des nations, du degré de l'intensité concurrentielle, des régimes d'innovation et de la nature des process productifs à mobiliser. Par exemple, par le jeu d'une croissance interne ou externe, le secteur peut devenir plus ou moins monopolistique, oligopolistique ou concurrentielle.

Illustrons cela avec l'entreprise Sococim /Vicat au Sénégal.



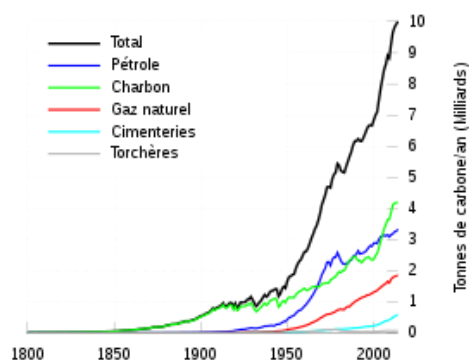
Présent depuis la moitié du XX<sup>e</sup> siècle, la Sococim représente de nos jours une des toutes premières cimenteries d'Afrique de l'Ouest, sinon la première en termes de volume de production. A l'origine la société réalisait 40.000 tonnes de ciment/an pour aujourd'hui être sur un volume d'environ 4 millions de tonnes.

Implantée à Bargny, cette société va être nationalisée en 1978 (SOCOCIM) puis rachetée en 1999 par le groupe français Vicat qui va développer d'ambitieux investissements sur le plan à la fois capacitaire et technologique : système de convoyage modernisé afin de réduire les émissions de poussières, broyeur cru vertical, hall de pré-homogénéisation, préchauffage en double colonne, nouvelle ligne de cuisson, filtre haute température, refroidisseur de dernière génération. Sur le territoire, le site bénéficie ainsi d'un niveau élevé de technicité, et c'est là un atout important vis-à-vis d'une concurrence croissante au Sénégal, et plus largement en Afrique de l'Ouest.

Le site est certifié 9001 et en marque CE, ce qui lui permet d'exporter ses produits (CEM I-II et III) en Afrique, mais aussi de circuler librement en UE s'il le faut. Cette question est centrale au regard de l'impact environnemental de la filière. Pour le producteur, un des élément clé pour gagner des parts de marché repose de plus en plus en effet sur sa capacité à proposer des ciments moins émetteurs d'eq. CO<sup>2</sup>.

Dans les pays peu réglementés sur le plan de la fiscalité verte, une face cachée existe toutefois : celle de voir des cimentiers effectuer une stratégie en fuite carbone. Si le ciment est exporté vers des pays soumis au marché des quotas d'émission, ce risque est réel et il va en résulter de surcroit des émissions relatives au transport du clinker vers le pays consommateur.

Emission de carbone fossile ventilée par sources



Source : Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC).

En ce début de décennie 2020, la filière du ciment est responsable d'environ 6% des émissions mondiale de CO<sup>2</sup>.

Un éloignement entre le lieu de production et de consommation ne serait toutefois guère pertinent économiquement au regard du faible ratio poids/valeur du clinker ou encore du ciment. Ce ratio conduit aussi les cimentiers à localiser leur production dans le pays de consommation. Il en est ainsi au Sénégal et plus largement au niveau mondial où environ 90% du ciment produit est estimé être consommé dans le pays de production<sup>58</sup>. Mieux, à proximité du lieu de production

<sup>58</sup> Cette question est toutefois plus complexe et dépend de la localisation de la cimenterie. Si cette dernière est proche d'un port maritime, un transport inter continental est souvent possible à moindre coût. Nous assistons parfois à cette stratégie d'acheminement de clinker dans de grands ports de pays destinataires. Cela n'est pas sans poser des problèmes de fuite carbone, les cimentiers produisant le clinker dans des pays émergents non soumis généralement au marché carbone (de type ETS en Europe). Or, cette filière est particulièrement impactante, responsable d'environ 6% des émissions mondiales d'eq. CO<sub>2</sub> (sur le plan du process, ces émissions proviennent pour environ 40% de l'énergie lors de la cuisson du cru de calcaire et d'argile, et pour environ 60% de la décarbonatation du calcaire. A cela il faut rajouter les émissions en phase amont de la filière relatives aux extractions minière, broyage, ... et à l'aval au niveau de la Supply Chain). La question du pays de référence concernant le lieu de production est ainsi importante car la réglementation en vigueur sur le plan environnemental diffère fortement selon les nations. Par ailleurs, sur le plan tarifaire, la question est sensible en 2022 car un tarif du quota d'émission gravitant autour des 80 euros de nos jours sur l'ETS pèse lourd pour les cimentiers comparativement à d'autres compétiteurs qui décideraient d'échapper au marché carbone par une stratégie d'implantation des sites en dehors de zone européenne soumise à ce marché des quotas. La question des cimenteries localisées à proximité d'un port maritime est ainsi centrale et peut conduire à des stratégies d'approvisionnement régionaux, mais aussi à des stratégies en passager clandestin d'exportation du clinker ou du ciment vers l'hémisphère nord.

Si la cimenterie est éloignée d'un port, le transport routier est généralement le mode d'acheminement retenu. Ce mode se heurte toutefois à un surcoût important en matière de coût complet par tonne de ciment. On estime généralement qu'un transport supérieur à 250 km d'une cimenterie conduit quasiment à doubler le coût de production du ciment. Cette stratégie n'est ainsi guère envisageable, et par prolongement c'est pour cette raison

au regard de l'importance des coûts de transport.



Comme dans la plupart des autres secteurs industriels, la taille d'échelle à atteindre sur les sites est considérable afin de répondre à la demande, mais aussi pour parvenir à un faible coût marginal du bien (la fonction de coût marginal et de coût moyen étant tendanciellement décroissante sur cette famille de produit<sup>59</sup>).

Cette recherche de moindre coût s'impose du fait d'une rivalité concurrentielle importante dans ce secteur traditionnellement oligopolistique. Le Sénégal n'échappe pas à la règle avec la présence de trois principaux cimentiers : le groupe Vicat en tête, mais qui doit composer avec « Les Ciments du Sahel » et plus récemment avec l'installation du géant ghanéen « Dangote » qui n'est pas sans poser de nouvelles difficultés en matière de rentabilité pour le cimentier français. Cela sans parler des importations venant de Tunisie ou d'autres nations.



Exemple de cimentiers présents au Sénégal : Sococim, les Ciments du Sahel et

que les cimenteries sont le plus souvent localisées à proximité des grandes zones de consommation.

<sup>59</sup>Lors d'un montage de dossier de faisabilité industrielle, l'on constate cette tendance et avec des phénomènes de seuil de production minimum à atteindre qui sont élevés. Si l'on retiens le critère d'un million de tonne de ciment produit, l'ordre de grandeur de l'investissement selon les pays et la taille du site varie entre 120 et 180 millions d'euros selon les projets, ce qui correspond à environ trois à cinq années de chiffre d'affaires de l'installation selon le prix de vente prévalant dans la zone (nous faisons ici abstraction des ciments « verts » qui nécessitent des investissements en process plus élevés). Face à l'importance des tailles d'échelle, une des dérives constatées est la présence de surcapacités de production. Nous retrouvons cela dans de nombreuses nations européennes et la France n'échappe pas non plus à la tendance.

Dangote. On parle alors non pas d'un secteur monopolistique mais d'une structure sectorielle oligopolistique. Quant à Sotacib, il s'agit ici d'une importation de ciment fabriqué en Tunisie. Le groupe Vicat doit ainsi composer avec un marché témoignant de multiples canaux d'approvisionnement, le tout sur un produit homogène (CEM), c'est-à-dire où la variable centrale se limite principalement au coût de production et au prix de vente (coût de production + coût de transport et taux de marge). Tant qu'une réglementation plus stricte sur les émissions ne sera pas en place (fiscalité verte), la compétitivité-prix va rester l'unique variable concurrentielle.

Ces implantations plurielles au sein de la nation s'expliquent par la présence d'importants gisements de calcaire et d'une demande qui devrait rester soutenue sur longue période, avec une production annuelle d'environ sept millions de tonne de ciment. Le pays est en effet dans sa phase de croissance sur sa courbe en cloche de consommation nationale. En ce début de décennie 2020, un habitant moyen sénégalais consomme 400 kg/an, une consommation qui devrait continuer à croître significativement durant la décennie, le tout au sein d'un pays témoignant d'un très fort taux de fécondité (4,5).

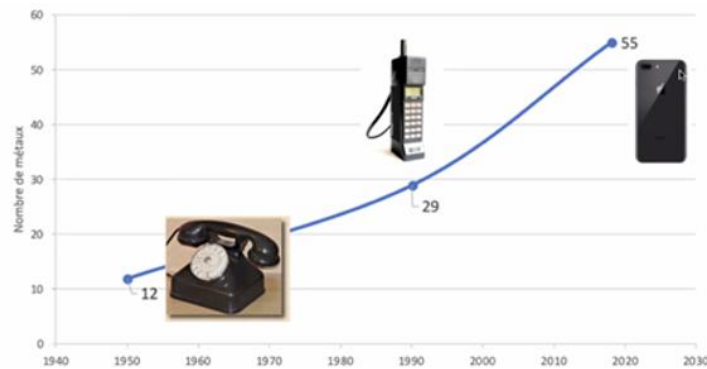
Afin de réduire l'intensité concurrentielle, soulignons qu'une stratégie possible peut aussi consister à s'entendre entre producteurs sur le plan tarifaire. Bien qu'interdites, historiquement ces pratiques entre cimentiers ont déjà été constatées dans plusieurs nations. Piloter un projet -ici en cimenterie- s'inscrit ainsi dans un environnement complexe sur son plan réglementaire comme concurrentiel.

#### **4 – La complexité d'un bien est génératrice d'émissions**

Complexité d'un bien et complexité de son ACV sont liées

Nombre de métaux dans la téléphonie sur la période 1940-2020  
(échelle en ordonnée : nombre de métaux 0-60)





Source : Pitron, G. (2018)

Lors de la conception d'un smartphone, le plus souvent une approche en *Big-Tech* est retenue. Leurs fonctionnalités sont sans cesse perfectionnées sans une réelle prise en compte de leurs impacts environnementaux. Ils ne sont pas inscrits dans la voie d'une sobriété énergétique et technologique, et au total un smartphone se révèle hautement consommateur de métaux et de terres rares (cobalt, tantale, cuivre, lithium, néodyme, or, ...). Ne nous faudrait-il pas alors simplifier leur conception ?

Cette question est complexe et il ne s'agit pas ici d'un plaidoyer pour un retour au combiné noir des années 1960. Mais comment trouver un bon compromis ? Des préconisations issues de la normalisation existent alors : pensons aux normes ISO 14000/14001 sur un système de management environnemental, et 14040 14043 sur les ACV qui restent des références centrales sur le plan méthodologique.

En France, les travaux de l'ADEME offrent également des méthodes précieuses face à la complexité du domaine. Il faut au final parvenir à mesurer l'impact des flux entrants et sortants<sup>60</sup>, le tout sur l'ensemble de la durée de vie du produit, et en forte incertitude et en asymétries d'information sur de multiples données : d'où viennent les terres et les métaux rares utilisés, quels sont les process utilisés lors de l'extraction et la production du smartphone, quelle est sa recyclabilité, ... Mais bien sûr, chaque société est responsable de son seul périmètre d'activité dans la réalisation d'un bien. Et sur le plan de l'évaluation, cela se comptabilise en émissions d'eq. CO<sub>2</sub><sup>61</sup>.

<sup>60</sup> Par flux entrants sont notamment désignés les ressources naturelles et autres matières premières utilisées dans le cycle. Les flux sortants sont quant à eux des émissions des divers outputs tels que les déchets, les émissions de GES, les eaux usées, etc.

<sup>61</sup> Un *Bilan Carbone* en méthode ADEME doit à cet effet être conduit. Pour la société participant à un maillon de la chaîne de valeur d'un produit -ici de la branche électronique- cela consiste à comptabiliser les émissions sur ses trois périmètres d'émissions : l'émission

Sur le plan de la méthode, l'ACV se décompose en quatre phases :

- définition du cahier des charges ;
- inventaire du cycle de vie ;
- analyse de l'impact environnemental ;
- étude des résultats obtenus et voies d'amélioration possibles.

Dans le volume 3 du manuel Innovation « *Analyse de la valeur en phase de conception* » nous identifions ces phases lors de l'étape de la conception d'un bien. Mais sur la base d'une fiche méthode ADEME, présentons dès à présent synthétiquement la démarche.

### « Comment réalise-t-on une ACV ? »

Source : Ademe, « *Comment réaliser une ACV* », Ministère de la Transition écologique, 2014.

« La méthodologie de l'analyse du cycle de vie s'articule autour de quatre étapes. Celles-ci sont à la fois distinctes et interdépendantes, car tout au long de l'étude de fréquents retours sont nécessaires, ce qui rend la démarche générale itérative.

#### Les 4 étapes de l'ACV selon les normes ISO 14040 et 14044

---

interne en scope 1 puis indirecte en scope 2 et 3. Des tables de facteurs des émissions existent alors afin d'évaluer l'impact CO2 issu de l'activité réalisée par la société. Par exemple l'activité concernera la fabrication d'un microprocesseur pour une société comme ST Micro Electronics, l'aluminium pour la société Rio Tinto AP, etc.

Lors de l'évaluation du *Bilan Carbone*, la décomposition des périmètres est la suivante :

##### 1-Périmètre des émissions internes

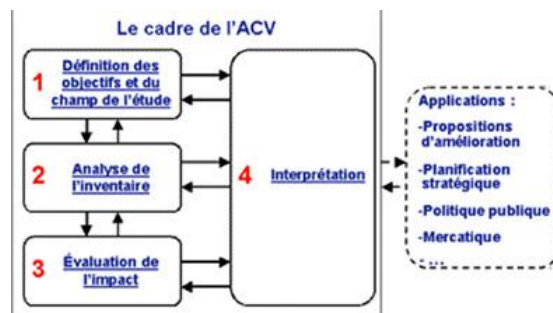
Emissions directes émanant de sources fixes (installations, équipements, bâtiments) : combustion en interne (procédés industriels, chauffage) + émissions non liées à une combustion (évaporations et fuites, réactions chimiques dans l'activité)

##### 2-Périmètre des émissions intermédiaires

Rajout des émissions correspondant aux achats d'électricité et de vapeur, les transports de personnel (domicile-travail + professionnel).

##### 3-Périmètre de l'émission globale

Intégration des transports des fournisseurs, fabrication des matériaux (y compris emballages) et services utilisés, construction du bâtiment et des machines, le traitement des déchets directs et indirects.



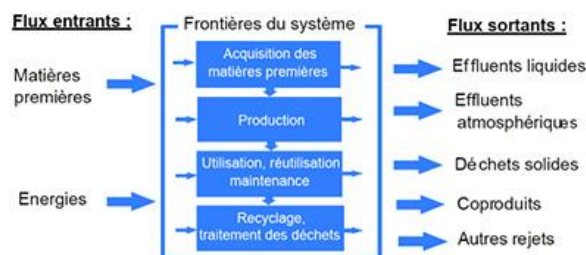
### Étape 1 : définition des objectifs et du champ de l'étude

Cette étape permet de définir quels sont les objectifs de l'ACV, en précisant quelle application il en sera fait : éco-conception, comparaison ou déclaration environnementale. La cible de l'étude (interne ou externe à l'entreprise) est précisée à ce stade, ainsi que la manière dont seront divulgués les résultats (pour des affirmations comparatives par exemple). Le champ de l'étude doit par ailleurs préciser les fonctions du produit étudié, l'unité fonctionnelle choisie (voir ci-dessous), les frontières du système étudié et les limites de l'étude. C'est aussi à ce stade que les différentes règles pour les calculs appliqués à l'étude seront arrêtées.

L'unité fonctionnelle est l'unité de mesure utilisée pour évaluer le service rendu par le produit. De la même manière que pour comparer le prix de deux fruits un consommateur ramène les prix au kilo, pour comparer les impacts environnementaux de deux produits, on ramènera les impacts à une unité de mesure commune. Une juste définition de l'unité fonctionnelle est indispensable pour rendre les résultats de l'ACV opérationnels et pertinents. Exemple d'unité fonctionnelle pour une ampoule : éclairer avec une luminosité de 40 W pendant 1 000 heures ; pour un stylo : couvrir une longueur d'écriture de 20 km. Exemple d'application : si un stylo A génère deux fois moins d'impacts sur l'environnement qu'un stylo B, mais que le stylo A doit être renouvelé au bout de 10 km d'écriture alors que le stylo B couvre une longueur d'écriture de 20 km, il faut multiplier les impacts du stylo A par deux pour pouvoir les comparer à ceux du stylo B. Résultat : les impacts réels des deux stylos sont équivalents.

### Étape 2 : inventaire de cycle de vie (ICV)

Cette étape consiste à dresser l'inventaire des flux de matières et d'énergies entrants et sortants, associés aux étapes du cycle de vie rapporté à l'unité fonctionnelle retenue. **L'inventaire est donc une comptabilité analytique des flux.** Pour cela, deux types de données sont collectées : les facteurs d'activité (kWh consommés, km parcourus, tonnes transportées...) et les facteurs d'émission (g de NOx émis dans l'air, g de PO4 émis dans l'eau...). Ces données spécifiques (ou primaires) peuvent être complétées par des données génériques (ou secondaires), issues de la bibliographie ou de calculs, lorsque les premières ne suffisent pas ou lorsqu'elles ne sont pas accessibles.



L'inventaire est généralement effectué à l'aide d'un logiciel d'ACV, mais peut aussi l'être artisanalement, sous un tableur. C'est l'étape la plus délicate de l'ACV car les risques d'erreurs sont importants. Elle requiert une attention particulière et un contrôle extérieur.

### Étape 3 : évaluation des impacts

À partir des flux de matières et d'énergies recensés, et en fonction des indicateurs et de la **méthode de caractérisation** sélectionnée, on va évaluer les impacts potentiels. Différentes façons existent pour caractériser les flux inventoriés en indicateurs d'impact environnemental de différents niveaux :

les plus reconnues et utilisées aujourd'hui caractérisent les flux en indicateurs d'impacts potentiels (ou « midpoint ») ;

d'autres portent sur un second niveau de caractérisation pour obtenir des indicateurs de dommages potentiels (ou « endpoint »). Ces méthodes facilitent la compréhension et l'utilisation des résultats en raison de la moindre quantité d'indicateurs, en général au nombre de quatre (par exemple le risque sur la santé humaine, le risque pour les écosystèmes, etc.), mais sont moins reconnues du fait d'une moindre robustesse scientifique.

### Étape 4 : interprétation des résultats obtenus en fonction des objectifs retenus

Cette étape est itérative au vu des trois précédentes, de manière à toujours valider que les résultats obtenus répondent aux objectifs de l'étude (par exemple, il arrive que la non-disponibilité de certaines données puisse conduire, en cours d'étude, à restreindre le champ de l'étude). C'est également ici que l'on évaluera la robustesse des résultats ».

### Le coût environnemental est-il pris en compte lors de l'ACV ?

Le plus souvent la réponse est aisée : non. Une photo peut illustrer cela,

ici en phase de fin de vie.



Décharge sauvage d'Agbogbloshie (Ghana).

Une externalité négative hypocritement délocalisée par les pays riches dans les pays en développement. Pensons aux déchets notamment d'équipements électriques et électroniques (D3E).

Le coût environnemental est peu ou mal évalué, sinon ignoré dans le cas des décharges sauvages. Cela amène à formuler une autre question :

Peut-on mettre un prix sur l'air, sur l'eau, la qualité des sols, la biodiversité et plus largement sur l'ensemble des flux entrants ? Cette question est particulièrement épineuse quand on veut évaluer une externalité positive ou négative. Quel est le prix du service rendu par les abeilles par exemple ? Cette externalité positive est pourtant vitale comme nous le savons dans l'activité de pollinisation des vergers. Les économistes nomment cela une externalité positive lorsqu'il s'agit d'une abeille, ou « négative » lorsqu'il s'agit par exemple d'une pollution émise<sup>62</sup> comme la décharge d'Agbogbloshie. Ou encore du commerce du tabac qui va nécessiter à la collectivité d'engager des coûts de soins, etc.

Il est souvent difficile d'associer un « droit de propriété » à ces éléments et de leur apposer un prix. Dès lors, comment introduire un principe fiscal de « Pollueur – Payeur » dans le cadre d'une externalité négative ? Il s'agit

---

<sup>62</sup> L'évaluation du coût environnemental se complique lorsque la pollution affecte un bien public : par exemple la qualité de l'air. Une typologie existe alors pour caractériser cela : on parle de biens publics « purs » ou « impurs » si ces biens communs naturels sont indivisibles ou au contraire divisibles et avec des effets de substitution entre les parties. Dans ce dernier cas (bien public impur), si un agent exploite le bien, cette ressource pourrait venir à manquer aux autres agents. Pensons aux ressources poissonnières victimes d'une surexploitation réalisée par une nation par exemple.

De même, certains biens publics peuvent se voir tarifés (attribution d'une unité monétaire plus ou moins objective), puis échangés via des droits de propriétés. Tel est le cas par exemple de l'eau, avec des pratiques de prix discriminatoires selon leur destinataires (faible prix de vente pour un usage destiné à l'agriculture, élevé pour un usage domestique, etc.). Des outils économiques et des mesures politiques existent ainsi, mais sont souvent peu efficaces de par la présence d'acteurs œuvrant en passager clandestin, et par de multiples problèmes discriminatoires et d'une difficulté à identifier des droits de propriété.

pourtant là d'une voie qu'il nous faut retenir afin de réduire les émissions et les pollutions.



Exemple d'une externalité positive : la pollinisation par une abeille.  
Constat : en ce début de décennie 2020, il n'y a plus guère d'abeilles en Chine.  
Et demain, mondialement, qu'en sera-t-il ?

Par extension, quels sont les coûts engendrés par la destruction des « biens publics » ? Quel coût faut-il imputer à une activité minière par exemple dans l'extraction des métaux et des terres rares ? Et comment l'intégrer dans le prix de vente ? Pensons à un smartphone, à une batterie ion-lithium, à un moteur à aimant permanent dans une automobile ou encore dans une éolienne, etc.

Bien sûr, il existe de nombreuses études et recherches proposant des méthodologies plus ou moins robustes au regard du nombre de variables à prendre en compte<sup>63</sup> et des incertitudes pesant sur les scénarii (pensons aux

---

<sup>63</sup> La plupart reposent sur une méthodologie mesurant l'impact d'une augmentation des températures rapportée à un coût par point de PIB mondial. Bien que le domaine de l'écologie soit systémique, une déclinaison peut ensuite être effectuée par nation. On parle de « coût de dommage environnemental ». Par exemple, afin de limiter une augmentation de 2,5°C à l'horizon 2100, le coût des investissements à réaliser représenterait 1% du PIB mondial à engager chaque année. Mais si la hausse des températures dérive de 4 à 5°C (sinon plus) à la fin du siècle – différents scénarii à ne pas écarter trop vite si nous n'effectuons pas les mesures nécessaires de réduction drastique des émissions –, le coût du dommage environnemental est actuellement estimé comme étant de l'ordre de 20 % du PIB mondial (et peut-être beaucoup plus).

Afin d'éviter ce scénario critique, une solution est d'internaliser ces coûts associés à ces dommages par un coût de la tonne CO<sub>2</sub> émise qui devrait se situer, en 2022, autour de 85-100 euros la tonne pour la France (nous transiterons durant l'année 2021 de 25 euros à 85 euros, avec le franchissement de la barre symbolique des 50 euros le 4 mai 2021). Il s'agit là d'une lueur d'espoir pour lutter contre les émissions. Rappelons que si l'objectif est d'atteindre la neutralité carbone dès 2040 dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), il faudrait avoir un sentier de croissance encore bien plus contraignant concernant les quotas alloués aux acteurs soumis au marché ETS. C'est-à-dire une hausse significative du coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (autour de 80-100 euros en ce début de décennie), le tout avec un élargissement des acteurs soumis au dispositif (les offreurs, mais aussi les demandeurs) et comptabiliser cela en eq. carbone (pour plus détail, Cf Boissin, O., « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* » (vol. 3), 2022, disponible en ligne).

problèmes d'effets de seuil dans l'évaluation des impacts climatiques)<sup>64</sup>.

Les estimations sont donc fragiles quant au chiffrage global du coût environnemental de nos activités économiques actuelles et à venir. En ACV, on parle alors d'« impacts potentiels ». De surcroît, les données sont rarement décomposées en unité monétaire et par branche d'activités. Au final, l'internalisation du dommage climatique est rarement prise en compte au niveau de l'étude des coûts lors de l'analyse de faisabilité d'un projet. C'est comme si nous agissions collectivement en passager clandestin vis-à-vis de ces ressources naturelles que l'on sait pourtant si précieuses.

Bien sûr, des avancées se font jour à travers notamment la mise en place d'écotaxes, de normalisations ou encore d'un marché de droits à polluer<sup>65</sup>. Un indicateur de pollution à travers des tonnes carbone représente un premier pas important. Il convient alors de mesurer nos empreintes carbonées, ce que l'on sait faire de nos jours sur une grande partie de nos activités économiques, et leur associer un prix.

En 2022, ce prix devrait se situer - pour les pays européens - dans un intervalle allant de 70 à 100 euros environ la tonne. Or, comme nous le savons, ce marché des émissions négociables va évoluer de 2005 (date de sa naissance) à 2020 à des niveaux de prix très éloignés de ces seuils, entre 4 et 25 euros la tonne, avec une moyenne annualisée sur la période de 12 euros par tonne. Et cela ne s'applique par ailleurs qu'aux seuls offreurs soumis à ce marché des droits à polluer (secteur de l'énergie, du transport, les cimentiers, la papèterie, la sidérurgie, ...), c'est-à-dire un périmètre étroit au regard des lobbyings exercés. Dans le secteur du transport, le maritime en sera par exemple exempté, quant au transport aérien il ne sera soumis au dispositif que très tardivement, etc.

#### Prix spot des émissions de CO<sub>2</sub> (€/EUA)<sup>66</sup>

---

<sup>64</sup> Les rapports du GIEC, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) de l'UE, les Études du ministère de la Transition écologique, ADEME, Calcul de la Mission Climat de la Caisse des Dépôts et le Rapport Stern.

<sup>65</sup> Pour une analyse des instruments de politique publique en fiscalité verte, le lecteur peut se reporter à Boissin, O., « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* », Vol. 1, Grenoble-INP, 2022.

<sup>66</sup> EUA : *European emissions allowance*, c'est-à-dire un permis d'émission négociable d'une tonne de CO<sub>2</sub>. Pour une analyse du fonctionnement de ce marché cf. Delbos, A, de Perthuis, C., « *Les marchés du carbone expliqués* », Paris Dauphine, 2009. De même, pour une inscription actualisée et élargie de la problématique vers d'autres solutions orientées



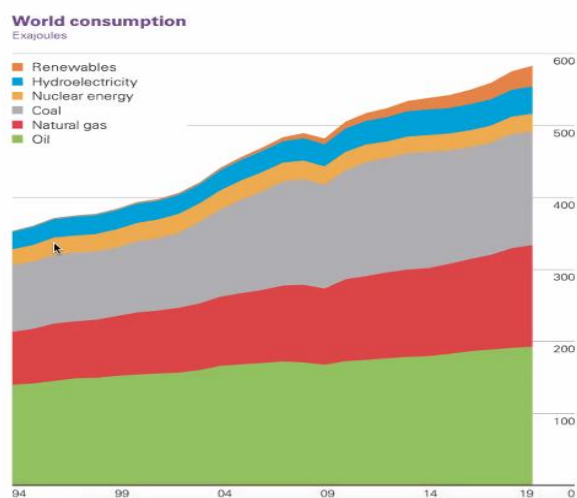
Après 13 ans de stagnation à des prix en totale inadéquation avec l'ampleur des défis environnementaux à relever, le niveau du prix a commencé à approcher des tarifications crédibles pour inciter les acteurs soumis aux marchés des ETS à engager des mesures d'efficacité énergétique. Le 4 mai 2021, le seuil symbolique des 50 euros/tonne a été atteint sur la place parisienne, puis 65 euros en octobre 2021 et 80 euros en novembre.

Face à l'urgence climatique, une structure de prix enfin cohérente se fait jour.

Jusqu'à ce jour, un constat s'impose : nos décisions économiques prennent peu en compte nos impacts environnementaux à leur vraie valeur. Et cela mondialement.

Plus largement, nos consommations énergétiques ne cessent de croître, le tout sur une base très majoritairement d'énergies fossiles (80%). Bien que les marchés des droits à polluer soient présents dans l'ensemble des pays gros émetteurs de CO<sup>2</sup> (Chine, Etats-Unis, Europe, Japon), seuls peut être les théoriciens néo-libéraux de la science économique standard continuent de penser que le marché représente une institution efficace pour réguler de manière optimale la situation ...





Loin des discours en *Green Washing*, la réalité nous enseigne qu'environ 80% de la consommation énergétique mondiale reposent sur les trois énergies fossiles pétrole-charbon-gaz. Cette consommation ne cesse par ailleurs d'augmenter. N'y a-t-il pas une urgence à repenser en profondeur nos modèles de développement économique vers la voie de la sobriété écologique ?

Dans nos contextes économiques complexes, un indicateur possible reste le coût d'une tonne de CO<sup>2</sup> émise. Si nous prenions correctement cette donnée en compte lors des calculs d'ACV, de significatives augmentations de coûts (et donc de prix) en résulteraient pour un très grand nombre de familles de produits : voitures, énergies, logement, génie civil, produits blancs, textile, biens d'équipement, biens électroniques, contenu informatique, etc. En réalité, quasiment tout. Et cela est particulièrement vrai pour les activités reposant sur une extraction minière (métaux et terres rares, pétrole, cuivre, cobalt, uranium, bauxite, calcaire...).

La filière de l'aluminium comprend par exemple des stades d'extraction et d'électrolyse très impactants en eq. CO<sup>2</sup>. Et il en est de même pour la plupart des filières nécessitant des extractions minérales.



Mine de bauxite (Australie) et site d'électrolyse.

Un kilogramme d'aluminium a ainsi un prix de vente de 3-4 euros sur longue période, c'est-à-dire un prix équivalent à deux kilogrammes d'orange, alors même que si nous décidions d'intégrer son coût environnemental réel, nous serions plus proche des 08 sinon des 10 euros le kilogramme ...



Nous identifions ici une structure de prix équivalente entre un produit à très forte empreinte écologique (un kg d'aluminium) et un autre à faible empreinte (un kg d'agrumes) : est-ce là une situation cohérente ? Comment intégrer le coût environnemental dans un prix de vente ? Comment prendre en compte cela dans le cahier des charges ? Dans l'ACV faut-il l'intégrer lors de l'inventaire des coûts et des émissions de CO<sup>2</sup> ? (un kg d'orange génère entre 0.6 et 2 kg de CO<sup>2</sup> selon la nature de la plantation et le lieu de consommation ; un kg d'aluminium primaire entre 10 et 23 kg de CO<sup>2</sup> selon la nature des process et leurs lieux)

Sur le plan de la fiscalité verte, quelles sont les possibles utilisations des montants financiers dégagés ? Comment parvenir à de telles mesures sur un marché mondial où le prix est la variable centrale, et où l'énergie est la source majeure du coût (le poste énergie représentant 30% environ du coût de l'aluminium primaire)

Cette réévaluation de prix aurait un effet incitatif tant pour les offreurs que pour les demandeurs : côté offre pour innover dans la voie d'une meilleure efficacité énergétique ; côté demande pour moins consommer au regard des contraintes de budget. Au final, il nous faut rechercher les leviers tendant vers cette nécessaire sobriété<sup>67</sup>.

Pourtant, en matière de choix d'investissements et de calcul de coûts, ce point est souvent minimisé sinon négligé dans la plupart des projets<sup>68</sup>.

