

Le Monde en 2030

RAY HAMMOND

Le Monde en 2030



Traduit de l'anglais par Kathryn Walton Ward

éditions
yago

ISBN: 978-2-916209-??-?
Editions Yago 2008
www.editions-yago.com
yago@editions-yago.com

Printed by Itxaropena SA, 20800 Zarautz (Spain)
itxaropena@itxaropena.net

Book design by Marc-Antoine Bombail
www.mab-creations.ch

Au sujet de l'auteur et de ses consultants :

Ray Hammond

Ray Hammond est chercheur, écrivain et conférencier ; en tant que futurologue, il étudie les futures tendances de la société et de l'économie. Il est l'auteur de quatre romans futuristes, de dix essais et documents, ainsi que de plusieurs scénarios de films, documentaires et émissions de radio. Ses livres ont été des best-sellers aux USA, en Grande-Bretagne, France, Espagne, Républiques Tchèque et Slovaque, Pologne, Japon et Chine.

Mike Childs

Mike Childs est directeur de Campagne pour *Friends of the Earth*. Fondée en 1971, cette association internationale œuvre pour protéger et améliorer les conditions de vie sur notre planète.

Professeur Allison Druin

Allison Druin est directrice du *Human-Computer Interaction Laboratory* de l'Université de Maryland, USA. Elle est aussi Commissaire US appointée par la Maison Blanche à la *United States National Commission on Libraries and Information Science*.

Professeur I. M. Dharmadasa

I.M. ('Dharme') Dharmadasa est Professeur au *Centre for Electronic Materials and Devices* de l'Université de Sheffield Hallam, au Royaume Uni. Chercheur spécialisé dans les technologies solaires, il s'est activement engagé à faire connaître du public les applications possibles des énergies renouvelables. Il a aussi développé le programme *Village Power* qui utilise l'énergie solaire en milieu rural afin de combattre la pauvreté.

Remerciements

Je dois beaucoup à mes trois consultants, Mike Childs, Allison Druin et « Dharme » Dharmadasa. Leur enthousiasme et leur diligence à lire mes épreuves, à suggérer des modifications et à m'aiguiller vers de nouvelles voies de recherches ont été considérables ; je leur suis extrêmement reconnaissant d'avoir bien voulu me prodiguer conseils et suggestions.

Je remercie également Wilfried Haensel, Jan-Erik Johansson, Hans Van Doorn, Wolfgang Siebourg et Peter Orth pour leurs suggestions. Je suis particulièrement reconnaissant à Phillip Davison ainsi qu'à Debbie Parris et William Andrews, de Blueprint Partners, qui m'ont apporté des conseils en communication externe et en design.

Sommaire

1. Introduction
2. La toile de fond du monde en 2030
3. Accélération exponentielle du développement technologique
4. Les changements climatiques et l'environnement
5. Le futur énergétique
6. La vie quotidienne en 2030
7. Santé humaine et longévité
8. Hyperliens

Introduction

Ce livre est tiré d'un rapport qui m'a été commandé par PlasticsEurope. En faisant les recherches nécessaires à l'élaboration de cette étude, j'ai bénéficié de l'aide de consultants experts, toutefois les conclusions auxquelles je suis parvenu ne représentent pas nécessairement leurs points de vue. Je suis seul responsable du contenu de cet ouvrage ainsi que des conclusions que j'en tire.

On dit parfois qu'il est impossible de prédire correctement le futur et que tout exercice de futurologie est vain. La discipline elle-même est souvent envisagée avec suspicion. Nonobstant, la définition du terme donnée par l'*Oxford English Dictionary* indique bien que la futurologie consiste davantage à étudier les tendances du présent, puis à extrapoler à partir de celles-ci, qu'à spéculer sans fondement ou lire dans une boule de cristal :

Futurologie : La prédiction systématique du futur, particulièrement par l'étude des tendances actuelles de la société humaine.¹

Même si nous ne pouvons prédire des événements futurs précis, il est tout à fait possible d'identifier les tendances et les développements à venir susceptibles d'avoir un impact important sur notre futur. Une longue pratique de la réflexion, de l'écriture et des conférences sur le futur, autrement dit la

pratique même de la discipline de la futurologie, permettent d'obtenir des résultats fiables, supérieurs aux projections de ceux qui n'étudient pas régulièrement le progrès et le devenir humain.

Nous dénier la faculté de nous projeter dans le futur reviendrait à dénier à l'espèce humaine l'une de ses caractéristiques constitutives : celle de contempler et de planifier les événements à venir.

