

La technologie : une réponse aux grands défis du XXI^e siècle

par

Philippe Bourgeois¹

Le siècle qui vient de s'achever a été une période marquée par des transformations technologiques profondes. Le développement et la diffusion généralisés d'innovations majeures comme l'électricité, le téléphone et l'automobile ont accompagné l'apparition des phénomènes de production et de consommation de masse. Ces innovations ont été au cœur des transformations économiques et sociales que nous vivons actuellement.

Au seuil du XXI^e siècle, on peut se demander s'il sera possible, et souhaitable, de poursuivre sur la voie d'un progrès technologique aussi extraordinaire. Certains s'interrogent sur la capacité technologique de nos sociétés à continuer d'avancer et d'inventer de nouveaux outils et de nouveaux produits. D'autres craignent que les coûts et les risques liés à un développement technologique de plus en plus incontrôlable ne soient trop lourds, et nous conduisent à disparaître faute d'avoir pu assurer une viabilité environnementale satisfaisante. D'autres encore voient dans la technologie la réponse à tous les maux et s'exonèrent, dès lors, de toute remise en cause de leurs actions présentes.

1. Chargé de mission « Veille et analyse économique » Pôle Accompagnement des Mutations Économiques de la DIACT.

Il ne s'agit pas, ici, de prendre parti pour l'une ou l'autre de ces représentations du futur technologique. Notre objectif vise seulement à présenter les grandes « directions » dans lesquelles la technologie a de forte chance de se développer. Dans les différents chapitres de cette première partie, nous avons tenté de répondre à la question de savoir quelles seront les dynamiques qui structureront les progrès technologiques de demain. Pour ce faire, nous sommes partis des enjeux et des défis auxquels il faudra impérativement répondre.

Nous n'avons pas cherché à répondre à cette question pour l'ensemble du spectre technologique. Volontairement, nous avons fait le choix de nous intéresser à un nombre restreint de domaines technologiques, significatifs des évolutions futures.

En plaçant l'environnement en tête des chapitres, nous faisons le pari que les enjeux écologiques seront au centre des évolutions technologiques du XXI^e siècle. Face aux défis qui s'annoncent, le titre interrogatif choisit pour ce chapitre, « La technologie : une réponse aux défis environnementaux ? », n'est pas neutre. Que ce soit vis-à-vis de l'empreinte écologique ou du réchauffement climatique ou de la lutte contre les multiples pollutions que nous subissons, la technologie est capable d'apporter des solutions. Que ce soit par le recyclage des matières premières. Que ce soit par la réduction des gaz à effet de serre, aussi bien au niveau des transports, de l'énergie ou de l'habitat. Que ce soit par l'adoption de technologies plus respectueuses de l'environnement. Toutefois, l'ampleur des défis posés est telle que la technologie ne pourra certainement pas être la seule solution. Ce sont nos modes de vie et notre mode de développement qu'il faudra changer si l'on veut continuer à vivre sur notre planète.

Le chapitre 3, traitant des « dynamiques à l'œuvre dans les technologies de l'information et de la communication », part de l'idée que les quatre grands déterminants de l'évolution des TIC durant la deuxième moitié du siècle dernier resteront tout aussi prégnants au début du suivant. La miniaturisation continuera à structurer fortement le secteur des composants et à interroger l'avenir sur le type d'électronique qui s'imposera : électronique de spin, électronique moléculaire ; certainement les deux. Dans une société où l'information est continuellement présente, la capacité à la transmettre en grand nombre et à grande vitesse devient essentielle. Les technologies optiques permettront cela dès que les chercheurs auront mis au point des commutateurs optiques. Avec l'explosion de la mobilité, c'est la question de l'interopérabilité des réseaux qui se trouve posée et, indirectement, celle de la transformation du secteur logiciel. Quatrième tendance incontournable, Internet, qui va continuer à être une source d'innovation technologique majeure.

Dans le chapitre 4 sur les « technologies des transports », Patrick Haouat rappelle que ce domaine est soumis à des enjeux majeurs et contradictoires : le besoin grandissant de mobilité et la nécessaire protec-

tion de l'environnement. Les défis technologiques sont dès lors relativement bien ciblés. Il s'agira de concevoir des systèmes de transports sûrs, efficaces et respectueux de l'environnement. Pour l'auteur, l'évolution ultime des transports terrestres devrait aller vers le tout automatique ; le conducteur pouvant alors se consacrer à tout autre chose qu'à la conduite. En matière de propulsion, les améliorations des moteurs actuels laisseront place, peu à peu, aux véhicules électriques qui seront complètement optimisés dès la conception. Dans le domaine du transport aéronautique, les problématiques sont semblables. Là encore, une rupture majeure peut apparaître : l'avion sans pilote. Mais l'acceptation sociale le permettra-t-elle ? Patrick Haouat souligne que les politiques publiques auront un rôle clé à jouer pour accompagner l'émergence de technologies respectueuses de l'environnement, que ce soit à travers le levier financier ou le levier réglementaire.