Nous pourrions approfondir cette question dont le fondement se réfère au mouvement utilitariste<sup>69</sup>. Le fil directeur dans ce manuel « Innovation » se

---

<sup>67</sup> Cette sobriété nécessite par ailleurs d'inclure la demande dans les dispositifs de réduction d'éq. CO<sup>2</sup>. Un bilan carbone individuel devrait à cet effet être déployé progressivement dans les nations particulièrement émettrices, même si politiquement nous comprenons la complexité à promouvoir une telle mesure.

<sup>68</sup> Cf Boissin, O., « Gestion des risques économiques et financiers », manuel de cours, Grenoble-INP, 2022.

<sup>69</sup> Derrière cette analyse de coûts environnementaux rapportés en point de PIB, et la manière de les prévenir, on retrouve la traditionnelle approche coût/opportunité et son

veut toutefois plus modeste : inscrire la conception des biens et services dans une approche soutenable.

Il y a une urgence à intégrer la valeur de la nature et des communs dans toute décision. Qu'ils portent sur des choix d'investissements, sur des projets d'innovations ou encore sur des rédactions de cahier des charges.

### Exemple de coûts directs et induits par la pollution

Décisions de production ou de consommation	→ Dommages sur la nature	→ Dommages pour l'Homme	→ Coût social
Emissions de SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ... par les industries ou par les activités de transport	-pollution de l'air -détérioration de la flore (forêts...) -détérioration de la faune (acidification des lacs...) ...	-impact sur la santé (mortalité, morbidité) -effet sur les matériaux (corrosion, salissures...) ...	-coûts des soins médicaux -coûts des journées de travail perdues -coûts des services de nettoyage ...
Utilisation d'engrais par les agriculteurs pour les besoins d'une agriculture intensive	-pollution du sol et par voie de conséquence des eaux de surfaces, des eaux souterraines et des eaux marines -détérioration de la faune (mortalité des poissons...) ...	-altération de la qualité physico-chimique des eaux -diminution de la diversité piscicole ...	-coûts de dépollution pour répondre aux exigences de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine -coûts de voyages plus longs pour aller pêcher ailleurs (plus une perte de satisfaction)...
Utilisation d'espaces de nature pour la construction de maisons individuelles en bord de mer	-destruction d'un écosystème	-perte d'un patrimoine naturel, d'un paysage emblématique...	-coûts des pertes d'aménités...
Extraction de pétrole offshore	-> destruction d'un écosystème en cas d'accident et de marée noire	-pollution des plages -diminution du stock de poissons ...	-coûts de la dépollution -manque à gagner pour les activités de pêche, conchyliculture, tourisme ...

Source : Observatoire Régional Environnemental (2012).

### Distorsion de concurrence et coût environnemental : le cas de l'industrie de l'aluminium

Source : Boissin, O., « Situation, enjeux et perspectives des cinq majors chinois de la filière aluminium » REWP-C n°18 – 2019/a2021.

#### Résumé

En matière de coût environnemental d'une tonne d'aluminium produite, l'impact est

hypothèse sous-jacente d'une nature placée au service de l'économie. Il s'agit là de la théorie dominante de la science économique : une pensée utilitariste d'origine néo-libérale et menée le plus souvent dans un silo disciplinaire bien critiquable. Cette approche est d'origine anglo-saxonne (fin du XIX<sup>e</sup> siècle) et reste très répandue également en France où l'académisme standard l'a adopté pour la conserver jusqu'à nos jours. On parle de la théorie économique standard. Pour un approfondissement de cette question, Boissin, O. « Homo-oeconomicus : l'erreur de la science économique », 2022 (disponible sur le portail Hal de l'UGA).

fortement variable selon la technologie, la famille de produit et le lieu de production retenus. Synthétisons ces trois items.

1-Quelle est la nature de la technologie retenue ? Au stade de l'électrolyse, le site retient-il un procédé AP 60 par exemple ou le process Soderbergh que l'on sait beaucoup plus émetteur de CO<sup>2</sup> ? Quelle est le type d'anode retenu et son mode de cuisson ? Quelle est la taille des fours et quelle est la combustion des gaz en fonderie ? Quelle est la capacité de production des fonderies ? Selon le process d'électrolyse retenu, il est ainsi estimé que les émissions directes varient entre 1,8 et 2,5 tonnes de CO<sup>2</sup> par tonne d'aluminium primaire. C'est donc là un point important.

2-De quel aluminium parlons-nous ? D'une production d'aluminium primaire ou en seconde fusion ? Ce dernier témoigne d'un facteur d'émission environ vingt fois moindre avec 513 kgCO<sup>2</sup>/t vs 13.000 kg CO<sup>2</sup>/t pour une tonne d'aluminium vierge (donnée FEDEREC 2017). Les plus grands progrès à venir viendront aussi d'une capacité de recyclage accrue dans le volume de la production mondiale. Cette voie est d'autant plus importante que l'aluminium est un métal pouvant être recyclé à 95% de manière infinie, et sans perte de ses propriétés physiques.

3-Quel est le pays d'origine où sont réalisés les extractions, le raffinage, l'électrolyse et la transformation ? Nous sommes ici sous le chapitre des émissions indirectes relatives aux combustibles utilisés. L'énergie est-elle issue d'EnR, de fioul lourd ou de charbon ? Cela conduit à des écarts considérables, allant d'une neutralité carbone par tonne d'aluminium produite si la source est d'origine nucléaire ou hydraulique, jusqu'à 15 tonnes s'il s'agit d'une source en charbon thermique.

(...)

La Chine réalise en 2021 l'essentiel de la production mondiale. Comme nous l'avons vu, elle témoigne toutefois d'un non-respect des règles de l'OMC sur longue période, du début de son adhésion en 2001 jusqu'à aujourd'hui. Un ensemble de mesures a été déployé par le Ministère de l'Industrie et par le Ministère du Commerce extérieur afin de prendre le leadership de la filière sur l'ensemble des stades amont comme aval. En particulier à partir de 2003 et jusqu'en 2021, la Chine a ainsi su s'imposer et devenir le premier producteur mondial d'aluminium primaire, avec plus de 62% de la production mondiale (2021). Cette position dominante se retrouve également au stade de l'alumine, et dans une moindre mesure à l'amont de la filière (bauxite) derrière l'Australie et le Brésil.

Les outils de l'intervention publique en matière de soutiens retenus par Pékin ont été déployés à ses différents échelons administratifs et se déclinent en trois leviers. Notons qu'il s'agit d'une batterie de mesures que nous retrouvons également sur la famille des ferreux. La politique orchestrée par Pékin en cela est similaire et avec des jeux d'acteurs qui diffèrent relativement peu entre les sidérurgistes et les producteurs d'aluminium. Ces mesures sont :

-une restriction des exportations à l'amont de la filière afin de favoriser une transformation et production domestique ;

-des subventions et une discrimination sur les taux de TVA à l'exportation afin d'inciter les exportations de biens finis et de freiner celle d'aluminium primaire ;

-un soutien financier direct aux entreprises qui sont principalement sous contrôle de l'Etat

central, notamment sur le plan des subventions et investissements. Cela a conduit à la présence de surcapacités de production chroniques conduisant certaines années les producteurs d'aluminium à opter pour des logiques de dumping afin de parvenir à rentabiliser les actifs immobilisés. Par ailleurs, malgré des directives émanant de Pékin, des rivalités concurrentielles significatives entre les producteurs et les provinces sont également présentes sur le marché domestique.

Sur le plan des aides octroyées, les trois géants mondiaux China Hongqiao, Chalco et SPIC sont les grands bénéficiaires de cette politique. Il s'accaparent à eux trois environ 60% des montants globaux avec un montant estimé d'environ 50 milliards d'USD sur les cinq dernières années. Dans une moindre mesure, Xinfu group, China Zhongwang, Henan Shenhua et Yunnan Aluminium ont également bénéficié de ces mesures de soutiens de la part de Pékin.

Au regard des investissements et de l'agressivité prix menés sur les marchés mondiaux, les parts de marché vont passer sous le contrôle de la nation alors même que ces producteurs sont de loin les plus gros émetteurs de CO<sup>2</sup>. Même si des gains en émission ont été réalisés en particulier depuis 2010, cela provient de la nature du mix énergétique retenu en émission indirecte et des modes de process retenus (notamment au stade de la bauxite mais également de l'alumine et de l'aluminium primaire).

Les principaux sites d'électrolyse et de production d'anodes sur le territoire recourent encore en 2019 à hauteur d'environ 90% à une électricité issue des centrales thermique charbon selon les données IAI. (...). Au final, la tonne d'aluminium primaire est estimée générer environ 16 tonnes d'eq CO<sup>2</sup> contre 13,5 en moyenne mondiale, et moins en France pour les sites d'Aluminium Dunkerque et de St Michel de Maurienne. (...) Au regard des enjeux d'innovation et d'emplois, mais aussi environnementaux dans ce secteur d'activité à très haute émission et intensité capitaliste, l'UE devrait ainsi témoigner de beaucoup plus de rigueur dans l'application des règles de l'OMC, à l'instar des Etats Unis qui ont déployé des pics tarifaires sur les importations notamment de l'aluminium primaire chinois. Une réduction des distorsions tarifaires actuellement enregistrées sur le LME et plus largement sur les canaux d'approvisionnements en primaire, en semi ouvrés mais aussi en produits finis participerait à un rééquilibrage vis-à-vis des producteurs européens. Nous pensons à RT-Trimet / Aluminium Pechiney mais aussi Norsk hydro. A St Jean de Maurienne nous savons Trimet/AP-Technology très en pointe sur l'efficacité énergétique au stade de l'électrolyse. Ces atouts permettent des gains notables en émission directe sur la base de la technologie notamment AP 60, et avec des cuves en technologie AP dotant environ 1/5 des sites mondiaux d'aluminium primaire. Sur site, Trimet bénéficie par ailleurs d'un recours majoritaire à l'énergie nucléaire. Quant à la position d'AD Alvalde Gravelines, il en est de même et l'usine représente la première production européenne d'aluminium primaire. Selon la hiérarchie interne, le site pourrait par ailleurs afficher une neutralité carbone dès 2030.

De même, Norsk Hydro témoigne de son côté d'une gestion optimisée de ses cuves en évitant une fuite en avant dans les ampérages telle qu'on peut la voir sur certains sites chinois (pour ces derniers avec une présence de cuves parfois très supérieures aux habituels 350.000 A, une option permettant aux producteurs chinois de gagner certes en volume de production mais qui se révèle être un choix énergivore). Par ailleurs, à l'instar du producteur RT - Alcan en Amérique du Nord, l'opérateur norvégien travaille essentiellement sur une base d'hydroélectricité générant une émission indirecte quasiment nulle.

En plus du problème posé par la distorsion des règles concurrentielles opérée par la Chine, il devient aussi urgent de prendre la juste mesure des atouts et des compétences disponibles en Europe, et en particulier en France. Cela dans la voie d'une internalisation du coût environnemental au sein de la filière à travers une fiscalité verte sur les importations carbonées. Une telle mesure de fiscalité environnementale doit être poussée à l'échelle européenne et se justifie au regard d'une production particulièrement impactante, l'aluminium primaire générant à lui seul 1% des émissions mondiales de GES (données AIE, 2019).

### Pratique d'ingénierie concourante en économie globalisée

Les analyses en termes de cycle de vie conditionnent fortement les choix d'organisations industrielles, et notamment la localisation des sites de production, leurs capacités de production et le degré d'intégration avec les activités d'engineering, la nature des plateformes technologiques à privilégier, les politiques d'approvisionnement et de distribution à architecturer, en un mot les *Supply Chains* à déployer.



De longue date, la grande entreprise pense sa stratégie d'implantation à une échelle internationale. Cependant, à partir de la décennie 1980, les pratiques vont connaître de significatives modifications. Cela vient notamment de la forte montée en compétences de nouveaux pays émergents.

Partons dans le monde de l'automobile afin d'illustrer cela.

Historiquement, lors de sa phase de conception puis d'industrialisation, un nouveau véhicule était lancé au sein du pays d'origine du constructeur. Puis en fin de cycle de vie, il pouvait être délocalisé dans un pays émergent. La raison en était principalement la recherche d'une valorisation d'un moindre coût de production. Il s'agissait de maintenir un procédé encore un temps rentable.

Nous parlions en ces temps anciens d'une délocalisation des chaînes de production en fin de cycle de vie dans des pays en voie de développement.

Aujourd'hui ces logiques sont souvent remises en cause au profit d'un maillage beaucoup plus serré des entités productives et de la logistique, cela pensé à une échelle globalisée et le tout en ingénierie concourante. Par ingénierie concourante, nous désignons la mobilisation de l'ensemble des équipes travaillant simultanément sur la réalisation d'un projet. Le tout en approche interdisciplinaire et dans l'interculturalité.

### La vaillante R12 sur les routes du Proche-Orient



L'ancien processus de l'ACV conduisait à faire perdurer en phase de maturité-déclin les produits et process dans les pays dits « en voie de développement » (PVD). Par exemple, jusqu'en 1999 le groupe Renault produira la R12 lancée en France en 1969 (et dont la production nationale sera stoppée en 1980) sur son site de Bursa en Turquie (OYAK). Ou encore en Roumanie à Pitesti avec Dacia sous licence Renault.

(Parenthèse ouverte : l'on ne parlait pas encore à l'époque d'éco-conception au sein du groupe Renault, mais il est de notoriété que la conception de ce type de véhicule était d'une robustesse à toute épreuve. Un modèle doté du fameux moteur Cléon-fonte, une voiture conçue pour être aisément réparable sur l'ensemble de ses organes mécaniques, électrique, bloc moteur... Le choix de la simplicité. En ces années 2020 où le mot de circularité industrielle s'invite partout, est-ce toujours le cas des nouveaux véhicules ?).

Depuis les années 2000, de profondes modifications ont toutefois vu le jour sur ces types de stratégie internationale de vie du produit. Au sein des pays émergents se trouvent dorénavant des plateformes technologiques de dernière génération, couplées avec des logiques de marchés locaux et d'exportation vers les pays développés. Y compris vers celui d'origine.

Pensons par exemple au site de Renault-Tanger pour les véhicules de la

gamme Entry (Logan). Ou encore sur le site historique Turque d'OYAK (Bursa) qui réalise depuis 2020, et dans une approche industrielle en 4.0, le modèle de la Clio E-Tech.

Ce qui est vrai en Turquie, l'est également au Brésil, en Pologne, en Chine, etc.



De même, en matière de stratégies d'innovation, les groupes valorisent de plus en plus les compétences locales des pays émergents. Cela afin de concevoir de nouveaux modèles en adéquation avec la demande et les usages locaux. Pour le groupe Renault, c'est par exemple l'option retenue avec la Kwid, principalement conçue et industrialisée en Inde à partir de 2015.

Entre la R12 d'OYAK (1971) et la Kwid de Chennai (2015), bien du chemin a ainsi été parcouru, en termes d'innovation comme d'industrialisation au sein des pays émergents.



Renault Kwid, un modèle ayant conduit les équipes du Technocentre de Guyancourt à remettre à plat les méthodes de management de l'innovation et leur articulation avec un nouveau centre de recherche Renault-Nissan localisé à Chennai (Inde). Les émergents ont aussi leurs mots à dire dans la conception et l'industrialisation des véhicules.

### **L'urgence de généraliser les approches en économie circulaire**



Le monde est davantage maillé et le nouveau défi est dorénavant la circularité, surtout au regard des volumes de PIB générés. Face aux défis environnementaux, il devient alors central d'inscrire les activités industrielles en éco-conception.

Bien souvent éloigné du 4.0 (cf. chapitre 3), il nous faut renouer avec la simplicité. Adapter le produit à l'usage recherché, sans superflu, en simplicité technologique et sobriété énergétique<sup>70</sup>. L'éco-conception se trouve alors à la croisée de multiples problématiques visant la mise en œuvre d'un développement soutenable.



L'éco-conception :  
une démarche centrale pour un monde plus soutenable.

Source : d'après Ademe 2013

Ces termes d'éco-conception et plus largement d'économie circulaire sont à la mode. Il nous faut donc être critique et aller plus loin. Objectif : comment participer à sa réelle mise en pratique et lutter contre des fuites en avant technologiques ?

Pensons par exemple à la conception de réfrigérateur et autres produits de nos temps modernes témoignant d'une stupidité déconcertante : devant être connecté à Internet, nous dire d'aller faire les courses dans les

<sup>70</sup> P. Bihoux représente une des grandes signatures hexagonales sur la question. Invitation à la lecture : Bihoux, P. ; « *L'âge des Low-Tech* », Ed Seuil, 2014.

supermarchés, souriez-vous êtes filmés, etc. Et pendant ce temps, on nous explique l'importance de lutter contre la pollution numérique car la « maison brûle ». Sur la base de ces dynamiques en surenchère technologique, demain il n'y aura plus d'abeilles ni de chants d'oiseaux. Et au rythme où va le monde, demain pourrait-être bientôt.



Exemple d'un Frigidaire connecté moderne. Prix de vente : entre 1000 et 4000 euros.  
Une surenchère technologique mais aussi de consommation de ressources rares.  
*Le Big-Tech a un très fort impact sur la nature.*

Finally, quelle est la fonction principale demandée à un Frigidaire ?  
Et comment répondre à ce besoin dans un cadre d'éco-conception ?  
Lors de la conduite d'une analyse fonctionnelle, il faut se poser ces questions simples.

Parfois il est bon de retrouver le bon sens. Il nous invite à se poser les bonnes questions, sur les méthodes et les finalités de l'innovation. Mais la période actuelle ne peut se targuer du monopole de pratiques souvent discutables. Durant les Trente Glorieuses, une multitude de produits superficiels existait également. A l'instar de l'indispensable couteau électrique offert pour la fête des mères, gadget compliqué, dangereux et inutile, qui se retrouvait très vite inutilisé en haut d'un placard.

Le couteau électrique, les années J. Tati.



Divagation : à quand le couteau électrique connecté indiquant lors de la découpe de la volaille l'indice de sa masse grasseuse ? Le cinéaste Jacques Tati se délecterait sans doute des travers de notre époque.

Bien souvent les réponses ne sont pas aussi simples. Il ne nous faut point être binaire sur les questions de l'innovation. Le 4.0 peut se révéler aussi porteur de solutions pour une stratégie bas-carbone.



Sur le plan des émissions de CO<sub>2</sub>, les innovations s'inscrivent dans un spectre large allant des problèmes aux solutions.

Continuons dans l'approche de l'éco-conception, mais cette fois-ci sur sa thématique de l'obsolescence et de la réparabilité. Et afin d'illustrer cela, retenons une famille de produits particulièrement problématique : les moyens de transport terrestre. Moins grave que pire toutefois, retenons les deux-roues à moteur thermique, et non pas les délicieux véhicules de type SUV encombrant si souvent nos cités du monde.



XT 500 (1976)



Un scooter actuel (ici un Kymco 250 cm<sup>3</sup>), dont les ventes explosent dans le monde entier.

Retenons ici un deux-roues mythique, la « XT 500 ». Cette moto a été conçue et produite par le groupe nippon Yamaha<sup>71</sup>. Une réalisation de 1976 sur la base d'une cylindrée de 500 cm<sup>3</sup>.

---

<sup>71</sup> Mythique car il s'agissait d'un modèle particulièrement performant et robuste. Cette moto était régulièrement la lauréate d'une célèbre course de ces temps anciens - certes bien discutable en termes de développement durable - qui se nommait le Paris-Dakar (Rallye

32 chevaux, un moteur 4 temps d'une consommation de 3.9 l aux 100 km, le tout avec une combustion possible sur base d'essence sans plomb. Dès les années 70, les groupes japonais savaient en effet concevoir cela au niveau des fonctionnements mécaniques. Durée de vie : 30 ans, sinon plus.

En comparaison, un scooter « *TMax* » de 2016 du même constructeur Yamaha, et sur la base d'une cylindrée identique de 500 cm<sup>3</sup> consomme 6 litres/100.

Vitesse maximale ? 180 km/h. Durée de vie : 15 ans ? Au mieux.

Ou encore un scooter du groupe taiwanais Kymco de 250 cm<sup>3</sup> « *Grand Dink* », 4,75 l/100 km, sur une base moteur de 2 temps, c'est-à-dire nécessitant de brûler en plus du carburant de néfastes et importantes quantités d'huiles.

Avec quelle durée de vie ? Pendant que se vendront ces modèles régressifs du point de vue de leur soutenabilité, les *XT 500* de 1976 fonctionneront sans doute encore ...

Question : bien sûr, ces données techniques sont insuffisantes et il nous faudrait connaître les grammes du CO, HC et du Nox<sup>72</sup> par km effectué. Puis les facteurs d'émission entre un carburant sans plomb 98 et du SP95 et E10<sup>73</sup>, ce dernier étant moins impactant en termes de GES. Mais déjà, à grosse maille, une première interrogation s'impose :

Dans une optique de développement durable, nos méthodes de conception, nos nouveaux produits et nos modes de consommation en tant qu'utilisateur

---

Dakar). Puis elle sera ensuite détrônée par une autre mythique machine, la BMW GS 650 cm<sup>3</sup> qui, sur le fond va attester d'une même conception mécanique « agricole ». Ces modèles étaient aux antipodes d'une démarche en obsolescence programmée mise en œuvre dans le cadre des logiques financières qui se sont diffusées mondialement à partir de la décennie 1980.

<sup>72</sup> Le CO est le monoxyde de carbone, un gaz toxique très nocif et qui résulte d'une mauvaise combustion du carburant. Il en est de même des hydrocarbures non brûlés (HC). Quant à l'oxyde d'azote (Nox) il est présent dans le cadre d'une combustion à haute température. Il est particulièrement nocif pour le système respiratoire, ainsi qu'au niveau de l'environnement dans la formation du polluant de l'ozone.

<sup>73</sup> Pour l'accès à la table d'émissions CO<sup>2</sup> selon les carburants, cf. Manuel « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* », (Vol 1). Notons toutefois que le SP 95-E10 pour un scooter de marque Yamaha ou Kymco ne sera guère recommandé car des dysfonctionnements sont présents en matière de combustion, d'oxydation des métaux et de dilatation des joints caoutchouc (E10 signifie une teneur de 10% d'éthanol adjoint à l'essence SP 95, cette dernière étant une essence sans plomb avec un indice d'octane de 95).

témoignent-ils de progrès significatifs depuis les années 1980 ? Quels enseignements retirer de nos fabricants de ces deux routes ? Peut-on parler d'un développement durable ?

La réponse est aisée : non.

Allons plus loin : en tant que consommateur et en tant que producteur, faut-il changer en permanence nos environnements matériels ?

Lorsque vos grands parents et parents se faisaient offrir un vélo pour leur anniversaire, ce dernier durait plusieurs décennies. Et pour certains d'entre vous, peut-être roulez-vous encore sur ces vieux clous. Cela continue de fonctionner, et s'inscrivait par ailleurs en circuit court. En France, du Peugeot – PME de Dijon – par exemple, sur la base de dérailleur Simplex. Concevoir pour durer, avec des choix le plus souvent audacieux, et de simplicité. Et en « circuit court » comme l'on dit de nos jours.



Il en est de même pour les motocyclettes. Lorsque le groupe Yamaha concevait un modèle d'XT 250, 400 ou 500 cm<sup>3</sup>, durant la décennie 1970, ces machines étaient pensées pour rouler en toutes conditions et longtemps : 30-40 ans. Elles été aussi conçues pour être réparables. Bien sûr, elles ne dépassaient pas les 110 km/h ou 130 km/h maximum, mais est-il nécessaire d'aller plus vite ? Et est-ce permis ?

Dit autrement, avons-nous *besoin* de motocyclettes délivrant plus de 30 ou 40 chevaux ? De nos jours, bien souvent elles délivrent 150 ou 200 chevaux. De belles prouesses technologiques il est vrai, mais est-ce utile et en accord avec les défis à relever ? La réponse là encore est d'une limpidité de cristal : non.

Certes, les anciennes machines fonctionnaient avec de l'énergie fossile, mais d'une consommation en carburant en réalité respectable pour l'époque. Environ quatre litres/100 km.

De nos jours, en réduisant le poids et la cylindrée, et avec les progrès réalisés en matière d'efficacité des moteurs, des injecteurs et des choix de matériaux, nous pourrions les concevoir à 2 litres aux 100 km, si ce n'est moins. Bien

des voies de progrès sont donc possibles et c'est ce qu'il nous faut développer. Et sur la base d'énergie renouvelable ! Car le pétrole n'a plus d'avenir, là au moins se trouve une bonne nouvelle.

## 5 – Innover pour sortir d'un capitalisme thermo-fossile

### Oui à l'électricité, mais non au charbon !

Restons sur nos temps modernes car seul importe l'avenir : les scooters et motos électriques sont-elles si préférables en termes d'émissions de GES ?

En cette décennie 2020, hormis en France, l'essentiel des pays de la planète génère leur électricité principalement avec des centrales à charbon. En matière d'électricité émanant de cette source primaire charbon, la Chine est en tête, haut la main, avec 46 % de la production mondiale. Puis viennent ensuite les États-Unis et l'Australie, avec respectivement environ 10%. Tout cela ne va guère dans le bon sens...



Mondialement, les scooters et les voitures électriques sont en général propulsés en énergie primaire par le charbon. Pour les voitures, selon les types de modèles et leurs lieux de fonctionnement (France ou Chine ? Japon ou Pologne ? Suède ou Inde ? ...), les émissions globales de GES (construction + fonctionnement) ne sont pas toujours aussi réduites qu'on pourrait le penser en comparaison d'un moteur thermique.

### Les nouvelles routes du charbon.

Comme nous le savons, la puissance chinoise a décidé de promouvoir avec ses nouvelles routes de la soie - le programme *OBOR*<sup>74</sup> - un capitalisme non pas de soie mais thermo-industriel. Et cela à une échelle globalisée jamais égalée. Des trains quittent la Chine chargés de produits issus d'une industrie en surcapacité chronique de production, et le plus souvent aux empreintes hautement carbonées. Puis, au retour, ils reviennent remplis de minerais, de

---

<sup>74</sup> OBOR « *One Belt One Road* ».

grumes, de matière énergétique ou autres inputs nourrissant notre capitalisme thermo-fossile. Quant à OBOR, le tout en égrainant le long des voies la construction de cimenteries et de centrales thermiques à charbon. En jonction des gares et des ports, se trouvent des pipelines, des décharges de plastique, des camions citernes, des silos à clinker, et demain des entrepôts plus ou moins Amazon. Notre monde moderne n'est que la reproduction de notre monde ancien que l'on sait pourtant non durable.

Finalement, ces nouvelles routes n'ont de la soie que le nom du précieux tissu. En réalité elles ne sont façonnées que d'acier, de pétrole, de ciment et de charbon. L'urgence est pourtant de rompre avec cette forme de capitalisme.



De nos jours, que reste-t-il des routes de la soie ? Ces itinéraires d'une antiquité vieille de deux mille ans et reliant la ville de Xi'an à Antioche (Syrie), ne reposaient aucunement sur un modèle de capitalisme thermo-industriel. Il s'agissait de négoce mené à dos de chameaux portant sur quelques rares familles de produits précieux, la soie en tête.

Que retenir de cette situation ? Au-delà des discours en *Green Washing*, nos modèles ne s'acheminent aucunement vers la sobriété à rechercher. Quant à l'énergie consommée, elle reste majoritairement carbonée, et l'électricité mondiale n'échappe pas à la règle. Derrière se trouve bien souvent la combustion de charbon et le bilan en est désastreux. En 2021, l'absence remarquée de Xi Jinping à la COP 26 de Glasgow n'y était pas étrangère.

Programme OBOR : les nouvelles routes du charbon.



Quelles sont les rationalités derrière le programme OBOR dit « des nouvelles routes de la soie » ? De par l'ampleur des pays concernés et des impacts écologiques à venir, cette question ne peut-être balayée d'un revers de main. Quels sont les principaux enjeux, portées et limites pour les pays sélectionnés dans ce projet ?  
Retenez une nation de votre choix et analysez.

### **La délocalisation de la pollution signifie-t-elle sa réduction ?**

Certes, produire l'électricité dans une centrale thermique au charbon permet de délocaliser les émissions. Mais cette délocalisation signifie-t-elle une réduction des GES ?

Importer toujours davantage de biens en provenance des ateliers mondiaux que sont la Chine ou l'Inde demain permet d'améliorer les bilans carbone européens. Mais les émissions globales de GES sont-elles réduites pour autant ?



Mine de charbon de Jin Hua Gong, Province Shanxi (Chine)



Là aussi la réponse est aisée : non. Au contraire, elle devrait conduire à une croissance des émissions. En termes de flux, donc aussi de stock car la pollution doit s'analyser sous ce double volet.

Allons plus loin : lors des activités de conception, il nous faut toujours raisonner aux flux de GES émis, non seulement en phase d'extraction/production, mais aussi d'exploitation (fonctionnement) et de fin de vie. On parle alors d'un facteur d'émission global.

De cet ensemble de flux, d'où qu'il vient (Etats-Unis ou Europe, Inde ou Chine, ...) émane ensuite un stock dans l'atmosphère. Pour réduire ce problème, l'éco-conception doit alors être au cœur de la réflexion<sup>75</sup>. Il s'agit là d'une des pièces centrales du puzzle. Nombre de questions sont là aussi ouvertes et retournons à nos vieilles machines pour illustrer cela : les deux-roues des temps anciens impactaient dangereusement l'environnement mais étaient en réalité d'une empreinte carbone en phase de fabrication comme d'exploitation plutôt frugale. Ils étaient en effet conçus sous de modestes formats, et pour durer sur de longues périodes.



Une 4L Renault des années 1960 pesait 800 kg. Une Clio V de 2022 : 1200 kg.

Sans guère de consommables par ailleurs, et sur la base de matériaux offrant un recyclage quasiment intégral. Pas de surenchères en accessoires sans valeurs, pas de mille-feuille électronique, aucune terre-rare ni aucun métal rare... Et idem pour les motocyclettes. Une même batterie d'XT 500 peut rester à demeure vingt ans sur le véhicule. Pourtant, dans les bureaux d'étude de Renault ou de Citroën, de Peugeot ou de Yamaha, de BMW ou de Moto Guzzi, on ne parlait pas alors de soutenabilité.

---

<sup>75</sup> Cf Boissin, O., « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* », (Vol 1), Série « *Off* », 2022.

Côté conception, hormis chez Dupont avec les bas-Nylon dans les années 50, ou chez Epson avec les imprimantes, l'obsolescence programmée ne figurait pas parmi les registres des managers. Dit autrement, les financiers et actionnaires n'imposaient pas encore leur dictature managériale orientée profit. Nos sociétés sont aussi à repenser en profondeur en matière de gouvernance, de vision et d'objectifs. En matière de simplicité, de frugalité et de sobriété énergétique. En dehors de cela, guère de solutions.



Il est généralement admis que Dupont représente historiquement l'une des premières entreprises à avoir développé les principes d'obsolescence programmée au sein de leurs bureaux d'études. Sur sa famille des bas-nylon, l'entreprise avait initialement réalisé des bas si résistants dans les années 1940 que le renouvellement des produits posait problème. En modifiant la formulation chimique, les ingénieurs de la firme seraient alors parvenus à rendre la fibre plus fragile aux rayons UV, faisant ainsi en sorte que les bas se filent aisément.

**Obsolescence programmée :  
La durée de vie des lave-linges réduite de trois ans en moins de dix ans**

Source : <https://www.20minutes.fr/societe/2610847-20190923-obsolescence-programmee> (23/09/2019)

« Alors que le projet de loi relatif à la lutte contre le gaspillage et à l'économie solidaire arrive, ce mardi, au Sénat, un rapport dévoile que la durée de vie des lave-linges a diminué de trois ans ces dernières années.

Selon un rapport 2019 réalisé par l'association HOP (Halte à l'obsolescence programmée) et la start-up Murfy, spécialisée dans la réparation de gros électroménager à domicile, en huit ans, la durée de vie des lave-linges a diminué de 30 %, passant de dix ans en 2010 à sept ans en 2018.