C'est pourquoi, même si bien des attributs de cet exercice visionnaire s'avèrent inexacts, j'espère que mon travail (et les contributions de mes consultants de référence) permettra d'identifier nombre de tendances et de technologies qui exerceront une influence importante sur nos vies durant le prochain quart de siècle. Réfléchir à ces tendances et, lorsqu'il y a lieu, intervenir pour assurer le meilleur aboutissement possible, est de notre devoir à tous. Le passé et le présent ne peuvent être modifiés. Seul le futur est malléable. J'espère que ce livre apportera sa modeste contribution à améliorer le monde en 2030.

Ray Hammond
Londres, octobre 2007

La toile de fond du monde en 2030

Six facteurs majeurs de changement façonneront le monde en 2030 :

1. L'explosion de la démographie mondiale et les modifications de démographies sociétales
2. Les changements climatiques et environnementaux
3. La crise énergétique à venir
4. La globalisation croissante
5. L'accélération du développement exponentiel de la technologie
6. Le modèle « Prévention-Extension » en médecine (prévention des maladies et longévité)

Bien d'autres facteurs influenceront sur la vie humaine et la société dans les pays développés et les pays en voie de développement d'ici un quart de siècle, mais ces six facteurs sont de loin ceux qui auront l'impact le plus déterminant.

1. L'Explosion de la démographie mondiale et les modifications de démographies sociétales

Il y a déjà beaucoup trop d'habitants sur la planète, et il est communément admis que la population mondiale

augmentera au moins de moitié avant que le taux de croissance démographique ne ralentisse.

Il y a aujourd'hui près de 7 milliards d'humains sur Terre. En 2030, il y en aura plus de huit milliards et à la moitié du siècle il y en aura près de neuf millions². C'est l'estimation officielle « médiane » du Département Population des Nations Unies, mais bien d'autres agences et organisations pensent que cette estimation est beaucoup trop faible. Les Nations Unies elles-mêmes reconnaissent dans leur projection alternative « à variante élevée » que la population mondiale pourrait doubler d'ici 2050 – une projection qui suggère que dès 2030 (et non 2050) il y aurait neuf milliards d'humains sur Terre³.

Parmi les autres facteurs qui feront augmenter le nombre d'êtres humains utilisant les ressources de la planète, il faut compter l'intervention médicale à but philanthropique qui commencera à éradiquer nombre de maladies provoquant une forte mortalité sur le continent africain et qui entraînera une espérance de vie beaucoup plus élevée dans les pays développés.¹

Cette explosion de population posera des problèmes significatifs à toutes les nations du monde. Comme l'écrit le Dr James Canton, un futurologue américain qui a conseillé trois gouvernements successifs à la Maison Blanche sur le futur, dans son livre publié en 2006, « *The Extreme Future* » :

¹ Dans les communautés les plus pauvres, une famille nombreuse représente une nécessité économique et sociale (source de main d'œuvre bon marché et assurance contre le taux élevé de mortalité infantile).

La gestion globale de neuf milliards d'individus et l'exigence de traitements médicaux, nourriture, travail, logement et sécurité, sera le défi le plus angoissant auquel aucune civilisation aura jamais été confrontée...

Nourrir neuf milliards d'individus en 2050 avec un environnement qui ne peut déjà pas subvenir à six milliards d'êtres aujourd'hui est un considérable défi. Nous avons absolument besoin de modifier notre vision de l'environnement afin de nous préparer au mieux aux changements climatiques à venir. Nous ne pourrions probablement pas nourrir la planète sans une accélération des évolutions agricoles afin d'éviter une famine massive dans le futur.

Selon le *World Wildlife Fund*^A, 1986 a été l'année où le nombre d'humains vivants a atteint la limite de la capacité naturelle de la Terre. L'organisation poursuit en ajoutant qu'en 2050, si la population mondiale atteint les neuf milliards, nous aurons besoin de l'équivalent des ressources de deux planètes pour nous faire vivre. Les résultats inévitables seront, disent-ils, des océans vides de poissons à cause de la surpêche, des pâturages surexploités, des forêts détruites, des océans hautement pollués et une atmosphère surchauffée.

On atteint de telles conclusions par des projections linéaires. Or, les futurologues modernes savent que de telles projections sont incertaines ; ainsi, au début des années 1960 et 1970, il fut sinistrement prédit que le monde souffrirait de famine en l'an 2000.^B C'est un simple calcul couplant la

croissance démographique attendue à la production agricole annuelle mondiale qui mena à cette conclusion ; les mauvais esprits prédisant notre faim n'avaient pas tenu compte du potentiel de la « Révolution Verte » déjà en cours au moment même où ils étaient en train d'établir leurs pronostics. Depuis les années 1950, l'amélioration des engrais, les programmes de production de semences et les méthodes d'agriculture industrielle ont stimulé la production agricole qui a augmenté de plusieurs centaines de %. Il n'y eut globalement pas de manque de vivres en l'an 2000, même si beaucoup de gens dans le monde souffrirent de faim.