Stéphane Boudin rappelle dans le chapitre 5, « quelles énergies pour le XXI^e siècle », que le modèle actuel, qui veut que l'énergie soit abondante et peu chère, ne pourra plus être celui qui s'imposera demain. Même si toutes les ressources énergétiques ne sont pas encore exploitées, il nous faudra changer de type de modèle, notamment en favorisant la diversité des sources énergétiques pour arriver à un « mix » énergétique plus diversifié et plus équilibré. Dans le domaine énergétique, tout comme dans celui des transports, le défi climatique s'imposera comme un aiguillon du développement des techniques de production. L'évolution qui se profile passe également par une déconnection entre la demande d'énergie et la croissance économique. L'amélioration de l'efficacité énergétique continuera à être une tendance lourde d'évolution. Stéphane Boudin souligne que les technologies de l'énergie sont des technologies à cycle long qui, dès lors qu'elles ont été décidées, ne peuvent pas être remises en cause facilement. Peut-être est-ce une des raisons qui fait que les technologies de demain ne seront pas vraiment de rupture. Tout comme pour l'environnement, Stéphane Boudin remarque que la technologie ne sera pas la solution miracle. Il faudra aussi agir sur la demande... et sûrement remettre au goût du jour « la chasse au gaspis ».

Le chapitre 6 s'intéresse aux « technologies pour la santé ». Justine Deregnacourt et Patrick Haouat mettent en avant la vieillesse et la propagation de nouvelles maladies virales et infectieuses comme devant être les deux grands défis en matière de santé des prochaines années. En effet, l'évolution démographique des pays développés est telle que la proportion des personnes de plus de 60 ans et plus ne va faire que croître. Les maladies neurodégénératives et cardiovasculaires, notamment, suivront cette augmentation. Avec la mondialisation, et son corollaire les facilités de transports et l'urbanisation, ce sont les maladies infectieuses qu'il faudra combattre. Face à ces enjeux, les deux auteurs montrent que les progrès sont immenses. La technologie apportera des réponses pour

améliorer la compréhension des phénomènes pour mieux les prévoir et accroîtra l'efficacité de la recherche pour pouvoir offrir plus rapidement des médicaments plus efficaces et mieux adaptés aux malades. Le rapprochement des nanotechnologies, des biotechnologies et des technologies de l'information et de la communication ouvrira des horizons nouveaux que ce soit en termes d'interventions chirurgicales, de délivrance ciblée de médicament ou de prothèses « intelligentes ». Comme le rappellent les deux auteurs, ces avancées technologiques iront bien au-delà de la seule technique puisqu'elles bouleverseront le système de santé lui-même. Le développement de ces technologies permettra de passer d'une médecine préventive à une médecine prédictive personnalisée.

Dans le dernier chapitre de cette première partie, Patrick Haouat s'interroge pour savoir si « l'espace (sera) la nouvelle frontière ? » que l'homme du XXI^e siècle cherchera à atteindre. Si durant les années 50-60, la conquête de l'espace a été l'occasion d'une course aux technologies les plus avancées. Aujourd'hui l'engouement pour l'espace est retombé. Pourtant les sociétés modernes restent dépendantes de la disponibilité de moyens spatiaux comme les satellites de télécommunications ou de météorologie ou de navigation. Tout comme pour les matières premières, l'espace est une ressource rare qu'il faut protéger, en particulier vis-à-vis des déchets spatiaux qui s'accumulent de plus en plus au-dessus de nos têtes. Les défis technologiques sont, avant tout, tournés vers l'optimisation du couple coûts-performances, et plus particulièrement vers l'amélioration de la propulsion. Malgré les progrès qui ne manqueront pas d'apparaître, Patrick Haouat ne pense pas que la colonisation de l'espace devienne l'un des objectifs des prochains habitants de notre planète : la durée des voyages pouvant aller de quelques dizaines à quelques centaines d'années. Et si l'on veut aller en dehors du système solaire, c'est en années-lumière qu'il faudra compter. La conclusion qu'il propose, en fin de chapitre, peut tout à fait être celle de cette première partie : le véritable enjeu pour l'humanité au XXI^e siècle sera celui de réussir à vivre durablement sur notre planète.