**« Un coût insupportable pour le consommateur comme pour l'environnement »**

Selon les auteurs du rapport, la baisse de la durée de vie des lave-linge, présent dans 97 % des ménages français, entraîne pour les consommateurs une hausse des prix, jusqu'à 15

euros de plus par an. « L'obsolescence des lave-linges représente un coût insupportable pour le consommateur comme pour l'environnement », a souligné Laetitia Vasseur, déléguée générale et cofondatrice de HOP, dans un communiqué demandant aux fabricants d'« améliorer la « réparabilité » et la durée de vie des lave-linges, dès leur conception ».

Le rapport dénonce également « l'inaccessibilité, la conception et le prix exorbitant de certaines pièces essentielles au bon fonctionnement et même des pièces d'usure ». Par exemple, remplacer une « carte électronique » coûte 400 euros chez Miele contre 200 euros pour les autres marques. « Dans 50 % des cas, il est possible de faire réparer son gros électroménager sans la moindre pièce détachée », déplore la start-up Murfy.

### **Les auteurs du rapport demandent au Sénat de prendre des mesures**

Pour les auteurs du rapport, certains fabricants, comme LG ou encore Samsung, rendent volontairement impossible la réparation de certaines pannes. « Les cas d'irréparabilité soulignés, limitant la durée de vie de l'appareil, pourraient être interprétés comme de l'obsolescence programmée technique indirecte », critique l'étude.

Alors que le Sénat examine mardi, le projet de loi relatif à la lutte contre le gaspillage et à l'économie solidaire, les auteurs du rapport demandent aux parlementaires de rendre « illégales les techniques qui visent à entraver la réparation des appareils dans le cadre du délit d'obsolescence programmée » et d'« imposer un indice de réparabilité obligatoire dès 2021 ».

*« L'étude a été réalisée grâce aux données de plus de 3.000 lave-linges récoltés par Murfy et aux réponses de 900 consommateurs sur la plateforme de produits durables de l'association HOP ».*



Il existe à l'opposé un cas d'entreprise ayant décidé de concevoir et produire un lave-linge en économie circulaire, *Right-Tech*, réparable et durable. Mais ce cas permet également d'identifier les embûches propres au développement d'une TPE, non pas tant sur le plan de l'innovation, que sur celui de l'industrialisation et de son financement.

Sur le plan de la conception comme de la production, ne pas en rester à la nostalgie sans guère d'intérêt d'un passé idéalisé, mais bien comprendre la nécessité de conserver en ligne de mire la frugalité en matière de conception comme de production, la robustesse et la simplicité, le tout sur une base d'économie puisant son énergie principalement d'une source électrique. C'est cette énergie qui peut en effet se nourrir d'un mix primaire issu

d'énergies renouvelables : éolien, hydroélectricité, solaire, ... mais non plus le charbon.

Nous connaissons le défi : 20% de notre mix global énergétique actuel repose sur l'électricité. Or, cette dernière doit parvenir à se hisser à environ 50% de la consommation final d'énergie en 2050. Sur cette base, le développement économique peut alors se nourrir d'EnR, tout en n'omettant l'importance de retenir une démarche inscrite en sobriété technologique. Lors des analyses de la valeur, ne pas oublier ce fait : plus les biens et services sont complexes, plus leurs coûts sont élevés, plus leurs *Supply Chain* sont géographiquement étendues, leurs qualités difficiles à garantir, leurs maintenances lourdes et leurs recyclages difficile à réaliser.

Et réciproquement. Tant que cela est possible, éloge du simple donc !

Qu'il s'agisse d'un moyen de transport, d'un habitat, de l'alimentation, d'un prêt à porter, d'un produit blanc, etc. Un réfrigérateur maintenant la température adéquate sur la base d'un compresseur/condenseur/détendeur efficaces (c'est-à-dire visant une faible consommation énergétique), le tout dans une conception inscrite dans la durée représente ainsi l'objectif à atteindre. Cela est possible car de remarquables avancées ont vu le jour en termes de consommation énergétique<sup>76</sup>. Sur 40 ans, en moyenne la consommation en kWh a été ainsi divisée par cinq pour cette famille de produit.

Le dilemme « *Durée – Empreinte – Coût* ».



Sur nombre de produits industriels se pose le dilemme entre la durée de vie du bien et l'incitation à le remplacer afin de bénéficier des dernières avancées scientifiques et techniques réalisées. Un réfrigérateur offre une illustration à cela : pour l'utilisateur, faut-

---

<sup>76</sup> Notons que certains réfrigérateurs fonctionnent dorénavant de manière écologique sur la base de la chaleur du soleil. Cette technologie en *Right-Tech* se révèle particulièrement adaptée aux pays émergents de l'hémisphère sud.

il faire durer l'ancien produit blanc ou le changer ? En réalité ici le dilemme n'est qu'apparent au regard des remarquables progrès réalisés en termes de consommation de kWh à température recherchée constante. Le choix n'est donc point cornélien et doit être arbitré au profit du remplacement de l'énergivore appareillage obsolète (l'empreinte d'un frigidaire est moins liée à sa phase de production qu'à son mode de fonctionnement). C'est la contrainte budgétaire du consommateur qui va être le principal frein à la décision de remplacement. Mais là aussi, dans le cadre d'un frigidaire, le coût d'opportunité devrait inviter au remplacement du bien afin de réduire la facture électrique de l'habitation.

En matière d'isolation thermique d'un logement, le temps de retour sur investissement est par contre souvent beaucoup plus long : pour le changement d'une chaudière, il faut compter environ 5 ans au minimum. Sur de nombreuses familles de produit, le consommateur se trouve alors confronté au dilemme Durée – Empreinte – Coût. Dans l'habitat, pensons par exemple au temps de retour sur investissement dans le cadre d'un changement de fenêtre (au profit d'un double ou triple vitrage) ou encore d'une isolation de murs ou toiture.

## Conclusion

En matière de réduction de notre impact environnemental, sur bien des points il est plus facile d'agir sur nos modes de comportements que de trouver de réelles améliorations par l'innovation technologique. Car cette dernière est bien souvent contestable sur le plan des empreintes sur l'ensemble de son cycle de vie.

A l'inverse, un mode de comportement sobre permet de traiter la plupart des problèmes efficacement, directement à leur source.

Une sophistication technique génère ainsi le plus souvent des impacts écologiques néfastes, et par ailleurs elle conduit à une intensification des usages par des effets rebonds. Au final, il en résulte une croissance des problèmes environnementaux.

On ne peut pour autant conclure à l'abandon des efforts de R&D et de reconception de la production, bien au contraire, au regard des défis, des multiples transitions sont à conduire. Notamment, il convient de réaliser dans l'urgence une société en neutralité carbone, et cela passe aussi par d'ambitieux programmes d'investissements et de croissances dans le cadre d'un *Green Deal* et d'une électrification de notre mix énergétique accru.

Mais que cela ne masque la complexité du sujet : la plupart des nations manquent des biens fondamentaux, du fait notamment d'un faible niveau d'infrastructures publiques. Des barrages, du ferroviaire, des infrastructures électriques, des hôpitaux, des universités, des routes, etc. sont à moderniser

sinon à construire. Or tout cela nécessite du ciment, de l'acier, des produits pétrolifères, des équipements énergétiques, etc.

Bien des infrastructures sont nécessaires, notamment dans les pays pauvres et les émergents

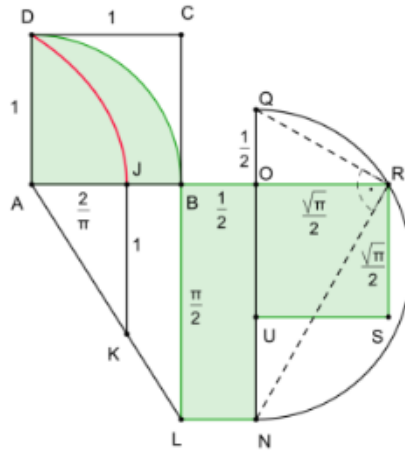


La fidèle R12 quelque part ici en Afrique. Il ne s'agissait pas d'un chemin de traverse mais d'un axe routier important du pays. Cette photographie nous exprime à sa manière que beaucoup reste à faire : des routes, des véhicules propres, des adductions d'eau, de l'électrification, des hôpitaux, etc. Et concernant l'Afrique, sur un continent où l'âge médian de la population est de 19 ans et avec doublement de sa population estimé d'ici 2050. Une forte croissance du PIB semble alors s'imposer.

Le monde peut-il être envisagé dans une décroissance absolue ? Analysez.

Et si le doute persiste, partez à la rencontre des frères africains, arabes, russes, asiatiques, ... que ce soit en voiture, en vélo, sur des camions, des bateaux... peu importe. Vous aurez alors une compréhension à la fois plus immédiate et nuancée des problèmes.

Au final, ne point être le ravi de la crèche, la croissance des activités est un sentier complexe à trouver. Améliorer l'inclusion et la soutenabilité par un PIB vert est un défi qui reste en grande partie à trouver. Quadrature du cercle, quadrature du siècle, il nous faut le chercher.



Mais si vous êtes plongés dans l'expectative ou dans le pessimisme, une invitation à la lecture : Marc Fontecave : « *Halte au catastrophisme !* » (Flammarion, 2020).

\* \* \*

### A - Résumé

A vous de synthétiser, avec ici une ligne directrice suggérée :

- Quelles sont les principales contraintes pour la conduite d'une activité industrielle inscrite en ACV ? Et comment les relever au mieux ?

### B - Concepts abordés

ACV – circularité - éco-conception - *Low Tech* – *Right Tech* – *Big Tech* - Invention - Innovation - Innovation radicale - innovation incrémentale - obsolescence programmée - *Design to Cost* - analyse de la valeur – sobriété technologique.

### C - Questions à prolonger

(i) Les innovations majeures de demain sont-elles condamnées, pour les inventeurs et innovateurs, à être complexes sur les plans scientifiques, techniques, organisationnels et financiers ? Analysez et illustrez votre raisonnement pour une ou deux innovations majeures.

(ii) Que signifie une démarche en éco-conception ? Illustrez votre raisonnement par des exemples empiriques de votre choix.

### D - Pistes de lecture

- Académie des technologies, Rapport 2014.  
Bihouix, P., « *L'âge des Low-Tech* », Éd. Seuil, 2014.  
Boissin, O., « *Analyse de la valeur : application en conception* », manuel de cours, Grenoble-INP, 2022  
Boissin, O., « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* », Série « Off », 2022  
Boly, V., "*Ingénierie de l'Innovation*", Hermès-Lavoisier, 2009.  
Brasseul, J., « *Histoire des faits économiques et sociaux* », (3 vol.), Armand Colin, 2004.  
Mc Kinsey France, « *Accélérer la mutation numérique des entreprises : un gisement de croissance et de compétitivité pour la France* », 2014.  
Carlton, D., Perloff, J., "*Economie industrielle*", De Boeck Éd., 2015.  
Christensen, C., « *Innovator's Dilemma* », De Boeck, 1997.  
De la Bretesche, B., (dir.), « *La méthode APTE* », Petrelle Éd., 2000.  
Delbos, A., de Perthuis, C., « *Les marchés du carbone expliqués* », Paris Dauphine, 2009.  
Garel, Mock, « *La fabrique de l'innovation* », Dunod, 2013.  
Gille, B., « *Histoire des techniques : civilisations, technique et sciences* », La Pléiade, 1978.  
Jouzel, J., Larrouturou, P., « *Pour éviter le chaos climatique et financier : une solution scandalusement simple* », 2018.  
Lauvergeon, A., (sous la dir), Rapport « *Innovation 2030* », ANRT, Commission de l'Innovation. 2014.  
Le Loarne, S., Blanco, S., « *Management de l'innovation* », Pearson, 2009.  
Le Tourneau, P., « *Ingénierie, transferts techniques et de maîtrise industrielle* », Éd. d'Organisation, 2016.  
Observatoire Régional de l'Environnement, « *Donner un prix à la nature* », ORE, 2012.  
Pitron, G., « *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique* », Les liens qui libèrent, 2018.  
Radjou, N., Prabhu, P. « *L'innovation frugale, comment faire mieux avec moins* », The Economist, 2016.  
Rifkin, J., « *La Troisième révolution industrielle* », Palgrave Mc Millan, 2011.  
Schumpeter, J., « *Capitalisme, Socialisme et Démocratie* », Payot, 1942.

#### **E - Compétences attendues à l'issue de ce chapitre**

- (i) Une capacité à comprendre l'évolution économique comme un processus schumpétérien, l'innovation restant au cœur des dynamiques longues de développement.
- (ii) Savoir repérer les parties prenantes et les objectifs recherchés dans un processus d'innovation.

\* \* \*



## *Chapitre 3*

### *L'industrie 4.0 est-elle pensée de manière durable ? Questions ouvertes*



#### Sommaire

Introduction

- 1-Industrie 4.0 : de quoi parle-t-on ?
- 2-L'industrie 4.0 au cœur des dynamiques du futur.
- 3-Entreprise du futur : la fin des emplois ?
- 4-Une multiplicité de compétences à développer.
- 5-Grandeur et décadence du 4.0 : prenons un peu de hauteur.

Conclusion

- A- Résumé
- B- Concepts abordés
- C- Compétences attendues
- D- Questions de prolongement
- E- Eléments bibliographiques

**Objectif du chapitre** : savoir identifier les évolutions scientifiques et technologiques en œuvre avec l'arrivée du 4.0 et leurs possibles conséquences sur les dynamiques sociétales.

### **Introduction**

Depuis le début de la décennie 2010 le monde se trouve plongé dans une profonde mutation de l'industrie. On parle d'industrie 4.0. Mais que recouvre exactement ce terme ? Est-ce là une source d'un avantage concurrentiel pour les économies dites développées par rapport aux pays émergents ? Est-ce un progrès s'inscrivant dans la soutenabilité ?

Le 4.0 laisse à penser une réindustrialisation possible sur la base de

techniques complexes et de compétences hautement qualifiées, autour notamment de l'algorithmique, la statistique, les mathématiques appliquées en recherche opérationnelle, la robotique, la mécatronique, la biométrie, la physique des particules ... La plupart des domaines scientifiques et techniques sont concernés.

Mais derrière ces mutations, sinon ces bouleversements, sont posés d'autres questions :

Quel pourcentage de la population active va-être affecté ou au contraire porté par cette évolution ? Existe-t-il une augmentation prévisible du taux d'emploi ? du taux de chômage ? Quels en seront les secteurs touchés et les bénéficiaires ? Cela s'inscrit-il dans la voie d'un développement durable ? L'agriculture est-elle dans le périmètre également du 4.0 ? Le phénomène concerne-t-il les pays émergents ? Dans quelle proportion ? A quel horizon ?

Autant de questions qu'il convient d'aborder afin de mieux comprendre les futurs possibles. Ou tout au moins, tenter une esquisse d'horizons possibles.

## 1 - Industrie 4.0 : de quoi parle-t-on ?

### Périmètre des activités en 4.0

Aux antipodes des démarches en *Low-Tech*, l'entreprise du futur peut se définir comme un modèle d'intégration accrue entre des activités industrielles, de services et de digitalisation. La firme 4.0 peut s'apparenter à la construction d'une véritable cathédrale technologique, avec une bonne dose de numérique. Les briques en sont multiples et derrière la thématique se trouve de multiples entrées de type :

- la robotisation et la *cobotique*<sup>77</sup> ;
- le développement du *cloud* et de l'IA dans les organisations, avec une orientation croissante d'intelligence en Big data (*Data Scientist, Data Strategist, Machine Learning*<sup>78</sup> ...)

---

<sup>77</sup> Cobotique : interaction homme-robot afin de faciliter le traitement d'une tâche par l'individu.

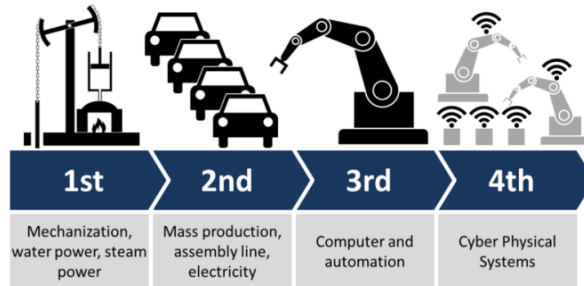
<sup>78</sup> Le *Machine Learning* est une application de l'IA conduisant à une montée en intelligence autonome des ordinateurs. Cela repose sur le traitement de données (des logiques conduites en *Big Data*) par des analyses statistiques indépendantes d'interventions

- l'informatique quantique démultipliant les possibilités de calcul ;
- la logistique 4.0 et les Hub automatisés, véhicules autonomes, AGV<sup>79</sup>... ;
- l'impression 3D, les nouveaux matériaux... ;
- la digitalisation de la gestion des réseaux, notamment énergétiques ;
- la blockchain avec ses multiples applications par exemple en crypto-monnaies, NFT, crypto services et échanges, ... ;
- le e-learning, Learning Management System (LMS)<sup>80</sup> ... ;
- la cyber sécurité, la biométrie ... ;
- le e-CRM, e-marketing, business intelligence... ;
- les composants intelligents, l'internet des objets (OII)<sup>81</sup>...

Et beaucoup d'autres thématiques, de marchés et d'emplois non encore identifiés. Comme on peut le voir, le périmètre est ainsi à géométrie variable.



### Une nouvelle révolution industrielle ?



4.0 : révolution industrielle ou mutation industrielle ?

humaines. Que cela ne fasse toutefois pas oublier qu'à l'amont se trouve des *Data Scientists* afin de définir les applications en IA recherchées.

<sup>79</sup> L'AGV est l'acronyme de « Véhicule à Guidage Automatique ». Très utilisé en logistique interne 4.0, au sein des salles blanches par exemple mais pas uniquement.

<sup>80</sup> Système informatique accompagnant les apprentissages pédagogiques. Par exemple un logiciel de plateforme en e-learning, avec des étapes d'acquisition de la connaissance, de tests et d'évaluation pour l'apprenant.

<sup>81</sup> Par composants intelligents, nous nommons un sous-ensemble mécatronique fonctionnant en autonomie. A l'avenir, il va arriver de plus en plus souvent que des composants s'organisent eux-mêmes et prennent en charge des tâches du niveau de commande supérieur. Cela peut également recouvrir le domaine du *Machine Learning*.

Sommes-nous face à une nouvelle révolution industrielle ? Sans doute, mais peut-être nous faut-il d'abord tenter de caractériser le terme de révolution. Trois mots clés peuvent définir le 4.0 : agilité intégrative, numérisation et robotisation. Quant à l'entreprise du futur : ce sera une connexion de services et d'industrie conduite sur la base d'une digitalisation accrue.

Si révolution il y a, nous pourrions alors segmenter les phases ainsi :

Industrie 1.0 et 2.0 : il s'agit d'un stade où l'industrie repose sur une communication analogique. Pensons au néo-taylorisme et à la mécanisation. Finalement, le chef-d'œuvre *les Temps modernes* de C. Chaplin (1936) en représente une illustration.

Industrie 3.0 : l'arrivée d'Internet et des intranets (TPS, Lean, automatisation). A sa source, l'invention du transistor a été à la base de ces profondes évolutions.

Industrie 4.0 : Internet des objets (Smart Factory, virtualisation), robotique-cobotique mais aussi l'IA ouvrant de nouveaux espaces insoupçonnés. Mais ne pas omettre que la robotique était présente dès le début des années 1960 dans l'industrie...

Ainsi, la quatrième révolution industrielle, avec cette problématique du 4.0, réside peut-être moins dans un saut technologique que dans l'intensification et la transversalité d'innovations majeures développées durant les quarante dernières années, ou mieux, durant les deux dernières révolutions industrielles. La question reste ainsi ouverte pour savoir s'il convient de parler véritablement d'une révolution ou plutôt d'une évolution technologique. Si la nuance s'impose, retenons ici juste quelques dates majeures :



Un des hauts lieux d'exposition des avancées dans les domaines du 4.0 : la foire de Hanovre.

1997 : Garry Kasparov est vaincu par le supercalculateur *Deep Blue*.

Foire de Hanovre 2011 : « Le programme industrie 4.0 » est annoncé, la date en est fondatrice .

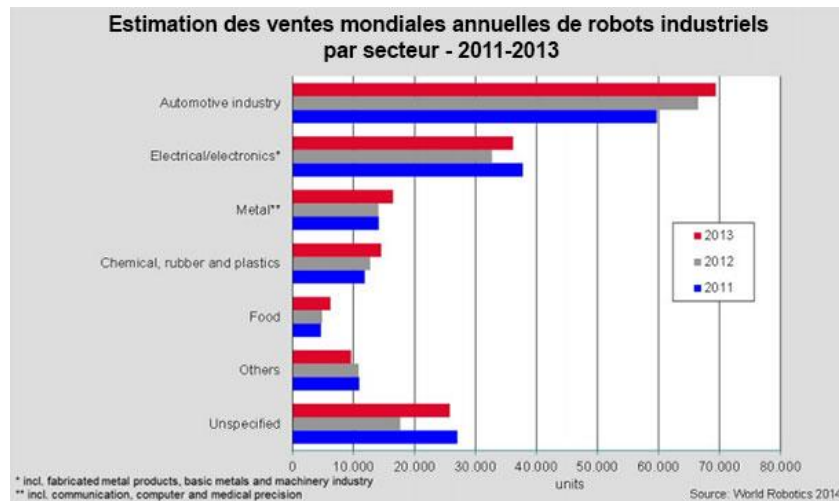
Foire de Hanovre 2015 : L'internet des objets attire toutes les attentions .

2018 : Première application du système de crédit social par un régime totalitaire (surveillance de masse en IA décidé par le pouvoir de Pékin).

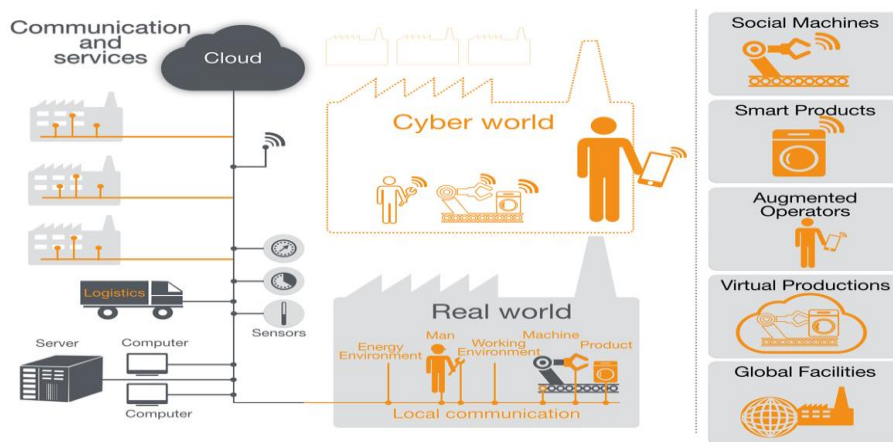
2019 : Les *Poker Bot* battent les joueurs par apprentissages autonomes.

2020 : L'IA appliquée à la science des données permet une accélération sans précédent dans la réalisation des vaccins.

L'entreprise du futur n'est pas réservée aux industries ni au seul secteur des nouvelles technologies, mais aussi aux industries plus traditionnelles et à de nombreux secteurs des services qui sont en profondes réorganisations au regard des nouvelles technologies de l'information. De même, soulignons que l'entreprise 4.0 n'est pas dédiée qu'aux grandes entreprises, mais concerne également les Start up, les PME, et bien sûr les ETI.



Source : World Robotics (2014)



Nous allons vers un monde interconnecté entre virtuel et physique, flexible et personnalisé, avec une intégration des technologies entre elles. L'internet des objets, le nomadisme numérique, l'intelligence artificielle, la logistique intégrée, les applications de la blockchain, les logiques de customisations de masse, ...

Vis-à-vis de ces problématiques, socialement, quels enseignements pouvons-nous retirer ? En ce début de décennie 2020, il s'agit principalement de questions ouvertes.

- Entre pays, les situations sont fortement contrastées, y compris entre des nations témoignant d'une relative similarité industrielle. Par exemple, en Allemagne le groupe IGMetall ne s'oppose pas à une réflexion entre les salariés, les dirigeants et les visées des programmes en 4.0 (participation des salariés à la réflexion sur le passage à l'industrie 4.0), alors qu'en France cette participation est beaucoup plus lente à se mettre en place. Outre-Rhin, des groupes de type Bosch, SAP, Siemens, Thyssen, etc. sont ainsi déjà très engagés sur le 4.0 depuis 2010 en comparaison de l'Hexagone.

Puis à l'échelle mondiale, le spectre est logiquement beaucoup plus étendu entre les nations. Le Sénégal n'est pas l'Allemagne, l'Inde n'est pas Singapour, la France n'est pas la Corée, le Japon n'est pas le Brésil, ... chaque pays va ainsi connaître son acceptabilité sociale du processus et son rythme de diffusion. Des craintes sur l'évolution de l'emploi restent notamment à lever.

- De même, des interrogations sur la traçabilité et la gestion des données personnelles rentrent dans le giron des questions sociétales. La question des libertés nécessite en effet d'analyser avec une grande prudence les tendances à l'œuvre, et l'IA se trouve au cœur de cela.

- Enfin, à l'heure où les mots de *Low-Tech* et de *sobriété technologique* prennent leur place dans les débats, l'industrie 4.0 ne serait-elle pas le symbole même d'une fuite en avant dans le *Big Tech* ? Un 4.0 en contrepieds d'une écologie industrielle revendiquant l'importance d'une sobriété technologique ?

## **2 - Enjeux du 4.0 : l'industrie au cœur des dynamiques du futur.**

Nous pouvons segmenter les acteurs du secteur du 4.0 en sept grandes familles.

### **Le jeu des 7 familles.**

1. Les fournisseurs historiques de solutions IT : IBM, Oracle, SAP, HP, Rank Xerox...
2. Les acteurs du Web et des réseaux sociaux de type GAFAM, Baidu, WeChat, Tiktok, et des nouveaux géants des marchés bifaces (AirBnb, Uber ; Mirakl, ...).
3. Les spécialistes du hardware notamment orientés gros système (IBM, Intel, Dwave, Google...).
4. Les spécialistes des solutions *Data* et *Big Data* : Teradata, MapR, Hortonworks, EMC...
5. Les intégrateurs de type Capgemini, Atos, Sopra, Accenture...
6. Les start up et acteurs de la global blockchain publique (finance, cryptomonnaie, ...)
7. Les spécialistes de solutions de manufactures et de logistiques intégrées : Witron, Genko, FM Logistic, ...et plus largement l'ensemble des acteurs industriels engagés dans une profonde transformation de leurs organisations industrielles sur la base des avancées en 4.0 (*Smart Factory*, usine noire<sup>82</sup>, en France des groupes de types Schneider Electric, Safran, Thalès, Michelin, PSA Stellantis, etc.).

---

<sup>82</sup> Usine réalisant des fabrications entièrement automatisées, sans présence humaine (*Lights-out manufacturing*). Le terme de noir vient du fait que le site n'a pas besoin de lumière, ni même de chauffage ou de système de climatisation.



Hub Logistique verticalisé par Witron (Allemagne)

La logistique 4.0 se décline en deux périmètres :

1. Celui de la logistique interne : par exemple une automatisation accrue au sein d'un Hub logistique. Pensons à la gestion d'un entrepôt Amazon aux Etats-Unis, en France ou en Pologne, etc.
2. La logistique externe à l'entreprise : délivrer un bien à travers différents canaux plus ou moins autonomes. Par l'intermédiaire d'un véhicule autonome ou d'un drone par exemple.

Cette diversité d'acteurs et d'applications possibles enseignent que la problématique du 4.0 va être rapidement présente dans l'ensemble du tissu économique. De manière plus ou moins visible par les populations, elle l'est déjà.

### **L'industrie est au cœur des innovations**

L'industrie est un élément central dans la dynamique de l'économie et de l'innovation, mais en France la situation est contrastée. Quelques chiffres peuvent illustrer cela.

- L'industrie représentait 20% du poids de la valeur ajoutée (VA) dans le PIB en 1980, contre 10% en 2021.
- A titre de comparaison, en Allemagne la donnée reste constante : de 20% en 1980, elle reste au même taux en 2021.

#### **France : le constat d'un retard sur l'Allemagne en matière de 4.0**

Sur le plan de la robotique industrielle – une des composantes importantes de l'industrie 4.0 - on compte environ six fois moins de robots en France qu'en Allemagne. Environ 40.000 robots nationalement en 2021. Par nombre d'ouvriers, cette donnée se révèle ainsi faible comparativement à des pays comme la Corée du

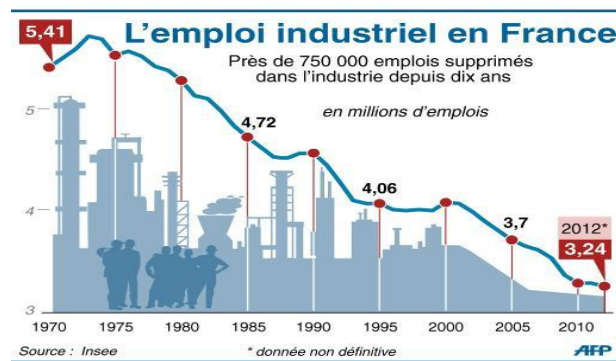


Sud, le Japon, l'Allemagne, Singapour, Taiwan, ...



Décennie 2020 : une industrie ayant une intensité capitalistique croissante, c'est-à-dire témoignant d'un haut niveau de capital immobilisé comparé au travail mobilisé. La masse salariale représente une faible part en comparaison des investissements réalisés sur le site.

- Âge moyen des équipements industriels en France : 19 ans contre 9 ans en Allemagne.

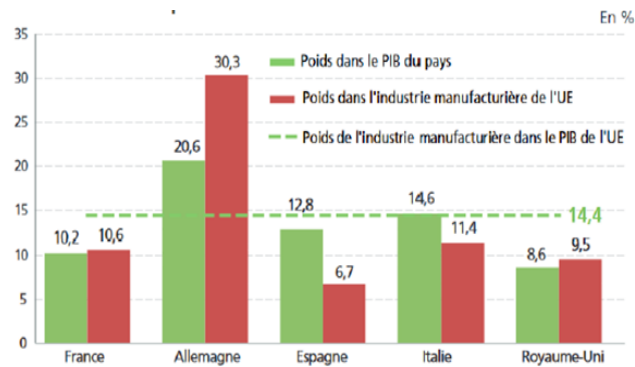


Source : INSEE / AFP

Actuellement, l'industrie française est-elle en déclin ou en renouveau ?

Retenez trois principaux indicateurs pour étayer votre argumentaire.

Poids de l'industrie manufacturière dans les principaux pays de l'UE



Source : Ministère de l'économie et des finances, 2017.

Pour autant, en 2022 l'industrie en France témoigne certes d'une faible part de valeur ajoutée dans le PIB mais continue de représenter environ :

\*50 % de la productivité nationale

\*75 % des exportations

\*80 % de la RD nationale.

Elle n'est donc aucunement poussiéreuse mais se situe au cœur des enjeux actuels et de demain. A l'instar de l'Allemagne, il lui faut toutefois accroître ses positions, se moderniser afin de pouvoir répondre aux défis posés par les nécessaires transitions.





## ***Prenons le chemin d'une nouvelle industrie***

Pierre Veltz

Source : Les Echos, 27 mai 2020

L'heure est au sauvetage, à l'action. Il faut évidemment tout faire pour aider notre industrie aéronautique et automobile à survivre. Mais n'est-ce pas aussi le moment de réfléchir au-delà du court terme, ne fût-ce que pour orienter les plans de relance ?

Il faut recréer en France et en Europe des noyaux industriels plus résilients, qui créent de la valeur durablement et prennent à bras-le-corps l'urgence absolue du climat et de la biodiversité. Pour cela, l'enjeu n'est pas de « relocaliser » l'industrie du passé, mais de développer l'industrie du futur. Il faut comprendre que cette nouvelle industrie, émergente ne sera pas simplement l'industrie d'hier modernisée, robotisée et verdie. La vraie nouveauté du numérique n'est pas la robotisation, mais la connectivité, la capacité de partager les données et de construire de nouveaux rapports entre concepteurs, producteurs et usagers.

### **Économie des usages**

Quant au « verdissement », c'est un enjeu systémique qui suppose une modification profonde et conjointe des manières de produire et de consommer. Se contenter de verdier les processus et les secteurs existants, c'est passer à côté du sujet. Prenons l'automobile. L'enjeu de court terme est bien sûr de développer de nouvelles voitures, électriques notamment. Mais à terme rapproché, il est nécessaire de prendre le virage vers une « industrie de la mobilité », qui fera partie d'une « industrie du territoire et de la ville ».

On voit que le mot « industrie » prête à confusion. Quand nous l'employons, nous pensons toujours aux objets. Or le futur est celui d'une fusion entre l'univers industriel entendu au sens étroit, le monde des services et celui du numérique. L'économie des objets devient une économie des usages et des expériences. L'économie de la propriété des objets évolue vers une économie de l'accès aux services. C'est dans ce déplacement que se joue la bataille économique, mais aussi écologique : comment consommer moins d'objets, mais enrichir la vie et créer de la valeur sociale par de nouveaux services, de nouveaux liens entre les personnes,

beaucoup moins consommateurs d'énergie et de matière ?

Le grand impensé du sauvetage économique et de la transition écologique n'est pas celui du « comment », mais celui du « quoi » produire ? Regardons l'évolution de la demande. Les secteurs vedettes, et qui vont le rester, sont la santé, le bien-être, l'alimentation de qualité, l'éducation, le divertissement. Ces secteurs ont un point commun : ils s'adressent à nous comme individus, à nos corps, à nos émotions, à nos cerveaux. C'est dans cette économie « humano-centrée », très différente de l'économie d'accumulation d'objets que nous connaissons, depuis près d'un siècle, que se cachent les relais de « croissance » dont nous aurons besoin. Car c'est aussi une économie des liens, des relations, des territoires.

#### **Secteurs « humano-centrés »**

Le secteur de la santé est emblématique. Nous voyons la santé limitée à la sphère médicalisée, mais elle va bien plus loin. Nous la voyons comme un service public, un bien commun, un coût collectif, mais elle est surtout une formidable source d'activités et de valeur, sur un spectre très large d'emplois, un élément à part entière de la base productive. Donner la priorité à ces secteurs « humano-centrés », les remettre au cœur, et non à la périphérie, de l'économie productive serait faire le bon pari sur l'avenir. Car ils sont à la fois ancrés territorialement et porteurs d'innovations innombrables qui fourniront les nouvelles bases d'exportation - moins fragiles que celles de gros objets techniques comme les avions aussi fascinants soient-ils. Ces secteurs sont aussi les supports possibles d'un nouveau récit, dont nous manquons cruellement : celui du parcours vers une société différente, recentrée sur les besoins essentiels.

Sauver la place de l'Europe dans les technologies clés, comme celles que liste le récent rapport Potier, est essentiel, mais ne fournit pas un récit mobilisateur. Et l'écologie nous propose surtout une liste de « moins » (manger de viande, se déplacer, acheter de vêtements, etc.). L'immense somme d'énergie et d'intelligence de nos concitoyens est prête à construire la version positive ».

Nationalement un élément positif est à noter : le taux de marge de l'industrie s'améliore nettement dans l'hexagone sur longue période : 36% en 2016 contre environ 30% en 2010. Mais il est vrai que durant la crise du Covid, il va un temps chuter, mais pour ensuite repartir vigoureusement depuis 2021.

Sur la période 2019-2022, les situations sont toutefois différenciées selon les secteurs d'activités. Pensons aux secteurs pétrochimique, automobile ou aéronautique qui ont été durement frappés par la crise, contrairement aux

secteurs du numérique ou pharmaceutique qui en sont sortis les grands bénéficiaires.

Au final, le constat est celui d'une accélération dans la redistribution des cartes au profit des secteurs du numérique. Les entreprises positionnées sur le 4.0 et les marchés bifaces par exemple seront portés par la période de la crise Covid, mais aussi post-Covid.

En France, un des défis à relever est le suivant : peut-on promouvoir la modernisation des PME/PMI et des ETI par le 4.0 et comment ? Notamment, il s'agit de faciliter les solutions de transmission de données par une gestion intégrée des flux. Et cela aussi bien aux stades de la R&D que de la production ou de la distribution. Mais comment inscrire cette problématique dans une approche de soutenabilité ?

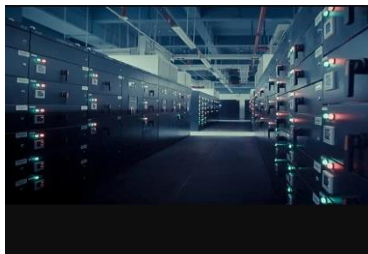
Là aussi de multiples questions sont ouvertes : le 4.0 est-il nécessairement opposé à la frugalité ? Est-il corrélé à une hausse des émissions carbone ? Les technologies visant un taux d'émission négatif ne peuvent-elles être inscrites en 4.0 ?

### **Industrie 4.0 et soutenabilité.**

Classe inversée, commençons par un petit exercice.



Le 4.0 : la démarche est-elle opposée à une neutralité carbone ?  
Expliquez votre position et illustrez cela par des initiatives en 4.0 de votre choix au sein du secteur du numérique.



Nous savons le numérique particulièrement impactant en termes de CO<sup>2</sup>. Dans les pays de l'OCDE, l'empreinte est en croissance de 9% par an et la pollution numérique n'est qu'à ses débuts.

De nombreux métiers du futur vont-être alors inscrits dans cette problématique : viser une meilleure efficacité énergétique, notamment des infrastructures informatiques. De manière apparemment paradoxale, le 4.0 peut aider à cela.

## La fresque du numérique

Source : « L'économie contemporaine en 10 questions-clés », Campus Ouvert, 2021.

Sur le plan des activités, le numérique s'invite partout. En premier lieu on pense bien sûr au secteur IT, mais le spectre est beaucoup plus étendu : énergie, transport, services, neurosciences, médecine, électronique, IAA, bien d'équipement/robotique, nano... et aussi les services car le propre du 4.0 est d'intégrer toutes ces composantes d'industrie, du numérique et des services. Pensons par exemple aux *Fields services* associés aux activités productives, en maintenance prédictive notamment. Mais que cela ne cache pas l'empreinte du numérique, cette dernière s'envolant à partir de 2010. Et nous n'en sommes qu'au début. Un clic informatique n'est jamais neutre : derrière se trouve des équipements à construire, puis des serveurs énergivores tournant sur des CPU de plus en plus performants mais gourmands. Or, nos flux d'informations sont en croissance exponentielle, et souvent ne véhiculent que des concentrés d'éléments plus ou moins superficiels.

Comment réduire la pollution numérique ?  
« La fresque du climat » & « La fresque du numérique »



En synergie avec l'association « La Fresque du Climat », dans le cadre d'une formation de leurs camarades sur l'impact environnemental de l'informatique, les « étudiants-citoyens » notamment de l'Ensimag (Grenoble-INP) développent les enjeux, portées et limites du numérique en matière d'environnement. C'est « La fresque de l'informatique ».

Les investissements 4.0 s'inscrivent-ils dans une approche d'économie circulaire ? Ou tout au moins de soutenabilité ? Quel est par exemple le taux

de croissance de la pollution numérique ? Puis élargissons le spectre des applications possibles tout en se gardant de formuler des conclusions hâtives. Un service de type Bla-Bla-Car par exemple repose sur une approche que l'on peut qualifier de 4.0 et il participe sans doute à une réduction d'eq. CO<sup>2</sup>.

Une innovation de service :  
la plateforme communautaire de covoiturage Bla Bla Car.



Au-delà des services rendus aux usagers de manière souvent efficace et peu coûteuse, le covoiturage payant peut favoriser une réduction des émissions de CO<sup>2</sup>. Certes, cette question est toutefois plus complexe qu'elle n'y paraît et doit être analysée au regard des différents moyens possibles de transport et des phénomènes d'éviction entre eux. Au regard des coûts d'opportunité, la voiture peut ainsi prendre des parts de marché au ferroviaire, ce qui se révèle être un facteur d'émission additionnel. Mais sur le fond, en contribuant à un meilleur taux d'occupation des véhicules, elle est sans doute un progrès au service des usagers et de l'écologie.

Au final, d'un côté des effets « Jevons<sup>83</sup> » sont présents, et de l'autre des solutions apportées par le numérique. N'être ni technophobe ni technophile, mais aiguïser son esprit. Nous pouvons avancer plus simplement l'idée que le *High-Tech* n'est pas une finalité mais doit être un moyen, un outil. S'il est nécessaire en termes de soutenabilité, alors il nous

---

<sup>83</sup> Le paradoxe de W. Jevons, du nom de l'économiste qui va théoriser cela à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle dans son ouvrage sur la consommation de charbon en Angleterre, signifie que l'amélioration des techniques ou encore d'une efficacité énergétique ne diminue pas la consommation de cette énergie mais au contraire l'augmente. Cela provient d'un coût d'utilisation moindre, et par voie de conséquence d'une expansion de la demande. Cette croissance de la production impulsée par l'effet Jevons sera d'autant plus importante que l'élasticité prix-demande sera forte. Dit autrement, si l'industrie automobile génère des véhicules moins coûteux et moins polluants localement de par une délocalisation de la pollution au niveau de centrales électriques externes, il va en résulter une croissance de la production et de la vente de véhicules par exemple Full-Elec, et donc une augmentation des consommations énergétiques et de la pollution à l'échelle globale.

faut le rechercher. Mais sans oublier que les *Green Techno* ou *Green Product* s'accompagnent aussi d'empreintes écologiques...

La conception d'un panneau photovoltaïque nécessite par exemple des extractions de matériaux énergivores et ayant un fort impact sur l'eau, l'air, la santé, et plus largement la biodiversité. Quant à sa production, de lourds dégâts environnementaux sont là aussi constatés. Surtout s'il est produit au sein de nations fonctionnant sur des mix énergétiques carbonés, Chine et Inde en tête.



La seule solution en termes de circularité industrielle, et plus largement de développement durable, réside dans une sobriété d'offre et de demande. C'est-à-dire l'inscription des modèles de développement dans une logique de décroissance sélective, et non pas d'hypothèse de croissance infinie. Construire des panneaux solaires est également consommateur de matière première et émetteur d'eq. CO<sup>2</sup>.

### Quelques illustrations de l'industrie 4.0 en France

Ne point refuser le progrès mais l'inscrire donc dans la soutenabilité. Les défis sont colossaux tant nos contradictions sont multiples. Mentionnons ici quelques exemples de l'industrie 4.0 en France et en s'interrogeant au final si cela contribue à une réduction des émissions :

- Michelin avec son programme Fives : imprimantes 3D métallique, RFID intégré au pneumatique.
- L'usine PSA Fiat Italie (Val di Sangro) sur la question de la robotique ou encore l'usine PSA de Mulhouse (2017) témoignant d'un très haut taux d'automation.
- La Redoute et Kiabi au niveau de la gestion de leurs Hubs et traitement des commandes sur la base de logistiques internes intégrées en 4.0.
- Les *Lab Factory* tel celui de Saclay réunissant des groupes comme Safran pour concevoir les nouvelles connectivités industrielles et des objets, les interfaces Hommes-Machines, la gestion des *Big Data*.
- Hydac dans la conception et la production de produits hydrauliques,



etc.

Chaque cas doit être étudié avec soin afin de pouvoir se prononcer au final sur la réduction ou non d'une émission. Par exemple, sur un pneumatique bénéficiant d'une impression 3D métallique au niveau du design de son moule, cela permet une meilleure tenue de route du pneumatique tout en optimisant son coefficient de glissement sur la chaussée, c'est-à-dire permettant d'enregistrer une moindre consommation d'énergie lors du déplacement du véhicule (cf. Manuel Innovation vol. 2).

### **HYDAC : Des solutions pour l'industrie 4.0 dans l'hydraulique**

Source : « L'Usine Nouvelle » : 25 entreprises expertes dans l'industrie 4.0 et dans la performance industrielle (8 mars 2020)

« HYDAC France, dont le siège se trouve à Forbach, est une société spécialisée dans les métiers de l'hydraulique et l'électrohydraulique, qui développe, fabrique et commercialise toute une gamme de composants, systèmes et services autour du management du fluide.

Fondée en 1975, HYDAC France est une filiale du groupe HYDAC International, qui compte plus de 9000 employés, 50 filiales et 500 partenaires dans le monde. Forte d'une localisation de sept agences au niveau national, cette représentation lui permet d'être proche de ses clients.

Une gamme étendue de produits, l'expérience des équipes ainsi que notre présence mais aussi nos compétences approfondies nous permettent d'être toujours à vos côtés pour répondre, grâce à nos solutions innovantes, à tous les défis de l'Industrie 4.0. Des composants - capteurs intelligents avec technologie I/O Link, systèmes de transmission à vitesse variable, groupes hydrauliques, systèmes de refroidissement... mais aussi des services sur site – audits, requalifications, conseils et assistance – sont là pour vous aider à optimiser votre chaîne de *process*. »

### **Petit exercice**

4.0 et écologie industrielle : un mariage impossible ?



Le futur sera sans doute souvent inscrit dans la logique du 4.0. Mais les activités concernées

vont-elles ressortir réellement inclusives et inscrites en circularité industrielle ? Sur la base d'une illustration industrielle de votre choix, justifiez votre analyse.

Puis, si l'empreinte par effets directs ou induits vous paraît trop importante, quelles seraient les solutions envisageables au profit d'une meilleure circularité industrielle ?

Le plus souvent en dilemme, ces questions sont complexes. Tentez toutefois de les analyser sous l'angle de l'écologie industrielle. Sans *Green Washing* et sans artifice, il nous faut penser l'industrie au service de l'humanité, en 4.H et non point en seul 4.0.

### 3 – Entreprise du futur : la fin des emplois ?

Hyper monde, hyper capitalisme, hyper industrie, hyper servuction, hyper financiarisation, depuis la décennie 1980 le monde est en mutation profonde. En matière d'approche 4.0, une des questions souvent posées est la suivante : le 4.0 signe-t-il la fin des emplois ?

Plus largement, derrière se trouve la question sociale, un des trois volets du développement durable : l'écologique, l'économique et le social. Analysons aussi ces points.

#### Quel avenir pour la classe ouvrière ?

Quelles conséquences attendre du 4.0 sur l'avenir du travail ?  
La fin des emplois ?



Identifiez les typologies d'emplois dans la nomenclature de Pôle emploi et/ou de l'INSEE. Puis en grande masse, où sont répertoriés les effectifs ?  
Avant de réfléchir aux possibles impacts du 4.0, il est en effet important de connaître les ordres de grandeurs en place.

Par exemple, retenons que de nos jours l'industrie représente environ 5 % des emplois de la population active mondiale. Et cela de manière stable sur plus d'un siècle. Ainsi, c'est loin d'être le premier poste des emplois mondiaux concernés par les mutations de l'industrie en 4.0. Dans le monde, les emplois sont très majoritairement localisés dans les services puis dans l'agriculture. La question posée est alors davantage la suivante : quel est l'impact possible du 4.0 sur les secteurs primaire et tertiaire ?

Où sont localisés les emplois ? Dans quelles nations ? Ces nations sont-elles homogènes ou discriminées de façon croissante par des logiques de polarisations technologiques ? Quels sont les emplois « délocalisables » comparativement à ceux protégés par des barrières locales et de territoires ? Le 4.0 ne va-t-il toucher que les emplois de faibles qualifications, ou également ceux de la classe moyenne ? Et aussi ceux de qualifications élevées ? Va-t-il également impacter le secteur des services ? Si oui, lesquels ?

Inversement, quels sont les nouveaux gisements possibles d'emplois ? Dans quels secteurs ? Principalement dans le primaire, le secondaire ou le tertiaire ? En *back office* ou en *front office* ? Que nous apprennent les marchés bifaces<sup>84</sup> sur cette question, etc.

Dès à présent, ces questions nous amènent à être nuancé de par l'importance des emplois générés et induits par ces nouvelles dynamiques d'innovations. Mais il faut savoir également différencier l'analyse selon les nations de référence.

Comparativement aux économies historiquement industrialisées, la problématique pourrait se révéler complexe à gérer pour les grands pays émergents dotés d'une industrie importante et à forte intensité en main d'œuvre.



Illustration d'une manufacture chinoise à forte intensité en main-d'œuvre.  
Ici des employées en phase de contrôle final de disques durs dans l'usine Seagate Wuxi.  
Demain, ces opérations ne seront-elles pas conduites en robotique industrielle ?

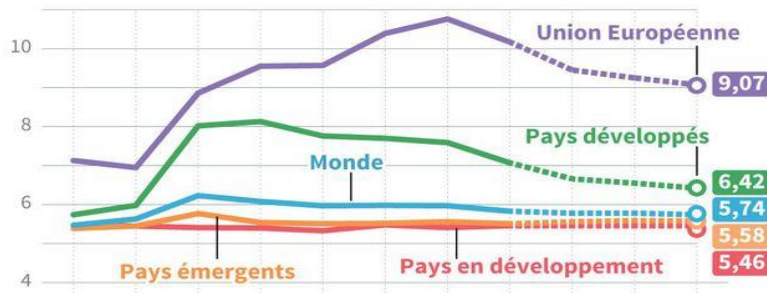
Au niveau d'une nation de votre choix, analysez cette question sur la base de grandeurs quantifiées. Dans un second temps, étayez votre réponse sur la base d'une ou de deux entreprises de votre choix. Mais sont-elles représentatives de l'ensemble des emplois de la branche ?

---

<sup>84</sup> Via une plateforme de marché numérique, par marché biface nous désignons un marché nécessitant la présence de deux clientèles distinctes mais interdépendantes pour permettre une transaction sur un bien ou service.

## Le chômage dans le monde

Évolution du taux de chômage par groupes de pays (en %)



Selon l'OIT, les données mondiales se détériorent fortement avec la crise Covid puis repartent vigoureusement à la hausse en 2021 pour témoigner d'un taux de chômage mondial d'environ 5%. Selon l'organisme, il devient toutefois de plus en plus difficile de vivre mieux grâce au travail. Les inégalités sont par ailleurs inacceptables pour une large partie des travailleurs.

Comprendre l'impact du 4.0 sur l'emploi nécessite d'identifier la répartition géographique et sectorielle des grandes masses d'emplois dans le monde.

Ainsi :

- Environ 5,3 % de la population active mondiale est en situation de chômage de nos jours (environ 190 millions en 2021 selon le rapport de l'OIT).
- Les données témoignent d'une structure globale des emplois glissant progressivement des secteurs primaires et secondaires vers le tertiaire.
- Dans le tertiaire, la montée de la précarité s'intensifie, selon l'OIT, avec 46 % des emplois dorénavant comptabilisés en situation de précarité. Cela est vrai dans les pays émergents, mais également dans les pays intermédiaires et les pays riches.
- Les emplois du secteur industriel manufacturier restent plutôt un secteur mineur, représentant environ 5 % de la population active mondiale (11 % environ en France, mais en baisse tendancielle avec dorénavant 3 millions d'emplois dans l'industrie en 2022 contre 5,4 millions en 1970). Concernant ces données d'une industrie faiblement représentée comparativement aux données du tertiaire (ce dernier représentant environ

75 % des emplois mondiaux<sup>85</sup>), cela ne peut masquer les défis considérables pour des pays comme la Chine, l'Inde, la Malaisie, le Bangladesh, le Vietnam, ... au sein de secteurs manufacturiers très intensifs en main d'œuvre.



IAA abattoir de découpe de volaille – Chine.



Usine Foxconn au Vietnam, ici œuvrant pour le client Microsoft.

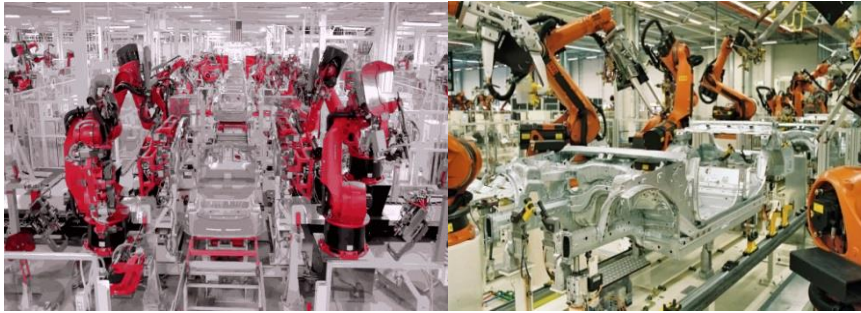
Les pertes d'emplois résultant des automatisations croissantes sont donc particulièrement à craindre dans ces types d'activité et de nations en voie de développement, ou encore à revenu intermédiaire.

Les pays historiquement industrialisés bénéficient d'atouts importants quant à eux pour être les acteurs centraux de l'industrie du futur. Ils le sont déjà. En particulier l'Europe de par la qualité de ses infrastructures, de ses formations, de l'intégration de son territoire, de son marché de demande et de la qualité environnementale présente. Plus largement, l'Europe, le Japon, la Chine et la côte Ouest américaine sont à la pointe de la problématique. Sans omettre bien sûr la Corée du Sud, Taïwan et Singapour, les trois nations en tête sur la thématique du 4.0.

---

<sup>85</sup> Une nuance doit être apportée dans l'analyse de ces données statistiques du fait d'un biais important dû à une porosité entre secteur des services et secteur de l'industrie. De nombreux emplois catégorisés en service sont en effet dédiés à des fonctions externalisées de l'industrie.

Concernant l'Europe, elle n'est pas tant désindustrialisée comme on l'entend parfois dire. Elle figure même dans le haut du classement des pays industriels en matière de valeur ajoutée industrielle par habitant, comme de productivité du travail. Notamment pour les pays d'Europe du nord, Allemagne en tête, ce fait est constaté sur longue période. Pour l'Europe du sud, le constat est toutefois distinct, ces nations témoignant d'une faible VA sur les branches industrielles<sup>86</sup>.



Site de Fremont de l'entreprise Tesla (Californie)      Site de Leipzig, groupe BMW

Les États-Unis et l'Allemagne sont technologiquement à la pointe avec le Japon et la Chine sur de nombreux segments de l'industrie du futur. Ci-dessus, avec une entrée en robotisation industrielle Mais pensons également aux activités déployées par les fournisseurs de données (Google, Amazon, IBM, ... sur le *Big data* et le *Learning Machine* par exemple).

Les dynamiques d'innovations conduisent dans le même temps à des effets d'éviction entre le capital et le travail. De moins en moins d'opérateurs sur lignes sont notamment dénombrés au sein des sites organisés en 4.0.

La question qui se pose est alors la suivante : quel est l'avenir possible pour la classe ouvrière au sein de ces secteurs ?

### **Vers une agriculture 4.0 ? Enjeux de soutenabilité et d'emplois.**

La thématique du 4.0 peut sembler éloignée de l'agriculture, mais en réalité les innovations sont présentes dans ce secteur à travers de multiples outils pour une gestion optimisée des surfaces agricoles. Aux États Unis, en Australie, en Europe, au Brésil, ... la tendance est à l'œuvre depuis notamment 2010. Le plus souvent, cela concerne les grandes et très grandes superficies agricoles, et non pas les petites et moyennes exploitations.

---

<sup>86</sup> Cette question doit être nuancée selon les nations et les branches en question. Par exemple l'Italie témoigne de très fortes compétences sur l'industrie textile-habillement, ou encore sur l'automobile ou la forge.

Les axes de l'agriculture 4.0 se déclinent en un traitement automatisé d'une grande masse de données afin d'optimiser l'exploitation des cultures. Il s'agit de capteurs et de drones connectés à des bases cartographiques et à un machinisme agricole de plus en plus sophistiqués.

Sans doute se trouve ici bien des voies de progrès et de facilités pour l'agriculteur dans la gestion de son exploitation : l'accès à des données sur la météo, la localisation des animaux, les degrés de maturité des parcelles, l'optimisation des dosages en engrais, une automatisation des tâches pénibles... Demain peut-être des moissonneuses-batteuses et des tracteurs autonomes ? C'est déjà le cas.

Mais également bon nombre de questions sur l'avenir de l'agroécologie<sup>87</sup> et des agriculteurs sont posées. Nous savons pourtant l'agroécologie comme l'une des solutions clés pour un développement durable. Cette dernière repose le plus souvent sur des petites et moyennes exploitations. Mondialement, allons-nous aussi vers un monde agricole clivé ? La question est là aussi posée.

**« Agriculture 4.0, le digital au service de la performance agricole »**

Source : <https://smartfood.parisandco.paris>  
8 mars 2019

**« L'agriculture 4.0, qu'est-ce que c'est ?**

L'idée d'une agriculture 4.0 peut surprendre : alors que l'on parle généralement de Web 2.0, ce secteur aurait pris tant d'avance qu'il aurait déjà dépassé le stade 3.0 ? En réalité, il faut se tourner vers le monde de l'industrie, où la chronologie est un peu différente, pour comprendre cette dénomination. L'industrie 1.0 renvoie à la première révolution industrielle, qui a été celle de la machine à vapeur au XVIII<sup>e</sup> siècle. Le début du XX<sup>e</sup> a vu l'introduction de l'électricité et des chaînes de production (industrie 2.0), qui se sont automatisées via l'électronique au cours des années 1970 (industrie 3.0).

L'industrie 4.0 correspond aux mutations liées à l'intégration d'outils digitaux dans le domaine industriel. Ces derniers permettent aux machines de récolter, de stocker et d'analyser des données liées à leurs performances. En les mettant en commun

---

<sup>87</sup> On désigne par agroécologie des pratiques en accord avec un développement durable des superficies exploitées. Un mariage d'agriculture et d'écologie sur la base de l'état des connaissances en agronomie acquises.

avec celles d'autres machines et d'éléments liés à l'environnement de production, on dispose de ressources atteignant un degré inégalé de précision qui aident à la prise de décision.

L'agriculture 4.0 renvoie au même type d'innovations liées au digital. Les drones agricoles, qui captent des informations et réalisent des relevés systématiques sur les exploitations en sont un exemple. Leur but est de centraliser et d'analyser une grande quantité de données et leurs évolutions au cours du temps pour permettre aux agriculteurs d'analyser et d'expliquer leurs performances puis d'identifier des axes d'optimisation en fonction de ces données.

### **L'agriculture 4.0 au Salon International de l'Agriculture**

Au sein du Salon International de l'Agriculture, l'association Ferme Digitale tenait pour la 4<sup>e</sup> année consécutive le stand Agri 4.0, qui rassemblait des entreprises phares du secteur. Deux secteurs d'activités se détachent autour de la digitalisation appliquée à l'agriculture. D'un côté des outils d'analyse et d'amélioration des performances des activités agricoles, permettent par exemple de mieux anticiper les variations de climat, ou d'analyser l'efficacité des intrants dans la production ; de l'autre côté, ce sont des outils d'accompagnement à la gestion des activités de l'exploitation au quotidien et notamment d'aide à la commercialisation dans le cadre de circuits courts. De nombreuses places de marché proposent ainsi de faciliter la rencontre entre producteurs et consommateurs en prenant en charge tout ou partie de la recension et de l'actualisation de l'offre et des tâches administratives, techniques ou logistiques de distribution.

La mise en œuvre de solutions digitales permet ainsi à la fois d'optimiser la production au sein de l'exploitation, mais également de proposer des solutions innovantes permettant aux producteurs de se positionner différemment au sein de la chaîne d'approvisionnement, en renforçant notamment leurs liens avec les consommateurs finaux ».

...

De nouveau, ne point voir ici un refus du progrès car ce dernier doit être toujours recherché. Et en la matière, le numérique et plus largement le 4.0 peuvent apporter leurs lots d'innovations pour un monde agricole durable. Des mises en relations facilitées entre les producteurs et les consommateurs, une agriculture raisonnée et durable tant du côté de la biodiversité que du respect des animaux, des places de marchés plus proches des acteurs, des partages de pratiques en agroécologie, en agroforesterie... Mais nous devons également garder à l'esprit les limites possibles d'une agriculture 4.0.





Il ne faut pas refuser les apports du 4.0 et du numérique dans l'agriculture. Loin de là, s'il participe au progrès, il est utile de l'accepter.  
En des temps plus anciens, pensons par exemple à l'arrivée du tracteur.

Cette évolution en 4.0 ne va-t-elle pas conduire à une agriculture de plus en plus intensive ? Le plus souvent sur la base de monoculture et ayant recours à des pulvérisations de glyphosate et autres substances chimiques nocives pour la biodiversité ? Ne va-t-elle pas conduire à des situations d'agriculteurs affrontés à des engagements financiers de plus en plus lourds à gérer ? À des fuites en avant vers des exploitations aux superficies de plus en plus étendues ? A une agriculture encore davantage malmenée par la domination d'une industrie agro-alimentaire et par la grande distribution ?

Tout cela s'inscrit-il dans la voie d'un développement durable ? Les rendements agricoles seront-ils sur longue période en croissance ? Ces pratiques agricoles soutenues par une introduction grandissante de technologies en 4.0 seront-elles favorables à la biodiversité des espaces ?

La plupart des réponses à ces questions sont complexes. Les tenants de l'approche en 4.0 font l'éloge de ces innovations au monde agricole, mais n'est-ce pas là une logique d'intérêt bien compris entre acteurs dominants ? *Business as Usual* ?



Loin de ces pratiques, des initiatives très simples en agroécologie ne seraient-elles pas préférables ? Non loin d'ici, à l'image par exemple de ce qui se passe dans la vallée de la

Clarée ou dans la Drôme avec Bio vallée, dans le Lubéron ou sur le plateau du Trièves...  
Éloge des petites et moyennes exploitations agricoles.

A une échelle mondiale, de multiples initiatives créent l'évolution : loin des pratiques en agriculture numérisée et intensive en technologie 4.0, les reportages de C. Dion et de M. Laurent « *Demain* » (2015) ou « *Après demain* » (2018) donnent des exemples. Un éloge de la bioéconomie et de l'agroécologie à travers des petites et moyennes exploitations valorisant les apports de la biodiversité. Question ouverte : le 4.0 est-il contraire aux pratiques de l'agroécologie ?



Il ne s'agit pas ici d'un débat byzantin. En France on sous-estime trop souvent cela car seulement 2% de la population active travaille dans le secteur agricole, avec une large partie de la production réalisée dans les grandes exploitations de la région Beauce – Picardie. Pensons aux céréales, aux pommes de terre, à la betterave, ... Ces grandes exploitations sont pourtant estimées de taille modeste en comparaison des exploitations en Australie, au Brésil, aux États-Unis... En ligne d'horizon, les avenir seraient-ils condamnés vers un « toujours plus grand » ? Est-ce la solution dans un monde où il nous faut apprendre la sobriété écologique, y compris dans le secteur primaire ?



Agriculture intensive dans la région Pampas en Argentine (soja).  
Puis culture de la betterave et fertilisant en agriculture intensive.

En particulier sous la présidence de J. Bolsonaro, le secteur agricole brésilien illustre les dérives, notamment dans le Mato Grosso et l'Amazonie. De multiples études et analyses en cartographique témoignent des dégradations de la biodiversité.

En 2022 et à l'échelle mondiale, 70% de la production alimentaire totale qui nourrit la planète provient encore de petites et moyennes exploitations. Et donc non pas des grandes exploitations issues des modèles américain ou Brésilien de type « Mato Grosso ». Se trouvent placés au centre de cette question non pas seulement la biodiversité et la soutenabilité du modèle, mais aussi l'emploi et les ancrages territoriaux.

L'importance de l'emploi agricole ne doit pas être minimisée :  
Pour le moins !