La technologie : une réponse aux défis environnementaux ?

par

Philippe Bourgeois¹

L'environnement est devenu au fil du temps une préoccupation forte de nos sociétés. Durant le XXI^e siècle, cette inquiétude ne fera que se renforcer dès lors que nous aurons pris réellement conscience que nous n'avons qu'une planète et qu'il nous faut l'économiser si l'on veut continuer à vivre dessus.

Ces dernières années, la prise de conscience des enjeux environnementaux a fortement progressé en France et dans de nombreux pays. Des thèmes comme le changement climatique ou les liens entre pollutions et santé ne sont pas étrangers à cet intérêt.

En effet, depuis le début des années soixante, les enquêtes d'opinion montrent que l'environnement est une préoccupation des Français. Selon le baromètre de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) de 2004, la dégradation de l'environnement vient au quatrième rang après le chômage, l'insécurité, la misère et l'exclusion.

1. Chargé de mission « Veille et analyse économique » Pôle Accompagnement des Mutations Économiques de la DIACT.

Cette sensibilité s'est renforcée au fur et à mesure que les conséquences de l'action de l'homme sur l'environnement se sont faites de plus en plus visibles : pollution de l'air et de l'eau, inondations, incendies de forêt, marées noires...

Toutefois, il y a encore loin du discours à la pratique. Si tout le monde est d'accord pour dire que l'environnement est un problème préoccupant, on constate un réel décalage entre l'aspiration à une meilleure qualité de vie et le comportement de tout un chacun.

2.1. Les principaux défis environnementaux du XXI^e siècle

Plusieurs éléments vont nous forcer à mettre en cohérence discours et pratique. Dès les années soixante-dix apparaît l'idée que la croissance de la population et des niveaux de vie sera, à terme, limitée par la rareté des ressources naturelles et par la pollution. En 1972, le rapport du club de Rome « Halte à la croissance ? - Rapports sur les limites de la croissance » mettait en doute le fait que les niveaux de vie occidentaux puissent être étendus à la planète tout entière. Sa principale proposition, la croissance zéro, suscitera, d'ailleurs, de nombreuses controverses.

Ces interrogations resurgissent aujourd'hui et structureront l'évolution de nos sociétés pour le siècle qui débute. Plusieurs facteurs limitants commencent à s'imposer. Deux de ces facteurs nous paraissent devoir être mis en avant, car ils sont au cœur des défis environnementaux de demain. Tout d'abord, le découplage entre notre mode de développement et les pressions exercées sur l'environnement apparaît comme indispensable. Ensuite, le réchauffement climatique, avec ses conséquences multiples, nous conduira inmanquablement à agir.

2.1.1. Le découplage entre mode de développement et pressions sur l'environnement

Émissions dans l'air, rejets dans l'eau, production de déchets, consommation de ressources... Tous les processus de l'activité humaine entraînent des pressions sur l'environnement dont l'importance dépend du volume et de la nature des activités.

Les progrès technologiques permettent de limiter les conséquences du développement économique contemporain. Que ce soit au niveau de l'énergie ou des transports, comme le montrent les chapitres suivants, la technologie est conçue et développée de manière à apporter une réponse aux attentes de la société en matière de protection de l'environnement. Malgré cela, nous ne pourrions faire l'impasse d'une réflexion sur notre mode de développement.

2.1.1.1. Les pressions liées à la consommation s'intensifient

Nos activités quotidiennes, notre consommation et nos modes de vie exercent, à titre individuel, des pressions mineures, mais qui, par leur nombre, contribuent de manière non négligeable à la pollution de l'air et de l'eau, à la production de déchets, à la consommation d'espace, à l'effet de serre...

L'augmentation du niveau de vie de la population s'est accompagnée d'une accélération de la consommation et d'un accroissement des produits mis sur le marché.

L'individualisation des modes de vie a entraîné une forte augmentation du nombre de ménages et par conséquent du nombre de logements. Cette augmentation, conjuguée à celle des surfaces habitables du fait de l'essor de la maison individuelle, a accéléré la consommation d'espace par l'habitat.

Aujourd'hui, un Français consomme environ 160 litres d'eau par jour. Même si la quantité prélevée pour l'eau potable est à peu près stable depuis une vingtaine d'années, la hausse des besoins liée à l'augmentation de la population et au niveau de confort entraînera une pression de plus en plus forte sur une ressource de plus en plus mise à mal.