Afrique de l'Ouest

Vietnam

Concernant les conséquences sur l'emploi, les débats sur le 4.0 se focalisent généralement sur l'industrie manufacturière alors que cette dernière ne représente qu'environ 5 % de la population active comme nous l'avons vu.

Avec le tertiaire, l'emploi mondial se trouve ainsi en grande partie dans le secteur agricole : pensons à l'Inde, à la Chine, à l'Indonésie, au Bangladesh, au Nigéria, à l'Iran, au Cameroun, au Nigéria, au Brésil, etc.

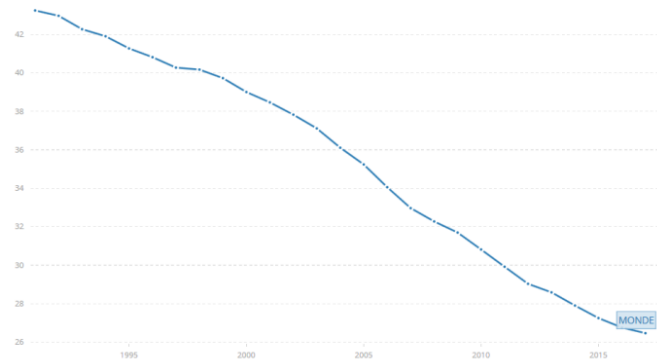
Dans le secteur primaire, les tendances à l'œuvre sont rapides et profondes. En donnée banque mondiale 2018, la population agricole chinoise sur la période 1990 - 2017 est ainsi passée de 55 % à 18 %, en Inde, de 64 % à 43 %, en Indonésie de 54 % à 31 %, en Iran de 27 % à 17 %, au Nigeria de 58 % à 37 %, etc.<sup>88</sup>

Les innovations agricoles et leurs rationalités économiques n'y sont pas étrangères. En l'espace d'une génération, nous pouvons ainsi parler d'un véritable effondrement des emplois dans le monde agricole.

---

<sup>88</sup> De sensibles variations statistiques existent toutefois entre les différentes sources et il s'agit sans doute là d'un minimum. Les statistiques chinoises par exemple retiennent un quart de leur population active dans l'agriculture, et non pas 18%, en 2017.

### Emplois dans l'agriculture (% du total des emplois monde)

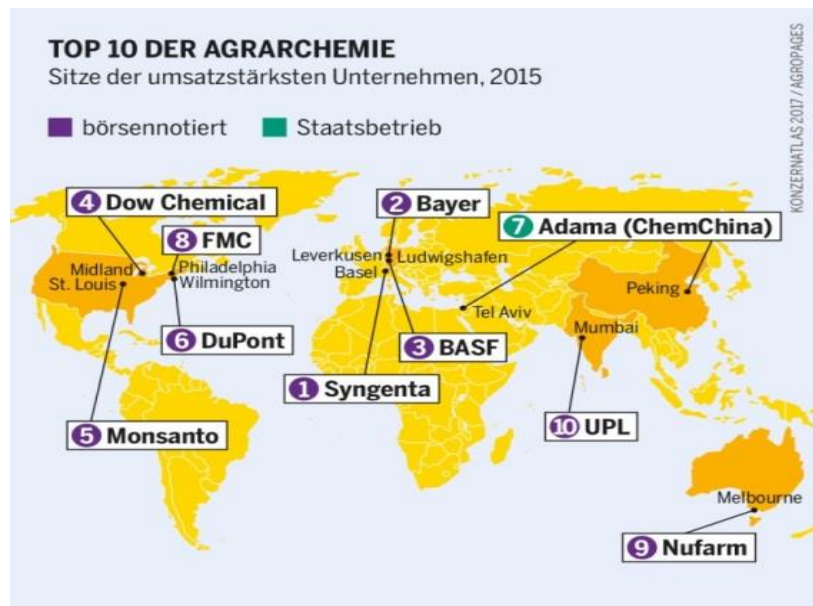


Source : Donnée Banque Mondiale (2018)

Échelle des ordonnées : de 26 à 44 par palier de deux.  
Échelle des abscisses : de 1990 à 2018 par palier de 5 ans

Alors qu'en 1990, 45 % de la population active mondiale se trouvait employée dans le secteur agricole, en 2022 elle n'en représente que 25 %.

Puis tentons d'esquisser de possibles évolutions : au-delà de la question du 4.0, quels scénarii faut-il attendre des stratégies des deux géants mondiaux Bayer-Monsanto & ChemChina-Syngenta ? Quel est le modèle de l'industrie agro-alimentaire sous-jacent à ces deux groupes ? Et plus largement à l'oligopole du secteur : Bayer-Monsanto, Chem-China-Syngenta mais aussi les sociétés DuPont, Dow Chemical et FMC, BASF et Nufarm, ...



Source : Konzernatlas 2017

Il y a ainsi une urgence à considérer de manière prioritaire l'avenir de ce secteur. Il nous faut savoir évaluer les conséquences tant écologiques que socio-économiques d'une transition vers un modèle intensif en capitaux, en nouvelles technologies, mais aussi en fertilisants et autres intrants plus ou moins impactants sur le plan de la biodiversité<sup>89</sup>. Ne serait-ce que pour freiner les exodes ruraux.

Concernant l'emploi, assez paradoxalement la question du 4.0 se pose ainsi de manière cruciale pour l'agriculture et pour les services, et non pas tant

<sup>89</sup> Si nous remontons la filière, de nombreuses questions sont également présentes au niveau de l'industrie agro-alimentaire. Tout autour de la planète fleurissent des conditions d'exploitation du vivant dans des conditions intensives le plus souvent critiquables. En termes d'élevage industriel, l'Europe n'est pas non plus en reste. Elle développe notamment en Allemagne, Belgique et Pays-Bas des élevages intensifs à très faibles coûts. Des exportations massives à très faibles prix en découlent, notamment à destination des pays africains, et déstructurent des filières traditionnelles de ces pays. L'agriculture intensive gagne des superficies sur les forêts primaires notamment d'Amérique latine (pensons à la culture du soja ou de la palme), diffuse des conditions d'élevage intensif sans respect de la vie animale, le tout avec une grande pauvreté de la diversité des animaux sélectionnés (volaille, porc, bovin et mouton principalement). N'y a-t-il pas une urgence à repenser et diriger les filières agricoles et de l'IAA dans la voie d'un développement durable ? Bien sûr, ne point en conclure que le 4.0 soit en corrélation avec ces tendances, mais les nouveaux développements technologiques doivent conduire à nous interroger sur leurs possibles imbrications avec les modèles intensifs déployés de nos jours.

finalement pour l'industrie. Certes, ne pas omettre que cette dernière peut automatiser assez aisément de nombreux emplois, mais un pays témoignant d'un fort taux d'automatisation dans l'industrie ne signifie en rien une chute de ses emplois industriels.

La Corée du Sud illustre cela sans équivoque. Elle témoigne du plus haut taux de robotisation au monde. Pourtant, sur les quinze dernières années, d'une part, elle n'enregistre pas une baisse de ses effectifs industriels mais au contraire une croissance, et d'autre part, elle figure parmi les plus en pointe mondialement en matière de pourcentage d'emplois catégorisés dans l'industrie (25 % de sa population active). Son leadership technologique et industriel est particulièrement remarqué dans les domaines de l'électronique et des télécommunications, dans l'automobile et la construction navale, la sidérurgie et la chimie<sup>90</sup>. Industrie 4.0, emplois et compétitivité ne s'opposent ainsi pas, cela travaille en synergie.

## 4 - Une multiplicité de compétences à développer

Distinguons la question par secteur d'activité.

### Secteur primaire

Comme nous venons de le voir, l'agriculture de demain doit continuer de s'ouvrir au progrès, mais tout en gardant en ligne de mire un développement durable. Nous en sommes souvent loin et il est urgent de remettre à l'honneur les compétences en agriculture raisonnée ou mieux, en agriculture biologique. Ces pratiques doivent être diffusées à grande échelle face aux besoins à couvrir. De 1965 à 2050, la population mondiale devrait passer de 5 à 10 milliards d'habitants, c'est là une des données à ne pas minimiser.

#### Éloge de l'agroécologie



---

<sup>90</sup> Cette tendance n'est pas démentie sur plus longue période. En 1990 elle figurait en 11<sup>o</sup> position des pays les plus industrialisés, dorénavant en 4<sup>o</sup> position mondiale. Sur ces questions, se reporter en particulier aux travaux de J-R. Chaponnière.

Le secteur primaire doit retenir toute l'attention tant les enjeux d'alimentation, de santé, de développement durable et d'emplois sont au cœur des modèles à privilégier.

### Secteur secondaire et tertiaire

Concernant le secteur secondaire et tertiaire, l'entreprise du futur nous plonge dans une toute autre problématique. Cela nécessite la maîtrise de multiples compétences, le plus souvent exigeant beaucoup de capitaux, et que nous pouvons décliner en deux entrées :

- 1- des compétences technologiques
- 2- des compétences managériales dédiées notamment au pilotage des transitions.



Intel (Penang, Malaisie 1978)      Fab Samsung Electronics (Gihung - Corée du Sud 2018)

Dans l'industrie et les services, nous sommes au début de ces tendances et selon les prévisions de France Stratégie, environ 40 % des métiers de l'entreprise du futur d'ici 2030 restent à créer.

### Quels métiers du futur ?

En termes de métiers à venir, plusieurs entrées sont possibles.

- (i) Une entrée par la voie des technologies du numérique.

Les domaines de l'IT couvrant la sélection, le traitement et la valorisation des données, l'infogérance et la cybersécurité ouvre un large spectre de métiers. Pensons aux *Data analyst*, aux compétences en *big data*, en *cryptologie*, *blockchain*, *machine learning*, *deep learning*, et plus largement aux acteurs

impliqués dans la gestion des interfaces homme/robotisation-numérisation<sup>91</sup>.



Google Data Center (Iowa)

(ii) Une entrée par l'organisation et le pilotage des activités.

L'organisation et le pilotage de l'entreprise se trouvent profondément remodelés par le *cloud*, les nouveaux systèmes d'information, l'automatisation et la cobotique, les marketplaces et le e-marketing du fait d'une connaissance approfondie du client (e-CRM), les méthodes d'optimisation des phases d'industrialisation, la maintenance préventive et prédictive, la logistique intégrée, l'économie du partage entre les entreprises et les mises en réseau, ...

De même, la réactivité à avoir face aux demandes, aux comportements anticipés ou aux dysfonctionnements conduit à des ajustements continuels d'équilibres offre-demande. Il s'agit là d'un élément important vis-à-vis des clients et cela restructure en grande partie la chaîne de valeur de l'entreprise. Ce fait est notamment constaté dans des secteurs comme l'énergie, le numérique ou les transports qui sont portés par des logiques de flux et de réseaux.

Profondément transformés par le numérique, de nombreux métiers sont ainsi ouverts pour piloter ces différents projets.

### **Travail, compétences, emploi : « ré-enchantement » du monde ?**

---

<sup>91</sup> Sur ces questions, comme nous l'avons vu au chapitre 1, le pôle scientifique et technique de Grenoble dispose d'un potentiel d'excellence avec ses laboratoires de recherche, son tissu d'industries et ses formations, le tout dans un environnement géographiquement attractif. Mais en France, bien d'autres clusters d'envergure internationale sont dans une problématique similaire : Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nice, Paris-Saclay, Rennes, Toulouse, ...





Comme nous l'avons vu, l'économie du numérique avance à grand pas mais elle n'en reste pas moins incertaine quant aux impacts à en attendre sur les emplois. Entre le rapport 2014 publié par le cabinet R. Berger avec ses 42 % d'emplois impactés, ou l'étude de France Stratégie (2016) qui mentionne 15% des emplois salariés facilement automatisables, ou encore l'étude de l'OCDE (2019)<sup>92</sup> qui avance de son côté de 14 %, peut-être faut-il retenir le rapport d'analyses empiriques du Pr Enrico Moretti de l'université de Berkeley. Ce dernier travail mené sur différentes régions des États-Unis conclut à un impact positif du 4.0 par des effets multiplicateurs de création d'emplois dans de nombreux domaines, notamment liés aux services.

Mais ce serait toutefois là omettre l'étude de C.B. Frey et M. Osborne de l'université d'Oxford (2013) qui affiche quant à elle un scénario fort pessimiste impactant 47 % des emplois à venir aux États-Unis.

Au final, tout cela est merveilleusement flou et dans cette danse de chiffres on y perd un brin son latin.



W. Turner, vallée d'Aoste (1836).

En la question, il nous faut donc garder prudence. Disons simplement que de profondes mutations sur de nombreux secteurs sont à l'œuvre, et pas seulement concernant les travailleurs routiniers de l'industrie ou autres travailleurs du clic. Nous sommes face à un mouvement de « *destructions créatrices* » comme le théorisait en son temps J. Schumpeter.

---

<sup>92</sup> « *L'avenir du travail* », OCDE, 2019.

Dans la lignée des travaux de CB Frey et de M. Osborne, selon K. Schwab (2017) esquissons ici deux listes de profession, la première celle des (i) emplois critiques et une seconde (ii) identifiant les emplois qui devraient avoir le vent en poupe.

### **1- Emplois les plus menacés**

Ouvrier manufacturier  
Ouvrier agricole  
Employé banque-assurance (pas uniquement en front office)  
Agent immobilier  
Secrétaire  
Chauffeur

### **2- Les moins exposés**

Informaticien  
Ingénieur réseau-télécom  
Cybersécurité  
Travailleur sociaux et services à la personne  
Chorégraphe  
Métier du tourisme  
Médecin  
Psychologue  
Responsable RH  
Analyste de Système d'information  
Ingénieur gestion de projet industriel  
Directeur des ventes  
Cadre de direction

Les compétences sociales et de créativité seront sans doute les moins touchées, les plus recherchées. Les emplois du domaine social, majoritairement exercés par les femmes au vu des statistiques, devraient donc être davantage bénéficiaires que ceux relatifs aux fonctions d'ouvrier non qualifiés.

Nous pourrions tendre vers un marché du travail de plus en plus segmenté, avec d'un côté la présence de très hauts niveaux de qualification et de l'autre des emplois à faible niveau de qualification. Pour ces derniers, pensons aux emplois « à la Uber » de personnes pédalant sur les vélos, dans les entrepôts ou précaires dans les utilitaires, les « cybers tâcherons », ceux victimes du chômage technologique recherchant des salaires de subsistance. L'emploi

en miette ? Vers une inégalité croissante d'êtres précarisés et malmenés par un *cloud* d'une barbarie à visage humain ?

Depuis les années 2000, cette polarisation des emplois dans un néo-taylorisme numérique se dessine à travers de multiples enquêtes conduites.



L'emploi en miette ? Quelle évolution et proportion de ces emplois en France ? Quels sont les enjeux, les portées et limites de ces activités pour les acteurs concernés ? Quels sont les modes de rémunérations et les conditions de travail ? Vers une génération à grande échelle de micro-travailleurs du clic ?

En France, sur ces questions se reporter aux enquêtes et statistiques de Pôle Emploi et de la DARES du Ministère du travail. Concernant cette dernière, elles se déclinent en neuf thèmes : Les enquêtes emploi / GRH / Chômage / Politique de l'emploi / Rémunération / Temps de travail / Condition de travail / Santé et sécurité au travail / Relations professionnelles. Sur le plan des auteurs traitant de ces questions du travail et des modèles de croissance possibles, Antonio Casilli, Jérôme Gautié, Florence Jany-Catrice, Dominique Méda représentent quelques grandes signatures de l'Hexagone (Cf. bibliographie en fin de chapitre).

La 4<sup>e</sup> révolution industrielle devrait permettre de vivre plus longtemps ... mais aussi de travailler plus longtemps. Cela devrait alors conduire à repenser la protection des salariés afin de limiter les dérives d'exploitation du travail en *Human Cloud*. En France, en 2022, pour les nouveaux tâcherons de la plateformisation faut-il trouver un statut juridique mieux protégé, situé entre salariat et travailleur indépendant ?

Au regard de l'extension des contrats de type « *Zero Hours* », il y a une urgence à repenser le droit du travail, et plus largement le sens à donner au travail. Sur le fond, l'humain doit-il être au service de l'économie ou l'inverse ? En attendant, les nouvelles « générations du climat » rêvent de nouveaux modèles moins destructeurs, plus sobres, permettant davantage de temps libre, et parfois même de retraite à 40 ans... FIRE.

### « Le mouvement FIRE »

(Source : O. Boissin « *Homo-oeconomicus : l'erreur de la science économique* », Série « Off », 2022).

Les étudiants restent en quête de sens au travail, et de leurs talents il y a tant à faire : inventer le monde de demain, la transition énergétique, les développements partagés, lutter contre les inégalités, développer les *Low et Right Tech*, etc.



Une recherche de sens au travail : de nouvelles demandes se font jour au sein des collectifs étudiants. Il s'agit aussi de nouveaux casses têtes en matière de recrutement et de fidélisation des talents pour les DRH, ceux notamment des grands groupes. Les plans de carrière qu'offrent ces groupes ne font parfois plus rêver et les étudiants semblent nourrir d'autres trajectoires.

De nouvelles voies se font ainsi jour, comme le mouvement FIRE : *Financial Independence, Retire Early*. Indépendance financière et retraite précoce (avant 50 ans ?). L'approche se veut proche du frugal et priorise une qualité de vie reposant moins sur une importance de biens matériels que sur la liberté, l'économie du partage et disposer de temps libre. Moins consommer, plus justement et cela se traduit aussi par de plus faibles empreintes écologiques. La question des placements financiers afin de générer un revenu minimum est également au centre de l'approche afin de pouvoir bénéficier d'une indépendance financière. De nombreuses initiatives se développent notamment en Amérique du nord et en Europe actuellement. Un mouvement à suivre sans doute avec attention ...<sup>93</sup>

## Pilotage du changement

---

<sup>93</sup> Pour de plus amples développements sur ce mouvement, se reporter aux analyses notamment de G. Christoph, N.A. Martineau, P.Y. Mc Sween, J.B. Pilotte et K. Wong.

Face au bouleversement des sociétés engendré par la numérisation des activités, de multiples gisements d'emplois s'ouvrent notamment dans l'industrie.



### Principales entrées thématiques du 4.0:

Conception virtuelle  
*Smart factory* et digitalisation industrielle  
Logiciel de modélisation  
Mécatronique, automatisme, robotique, IA  
Data analyste  
Internet des objets  
Plateformisation des marchés & dvpt des marchés biface  
Customisation – *Voice of Customer* – Marketing digitalisé  
*Supply chain* 4.0  
Ergonomie, cobotique  
GRH en environnement digitalisé  
Blockchain  
Crypto monnaie  
Pilotage du changement  
Formation des acteurs  
Intégration de la réalité augmentée (en matière de conception, production, distribution, formation...)  
Cyber sécurité  
Réglementation et aspect législatif induit par le 4.0

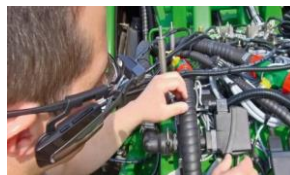
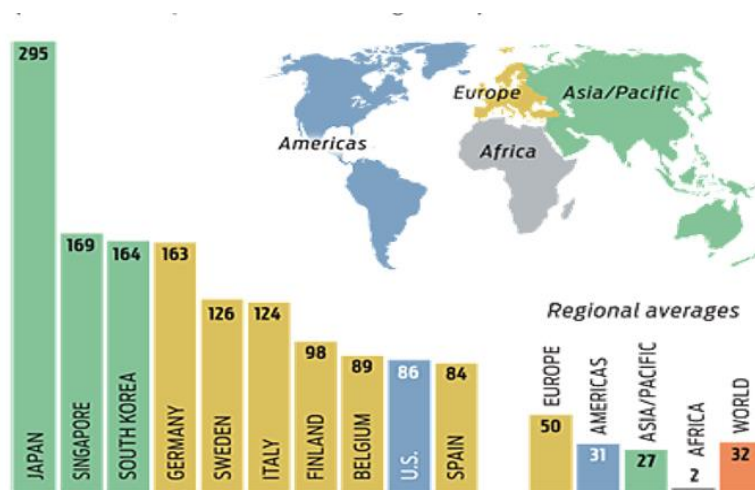


Illustration d'assistance par lunette virtuelle. Ces types d'activités sont actuellement développées par les grands groupes et les ETI notamment japonaises, américaines, coréennes, allemandes, chinoises, françaises, suisses, etc.  
Puis, peu à peu les PMI rentrent aussi dans le domaine.

La croissance de ces types d'activités en 4.0 est généralement à deux chiffres. Le secteur du Big Data et de la cyber sécurité explose littéralement en matière de croissance, avec de forts goulots d'étranglement au niveau des compétences recherchées. Les GAFAs nous le rappellent tous les jours, mais aussi Microsoft, IBM, Rank Xerox, Siemens, Schneider, Thalès, Thyssen Krupp, ABB, Cap Gemini, Atos, Accenture, KPMG, Altran, Astec, et autres cabinets de Consulting, etc.<sup>94</sup>.

Du côté de l'Asie, les dynamiques vont bon train également. En Chine bien sûr avec BATX (Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi) pour ne s'en tenir qu'à l'acronyme bien réducteur des faits, mais aussi en Corée du sud, Taiwan, Singapour, et puis le Japon bien sûr. Ce dernier pays reste sans doute le maître en matière d'activités productives orientées automation, robotique, cobotique...

Classement des 10 premiers pays par leur intensité en robots  
(nombre de robots industriels pour 10.000 travailleurs manufacturiers)



Ci-dessus, une donnée issue de la source *Swiss Miss Robot Factory* 2017. Cette statistique repose sur le nombre de robots par travailleur au sein du secteur industriel. Cela reste toutefois fragile sur le plan méthodologique : quel périmètre recouvre en effet le terme de

<sup>94</sup> Cela devrait conduire au renforcement de cette problématique qui postule qu'une entreprise 4.0. est de plus en plus liée aux *Data* et aux applications permises par le *Cloud*. Sur le plan des domaines d'activités, de multiples applications sont recherchées : par exemple une meilleure gestion des flux physiques de transports dans les grandes agglomérations, une gestion de l'efficacité énergétique par les *Smart Grid*, une optimisation logistique par des *Supply Chains* interactives intégrées, ...

robotique ? Selon les indicateurs retenus, des différences notables sont constatées. Singapour, la Corée du Sud, le Japon et l'Allemagne sont cependant toujours les nations figurant en tête des classements. Ici le Japon, mais en 2022, Singapour et la Corée du Sud sont dorénavant sur le haut du podium. Tel est le résultat de la dernière étude de la *Fédération Internationale de la Robotique (IFR)*.

Tout en sachant garder raison toutefois. L'humain ne peut pas toujours se laisser balayer par la technologie. Enfin espérons-le car la logique du capital en serait souvent tentée. L'échec de l'hôtel 100% automatisé en donne une illustration.

***Relation client : les leçons de l'échec du premier hôtel entièrement robotisé***

L'hôtel japonais Henn-na a annoncé en janvier 2019 se séparer de la moitié de ses quelque 250 robots après trois ans et demi d'exploitation.  
Ned Snowman / Shutterstock

Source : The conversation France, 5 mars 2019, Lionel Sitz, Anne-Christelle Vogler.

« Premier fabricant mondial de robots, le Japon est particulièrement bien placé pour tester de nouvelles applications robotiques. Par exemple, dans l'industrie hôtelière. En 2015, un hôtel d'un nouveau genre a ainsi ouvert près de Nagasaki : l'hôtel Henn-na, principalement opéré par des robots. L'objectif affiché était d'introduire des technologies de pointes (principalement robotisées) pour gagner en efficacité et, à terme, créer le premier hôtel au monde sans personnel humain. Accueillis par un robot-dinosaure, les clients étaient entourés d'applications robotiques en tous genres, de la conciergerie robotisée au bus-robot en passant par le robot-poubelle.

Or, en janvier 2019, après trois ans et demi d'exploitation, l'hôtel a annoncé se séparer de la moitié de ses 243 robots, jugés improductifs. Bien qu'anecdotique, cette expérience relance le débat de la place des robots dans les organisations et, dans le cas présent, dans la relation client. Elle nous interroge sur la possibilité de déléguer aux robots certaines tâches, voire l'ensemble d'un périmètre d'activités stratégiques comme la relation client.

***Hard skills, soft skills***

Au premier abord, la réponse logique à cette question semble évidemment négative. Pourtant, la réalité est plus complexe. En effet, *déléguer* ne signifie pas laisser faire sans contrôle. Déléguer suppose de définir un périmètre de responsabilités et de décisions, des objectifs à atteindre et des critères d'évaluation.

Cela implique du management : de la supervision et des points d'étape réguliers.

L'hôtel Henn-na avait d'ailleurs mobilisé des managers (humains) pour piloter en coulisses l'ensemble des activités, mais n'avait pas assez clairement défini les périmètres respectifs des opérateurs humains et robotiques. Alors, comment redistribuer les activités entre l'homme et une machine de plus en plus compétente ? Opérer ce partage des tâches soulève la question de la valeur créée pour l'entreprise : quelles activités, quelles étapes du parcours sont fortement créatrices de valeur et sources de différenciation ? Lesquelles sont des commodités ?

À l'hôtel Henn-na, l'accueil était assuré par un dinosaure. Ned Snowman/Shutterstock

Réaliser ce travail permet d'identifier les compétences à mobiliser entre les savoirs et savoir-faire techniques (*hard skills*) et les savoir-être relationnels et émotionnels (*soft skills*). Les *hard skills* impliquent la capacité à exécuter vite et bien, avec précision et constance, des tâches clairement définies. Sur ce plan là les machines sont particulièrement efficaces pour réaliser des tâches répétitives, peu complexes et pénibles. C'est pourquoi ils sont massivement utilisés par les entreprises dans des fonctions de production industrielle. Machines, les robots ne sont pas limités par la fatigue, physique ou psychologique. Précis, ils répètent à l'infini le même geste avec une précision inatteignable par l'homme. L'avantage premier des robots tient donc à l'excellence de leurs savoir-faire.

Le développement de l'internet des objets (IoT) et des algorithmes a par ailleurs permis de doter les objets d'« intelligence ». Ceci a donné un nouvel essor à la robotisation puisqu'il est à présent possible aux robots d'être efficaces dans le traitement et le stockage des données. Le savoir est ainsi devenu le nouveau territoire de la machine. Stockage, traitement, vitesse... les robots épluchent des masses importantes de données avec une efficacité sans commune mesure avec celle des opérateurs humains. Pour toutes ces raisons, les *hard skills* constituent le fort des robots dans la relation client. Quant aux *soft skills*, ils font appel à l'adaptabilité relationnelle, l'intelligence des situations, l'empathie, etc. Or, les robots et leurs algorithmes ne sont pas encore capables de développer, en tant que tels, un savoir-être leur permet de gérer des situations ambiguës, complexes et inattendues.

### **Adaptabilité et reconnaissance**

Reprenons le cas de l'hôtel Henn-na qui a choisi de déléguer sa relation client à des machines. Quelles sont les attentes des clients du secteur de l'hôtellerie ? De l'efficacité, certes, pour un *check-in* rapide ou encore une chambre conforme à leurs attentes ; mais également une personnalisation des réponses et une adaptabilité pour proposer rapidement des solutions face à leurs demandes non anticipées. C'est pourquoi les moments de contact normés et définis sont aisément déléguables à des robots. Mais la relation client ne peut être réduite à des



opérations normées car elle demande de l'adaptabilité et de la reconnaissance. Pour cette raison, elle requiert des compétences relationnelles et émotionnelles.

L'hôtel Henn-na a pour l'instant perdu son pari de « l'efficacité ultime ». Ned Snowman/Shutterstock

Le slogan de l'hôtel Henn-na était : « *the ultimate in efficiency* » (l'efficacité ultime). Or, son pari du tout-robot dans la relation client est pour l'instant raté. Cet échec ne signifie pourtant pas qu'il n'est pas possible de déléguer aux robots, mais pas n'importe quelles activités ni n'importe quelles étapes de la relation client. Le cas souligne en creux qu'elle doit être réservée aux interactions qui ne demandent que peu d'adaptabilité et d'intelligence émotionnelle. Répondre à une question standard (« quelle heure est-il ? ») ou encore réaliser le *check-in* dans un grand nombre de langues sont des tâches que les robots sont aujourd'hui capables de réaliser (certes avec une supervision comme pour les caisses en libre-service). Mais ils ne sont pour l'instant pas capables d'aider une personne en prenant en compte sa situation personnelle, ses envies ou comprendre des demandes complexes et floues ; autant de tâches qui sont pourtant essentielles.

Quelle sera alors la relation client de demain ? La rapidité et la rigueur d'exécution sont déterminantes et les robots vont certainement jouer un rôle croissant dans la tenue de cette promesse de base. Dans un environnement hyper compétitif, cela est nécessaire mais non suffisant. La différence passe par la capacité à délivrer une relation client non copiable, surprenante et permettant de vivre une expérience à part entière. C'est là le terrain de jeu de l'homme. La relation client sera à la fois de plus en plus robotisée ET de plus en plus humaine : les entreprises qui combineront et superviseront efficacement les deux auront une vraie longueur d'avance. Une autre question se fait alors jour : peut-on déléguer le management à un robot ? »

Au final, les études précitées nous éclairent sur les secteurs qui devraient être fortement concernés quant à l'évolution de la nature des emplois. Qu'il s'agisse d'un ouvrier, d'un médecin, d'un technicien, d'une ingénieure, d'un manager, d'une professeure, ... tous sont amenés à repenser leur travail, leur fonction, leur formation, leur évolution de compétences...



L'ouverture du médical aux nouvelles technologies tant numériques qu'invasives conduit à repenser les nouveaux modes de formation des praticiens. Quel avenir pour les dextérités manuelles des chirurgiens par exemple ? En de nombreux domaines, il y a une simplification des actes. C'est là une bonne nouvelle.

Le revers de la médaille est celui de la perte de compétences (ici manuelle notamment). Bien des secteurs sont touchés par ce phénomène. Les jeunes générations de plus en plus assistées par le numérique sauront-elle par exemple évoluer dans des pays pauvres peu dotés en infrastructures ? Au regard du monde, c'est-à-dire l'essentielle des nations. Savoir s'orienter sans réseau, concevoir des habitats de fortune, filtrer l'eau, réparer des moyens de locomotion, naviguer sans assistance électronique, etc. Il est alors important qu'elles construisent leurs compétences sur ces deux pôles : le connecté et le frugal. Comme toujours, la meilleure école en la matière est de partir à la découverte du monde.

Vers du tertiaire supérieur délocalisé : l'analyse radiologique pourra être conduite par des équipes spécialisées en Inde. Ou ailleurs, n'est-ce pas déjà le cas ? Puis demain, l'analyse pourrait-être conduite en temps réel en mode *Machine to Machine*<sup>95</sup>. C'est dans le domaine des services que les impacts en matière d'emplois seront les plus conséquents.

### **Vers de grands centres urbains connectés ?**

Quant aux villes, elles deviendront vraisemblablement de plus en plus connectées.

---

<sup>95</sup> Sans intervention humaine, il s'agit ici de l'utilisation des nouvelles technologies du numérique et des télécommunications à des fins d'échanges entre machines.



Intensifié par la croissance démographique, par les nouvelles possibilités du numérique, par de nouvelles infrastructures publiques ainsi que par les mouvements d'exodes ruraux, sans doute allons-nous vers un monde maillé autour de grands clusters technologiques et de mégapoles connectées. A l'image de Toronto, une ville intelligente sous contrat passé avec Google ? Une des questions alors ouvertes est la suivante : vers une croissance des disparités intra-nationales ? Nous retrouvons ici l'ancienne thèse controversée du Pr R. Reich de l'université d'Harvard à la fin des années 1980<sup>96</sup>.

Le local, le national et le global sont en imbrication croissante : des gestions de structures publiques sont en forte mutation, des abaissments de nombreuses barrières sociales et réglementaires se font jour, de nouvelles gouvernances, des entreprises parvenant à imposer les normes internationales de demain. Pensons à la 5G et au contrôle des données, à la numérisation dans le domaine de la santé, à la traçabilité des humains, ...

Pour les tenants de l'approche en 4.0, il faut davantage ancrer le numérique au sein des territoires, des régions et des villes. Pour des centres urbains connectés, à très hauts débits, en transition énergétique, reposant sur de la domotique et des *Smart Grid*, ... Cela nécessite alors des investissements importants en infrastructures, notamment pour attirer les talents dans ces

---

<sup>96</sup> Cette thèse de la disparité intra-régionale conjointement à l'homogénéisation de clusters mondiaux interconnectés était développée par Robert Reich dans son ouvrage « *L'économie mondialisée* » (Dunod, 1993) lorsqu'il était secrétaire d'État au Travail sous la présidence de B. Clinton. De nos jours, le monde se trouve ainsi connecté par un réseau de grands clusters internationaux, mais laissant au sein des territoires nationaux des zones fortement discriminées en matière de développement et d'innovations. Finalement, comme en son temps, nous retrouvons l'argumentaire de JF Gravier dans son ouvrage « *Paris et le désert français* » (1947).

viles à haute connectivité. En 2017, pensons par exemple aux intentions d'investissements de Google à Toronto sur une *Smart City*, un projet élaboré par son département *Sidewalk Labs* spécialisé dans les innovations urbaines. Du côté de la firme de *Mountain View*, l'investissement dans ce projet sera toutefois décliné en 2020 face à l'ampleur de son coût, puis par la crise Covid et les mouvements locaux d'opposition au regard de son impact écologique. Mais en 2022, nombre de villes ne s'engagent-elles pas sur la voie : NY, Londres, Barcelone, Shanghai...

#### Toronto, Smart-City 4.0 ?



Aux abords du lac Ontario aurait pu naître à Toronto la smart-city 4.0, c'est à dire un quartier expérimental de ce que pourrait être une ville à haute connectivité Wi-Fi pour de multiples usages urbains : voies réservées aux véhicules autonomes, robotique et drones gérant les déchets et les logistiques urbaines, optimisation des flux par jeux de capteurs et de caméras, trottoirs chauffés lors des périodes de faibles températures, etc. Selon Google, un projet qui aurait pu générer 44.000 emplois et 3 milliards USD de recette fiscale d'ici 2040. Mais en réalité, avec quel impact écologique ?

A l'heure où il nous faut privilégier une stratégie bas-carbone, c'est-à-dire une sobriété énergétique, ces développements urbains en *Big-Tech* ne seraient-ils pas avant tout des impacts additionnels portés à la terre ?

### 5- Grandeur et décadence du 4.0 : prenons un peu de hauteur.

#### Une redistribution des cartes entre acteurs

Comme le souligne K. Schwab (2017), de nouveaux enjeux sont donc en œuvre tant côté usagers que producteurs. Et plus largement, cela posent bien des questions tant en matière de questions d'éthique que de territoire ou d'évolutions sociétales à l'échelle mondiale. Une profonde redistribution des cartes se fait ainsi jour :

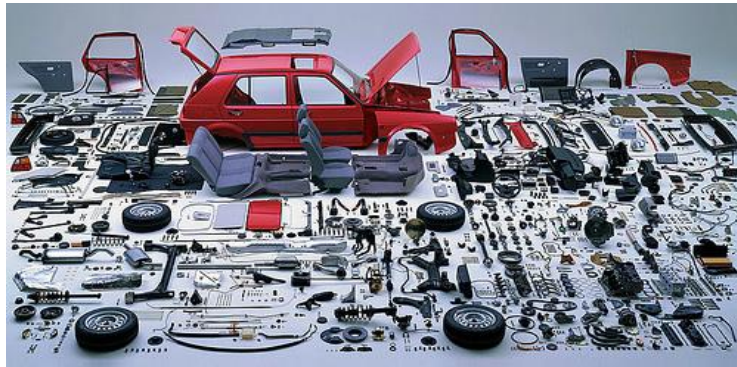


Le 4.0 conduit à une redistribution des cartes non seulement au niveau du secteur secondaire en termes d'emplois et de parts de marchés mais aussi et surtout au niveau du secteur tertiaire. Intensifié par la crise Covid, ces mutations s'enregistrent très vite dans une approche en *Cyber World*.

- L'apparition de nouveaux gagnants hégémoniques : pensons en particulier aux développeurs des plateformes numériques. Ils s'imposent comme les maîtres des données et les acteurs des marchés bifaces (cf. *Annexe 3*). Uber ne possède aucun véhicule, c'est pourtant la plus grande compagnie de taxi au monde ; Facebook, le plus grand groupe média alors qu'il ne crée aucun contenu, AirBnb n'a aucun bien immobilier, la nouvelle déferlante des « *Booking.com* » capture le secteur de l'hébergement hôtelier, touristique ou privatif, Mirakl en une poignée d'années et avec seulement quelques centaines de salariés devient la plus grande licorne française e-commerce en marketplace, etc.

#### « *Les nouveaux capteurs de rentes* »

En 2022, 30 % de la valeur créée par les hôteliers du monde sont estimés être capturés par *Booking.com*. Derrière cette société, seulement quelques lignes d'algorithmes et surtout le fait de savoir aller plus vite que les autres pour « percoler ». Il faut être le dominant du marché, mais sur le fonds tout cela s'avère bien moins complexe que la conception-réalisation d'une voiture par exemple. Ne serait-ce que sur l'aspect informatique, un véhicule moderne recèle, paraît-il, près d'un million de lignes de codes. Et sans oublier tout le reste...



Sans oublier les petits capteurs électroniques et autres GPS.

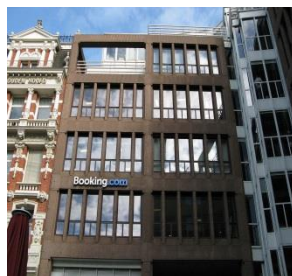
*Booking.com*, c'est à la fois beaucoup plus simple et beaucoup plus inégalitaire dans la répartition des fruits de l'activité. Les nouveaux ténors de l'économie moderne et des marchés bifaces sont des champions de la capitalisation boursière, tout en étant avares d'emplois, ou alors créateurs d'emplois en miettes.

Sur le principe, il s'agit de construire un réseau sur une idée simple : collecter des offres de prix d'hébergement, d'appartements, d'hôtels et de « *marketer* » tout cela sur des sites web. Puis une fois la greffe faite, « *rafler la mise* » car la rente s'accumulera sur une base exponentielle.

Nous voyons deux raisons à cela :

(i) des marchés reposant sur la loi de Metcalfe (par les effets de réseau, la valeur de *Booking.com* est proportionnelle au carré du nombre de ses utilisateurs. « *The Winner takes All* »).

(ii) avec des taux de marges sans commune mesure avec ceux de Renault, Fiat, VW ou autres industriels de segments traditionnels, *Booking.com* s'apparente finalement bien souvent à une coquille vide. L'actif du bilan est sans actifs, sans stock, sans guère d'effectifs, sans brevet, léger. Les licornes et autres nouveaux joueurs du numérique œuvrant en Marketplaces n'ont guère besoin de salariés ni d'actif industriel, mais principalement de serveurs et de relations clients pour offrir ses solutions logicielles.



Bureaux de Booking.com à Amsterdam (siège social)

La France, huitième puissance économique mondiale, ou encore la nation qui affiche la première ou deuxième place en matière de tourisme mondial, pour *Booking.com*, n'est seulement que la localisation de quelque quatre cents personnes...

Quatre cents personnes pour engranger la rente d'un des plus grands marchés mondiaux de l'hébergement : finalement, *Booking.com* n'est qu'une PME parmi d'autres dans l'hexagone, sur le critère de l'effectif<sup>97</sup>.

Mais pas en matière de profits.

En Europe, l'entreprise détient 60 % des parts de marché des réservations en ligne. Plus de 3 milliards d'USD de résultats annuels. Pourtant, en dehors de la publicité sur la toile, que réalise réellement *Booking.com* ? Qui fait le travail ? Pas le bureau d'Amsterdam, mais les fournisseurs de logement, les hôteliers, leurs personnels associés, les cuisiniers plus ou moins logés dans les caves, les blanchisseries... Et cela au niveau mondial.

Car la société *Booking.com* ne se limite pas à l'Europe mais au monde entier. Son site est actif sur deux cents pays, en plus de quarante langues. Le clic passé, le profit est immédiat à Amsterdam, puis tout cela fiscalement optimisé comme disent les financiers : c'est-à-dire principalement défiscalisé tels les GAFAM : en Irlande, Danemark, Suisse ou Luxembourg si l'on retient comme région l'Europe.

Pour *Booking.com*, l'optimisation fiscale se fait via des montages sophistiqués avec son actionnaire principal l'américain Price line Group. Ce dernier est un autre gagnant du commerce en ligne et de ces marchés bifaces. Un petit Amazon ayant fait fortune par l'acquisition des parts de *Booking*. En 2022, il pèse dorénavant quatre-vingts milliards de capitalisation au Nasdaq<sup>98</sup>.

Les nouveaux rentiers que dénonçait JM Keynes sont là : Ali express, Amazon, Didi, Wish... Pas Renault ni PSA Stellantis, pas Daimler ou Tesla qui développent bien souvent des projets créateurs de progrès et d'emplois, pas Caterpillar, Siemens ni Schneider, pas A Raymond ou Minitube, pas BD, Seb, Somfy ou Bontaz, et encore moins les peintres en bâtiment ou l'artisan boulanger du quartier.

---

<sup>97</sup> Nous aurions tout autant pu développer l'argumentaire sur l'entreprise Blablacar. Cette société compte en 2022 environ 700 personnes. Certes, cela ne doit aucunement masquer l'utilité et la pertinence de cette entreprise bien évidemment, que ce soit en matière de bien-être collectif (ici pour le coup atteint) ou de réduction des empreintes écologiques (là aussi, objectif sans doute atteint) *via* l'autopartage. Mais 700 personnes... cette donnée gagne sans doute à être analysé au regard de la capitalisation financière de l'entreprise.

<sup>98</sup> Seconde plus grande place de marché actions aux États-Unis derrière NYSE (*New York Stock Exchange*). C'est une bourse qui a été créée en 1971 et qui regroupe des entreprises à fort contenu d'innovation souvent liées au monde de l'informatique et des nouvelles technologies de l'information. Une de ses valeurs phares est le groupe Apple.

Pourtant, ces derniers payent en général quatorze points de plus d'impôt que les GAFAM et autre *Booking.com* œuvrant sur le même territoire français.

Source : Boissin, O., « *Économie mondialisée* (Vol.3) : *Capitalisme, exercice d'esprit critique* », Éd Série « *Off* » 2022.  
(disponible sur votre intranet)

Du 4.0 découle des rendements d'échelle élevés conduisant à repenser les modes de création et de redistribution des richesses entre les acteurs. Car en sa face cachée se trouvent des inégalités croissantes. Les capitalisations boursières élevées au sein des entreprises orientées 4.0 en sont les signes annonciateurs, y compris durant la crise Covid. Surtout durant la crise Covid.

La logique des licornes et la polarisation des profits témoigne d'une redistribution rapide des cartes aux profits des acteurs du numériques allant des géants tels les GAFA, Ali Baba, Tencen, WeChat, Baidu, Tiktok, ... jusqu'au nouveaux entrants sur les Marketplaces.

Un des risques possibles de la plateformes du monde -parfois nommée *l'Ubérisation de l'économie*- est qu'elle pourrait se révéler bien inégalitaire quant à la répartition des richesses. « *The Winner takes all<sup>99</sup>* », à la *Amazon*. Qui sont les gagnants ? En partie la demande il est vrai, mais surtout les acteurs initiateurs de ces plateformes. Ceux bénéficiant des infrastructures publiques tout en se soustrayant aux impôts des nations, ceux contrôlant les données, ceux déployant les nouvelles technologies dans une optique non point d'*Open Source* « à la Linux », mais en culture fermée, à la « Apple ».



## Numérique, éthique et profit

Avec la problématique du 4.0 est également posée la problématique de l'éthique. Nous rentrons en particulier ici sur la thématique des

---

<sup>99</sup> « *Le gagnant rafle tout* ». On retrouve notamment les acteurs des marchés bifaces de type Uber, Rbnb, Booking.com, ... (cf. *Annexe 3*)



neurosciences et sur les avancées de la biologie moléculaire et de synthèse. En permettant de recréer des organismes sur mesure, en recréant de l'ADN, les progrès enregistrés en biologie mais aussi par les sciences de l'information génère une capacité à modifier le vivant sur quasiment tout type de cellule : plante, animaux, humains. Par extension, nous trouvons la production de tissu vivant par bio-impression (application de la 3D au génie génétique)<sup>100</sup>, la modification génétique du vivant, l'édition de cellules germinales (manipulation des cellules reproductrices), etc.

Face à ces nouvelles possibilités offertes par la modification des embryons, comment définir toutefois et sécuriser une démarche éthique dans les utilisations ?

L'homme augmenté semble en marche mais où doivent être positionnées les frontières entre l'humain et le chiffre ? Les humains seront massivement porteurs d'objets connectés, de puissance de stockage (illimité ?) gratuit (financé par la publicité ?) ; il s'agit d'un monde nouveau doté de capteurs, avec les premiers pharmaciens robotisés, les lunettes connectées, les premiers téléphones implantables commercialisés, les premières greffes d'un foie imprimé en 3D, une porosité homme-silicium accrue ...

Puis dans un monde plus réel, pensons aussi aux moyens de transport connectés, aux audits d'entreprise réalisés par l'IA, aux premières collectes d'impôts par *Blockchain*, de même qu'une partie croissante du PIB mondial qui sera stockée sur une technologie *Blockchain*, la première gestion d'entreprise en conseil d'administration par IA, etc.



Une *Blockchain* est un registre de protocole sécurisé dans lequel un réseau d'ordinateurs vérifie collectivement une transaction avant que celle-ci soit enregistrée et approuvée. Cette technologie crée de la confiance entre acteurs ne se connaissant pas, le tout sans instance hiérarchique de régulation et ni de contrôle. Tel un livre de compte partagé, programmable, sécurisé par chiffrement, et donc fiable, des éléments infalsifiables, qu'un utilisateur ne peut à lui seul contrôler et qui peut être inspecté par tous. Ces *blockchains* sont des composantes majeures de la plateformes du monde, et plus largement de la quatrième révolution industrielle. Le Bitcoin, Tether, ou l'Ethereum en sont des expressions possibles sur le plan monétaire, mais d'autres pistes sont ouvertes en crypto services : les certificats réglementaires (naissance, mariage...) les titres de propriété, dossiers médicaux, diplômes, etc. Ainsi est concerné tout type de transaction

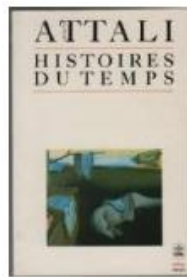
---

<sup>100</sup> Pensons par exemple à Xénogreffe : la fabrication d'organes destinés à être transplantés sur les humains, les animaux, et à la création de greffons, etc.

pouvant être exprimée sous forme de codes.

#### 4.0 : une société de l'immédiateté ?

Une des traductions du 4.0 est la vitesse d'adaptation entre l'offre et la demande, la vitesse du traitement des données, la réponse au marché, produire en synchrone et délivrer avec réactivité. Toujours plus vite ? Cette question du rapport de la société au temps nous invite là aussi à une prise de recul sur les dynamiques engagées. Les apports de l'interdisciplinarité sont alors importants : être à l'écoute des historiens, des philosophes, des sociologues, ... des rayons entiers de thèses et d'ouvrages sont présents sur les étagères des bibliothèques. Invitation à la lecture.



Un livre parmi d'autres, J. Attali en essayiste, « *Histoire du temps* », un de ses écrits de jeunesse (1983), et paradoxalement figurant sans doute parmi ses plus aboutis.

Sur le plan économique, les cycles de vie sont planifiés dans des horizons temporels sans cesse réduits. En matière de conduite des activités, il en découle une pression au travail, en grande partie imposée de manière exogène aux collectifs et aux organisations. Elle s'impose le plus souvent par des logiques actionnariales externes -en cas d'école pensons par exemple au cas d'Orpéa défrayant la chronique en 2022 dans le domaine des EPHAD-, par une concurrence globalisée et intensifiée par l'entrée de nouveaux acteurs, de nouveaux moyens de production, des systèmes d'informations de plus en plus intégrés, des logistiques optimisées. Un monde de « marchés efficaces » ? La vie selon Amazon ? Si tel est le cas, au bénéfice de qui ?

De la société civile ?

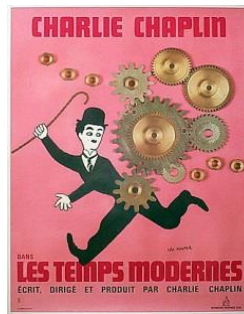
Des abeilles et plus largement de l'écologie ?

Des acteurs financiers ?

De la collectivité dans son ensemble ?

Ces questions sont d'une simplicité biblique, mais tentez une réponse en resserrant votre analyse sur le domaine du 4.0.

A défaut de la compréhension des causes racines, peut-être une hypothèse peut-elle être avancée : le 4.0 n'est sans doute pas à l'avantage de l'environnement, mais peut-être d'une moindre pénibilité au travail. Les humains sont bien souvent malmenés par les rationalités économiques modernes, mais la technologie réduira peut-être ces problèmes, ces cadences, ces pénibilités si bien filmées en son temps par Charlie Chaplin : « *Les temps modernes* ».



« Les Temps modernes » (1936)

Slow Fashion, Slow Food, Slow Tourisme, Slow Life, ... nous faut-il ralentir le temps ? Cette question est-elle bien posée ? A-t-elle un sens ? Est-ce possible ? Quelles pistes sont suggérées par les philosophes ? Henri Bergson, Emmanuel Kant, René Girard, Gilles Lipovetsky, les artistes et les musiciens nous prenant aussi par la main.

Alors ce sera ici Erik Satie, mieux que de longs discours, seulement quelques notes. Puis laissons la question ouverte.



Erik Satie. *Gymnopédie n°1* (You Tube, 3'36)  
Ou si le temps vous est plus généreux : « *Gnossiennes 1-6* (YT, 14'31).

## Les dérives du 4.0

Retour au monde en *Black Friday*, non pas du côté des GAFAs américains mais de la Chine cette fois : les « *4 Fourth* » BATX<sup>101</sup>. Ces derniers semblent adopter la problématique similaire d'une économie affectionnant davantage les visées de J. Bezos que celles d'E. Satie.

Ils ne sont point en reste vis-à-vis des GAFAs, mais évoluent dans un espace politiquement plus fermé. Un capitalisme de surveillance sous contrôle d'un Etat central omniprésent. Est-ce là une des dérives du 4.0 ?

Sur le plan économique, l'importance démographique de la nation génère un avantage central : elle permet aux entreprises et organisations d'atteindre des effets de seuil nécessaires à des activités de plus en plus exigeantes en capitaux, et à une plateformes des marchés. L'eldorado des marchés bifaces s'écrit également sous la forme d'idéogrammes. Et il en est de même de l'ensemble des thématiques du 4.0.

La politique scientifique et industrielle de la nation, les transferts technologiques et la politique de rachats de groupes étrangers permettent ainsi à la nation de détenir à partir de 2018 des positions de leaders sur de nombreux segments du 4.0 : hardware et software, IOT, fournisseurs de solutions web, blockchain, robotique industrielle, semi-conducteur, intelligence artificielle, Big Data, commutation et automatisme, vidéo et traçabilité numérique, biométrie, etc. Au total, la Chine témoigne en ce début de décennie 2020 d'une puissance technologique de tout premier plan, parfois même elle est leader devant les États-Unis sur certains segments de l'IA.

Il convient d'analyser de près ces tendances qui peuvent modifier en profondeur les modes de gouvernances des nations, les marchés, les comportements des acteurs, la question du transhumanisme aussi, parfois en apprenti sorcier. Mille entrées, plus ou moins radieuses il est vrai, sont alors à étudier.

Les dérives du 4.0 :  
la technologie au service des nouveaux totalitarismes ?

---

<sup>101</sup> En réalité il faudrait dire les huit « Gafa » chinois.



À grand renfort de caméras à reconnaissance faciale, la population chinoise est filmée de nos jours par la vidéo-surveillance avec retrait de point en cas de manquements par rapport à une norme comportementale établie par le régime de Pékin. Suite à la crise Covid 19 et à son instrumentalisation par le Parti, la traçabilité est opérée de plus en plus par les vidéos mais aussi par les smartphones.

Sur le plan de la méthode, chaque citoyen est doté sur son compte d'un crédit de 1000 points. Si ses actes sont contraires aux lignes du Parti, il va en résulter un retrait de points, et inversement des bonus en situation de bonne conduite. Des points peuvent également être gagnés par une pratique de délation de personnes développant des activités ou propos subversifs vis-à-vis du régime. Si au final la note régresse, les sanctions arrivent : le citoyen est pénalisé avec par exemple une impossibilité de sortir du territoire, où de se déplacer en interne, d'accéder à une profession, à un logement, etc. Une pensée passagère se fait alors jour : « 1984 » de G. Orwell ?

Face à ces lourdes questions, offrons-nous un temps de pause, un peu de sublime, un peu de léger, avec *Beta Gamma l'Ordinateur*, Henri Salvador, 1968. En ces années Woodstock, c'est l'un des rares humains finalement à avoir su identifier des futurs possibles. Pendant ce temps, les futurologues établissaient dans des discussions de salons des plans sur la comète, une vie à venir en 2000 bercée de véhicules perchés dans les airs, de trains tubes remplis de Monsieur Spock, mais bien peu avaient vu arriver la déferlante de l'informatique ...



Place à l'avant-gardisme : You Tube et écouteurs de rigueur, 2'16 de bonheur.  
« Henri Salvador, *Béta Gamma l'ordinateur* » (1968).

*Je suis l'homme de l'an deux mille  
Je suis sans problème ma vie est facile  
Je ne pense plus du tout  
Nous avons un roi qui pense pour nous  
C'est beta gamma  
l'ordinateur*

*Je suis l'homme qui n'a plus faim  
Je ne comprends pas pourquoi les anciens  
Avaient tant de plaisir à manger  
J'avale des pilules qui sont fabriquées  
Par beta gamma  
l'ordinateur*

*Quand je vais me promener  
Je ne vais jamais au hasard  
J'ai une voiture téléguidée  
L'itinéraire est fait avant mon départ  
Par beta gamma  
l'ordinateur*

*Pour les filles pas de problème  
Je ne perds pas mon temps à leur dire je t'aime  
Tous les soirs je dois aller chercher  
Une fille qui chaque fois est sélectionnée  
Par beta gamma  
l'ordinateur*

*Etc.*

(Parolier : Henri SALVADOR / Bernard MICHEL)

Quant aux voitures, à défaut d'objets flottants dans des villes comme dans *Métropolis*, en 2000 les principaux modèles de véhicules vendus par Renault s'appellent des Twingo et des Logan. C'est-à-dire des voitures dotées de 4 roues judicieusement collées au sol, et d'un bloc moteur qui n'est rien d'autre qu'une pâle déclinaison de l'historique motorisation de la 4L.



Face à un monde incertain, l'art et la culture sont finalement de précieux vigies technologiques ...

## Conclusion

C'est de la *firme* à venir dont il a été principalement question dans ce chapitre. Car c'est elle qui se trouve placée en grande partie au cœur des dynamiques de l'innovation. Si ces entreprises n'arrivent pas à innover, bon nombre d'entre-elles seront condamnées à l'échec, notamment de par la concurrence vive arrivant tant par les pays BRICS que par les autres puissances industrielles positionnées sur le 4.0 : Japon, Allemagne, Etats-Unis, Corée du Sud, ...

Le nouveau concurrent du futur iPhone ne naîtra-t-il pas du côté de la Chine, de la Corée du Sud ou de Taiwan ? Ou demain à Bangalore ? À partir de 2020, cela sera déjà fait : cela s'appelle le P40 de Huawei. La Chine se trouve dorénavant en tête *via* ses groupes ZTE ou Huawei sur l'IA et la 5G.



L'équivalent chinois de la côte ouest américaine : Shenzhen.  
Environ 15 millions d'habitants et le numérique régnant en maître.  
Au sein d'une société inscrite toutefois de plus en plus dans un univers totalitaire, loin des libertés et de l'écologie ? Analysez.

Mais les vagues d'innovations ont aussi un autre défi à relever : parvenir à un monde durable. La question est complexe car il faut innover pour trouver des solutions aux multiples transitions à conduire. Mais dans le même temps, les avancées en *High-Tech* à l'instar du 4.0 génèrent des empreintes considérables. Il ne faut donc être ni technophile ni technophobe, innover est central, mais innover n'est pas tout, la clé étant la sobriété.

Au final, que retenir ? À la question d'une mutation 4.0 conduisant à une création nette ou à une destruction modérée sinon massive d'emplois à l'échelle mondiale, la réponse est toute sauf simple. Alors, dans le doute tournons-nous du côté des historiens. Ceux qui sont les éclaireurs par leurs connaissances de l'histoire passée : les grandes inventions et innovations se sont-elles traduites au final par de fortes destructions d'emplois ?

La réponse est claire : non. Le chômage technologique est lié à une inadéquation des emplois par rapports aux évolutions en cours. Mais en dynamique longue, l'innovation est génératrice de nouveaux pôles d'emplois, encore plus importants qu'en phase préalable. Avec le 4.0, le problème n'est donc pas tant le solde entre les emplois créés et ceux détruits, mais dans les dynamiques de polarisation et d'accroissement des inégalités.

L'invention de l'imprimerie à caractères mobiles, au milieu du XV<sup>e</sup> siècle par Johannes Gutenberg peu illustrer cela (l'impression de la Bible à partir de 1454). Signant la fin des copistes, elle va ouvrir au plus grand nombre la connaissance écrite, le développement des savoirs, le développement des sociétés. Puis un jour viendra, Diderot et D'Alembert qui hériteront eux aussi, dans une longue tradition, de cet amour de la connaissance qui porte son lot de bonnes nouvelles, de nouveaux métiers, de progrès.



Ou encore, pensons à la révolte des canuts, ces artisans lyonnais du textile au milieu XIX<sup>e</sup> siècle s'opposant à l'arrivée du métier à tisser Jacquard. Comment lutter contre la crainte d'un chômage technologique ? De nos jours, cependant, des dizaines de millions de personnes travaillent encore dans la filière du textile n'est-ce pas ?

Pour s'habiller, se loger, se nourrir, communiquer, se soigner, les générations passées ont apporté des innovations au service du plus grand nombre. Et les progrès continueront sans doute encore longtemps dans cette voie. Les algorithmes et leurs supports digitaux tels les smartphones, ces chiffres et produits de silicium, participent d'une mystique symbolique au développement économique du XXI<sup>e</sup> siècle : ils en sont les pièces majeures, des éléments du puzzle permettant de relever les défis à venir : ceux du mieux vivre dans la cité, du sens au travail, de la démocratie, de la résilience trouvée face aux enjeux des transitions à mener. L'innovation est un Janus, mais seule sa dimension de progrès libre et partagé est à rechercher. L'industrie du futur ne doit pas omettre cela au risque de n'être que du *Big-Tech* intensifiant un modèle économique non soutenable.



### A- Résumé

À vous de jouer, sur la base de quelques lignes directrices suggérées :

- Définissez ce que recouvre le terme « d'entreprise 4.0 » (ou d'industrie 4.0).
- Synthétiquement, quelles projections envisageriez-vous quant aux impacts du 4.0 sur les emplois en France ? Et dans le monde ? Analysez la question par secteur d'activité (primaire, secondaire ou tertiaire).

### B - Concepts abordés

Entreprise 4.0 – Industrie 4.0 – Révolution industrielle – mutation industrielle – Cobotique/Robotique – « *The winner takes all* » – Marché biface – Agriculture 4.0  
Cyber World - Intensité capitalistique.

### C - Questions à prolonger

(i) Quels sont les impacts possibles de l'industrie 4.0 sur l'emploi ? Analysez cela dans un espace géographique de votre choix et sur un secteur d'activité donné : en France ? En Europe ? Mondialement ? Horizon 2025-2030.

(ii) « *L'ubérisation* », ou plus largement la plateformesation du monde, peut-elle être envisagée comme un mouvement profond sur l'ensemble des secteurs d'activités, ou plus modestement sur quelques secteurs privilégiés pour le déploiement d'une plateformesation des relations marchandes ?

(iii) Sur le plan du marché du travail en France, quelles sont les compétences recherchées par le 4.0 ? Conduisez votre analyse sur la base d'un secteur d'activité de votre choix.

(iv) La nouvelle évolution (révolution ?) industrielle nous conduit-elle vers une horizontalité des pouvoirs dans la firme ou, au contraire, vers un renforcement des verticalités hiérarchiques ? Illustrez votre analyse sur la base d'une entreprise de votre choix.

(v) Le 4.0 sera-t-il favorable ou en désaccord avec les objectifs d'un développement durable ? Étayez votre analyse sur trois illustrations de votre choix.

Retenez deux ou trois de ces questions et analysez-les. Synthétiquement, quelle est votre position et son argumentaire ? Illustrez votre raisonnement théorique par des exemples et par des données quantifiées permettant de ne pas se tromper sur les ordres de grandeurs.

### D - Pistes de lecture

Académie des technologies, *Rapport 2018*.  
Attali, J., *Peut-on prévoir l'avenir ?*, Fayard 2015.  
Attali, J. *Histoire du temps*, Livre de poche, 1983.

- Battilana, J, Ferreras, I, Méda, D, *Manifeste Travail. Démocratiser. Démarchandiser. Dépolluer*, Seuil, 2020
- Berger, R., « *Notre pays face à la nouvelle donne du numérique* », 2017.
- Bihouix, P., « *L'âge des Low-Tech* », Éd. Seuil, 2014.
- Boissin, O., « *Économie et organisation industrielle*, manuel de cours, Grenoble-INP, 2022.
- Boly, V., *Ingénierie de l'Innovation*, Hermès-Lavoisier, 2010
- Cardon, D., « *À quoi rêve les algorithmes ? Nos vies à l'heure des big data* », Seuil, 2015.
- « Les usines du futurs/cahier de l'observatoire Fives des usines du futur », 2016. (Annales des mines de Paris, Réalité industrielle, nov. 2016, l'industrie du futur)
- Casili, A., « *En attendant les robots. Enquête sur le travail du clic* », Seuil, 2019.
- Defi&Co « *Enseigner l'industrie du Futur* », Institut de la réindustrialisation, Livre blanc, 2018.
- Girard, R., *Des choses cachées depuis la fondation du monde*, Livre de poche, 1983.
- Giraud, G., Sarr, F., « *L'économie à venir* », Les Liens qui libèrent, 2021.
- Jouzel, J., Larrouturou, P., « *Pour éviter le chaos climatique et financier : une solution scandalusement simple* », 2018
- Kurzweil, R., « *How to Create a Mind : a Secret of Human thoughts Revealed* », Viking Penguin, 2012.
- Lipovetsky, G., « *De la légèreté* », Paris, Grasset, 2015.
- Mc Kinsey France, « *Accélérer la mutation numérique des entreprises : un gisement de croissance et de compétitivité pour la France* », 2014.
- Maziem, J., Plihon, D., Petit, P., « *L'économie mondiale en 2030 : ruptures et continuités* » *Economica*, 2013.
- Méda, D., Jany-Catrice, F., « *Faut-il attendre de la croissance ?* », La découverte, 2016.
- Plauchu, V., « *Management environnemental : analyse, stratégie, mise en œuvre* », Campus ouvert Éd., 2013.
- Pôle emploi, « *Enquêtes besoin en main d'œuvre* », 2019.
- Rapport de l'Institut Montaigne « *Reconstruire la finance pour relancer l'économie* », 2009.
- Rifkin, J., « *La Troisième révolution industrielle* », Palgrave Mc Millan, 2011.
- Rifkin, J. « *La nouvelle société du coût marginal zéro* », LLL Éd, 2014.
- Schumpeter, J., « *Capitalisme, Socialisme et Démocratie* », Payot, 1942.
- Schwab, K., « *La quatrième révolution industrielle* », Dunod, 2017.
- Sénat, « *Demain les robots : vers une transformation des emplois de service* », Travaux parlementaire, 2022.
- Veltz P., Weil T., « *Vers un mode hyper industriel* » in « *L'industrie notre avenir* » éditions Eyroles, 2015.