La hausse des revenus, l'utilisation de produits alimentaires préemballés et transformés et la demande de conditionnements individuels contribuent à accroître la quantité de déchets produits par habitant. Celle-ci ne cesse d'augmenter. Aujourd'hui, chaque Français produit environ 353 kg d'ordures ménagères.

La mobilité des ménages, que ce soit pour le travail, la famille, les achats ou les loisirs, ne cesse de croître : les quatre cinquièmes des déplacements s'effectuent en voiture particulière. Aux déplacements quotidiens s'ajoutent les voyages touristiques pour des séjours plus courts mais plus nombreux.

2.1.1.2. L'empreinte écologique

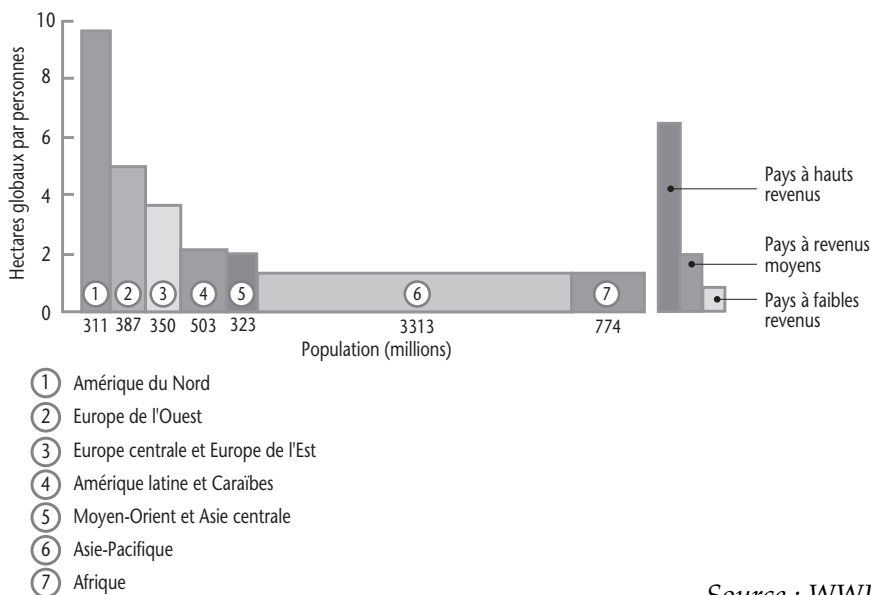
Le concept d'empreinte écologique permet de mettre en évidence la pression que nous exerçons sur la planète. Cette notion vise à traduire, de manière facilement compréhensible, l'impact des activités humaines sur la planète. Elle se mesure généralement en surface (hectares par individu).

Plus précisément, l'empreinte écologique quantifie, pour un individu ou une population, la surface bio-productive nécessaire pour produire les principales ressources consommées par cette population et pour absorber ses déchets.

Selon le « Rapport Planète Vivante 2002 » du *World Wildlife Fund* (WWF), l'empreinte écologique globale de l'humanité a presque doublé au cours des 35 dernières années, et dépasse de 20 % les capacités biologiques de la Terre.

Ce rapport met aussi en évidence de profondes disparités écologiques entre les pays. Ainsi, l’empreinte écologique par personne des pays à hauts revenus est en moyenne six fois plus élevée que celle des pays à faibles revenus.

Figure 1 : Empreinte écologique par région et groupe de revenu



Source : WWF

2.1.1.3. Trois scénarios d'évolution de l'empreinte écologique à l'horizon 2100

Le dernier rapport du WWF, « Rapport Planète Vivante 2006 », présente trois scénarios d'évolution de l'empreinte écologique à l'horizon 2100 : un scénario dit *Business as usual* basé sur les projections les plus optimistes des Nations Unies de croissance lente ; un scénario « de modification progressive » qui mènerait à la fin de la surexploitation de la planète d'ici à la fin du siècle et un scénario « de réduction drastique » qui vise à résorber cette surexploitation d'ici à 2050.

L'intérêt de ces scénarios est de montrer les enjeux qui nous attendent durant ce nouveau siècle qui commence. En 2050, même en considérant les projections les plus optimistes des Nations Unies — croissance modérée de la population, de la consommation de nourriture et des émissions de CO₂ —, si l'accroissement de l'empreinte mondiale se poursuit au rythme actuel, l'humanité consommerait des ressources à un taux deux fois plus élevé que ce que la Terre peut générer. Cette « surexploitation » risque d'entraîner non seulement une perte de biodiversité, mais aussi des dégâts aux écosystèmes affectant leur capacité à fournir les ressources et services dont l'humanité dépend.