## E - Compétences attendues à l'issue de ce chapitre

Une capacité à identifier les mutations de la société dues à l'arrivée du 4.0 sur les thématiques non seulement des compétences recherchées, mais aussi des conséquences sur les évolutions possibles du travail et de la société.

\* \* \*

## *Table des annexes*

- 1 - *Low-Tech* : de quoi parle-t-on ?
- 2 - L'économie circulaire.
- 3- Pourquoi les plateformes multi faces triomphent sur le marché.
- 4- L'arnaque des cimentiers pour polluer tout en spéculant sur le climat.

## *Annexe 1*

### ***Low-Tech : de quoi parle-t-on ?***

(Source : Ph. Bihoux : « *Low-Tech* : il va falloir apprendre à s'appauvrir » *L'Obs*, 1 juin 2014)

**Philippe Bihoux** : Pour parler des *low-tech*, il faut d'abord établir deux constats :

- d'une part, la **consommation de ressources non renouvelables** (énergie et matières premières) est insoutenable, et nous en consommons davantage chaque année ;
- d'autre part, les **solutions technologiques** qu'on nous propose ne sont absolument pas des solutions. Soit ces solutions sont marginales et hors d'échelle, donc pas à la hauteur du défi, soit elles reposent sur le recyclage de nos produits, « l'économie circulaire », qui n'est efficace que très partiellement du fait de la dégradation des matières utilisées ou de la difficulté à séparer les composants.

Face à ce double constat, le *low-tech*, c'est se dire : comment j'essaie de remplir au mieux les besoins, rester dans une civilisation acceptable et soutenable, malgré l'épuisement des ressources ? *Low-tech* veut tout dire et rien dire, c'est surtout un pied de nez au *high-tech*.

**Donc, pour prendre un avatar de la société moderne, à quoi ressemblerait une voiture *low-tech* ?**

La voiture propre n'existe pas, c'est un mensonge. Quand bien même l'énergie serait propre – ce qui n'est pas le cas –, l'ensemble de ce qui sert à fabriquer la voiture et qui n'est pas recyclable a un coût. Plus la voiture va vers le *high-tech* pour polluer un peu moins, moins la voiture est recyclable, et ses composants issus du recyclage.

L'approche *low-tech*, c'est une voiture beaucoup plus simple, plus légère, avec un moteur bridé, absolument aucun équipement électronique – disons le moins possible... C'est la deux-chevaux avec un filtre à particules, si j'exagère.

L'étape d'après, c'est de se passer de la voiture, de la circonscrire à quelques usages spéciaux, et d'enfourcher un vélo.

**Où situeriez-vous votre livre dans le paysage écologiste ?**

Il y a deux types d'écologie : celle de l'offre et celle de la demande. Dans un cas, on va réclamer la fermeture des centrales nucléaires sur la base d'un grand programme d'éolien et de solaire. Quelque chose comme : « Je ne veux pas tellement renoncer à mon confort, mais je veux que ce confort soit rempli de

manière plus écologique.» D'où l'idée de croissance verte, développement durable, etc.

L'« écolo » de la demande réfléchit plutôt comme ceci : « Pourquoi installe-t-on un parc éolien offshore au large de Saint-Nazaire alors qu'on égrène le long des rues et dans les bureaux de poste des écrans plats énergivores ? Pourquoi ne pas enfiler un pull plutôt que de faire marcher à fond les chauffages et isoler ensuite les bâtiments ? »

### **Partisan de la décroissance alors ?**

Absolument. Je suis dans la dénonciation du développement durable et de la croissance verte, qui forment un mythe anesthésiant et sont fait pour ça. La réalité, c'est que ça ne fonctionne que partiellement ou pas. Voltaire disait :

**« *Le vrai me plaît, le vrai seul est durable.* »**

Je viens là de passer du côté des « écolo-liberticides » [rires]. Je préfère la décroissance choisie, intelligemment choisie, avec pourquoi pas un peu d'innovation, technique ou sociale d'ailleurs, plutôt que rester dans un scénario de *statu quo* qui mène tout droit à une décroissance subie, plus violente.

### **Vous voulez encadrer l'innovation, orienter stratégiquement la recherche, mais vous dénoncez en revanche le mythe de la « percée technologique ». La fusion par exemple ?**

J'ai du mal à m'exprimer dessus, je ne suis pas un spécialiste. Mais je ne fais que constater ce que tout le monde constate : qu'on décale les programmes de vingt ans tous les vingt ans... Mais avant même la fusion, je « tue » la génération 4 des « surgénérateurs » de type Superphénix. On souffre déjà sur la génération 3 (ce qu'on essaie de faire avec l'EPR).

Le surgénérateur, c'est la centrale géniale qui consomme des déchets nucléaires et de l'uranium 238, qui apparaîtrait dans les années 2030 ou 2040 et qui nous donnerait quelques milliers d'années d'énergie.

Sauf qu'il faut changer ces centrales, renouveler le parc. Là, on a un problème métallique. Nickel, cobalt, zirconium, hafnium... On est dans un usage dispersif de ces ressources : toutes ces ressources ne sont pas recyclables car trop irradiées, on sait qu'elles vont être perdues.

Ces mêmes ressources ont une espérance de vie à l'échelle planétaire de quelques dizaines d'années, voire quelques siècles si on repousse les frontières technologiques pour les extraire : le nucléaire n'est pas soutenable à long terme.

### **Vous attaquez également le nucléaire sur sa dangerosité...**

Le problème du nucléaire, c'est que ça ne s'arrête pas comme une usine normale. Pour démanteler, il faut de l'énergie, des gens, un « macrosystème technique » (robots, électronique, main-d'œuvre qualifiée, capacité à faire du ciment, etc.), et

être certain que l'on aura accès à tout cela dans dix ans, vingt ans, cinquante ans...  
C'est un pari. Un pari osé.

Et quand vous allez voir le film sur le site d'enfouissement Onkalo en Finlande, les responsables vous expliquent noir sur blanc qu'il faut enterrer les déchets car le monde va devenir instable...

### **Pour revenir sur les énergies renouvelables, en quoi ce n'est pas soutenable ?**

Je ne suis pas contre les énergies renouvelables en tant que telles. Je suis contre le mirage que les énergies renouvelables nous permettraient de continuer ainsi sans remettre en question nos besoins.

Pour être plus précis : je suis contre les énergies renouvelables en tant que macrosystème économique massivement déployé, avec une capacité nécessaire (une fois l'intermittence prise en compte) qui serait de l'ordre de trois ou quatre fois ce qu'il faut aujourd'hui en énergie fossile.

C'est le formidable mirage de Jeremy Rifkin, où nous serions tous producteurs, où des *smart grid* viendraient tout équilibrer et répartir le courant... Il y a un énorme mensonge sur le « tous producteurs, tous consommateurs ».

Si vous installez un panneau solaire sur votre toit, vous n'êtes pas producteur, vous n'êtes pas dans le secondaire. Vous fournissez un service immobilier en équipant votre toit, et financier en achetant les panneaux. Jamais ce macrosystème technique ne sera soutenable, et il nous emmènera d'autant plus vite dans le mur que ces *smart grids*, éoliennes et autres panneaux solaires sont très demandeurs en matériaux non-renouvelables.

On ne fabrique pas une éolienne avec l'énergie d'une éolienne. On la fabrique avec beaucoup de gaz, de pétrole, de charbon, elle est bourrée de composants électroniques qu'on ne sait pas recycler et qui, de plus, ont une durée de vie de trente ans seulement.

### **Quelle(s) solution(s) en termes d'énergie alors ?**

Il faut commencer par reconnaître que nous avons un gros problème : il faut définir une cible « post-transition », c'est-à-dire le niveau soutenable en termes d'énergie pour le nombre d'habitants vivant aujourd'hui sur la planète. Et il va falloir qu'il soit bien en deçà du niveau actuel. Ce « bien en deçà » peut faire l'objet de débat. Moi, je mise sur une consommation d'énergie autour de 20 à 25 % de notre consommation actuelle.

Ensuite, comment on produit ? Il peut y avoir de l'hydro-électrique. C'est déjà 15 % environ de la production d'électricité (pas d'énergie) en France : ça fait déjà un bout. Après, un peu de solaire thermique, de la biomasse, des éoliennes et panneaux, mais davantage *low-tech*.

Comment on procède ? Il y a trois postes dans lesquels il faut tailler :

- **nos déplacements** pour commencer. Il faut que nos déplacements deviennent plus difficiles, qu'on se déplace moins ;

- le deuxième, c'est **le bâtiment**, le chauffage. Je ne dis pas qu'on doit passer à la douche froide, mais chauffer moins, revoir notre niveau de confort, accepter qu'il fasse un peu froid l'hiver ;
- troisièmement, c'est **l'énergie contenue dans les objets** qu'on fabrique et qu'on jette, du gobelet en plastique à l'écran plat. Là aussi on doit recycler, mais on a vu les limites de ce système. Il faut donc réintroduire les consignes, l'interdiction du produit jetable, augmenter la « réparabilité » de nos appareils, etc.

**Même si votre discours n'est jamais politique ou politisé, on a du mal à ne pas y voir une charge contre le capitalisme. Prônez-vous un musellement ou une révolution du système ?**

Il y a des raisons fondamentales qui font que le capitalisme n'est pas compatible avec tout ça. La première, c'est la question du prêt à intérêt. Je pense que ce système – interdit par ailleurs par de nombreuses civilisations dans l'Histoire – oblige mathématiquement la masse monétaire à augmenter.

L'équation de Fisher pose le postulat que si la masse monétaire augmente (à cause des intérêts) avec la même quantité de biens et de services, l'inflation croît similairement. Donc faire croître le PIB pour éviter une banqueroute implique nécessairement de faire croître la quantité de biens et services, et donc la consommation d'énergie et de matières premières.

Donc oui, il y a une remise en cause du capitalisme dans ce bouquin.

**Vous proposez un principe d'exemplarité, l'idée que des prises de positions fortes et unilatérales peuvent faire bouger les choses à une échelle plus grande.**

Oui, je pourrais prendre l'exemple de la Révolution française. On n'a pas attendu que les royaumes d'Europe s'assoient autour d'une table pour discuter des revendications du peuple et prendre une décision. Mais je préfère l'exemple de l'abolition de l'esclavage.

L'abolition de l'esclavage a démarré sur des principes moraux, mais pour une nation comme l'Angleterre, cela avait des conséquences économiques profondes. C'était certes une grande puissance, mais il n'empêche qu'à force d'exemplarité et de lobbying, on n'a pas eu à attendre une grande conférence mondiale pour décider du sort des esclaves...

Entre initiatives locales et conférences internationales, il y a certainement un créneau à trouver. Où est-il ? Le Jacobin dira que c'est l'État nation. Peut-être que c'est le regroupement de quelques pays liés par une « communauté de destin ». Sur les questions écologiques, je me sens finalement plus proche de la Belgique, de l'Italie ou de l'Allemagne que de la Russie, de l'Espagne ou de la Pologne.

Il y a aussi une remise en question de la construction européenne dans mon livre. Je pense que l'échelle pour la prise de décision ne peut être européenne. On est trop gros, il y a trop de monde.

Au niveau national, il y a plein d'initiatives dans l'agriculture, dans l'urbanisme et que sais-je encore qui peuvent démarrer sans qu'on se fasse casser les reins par la finance internationale.

**Dans le mythe de Prométhée, la société humaine, à qui l'on venait d'offrir les arts techniques, est finalement sauvée de l'autodestruction par Hermès envoyé par Zeus pour transmettre à l'homme le sens de l'honneur et la morale. Ça vous parle ?**

Mes premiers relecteurs m'ont parfois reproché de décrire un projet sans décrire comment y aller. Une sorte de « y a qu'à, faut qu'on » très moral. En fait, je l'ai pris non pas comme un reproche mais presque comme un compliment. Je ne veux pas décrire comment y aller « exactement ». Les temps ne sont pas venus pour ça, et je ne veux pas m'enfermer dans les détails techniques.

Ce que j'ai voulu faire ici, c'est donner à voir les orientations. Les solutions, on les a finalement, on voit où aller, comment y aller grosso modo. Donc oui, la morale est vitale et il y a en a un peu dans mon livre. C'est devenu un gros mot aujourd'hui.

**Où êtes-vous dans les trois attitudes que vous énumérez face à la perspective d'effondrement civilisationnel : attentisme, fatalisme ou survivalisme ?**

En tout cas, je ne suis pas pour le catastrophisme. On l'annonce depuis des décennies cette catastrophe, et elle n'est pas arrivée. Je pense qu'on va s'adapter aux forceps. Ce sera tous les ans plus durs, tous les ans plus moche, plus pollué, le discours sera de plus en plus éloigné de la réalité.

Le livre de Bertrand Méheust, *La Politique de l'oxymore*, explique remarquablement comment plus les choses empirent, plus le discours se déconnecte de la réalité, comment les sociétés allaient aller jusqu'à leur saturation, devenant de plus en plus délirantes et orwelliennes. Plus ce sera pollué, plus on vous expliquera que les technologies vertes, c'est génial. Ça a déjà démarré. Il va falloir apprendre à partager, à s'appauvrir.

**Ce ne sera donc pas tant un « écocide » brutal que du sang et des larmes ?**

Exactement. Du sang et des larmes, mais sans l'espoir. C'est ce que je pense. Et le temps venu, on entendra un discours prônant la sobriété et comme c'est bien de se serrer la ceinture puisqu'il n'y aura de toute façon plus le choix. Je suis plus gradualiste que catastrophiste, si je puis dire. Mais cela ne sert à rien de rester tétanisé. Tout ça va prendre beaucoup de temps. On va vivre, avancer ».



## *Annexe 2*

### *L'économie circulaire*

(Source : Ademe / expertise / Economie circulaire – 2019)

« L'économie circulaire vise à changer de paradigme par rapport à l'économie dite linéaire, en limitant le gaspillage des ressources et l'impact environnemental, et en augmentant l'efficacité à tous les stades de l'économie des produits.

Succédant à la révolution industrielle, le XX<sup>e</sup> siècle a vu se développer une société de consommation qui a augmenté de façon très importante son prélèvement sur les ressources naturelles en le multipliant par un facteur 10. Les travaux du programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et d'autres organisations montrent que par la conjonction du développement démographique, de la croissance de la consommation dans les pays développés et de l'aspiration des pays émergents à un modèle de consommation similaire, le niveau de consommation des ressources naturelles sera inacceptable avant la moitié de ce siècle.

L'économie circulaire cible la gestion sobre et efficace des ressources. L'avenir va donc conduire à une mutation profonde des organisations (tant locales que mondiales) et des modes de vie.

- L'approvisionnement durable (extraction/exploitation et achats durables) concerne le mode d'exploitation/extraction des ressources visant une exploitation efficace des ressources en limitant les rebuts d'exploitation et l'impact sur l'environnement notamment dans l'exploitation des matières énergétiques et minérales (mines et carrières) ou dans l'exploitation agricole et forestière tant pour les matières/énergie renouvelables que non renouvelables ». Ce pilier recouvre les éléments relatifs aux achats privés et publics (des entreprises et des collectivités).
- L'éco-conception vise, dès la conception d'un procédé, d'un bien ou d'un service, à prendre en compte l'ensemble du cycle de vie en minimisant les impacts environnementaux. C'est un atout pour la stratégie produit d'une entreprise. Pour les entreprises, il devient crucial d'investir le champ de l'éco-conception.
- L'écologie industrielle et territoriale, dénommée aussi symbiose industrielle, constitue un mode d'organisation interentreprises par des échanges de flux ou une mutualisation de besoins. Pilier de l'économie circulaire, l'écologie industrielle et territoriale vise à optimiser les ressources sur un territoire, qu'il s'agisse d'énergies, d'eau, de matières, de

déchets mais aussi d'équipements et d'expertises, *via* une approche systémique qui s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels.

- L'économie de la fonctionnalité privilégie l'usage à la possession et tend à vendre des services liés aux produits plutôt que les produits eux-mêmes.
- La consommation responsable doit conduire l'acheteur, qu'il soit acteur économique (privé ou public) ou citoyen consommateur, à effectuer son choix en prenant en compte les impacts environnementaux à chaque étape du cycle de vie du produit (biens ou service).
- L'allongement de la durée d'usage par le consommateur conduit au recours à la réparation, à la vente ou don d'occasion, ou à l'achat d'occasion dans le cadre du réemploi ou de la réutilisation ;
- Le recyclage vise à utiliser les matières premières issues de déchets.

Pour plus de détail, se reporter au manuel technique de l'ADEME sous la direction d'Alain Geldron et qui est disponible en ligne « Économie circulaire », Ademe, 2014.

## *Annexe 3*

### ***Pourquoi les plateformes multi faces triomphent-elles sur le marché ?***

(Source : S. Tran, 7 mai 2019, Harvard Business Review).

**Le succès de nombreuses entreprises telles qu' AirBnb et Uber peut s'expliquer par leur modèle de plateforme multi faces.**

« Netflix, Airbnb, Uber, Alibaba et Amazon. Ces entreprises font désormais partie des acteurs les plus innovants dans leur domaine, d'après le classement du BCG 2018. Pour beaucoup, ces *pure Player* n'existaient pas au début des années 2000. Pour autant, ils ont su s'imposer en s'appuyant souvent sur un modèle dit « de plateforme », qui permet de réduire les coûts de transaction et d'optimiser les sources de revenus. Un modèle considéré par de nombreuses entreprises comme le modèle organisationnel d'excellence, à tel point que l'on parle de « capitalisme de plateforme » comme en témoigne le livre du philosophe britannique Nick Srnicek *Capitalisme de plateforme, l'hégémonie de l'économie numérique* (Lux, 2018).

---

Chaire virtuelle

**Engagement client : quels enjeux stratégiques pour l'entreprise**

SPONSOR CONTENT - SALESFORCE

Le modèle économique des plateformes repose sur une digitalisation de la mise en relation entre des acheteurs et des vendeurs ou des producteurs d'information et des usagers/clients souhaitant en savoir plus sur un service ou un produit (réservé un hôtel, visiter un monument, commander un taxi, etc.). Les premières plateformes se caractérisaient par un modèle classique « biface » de mise en relation entre des acheteurs et des vendeurs, mais depuis quelques années, elles ont enrichi leur proposition de valeur et sont devenues pour certaines « multi faces » (« *multisided platforms* », en anglais).

#### **Des écosystèmes sources de valeur**

On peut définir une face comme étant un groupe de clients ou d'utilisateurs homogènes avec des besoins, des comportements et une propension à payer similaire. Ce modèle prend tout son sens depuis plusieurs années car il repose sur le développement d'écosystèmes, à savoir que la production d'un service peut être lié par exemple à plusieurs sources de collectes d'informations qui vont permettre d'en accroître la valeur. Par exemple, sur Tripadvisor, on peut trouver le descriptif d'une prestation, des avis et des commentaires de clients, des photos prises par les utilisateurs, etc. Cela va augmenter la valeur perçue des données de la plateforme par les internautes qui vont estimer que les informations sont crédibles et légitimes.

Sur les plateformes multi faces, plusieurs catégories d'utilisateurs interagissent entre eux. La plateforme agit comme un intermédiaire qui va générer des externalités de réseaux indirectes, c'est-à-dire que la valeur de l'offre ou du produit va augmenter avec le nombre d'utilisateurs. Par exemple, lorsqu'un client se connecte sur Amazon, il va pouvoir choisir parmi les produits référencés dans le catalogue et disponibles dans ses entrepôts, mais aussi parmi des produits proposés par d'autres fournisseurs. Il va donc avoir accès à une offre beaucoup plus large, ce qui va renforcer son intérêt pour la plateforme. Cela est possible car Amazon référence d'autres acteurs qui proposent des produits non disponibles en stock ou complémentaires des siens en contrepartie d'une commission sur les ventes. Plus il y a de clients qui utilisent la plateforme d'Amazon, plus cela incite les fournisseurs à y proposer leurs produits. Mais le cercle est tout aussi vertueux pour le géant du e-commerce, car plus il y a de produits référencés au sein d'une même plateforme, plus cela incite les internautes à visiter cette dernière.

### **Des prix ajustés en temps réel**

Dans l'ouvrage « En attendant les robots » (Seuil, 2019), le sociologue Antonio A. Casilli définit les plateformes multi faces comme des « mécanismes multi faces de coordination algorithmique qui mettraient en relation diverses catégories d'utilisateurs produisant de la valeur ». Ces plateformes ont envahi notre quotidien (Uber, Airbnb, Amazon, etc.) et véhiculent l'idée d'une nouvelle logique transactionnelle reposant sur des prix ajustés en temps réel entre l'offre et la demande, la réduction des coûts de transaction et l'analyse d'un très important volume de data souvent issue des données personnelles des utilisateurs.

Ainsi, ce modèle de plateforme multi face est un business model très efficient puisqu'il permet de diversifier les sources de revenus, voire de mettre en œuvre des effets de synergies entre elles :

- la mise en relation d'acheteurs et de vendeurs qui est monétisée avec, le plus souvent, un prélèvement de commissions sur l'un des versants de la plateforme ;
- la collecte à grande échelle de données et leur revente à d'autres acteurs ;
- la mise à contribution des usagers qui vont par eux-mêmes et gratuitement alimenter la plateforme, contribuant ainsi à créer de la valeur autour de la data récoltée (enrichissement des données textuelles par des photos ou des vidéos, notation de produits et de services, rédaction de commentaires, etc.)
- la récolte de données sur les usages à partir des dispositifs d'intelligence artificielle sans que les clients en aient forcément conscience afin de pouvoir proposer de nouveaux services monétisés à moyen terme (Alexa, l'enceinte connectée d'Amazon capte, par exemple, de très nombreuses données qui peuvent être utilisées par l'entreprise ou par ses partenaires pour proposer des produits et des services additionnels).

### **Une logique de « datafication »**

Contrairement à une forme de fantasme véhiculé par les médias autour des progrès

technologiques de la robotisation et de l'IA, ces plateformes multi faces reposent sur une logique de « datafication », mettant souvent à contribution de la main d'œuvre humaine. Les individus sont soit rémunérés, comme dans le cas emblématique de la plateforme Mechanical Turk d'Amazon, soit non rémunérés, dans une logique de progrès, comme avec le système ReCAPTCHA de Google.

Finalement, les plateformes multi faces recourent à une forme d'externalisation des tâches dans une logique de fragmentation à l'extrême, faisant que de fait chaque utilisateur devient contributeur de valeur sans même qu'il en ait forcément conscience. La valeur conférée à la data provient du nombre d'utilisateurs qui vont participer à la qualification de celle-ci (commentaires, rating, photos, vidéos, etc.), mais également du fait qu'elle est quasiment mise à jour en temps réel grâce à une connexion permanente des utilisateurs à la plateforme. L'essor des smartphones et l'accès à Internet, quelle que soit la localisation, permettent cette actualisation en temps réel des données, mais participent aussi à une forme de conditionnement des utilisateurs, désormais habitués et encouragés par des dispositifs de reconnaissance sociale ou de « gamification » à alimenter en permanence les plateformes multi faces.

### **Un risque de communication négative**

En effet, Tripadvisor serait-il l'intermédiaire le plus utilisé dans le domaine du tourisme sans les commentaires et les notations de ses 600 millions utilisateurs ? Sa valeur ne provient pas uniquement des avis déposés ou des systèmes de rating avec une note globale des prestations. Puisque les utilisateurs cherchent des avis « d'autres utilisateurs qui leur ressemblent », une grande partie de sa valeur provient du fait qu'il est possible de segmenter le rating par catégorie d'utilisateurs (famille, couple, voyage solo, etc.). Le travail réalisé par les utilisateurs de la plateforme permet de caractériser les attributs de l'offre (services, propreté, qualité de la prestation, accessibilité, etc.) de manière extrêmement précise et à un coût très faible. Néanmoins, il peut y avoir des effets négatifs lorsque la valeur de la data provient en grande partie des utilisateurs. Par exemple, les consommateurs insatisfaits, qui génèrent un bouche-à-oreille négatif ont tendance à communiquer davantage autour d'eux que ceux qui sont satisfaits. Or, les consommateurs qui reçoivent ce type d'information ont tendance à lui accorder plus de crédit que s'il s'agissait d'une information positive.

Il est fort à parier que ce modèle de plateforme multi face perdurera avec la masse croissante de data qui est générée mais qu'il pourrait aussi être à l'origine de nouvelles innovations avec des technologies telles que le *Deep learning* à la condition, par exemple, que les utilisateurs soient prêts à accepter d'aller encore plus loin dans l'exploitation de leurs données personnelles par des tiers. Les enjeux en termes de régulation juridique du fonctionnement de ces plateformes sont devenus d'autant plus complexes que leur territorialité est souvent très étendue et que les usages évoluent plus vite que le droit ».

## *Annexe 4*

### *L'arnaque des cimentiers pour polluer tout en spéculant sur le climat*

Source : Reporterre, le quotidien de l'écologie / 27 avril 2016, Baptiste Giraud (Reporterre)

Les stations de transformation du ciment se multiplient sur la façade Atlantique pendant que des cimenteries centenaires ferment ailleurs en France. La raison ? Les financiers optimisent la production selon les quotas de CO<sup>2</sup> alloués par l'Union européenne. Une « arnaque légale » pour une industrie parmi les plus polluantes du monde.

#### ► *Bordeaux, correspondance*

La Rochelle, l'île de Ré... le coin sent bon les vacances, le sable chaud et l'air iodé. Sauf qu'au milieu de cette aire touristique, coincé entre le quartier populaire de La Pallice, la mer et la route menant à l'île de Ré, se trouve un port de commerce, le « *grand port maritime de La Rochelle* ». Ou, selon les opposants à son développement, un « *complexe industrialo-portuaire* ». Parmi leurs motifs de protestation, le projet d'implantation d'une cimenterie : quatre tours de 60 m de haut, au bord de l'eau.

« *Faire ça ici, dans un lieu protégé de nautisme et de tourisme, c'est une contradiction intolérable !* » Pour Frédéric Jacq, président de l'association d'opposants MAT Ré, la cimenterie Eqiom, filiale de la société irlandaise CRH, serait responsable de quatre pollutions : visuelle, tant les tours, dont deux sont déjà construites, se voient depuis les premières plages de l'île ; atmosphérique, à cause des fumées et poussières ; marine, lorsque ces poussières retombent dans la mer ; et enfin sonore, à cause des vibrations, « *comme si on concassait 300 voitures par jour* ». Le tout dans une zone classée Natura 2000, appartenant depuis 2015 au Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.

#### « **Lafarge Holcim masque une stratégie nationale et internationale** »

En réalité, il ne s'agit pas vraiment d'une cimenterie, mais d'un « *centre de broyage* ». Seule la troisième et dernière étape de production du ciment y sont réalisées, le broyage du *clinker* [1].

Cette division de la production du ciment est nouvelle en France. Lancée à la fin des années 2000 par de petites entreprises, la pratique s'est depuis répandue : à La Rochelle, le projet de broyeur a été lancé en 2010 par le numéro un mondial du ciment, la société Holcim. Et même si, au moment de sa fusion avec Lafarge (le numéro deux mondial) – ou plutôt de sa prise de contrôle de l'entreprise française

– Holcim a dû revendre ses actifs en France pour respecter les lois anti monopoles de l'Union européenne, le nouveau mastodonte Lafarge Holcim poursuit cette logique. Début février, il a annoncé la fermeture de deux cimenteries historiques de Lafarge : Saint-Vigor-d'Ymonville, près du Havre (Seine-Maritime), et La Couronne, près d'Angoulême (Charente). Seule l'activité de broyage est conservée, ce à quoi la loi oblige pendant 18 mois. En Seine-Maritime, 113 emplois sont supprimés sur 144, en Charente, 89 sur 116. Dans le même temps, outre La Rochelle, deux broyeurs sont en projet sur le port du Havre, dont l'un a été racheté par un cimentier marocain.

### **Deux des quatre tours du centre de broyage de La Rochelle sont déjà construites.**

Interrogé par *Reporterre* sur cette annonce, Jean-François Dauré, maire PS de La Couronne, se dit dans « *l'incompréhension totale* » : « *On a un outil dont la valeur industrielle est indéniable, avec le troisième meilleur prix de revient de Lafarge Holcim en France.* » Les arguments du cimentier (baisse du marché, concurrence des nouveaux matériaux, coûts de transport), l'élu n'y croit pas : « *Ils masquent une stratégie nationale et internationale. Comment comprendre que Lafarge Holcim préfère fermer l'outil de production et importer du clinker ? Quel est le raisonnement économique ?* »

### **Une âpre stratégie d'optimisation de la production au niveau européen**

Pour mieux comprendre ce qui se trame, il faut revenir sur le procédé de fabrication du ciment : la cuisson pour obtenir le *clinker*, qui s'effectue à une température de 1.450 °C, nécessite une flamme avoisinant les 2.000 °C. Il se produit alors une réaction chimique, la décarbonatation, qui consiste en une libération de dioxyde de carbone. Bilan : 5 à 6 % des émissions mondiales de CO<sup>2</sup> sont dues au ciment [2]. En France, selon des chiffres de 2011, compilés par *Mediapart*, trois cimentiers font partie des dix plus gros pollueurs : Lafarge, avec 4,1 % des émissions de CO<sup>2</sup> françaises, Italcementi, 3,7 % et Vicat, 2 %. Soit un peu moins de 10 % des émissions de CO<sup>2</sup>. Notre industrie du ciment est la deuxième la plus polluante en France (avec 890 kilos de CO<sup>2</sup> par tonne de *clinker* produite) après l'acier (1.320 kilos pour une tonne d'acier) [3].

Alors que ce secteur est longtemps resté très lucratif, avec des taux de profit avoisinant les 30 %, la réglementation environnementale européenne sur les émissions de gaz à effet de serre menace aujourd'hui cette rentabilité. Car, selon le délégué central CGT Lafarge, Sylvain Moreno, « *l'objectif du groupe est de libérer dix milliards d'euros de cash-flow sur trois ans* ».

D'où une âpre stratégie d'optimisation de la production au niveau européen, saturant certaines usines et en fermant d'autres. Mais il s'agit aussi, selon les syndicalistes de la CGT, d'une optimisation de la production en fonction des quotas de CO<sup>2</sup> alloués. Déjà en 2008, alors que la production de ciment (et donc les émissions de CO<sup>2</sup> avait baissé en raison de la crise économique, les industriels avaient empêché plusieurs centaines de millions d'euros en revendant leurs droits

à polluer. Selon Sylvain Moreno, Lafarge Europe aurait gagné 485 millions d'euros entre 2010 et 2014 par ce seul moyen.

### « La qualité du ciment français et la maîtrise de l'outil du début à la fin »

Seconde stratégie, importer du *clinker* depuis l'extérieur de l'UE afin d'échapper aux contraintes du marché européen du CO<sup>2</sup>. Le *dumping* social s'ajoute alors au *dumping* environnemental. Pour l'instant, Lafarge Holcim (que nous n'avons pas réussi à joindre) assure aux syndicats que le *clinker* broyé en France proviendra d'abord d'autres cimenteries françaises, puis d'Espagne et de Grèce. Mais le Maroc, l'Algérie, l'Égypte et la Turquie approvisionnent déjà d'autres stations de broyage. Et les syndicats craignent que la recherche de rentabilité du groupe ne conduise à importer de l'extérieur de l'UE.

*« Auparavant, c'était des cimentiers qui géraient cette activité. Aujourd'hui, ce sont des financiers. Ils visent le profit à court terme, sacrifient les outils de production et font de l'importation »,* résume Jean-Paul Lecoq, maire PCF de Gonfreville-L'Orcher, commune voisine de la cimenterie de Saint-Vigor. *« C'est ce qui se passe dans toute l'industrie, la sidérurgie, l'automobile... »*



Cimenterie (Afrique)

### L'entrée de la cimenterie de Djebel Jelloud Karrouba, au sud de Tunis.

Pourtant, lorsque les premiers projets de broyeurs de ciment ont été connus, à la fin des années 2000, les cimentiers français et leur syndicat, le Sfic (syndicat français de l'industrie cimentière), défendaient bec et ongles leurs cimenteries.

*« Lafarge faisait la peau à l'importation du clinker avec un argumentaire très puissant, vantant la qualité du ciment français et la maîtrise de l'outil du début à la fin, se souvient Jean-Paul Lecoq, qui était alors député. Aujourd'hui, j'utilise 100 % de leur argumentaire, mais contre eux. »*

Parmi ces arguments, l'idée que permettre l'importation de *clinker* reviendrait à donner des droits à polluer à l'étranger, bafouerait l'éthique en raison des conditions de travail à l'étranger, et détruirait une forme d'économie circulaire



industrielle. Oui, de l'économie circulaire, et même de la valorisation de déchets. Un point étonnant sur lequel industriels et écologistes se rejoignent.

### **Éliminer des déchets encombrants à peu de frais**

Premièrement, les cimenteries utilisent des déchets comme combustibles de substitution pour chauffer leurs fours (huiles, pneus, farines animales, etc.). Deuxièmement, elles incorporent au *clinker* d'autres déchets qui entrent dans la composition du ciment (laitiers de hauts-fourneaux, gypse artificiel, cendres, etc.) sans en dégrader la qualité.

Les cimenteries permettent ainsi d'éliminer des déchets encombrants à peu de frais. « *Ici, la cimenterie fonctionne avec 60 % de combustibles de substitution, explique Annie Leroy, de l'association Écologie pour Le Havre. Cela représente tout un tas de cochonneries qui sont brûlées, c'est vraiment important.* » Or les broyeurs, même s'ils pourront incorporer quelques-uns de ces déchets au *clinker*, briseront ce partenariat. « *Les conséquences de la fermeture de la cimenterie sur l'économie locale des déchets, personne ne sait ce que ça va coûter* », dit Jean-Paul Lecoq.

Et les nuisances dues à la proximité des cimenteries ? « *La cimenterie est bien vue car elle chauffe tellement fort que ce qui en sort est relativement propre, alors qu'un incinérateur produit des dioxines* », ajoute Annie Leroy. Et puis, les installations sont surveillées, rappelle Jean-Paul Lecoq : « *Dans notre zone industrielle, il y a des usines, une raffinerie, plusieurs périmètres de danger... Question pollutions et risques, on s'y connaît et on ne lâche pas les industriels. Donc, ils ont beaucoup progressé et investi. Je ne dis pas qu'il y a zéro pollution, mais ils respectent les normes.* » L'importation de *clinker*, elle, exonère complètement des responsabilités sociales et environnementales.

Si les cimentiers croyaient se donner une image plus verte en éloignant leur pollution tout en gardant une activité de broyage en France, c'est raté. Ils mécontentent autant par la fermeture d'usines que par l'ouverture de broyeurs.

### **À LA ROCHELLE, LE COMBAT DES DÉFENSEURS DE LA NATURE CONTRE LES CIMENTIERES**

À La Rochelle (Charente-Maritime), la station de broyage d'Eqiom, filiale de la société irlandaise CRH (Cement Roadstone Holdings), devrait compter quatre tours et produire 1,3 million de tonnes de ciment par an. Si elle est terminée et entre en fonctionnement. Car la justice administrative a annulé, en mai 2015, l'autorisation d'exploiter pour vice de forme, tout en différant l'annulation d'un an (au 30 juin 2016). Les propriétaires de l'unité ont fait appel.

Pendant ce temps, une nouvelle procédure a été lancée, et une seconde enquête publique a lieu durant tout le mois de mars 2016. Néanmoins, les opposants ne sont guère optimistes quant à leurs chances de contrecarrer le projet.

### **Le centre de broyage d'Eqiom de La Rochelle.**

La première enquête publique avait été marquée par une nette absence de débat et de publicité. Très peu d'avis émanant de la population avaient été recueillis, et même la mairie de Rivedoux n'avait pas fait connaître le sien au commissaire enquêteur. Étant donné le flou qui entoure le comportement de cette municipalité au moment de l'enquête publique, une plainte contre X pour faux en écriture publique a été déposée, dans laquelle l'association environnementale MAT Ré s'est constituée partie civile.

Du côté environnemental, la création récente du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis ne devrait rien changer aux discussions. Pourtant, selon certains observateurs sur l'île de Ré, les courants situés dans l'isthme entre l'île et le continent auraient été modifiés par les remblais du port cherchant à gagner du terrain sur la mer. De plus, selon un biologiste marin résidant sur l'île, Pierre Le Gall, l'activité portuaire pollue les fonds marins et entraîne leur stérilité.

- [1] Le ciment se fabrique en trois étapes : l'extraction et la préparation du cru (calcaire et argile) ; la cuisson du mélange obtenu à haute température, dont le résultat est appelé « clinker » ; le broyage très fin du « clinker ».
- [2] Selon les chiffres du Centre d'analyse des informations sur le dioxyde de carbone.
- [3] Selon les chiffres de 2011 du ministère de l'Environnement.

\* \* \*

## *Lexique*

**ACV** : acronyme de l'Analyse du Cycle de Vie d'un bien ou d'un service. Sur le plan de la soutenabilité, l'ACV a pour objectif de vérifier si les données environnementales ont été bien prises en compte lors des phases de conception, de production, de distribution et d'exploitation du bien ou du service. Cela nécessite alors de se plonger dans l'inventaire de l'ensemble des flux composant ces biens, de ses émissions et de l'analyse de ses coûts totaux. Lors d'une ACV, le recours à des experts matériaux est souvent nécessaire durant les phases de conception. En matière d'émissions de gaz à effet de serre (GES), les phases d'extraction, d'exploitation et de vie post-mortem sont-elles au final bien comptabilisées ? La finalité d'une ACV en démarche d'éco-conception doit viser un objectif de plus faibles émissions possibles de GES.

**Aléa moral et sélection adverse** : il s'agit là de problèmes d'asymétrie d'information entre individus. Une asymétrie d'information signifie qu'un individu détient une information que l'autre n'a pas. On a coutume de distinguer deux situations : la première, *ex ante*, avant signature d'un contrat avec une partie. On parle alors d'un problème de sélection adverse. Par exemple, quel est le fournisseur X ou Y qu'il serait le plus pertinent de retenir dans l'accomplissement d'une transaction définie. Et une seconde, *ex post*, un problème dit d'« aléa moral » qui provient, une fois signé le contrat, d'un bon ou non déroulement de la transaction. Le fournisseur sera-t-il opportuniste ou pas durant la relation qui a été contractualisée ? De multiples applications de ces concepts sont visibles, que ce soit dans le monde industriel, de la finance, de la vie quotidienne, etc.

Dans le cadre d'un enseignement sur la gestion des risques, nous pourrions analyser cette question plus en détail et les moyens disponibles pour tenter de prévenir ou de résoudre ces problèmes d'asymétrie d'informations.

**Analyse de la valeur (AV)** : c'est une méthode de compétitivité organisée et créative visant à la satisfaction complète du besoin de l'utilisateur d'un produit, procédé ou service, par une démarche spécifique de conception ou de re-conception à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire.

**Circularité industrielle** : Selon Wikipédia (2022), « L'**industrie circulaire** est une expression qui désigne un modèle économique basé sur la durabilité des ressources, l'extension de la durée de vie et la régénération des produits et des matériaux. Ainsi, l'industrie circulaire est beaucoup plus complète que le simple recyclage. L'économie circulaire vise un découplage entre la création de valeur sociétale de son impact sur l'environnement, à travers une gestion optimisée des ressources<sup>1</sup>. Ce modèle implique la mise en place de nouveaux modes de conception, de production et de consommation plus sobres et efficaces (éco-

conception, écologie industrielle et territoriale, économie de fonctionnalité, etc.) et à considérer les déchets comme des ressources.

L'industrie circulaire représente ainsi une évolution significative en comparaison de l'industrie linéaire, qui consiste à extraire des matières premières, produire, consommer et jeter des produits.

**Conception à coût objectif (CCO)** : il s'agit d'une méthode de gestion de projet basée sur un coût objectif plafond déterminé et un cahier des charges fonctionnel (CdCF) ouvert et négociable. La méthode permet d'atteindre la compétitivité industrielle et la maîtrise de la valeur. En anglais, on utilise le terme de « *redesign to cost* »

**Compétitivité prix** : c'est une comparaison entre les prix pratiqués par des entreprises ou des pays pour des biens proches. Le coût salarial, la productivité et le taux de change sont les principaux facteurs la déterminant.

**Compétitivité structurelle (ou hors prix)** : c'est une comparaison des performances indépendamment du prix des biens et services. Les délais, la qualité, l'effet de marque, l'adaptation à la demande ou le service après-vente sont les sources de la compétitivité structurelle.

**Corporate Governance (ou gouvernement d'entreprise)** désigne le système formé par l'ensemble des processus, réglementations, lois et institutions destiné à cadrer la manière dont l'entreprise est dirigée, administrée et contrôlée. En fonction des objectifs qui gouvernent l'entreprise, ce système est appelé à réguler les relations entre les nombreux acteurs impliqués ou parties prenantes (en anglais : *stakeholders*). Les acteurs principaux sont les actionnaires qui élisent soit le Conseil d'administration, lequel mandate la Direction, soit le Conseil de surveillance, lequel nomme les membres du directoire, selon des modalités variables, propres au régime juridique de la société concernée. Les autres parties prenantes incluent les employés, les fournisseurs, les clients, les banques ou autres prêteurs, le voisinage, l'environnement et les tiers - au sens le plus large - pouvant entrer en relation avec l'entreprise à raison de ses activités, comportements ou réalisations.

**Coûts de transaction** : ce sont les coûts liés aux échanges, en particulier à la recherche de partenaires, à l'établissement des contrats et à la surveillance de leur exécution, aux incidents de paiement, aux commissions plus ou moins légales à verser à des intermédiaires. Ces coûts dépendent de l'efficacité du système juridique et de la plus ou moins grande confiance qui règne entre les participants à l'échange.

**Éco-conception** : selon l'ADEME, « l'éco-conception est une démarche préventive et innovante qui permet de réduire les impacts négatifs du produit, service ou bâtiment sur l'environnement sur l'ensemble de son cycle de vie (ACV), tout en conservant ses qualités d'usage. »

**Économie circulaire** : nous retenons la définition de l'ADEME : « L'économie circulaire se définit comme un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien être ».

**Entreprise 4.0** : il s'agit d'entreprises davantage connectées et collaboratives. Elles sont en connexion partagée et forte avec la demande, offre une solution globale et parfois décentralisée par une plateformes accrues des activités. *L'ubérisation* serait ainsi une « disruption stratégique » pour reprendre les déclinaisons lexicales en vogue. Il serait sans doute plus juste de parler d'une valorisation des innovations existantes, ces dernières conduisant à une désintégration des silos industriels classiques. Des entreprises 4.0 sont à spectre large d'activités et sur la base d'une numérisation des activités, tant côté processus que produit. Pensons par exemple à Tesla, Google, Apple, Dyson... ces nouveaux « *Players* » que personne n'avait vu arriver et qui prennent place dans le marché de l'automobile, un secteur pourtant très protégé par de fortes barrières à l'entrée.

**Externalisation** : abandon de fonctions de l'entreprise, désormais confiées à la sous-traitance. A l'extrême, l'externalisation aboutit au modèle de l'entreprise sans usines.

**Externalité** : effet d'une activité économique non pris en compte par le marché. Une externalité peut être positive (une personne qui se fait vacciner ne reçoit pas de paiement de la part de ses voisins, dont elle réduit pourtant les risques de maladie) ou négative (l'entreprise ne paie pas les coûts des maladies professionnelles ou de la dégradation de l'environnement liées à son activité).

**Valeur** : les économistes ont longtemps cherché un fondement objectif à la valeur des choses, tel que le travail nécessaire à une production ou encore *l'utilité*. Depuis Alfred Marshall, l'idée dominante est que la valeur dépend des « deux lames des ciseaux » : d'un côté, la demande reflète la satisfaction qu'un bien procure au consommateur ; de l'autre, l'offre révèle les préférences du producteur (notamment ses coûts de production).

**Valeur ajoutée** : c'est la différence entre la production vendue et les achats de biens et services consommés lors de la production (les consommations intermédiaires). La valeur ajoutée est approximativement égale au PIB au niveau national. Elle est donc à la fois somme des productions, des dépenses et des revenus.

**Valeur d'un produit** : il s'agit du jugement porté sur le produit sur la base des attentes et des motivations de l'utilisateur exprimé en une grandeur qui croît lorsque, toutes causes égales par ailleurs, la satisfaction du besoin de l'utilisateur augmente et / ou que la dépense afférente au produit diminue (NFX 50-150).

\* \* \*

## ***Manuels de cours « Innovation » (3 Vol.)***

### Sommaire

#### **Environnement industriel, soutenabilité et stratégie (vol. 1)**

Introduction

Chapitre 1- Aux sources de l'innovation.

Chapitre 2 - Inscrire l'innovation en soutenabilité.

Chapitre 3 - L'industrie 4.0 est-elle pensée de manière durable ?

Conclusion

- Acquis d'apprentissage

- Annexes

- Lexique

- Bibliographie

#### **Méthodes et pilotage de l'innovation (vol. 2)**

Introduction

Chapitre 1 - Méthode et pilotage de l'innovation.

Chapitre 2 - Éco-conception et innovation : rentrons chez Décathlon.

Chapitre 3 - L'innovation est aussi sociale.

Chapitre 4 - Comment protéger une invention ou une innovation ?

Conclusion

-Acquis d'apprentissage

-Annexes

-Lexique

-Bibliographie

#### **Analyse de la valeur : application aux activités de conception (vol. 3)**

Introduction

Chapitre 1- Analyse de la valeur en ACV : définition et contexte de l'analyse

Chapitre 2 - Un peu de méthode : les sept étapes de l'analyse de la valeur

Chapitre 3 – Application(s) : dessine-moi une tondeuse à gazon !

Conclusion

-Acquis d'apprentissage

-Annexes

-Lexique

-Bibliographie

\* \* \*

## ***Éléments bibliographiques***

- Annales de l'École de Paris (publication annuelle)  
Annales des Mines de Paris (revues *Gérer et comprendre*, *Réalité industrielle*, *Environnement*)  
Aurez, V., « *Économie circulaire : système économique et finitude des ressources, Ouvertures économiques* ». De Boeck, Louvain-La-Neuve, 2016.  
Attali, J., « *Peut-on prévoir l'avenir* », Fayard 2015.  
Baye, M.R., « *Managerial Economics and Business strategy* », Mc Graw Hill Ed., 2010.  
Ben Mahmoud-Jouni, S. Charue F., Midler, C., « *Management de l'innovation et globalisation* », Dunod, 2015.  
Bihouix, P. ; « *L'âge des Low-Tech* », Ed Seuil, 2014.  
Binctin, N., *Stratégie d'entreprise et propriété intellectuelle* », LGDJ Ed., 2015.  
Boissin, O., « *Innovation (vol 2) : Analyse de la valeur : application aux activités de prototypes* », manuel de cours Grenoble-INP 2022.  
Boissin, O., « *Économie et organisation industrielle* », manuel de cours, Grenoble-INP, 2022.  
Brasseul, J. « *Histoire des faits économiques et sociaux* », (3 vol.), Armand Colin, 2004.  
Braudel, F., "*Civilisation matérielle, Économie et Capitalisme*", 3 tomes, Armand Colin, 1979.  
Breese, P., « *La propriété intellectuelle au service de l'innovation* » Nathan Ed., 2011.  
Carlton, J., Perloff, D., "*Économie industrielle et de l'innovation*", De Boeck, 2014.  
Cavallucci, D. « *G. Altschuller : Théoriser l'acte inventif pour mieux l'enseigner* », EMS Ed., 2016.  
Chesbrough H. « *The era of Open Innovation* », page 35-41, in « *Top 10 Lessons on the New Business of Innovation* », *Sloan Management Review*, 2011.  
Church, J., Ware, R., "*Industrial Organization*", Mac Graw Hill, 2000.  
De la Bretesche, B., (sous la dir.), « *La méthode APTE* », Petrelle Ed., 2000.  
Encyclopédie de l'énergie, <https://www.encyclopedie-energie.org>  
Encyclopédie de l'environnement, <https://www.encyclopedie-environnement.org/>  
Fontecave, M. « *Halte au catastrophisme !* », Flammarion, 2020.  
Gallois, L, « *Rapport sur la compétitivité* », 2013 ([www.rapport-louis-gallois-sur-la-compétitivité](http://www.rapport-louis-gallois-sur-la-compétitivité))  
Gille, B., « *Histoire des techniques : civilisations, technique et sciences* », La Pléiade, 1978.  
Giraud, G., Sarr, F., « *L'économie à venir* », Les Liens qui libèrent, 2021.  
Jouzel, J., Larroutourou, P., « *Pour éviter le chaos climatique et financier : une solution scandaleusement simple* », Odile Jacob, 2017.  
Julien, B., Lung, Y., Midler, Y., "*L'épopée Logan* », Dunod, 2012.  
Keller, A., « *Vers des technologies sobres et résilientes* », La fabrique écologique, avril 2019.  
Kurzweil, R., « *How to Create a Mind : a Secret of Human thoughts Revealed* », Viking Penguin, 2012.



- Le Masson, P., Weil, B., Hatchuel, A., « *Les processus d'innovation : conception innovante et croissance des entreprises* », Hermès., 2006.
- Maital S., Seshadri, D., « *Innovation management* », Sage Ed, 2012.
- Midler, Y., Julien, B., Lung, Y., « *Innover à l'envers, repenser la stratégie dans un monde frugal* », Dunod, 2017.
- Plauchu, V., « *Management environnemental : analyse, stratégie, mise en œuvre* », Campus ouvert Éd., 2013.
- Polanyi, K., « *La grande transformation* », 1944, Gallimard (1983).
- Rifkin, J., « *La Troisième révolution industrielle* », Palgrave Mc Millan, 2011.
- Schumpeter, J., « *Capitalisme, Socialisme et Démocratie* », Payot, 1942.
- Victor, P., « *Managing without Growth* », Ed. E. Elgar, 2019.

### Sitographie :

#### 1 - Données économique et politique de l'innovation

- INPI (France)
- OMPI (Genève)
- OEB (Office Européen des Brevets, Munich)
- Accords TRIPS (OMC) / site WTO.

#### 2 - Pour une innovation en circularité

- Ademe [www.bilans-ges.ademe.fr](http://www.bilans-ges.ademe.fr)
- CARBON TRACKER : <https://www.novethic.fr/lexique/detail/carbon-tracker.html>
- GIEC Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) <https://www.sauvonsleclimat.org/fr/base-documentaire/ipcc-international-panel-on-climate-change>
- GREENPEACE : <https://www.greenpeace.org/global/>
- HCC (Haut Conseil pour le Climat), <https://www.hautconseilclimat.fr/>
- HOP (Halte à l'Obsolescence Programmée), <https://www.halteobsolescence.org/>
- MTES Ministère de la Transition écologique et solidaire [www.ecologique-solidaire.gouv.fr](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr)
- NEGAWATT : <https://negawatt.org/>
- SDES Commissariat général au développement durable [www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr)
- Shift Project, <https://theshiftproject.org/>

\* \* \*

## ***Manuels de cours et autres écrits « off » :***

O. Boissin (Grenoble-INP / CREG<sup>102</sup> UGA)

Durant la crise Covid, la décision sera prise d'ouvrir au plus grand nombre mes manuels de cours. Ils sont également complétés par des écrits « *off* » à titre de réflexivité/esprit critique. Cet ensemble d'écrits se réfère à des enseignements principalement dispensés dans le groupe Grenoble-INP<sup>103</sup>. Ces écrits sont en fréquentes réactualisations et sans but lucratif.

Au regard des contraintes de temps, ces écrits sont rédigés en **trois possibles vitesses de lecture** :

- 1-Lecture rapide : par simples jeux de photos, de schémas, de cartes et statistiques.
- 2-Texte en taille 12 : éléments d'explications complémentaires aux photos et statistiques.
- 3-Note en bas de page : approfondissement analytique et prolongement bibliographique.

Les apprentissages se réalisant sur un mode souvent visuel, un recours aux photos, aux données statistiques et aux cartes géographiques a été privilégié. Bien souvent une photo vaut mieux que 1000 mots comme nous le savons.

**Ci-joint le lien où sont hébergés ces écrits et manuels** (ici via le site Chamilo de l'école de génie industriel Grenoble-INP ou encore par le site HAL de l'université Grenoble-Alpes le portail des universités pour des publications en science ouverte).

[https://chamilo.grenoble-inp.fr/main/document/document.php?cidReq=G14AIPID042020&cid\\_session=0&gidReq=0&gradebook=0&origin=](https://chamilo.grenoble-inp.fr/main/document/document.php?cidReq=G14AIPID042020&cid_session=0&gidReq=0&gradebook=0&origin=)

L'ensemble de ces écrits sont protégés sur le plan de la propriété intellectuelle, interdits d'utilisation à tout but commercial et non modifiables en écriture. Enfin, d'une empreinte carbone déjà trop élevée, si possible ne pas les imprimer. Si certains manuels ne sont pas disponibles, c'est qu'ils sont en cours de réécriture. Enfin, du fait de rédactions rapides, ils souffrent de maladresses et restent en l'état des drafts.

### **Résumé des écrits disponibles :**

-Pour ceux qui veulent du simple dans ce monde tant complexe ... le manuel "***L'économie en 10 questions-clés***" sera peut-être celui qu'il vous faut. Synthétique et compréhensible, y compris pour des enfants de 15 ans. Mais nous sommes peut-être tous de grands enfants n'est-ce pas ?

-Pour un approfondissement sur la discipline : "***Comprendre l'économie contemporaine : une analyse économique et monétaire***", vous saurez tout (ou

---

<sup>102</sup> Centre de Recherche en Economie de Grenoble (Unité de recherche de l'Université Grenoble-Alpes).

<sup>103</sup> L'INP est un établissement d'enseignement supérieur (Institut National Polytechnique).

presque) sur les questions macroéconomiques de politique budgétaire, monétaire, de change, l'inflation et l'emploi, etc. Ce n'est pas léger mais important, le tout dans le cadre de notre économie mondialisée.

-Pour ceux soucieux des questions de développement durable, les volumes "***Développement durable : des chiffres et des étoiles***" sont pour vous. Il s'agit de manuels "off" nous plongeant dans le même temps dans le merveilleux régressif des 30 glorieuses, le tout avec une ligne d'écriture post-romantique afin de compenser la lourdeur du sujet. Cela est donc éclairé par le cinéma et la musique. Mais il s'agit aussi de manuels non pas poussiéreux mais écrits le plus souvent en prospective 2030-2050 sur le plan des données statistiques. Et il n'y a pas que l'étalage de sombres indicateurs mais aussi des solutions !

-Sur l'innovation en problématique de circularité industrielle, les 3 vol. « ***Innovation*** », une plongée dans les mondes allant du ciment Portland aux tondeuses à gazon, des vélos Bi-twin Décathlon aux pneumatiques verts Michelin, des stylos à bille BIC aux montres à quartz Swatch, des smartphones FairPhone aux batteries Lithium-ion... Entre technophobe et technophile, une voie médiane est à trouver afin de relever les défis présents et à venir.

-Pour un voyage en Chine, "***La Dame de Shanghai***", il s'agit ici d'un carnet de voyage un brin lissé, et aussi un peu d'interculturalité. Le grand peuple chinois, l'Occident a beaucoup à apprendre de l'empire...mais du régime totalitaire actuel de Pékin, sur le plan du respect des droits humains, rien.

-Pour ceux intéressés par la compréhension du marché financier, nul n'est parfait, "***La bourse : tout ce que vous avez voulu savoir sans jamais oser le demander***", Woody Allen en clin-d'œil : finance et CAC 40, marché à terme et vente à découvert, indicateurs techniques et Price-Earning-Ratio, Assemblée Générale Ordinaire et un peu d'électro-swing aussi ... Dans un chapitre final orthogonal à la poésie de Boursorama et autre Trading View, ce dernier joyau musical est du « off » en clôture de manuel. Loin du convenu, un peu d'oxygène en ce monde tant normé et financiarisé...

-...et pour ceux intéressés par le cinéma plus que par l'économie, ce que l'on peut comprendre, "***Homo-oeconomicus : l'économie à la lumière du cinéma***", avec notamment un faible pour A. Hitchcock, économie et cinéma tout cela peut finalement s'enrichir mutuellement. Ingrid Bergman et Lauren Bacall nous prenant la main, Cary Grant et Claude Rains également. Alors invitation aux salles obscures afin de mieux comprendre les hypothèses retenues dans la construction de la science économique.

-Concernant le comportement des firmes et la prise de décision en information imparfaite, ce sera le manuel « ***Information, Stratégie et Décision*** ». Il ne s'agit pas ici uniquement de stratégie en théorie des jeux, mais aussi de la tactique avec l'analyse des politiques tarifaires, la méthode de sélection des fournisseurs, ou encore d'autres pratiques dans la conduite d'activités en milieu industriel.

-Puis du zoom on passera au grand angle avec la question du développement économique des nations, avec une application aux pays émergents. Voyage ici en Afrique avec le manuel "***Quiz sur le développement en 20 questions***" nous rappelant les délices de la période Covid. Nous n'en n'avions pas eu le privilège, c'est la nouvelle génération des étudiants qui

ont expérimenté la douceur des QCM en distanciel. Et ils ont adoré !

-Sur la mondialisation, "où peut-elle nous conduire", brûlante question il est vrai ... les 3 manuels "**Mondialisation**" nous entraînant dans les arcanes des institutions internationales. L'OMC plongée entre libéralisme et régulation, des nations d'Asie et d'Amériques un peu cavalières dans le respect des règles, un peu d'Afrique aussi, toujours, et puis un zeste de Japon, l'empire du Soleil levant nous ramenant à la lumière. Mais si vous êtes surtout soucieux d'outils pour le pilotage de projets à l'international, alors ce sera le volume 2 : de l'Inde à la Chine, du Maroc au Brésil, du Japon à la Turquie, métissage nous chérissons ton nom.

-Et si la question de l'endettement public des nations, mais aussi celle d'une possible relocalisation de l'industrie en France et en Europe vous taraude la nuit, "**Chine, masque, dette et CAC 40 : les leçons de la crise Covid**". 2025-2030, quelle ligne d'horizon possible ? Mais en avons-nous la réponse ?

-Enfin, si nos étudiants ou encore nos enfants sont un peu perdus sur leurs futurs professionnels possibles, ce que l'on peut parfois comprendre..., un petit texte sur "**Le sens à donner au travail : en 12 pistes, par arrêt sur images**". Les nouvelles générations nous interpellant tant sur la question ... Les choses avancent vite en la matière. Et pas si mal que cela...

- Puis dans le délicieux des régimes autocratiques, les « **Relations économiques sino-russes** » **seraient-elles placées sous le signe d'une danse de couple ?** La question n'est pas légère ; cet essai dresse alors un état des lieux des situations de l'économie russe et chinoise : leur trajectoire historique récente, leur situation actuelle et, dans un contexte de conflit européen avec l'Ukraine, des lignes d'horizons possibles. Quels sont les enjeux, les portées, les limites et les perspectives économiques des deux empires ? L'écrit est structuré en trois parties :

- |               |  |
|---------------|--|
| 1-Hier        | Du grand frère soviétique au grand frère chinois.    |
| 2-Aujourd'hui | L'irréparable erreur géopolitique du régime Poutine. |
| 3-Demain :    | La Russie, futur Etat vassal de la Chine ?           |

- Quant au manuel sur la « **Chine : le basculement du monde** », écrit qu'il me faut remettre à jour, je le mettrai un peu plus tard en ligne sur le site, étant passablement énervé actuellement, depuis 2013 et 2018, au regard de l'intensification du totalitarisme retenu par le régime Xi Jinping. Sur les joyeuses volontés des nouvelles dictatures sur l'échiquier géopolitique mondial, il n'y a pas que l'affriolant V. Poutine en la matière. La Chine actuelle sous ce régime Xi, disons pour l'heure, une envie d'ailleurs.

-Puis entre deux ou trois écrits, le soir venu, si votre souhait est au léger, alors un intermède vous est proposé en mode Ken Loach : « **Et si nous allions prendre un verre dans un Pub ? Petit dictionnaire d'argot français-anglais** ». Un brin éloigné de la langue de Shakespeare, il s'agit ici d'un recueil d'argot pour celles et ceux qui seraient tenté(e)s de refaire le monde derrière un zinc. le tout avec sons et photos, un peu de "off" aussi. A l'origine pour les étudiants, mais de Dublin à Berlin, de Shanghai à Turin, de Barcelone à Grenoble, cela peut également marcher pour tous les éternels enfants adeptes de la langue de Molière. Et pour les plus studieux, il y a aussi un lexique français-anglais sur les thématiques du développement durable, de la transition énergétique, des sciences sociales (économie, finance & comptabilité) et des sciences de l'ingénieur. Alors on va

prendre un verre ? *Let's go !*

### **Pour nous résumer**

#### 1-Ecrit d'initiation

-« *L'économie contemporaine en dix questions-clés* »

#### 2- Manuel de cours (approfondissements)

- « *Comprendre l'économie : analyse économique et monétaire* »
- « *Economie mondialisée (vol 1 et 2) (Approfondissements économiques & Méthodes et Outils de pilotage de projet à l'international)* »
- « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* » (3 vol.)
- « *Innovation : circularité industrielle et soutenabilité* » (Vol 1)
- « *Innovation : méthodes et pilotage de l'innovation* » (vol 2)
- « *Innovation : analyse de la valeur en approche d'éco-conception* » (vol 3)
- « *Développement économique : de quoi-parle-ton ?* »
- « *Chine : le basculement du monde* »
- « *Gestion des risques économiques et financiers* »
- « *Information, Stratégie et Décision* ».
- « *La bourse est-elle utile ? Tout ce que vous avez voulu savoir, sans jamais oser le demander* ».
- « *Relations économiques sino-russes : une danse de couple ?* »

#### 3-Ecrits « Off » (à titre de réflexion et d'esprit critique)

- « *Quel sens donner au travail ? Quelques pistes par arrêt sur images* »
- « *Homo-oeconomicus : l'erreur de la science économique* »
- « *Capitalismes : quels avenir possibles ? Exercice d'esprit critique* » (Economie mondialisée, Vol 3).
- « *Chine, masques, dettes et CAC 40 : quelles leçons retirer de la crise Covid ?* ».
- « *La Dame de Shanghai* » (2 vol.)
- « *Et si nous allions boire un verre dans un Pub : petit recueil d'argot français-anglais* »

O. Boissin (CREG, Université Grenoble-Alpes).

\* \* \*

## *Innovation (vol. 1) :*

### *Environnement industriel, soutenabilité et stratégie*

Ce manuel a pour objectif la transmission des connaissances nécessaires à la compréhension du processus d'innovation inscrite dans une approche de soutenabilité.

Sommaire :

- 1 - Aux sources de l'innovation
- 2 - Inscire l'innovation en soutenabilité
- 3 - L'industrie du futur est-elle pensée de manière durable ?



O. Boissin  
Enseignant-chercheur  
(domaine de recherche :  
Méthodes d'innovation / Programmes d'innovation  
et organisation industrielle chinoise)  
Grenoble-INP Génie industriel / CREG UGA



M. Chagall, plafond (1964) de l'Opéra Garnier (inauguré en 1875)