En 2030, il est à prévoir que la production alimentaire aura connue une nouvelle révolution. La modification génétique des cultures et des animaux d'élevage produira des semences qui pourront pousser dans les conditions les plus rudes (malgré les inquiétudes au sujet des droits de propriétés de commercialisation agricole – voir le chapitre « Changements Climatiques et Environnementaux ») et de la viande qui pourra être auto-produite industriellement⁵, sans animal porteur. Films de couverture plastiques et systèmes d'irrigation permettent déjà à certains fermiers européens de produire plusieurs récoltes par saison ; ces techniques vont être largement exportées pour augmenter la production alimentaire dans les pays émergents.

En effet, à cause des bouleversements climatiques, nous ne pouvons continuer à déforester la planète pour faire

⁵ Une angoisse déclenchée en particulier par 'The Population Bomb', de Paul Ehrlich de la Stanford University, publié en 1968. Ce livre suggérait que la surpopulation aboutirait sans tarder au manque de nourriture, de pétrole et autres ressources. Il s'avéra spectaculairement erroné, mais fut le coup de clairon qui réveilla le mouvement écologiste moderne.

pousser de plus en plus de récoltes et élever de plus en plus de bétail. Nous avons déjà dépassé le pourcentage de terres qui devraient être dévolues à l'agriculture et la planète n'en a pas d'autres à proposer. Comme dit le Professeur James Lovelock, un des premiers scientifiques à avoir soulevé la problématique du changement climatique et celui qui a popularisé le concept de « Théories Gaïa » (la Terre en tant qu'organisme vivant),^{III} dans *The Revenge of Gaïa* :

J'aime à spéculer sur la possibilité selon laquelle nous pourrions produire toute la nourriture nécessaire à huit milliards de personnes en produits de synthèse et de ce fait, abandonner l'agriculture... Les produits chimiques nécessaires à la nourriture de synthèse proviendraient directement de l'air, ou plus commodément de composés carboniques puisés dans les rejets de centrales électriques et ensuite il ne nous manquerait plus que de l'eau et des traces d'éléments.⁶

Un autre facteur qui aura un impact majeur sur la production agroalimentaire sera le changement climatique, mais cet impact est plus difficile à pronostiquer et il variera selon les régions. Il suffit de dire que les avancées technologiques en matière agroalimentaire continueront à posséder le potentiel de nourrir la population énormément accrue de la Terre même si, dans certaines des régions les plus pauvres du monde, pauvreté, corruption, mauvaises politiques et conflits (ainsi que, dans certains endroits, des altérations abruptes du climat) continueront à causer une ample famine. On prédit

^{III} Le premier scientifique à avoir considéré la terre comme un organisme vivant fut Vladimir Vernadsky (né en Russie) qui élabora la théorie dans son livre publié en 1926, *Biosfera*.

néanmoins souvent un manque sévère d'eau potable dans certaines parties du monde (l'eau douce ne représente que 2.5 %⁷ de toute l'eau de la planète, pour la plupart gelée). Aujourd'hui plus d'un milliard d'êtres humains n'ont pas accès à l'eau potable. Les maladies dues à l'eau contaminée génèrent 1,8 million de décès chaque année et représentent jusqu'à 80% de toutes les maladies dans les pays en voie de développement⁸.

La pression exercée pour accéder à l'eau est bien illustrée par le rapport publié par *US Nation & World Report* en mai 2007 :

Durant les 40 dernières années, le lac Tchad au nord de l'Afrique s'est rétracté jusqu'à ne plus occuper qu'un dixième de sa superficie antérieure, affligé par des dizaines d'années de sécheresse et par les besoins en irrigation de l'agriculture pompant l'eau des affluents qui le remplissent – même si le nombre de personnes qui en dépendent pour subsister a augmenté. En 1990, le bassin du Lac Tchad faisait vivre environ 26 millions de personnes ; en 2004, ils étaient 37,2 millions. Au cours des 15 prochaines années, les experts prédisent que 55 millions de gens dépendront du lac qui va se rétractant et de ses affluents trop asphyxiés pour survivre.

La croissance de la population a coïncidé avec une baisse des précipitations de 25 %, probablement dues au réchauffement de la planète. Les océans emmagasinent plus de chaleur et la différence de température entre l'eau et les terres s'amenuise, ce qui ôte de la

puissance aux moussons productrices de pluie. En même temps, les gens désespérés utilisent les puits de façon outrancière.

Le lac Tchad avec ses problèmes divers est emblématique de la crise de l'eau qui est en train de se développer à travers le monde. Pour les états de l'Ouest des États-Unis devant faire face à de sérieux problèmes d'eau, l'argent et les compétences des Américains peuvent au moins amoindrir la portée du coup reçu. Mais ce n'est pas le cas ailleurs. À l'échelle mondiale, 1,1 milliard d'êtres manquent d'eau potable et vivent sans accès sanitaire, et 1,8 million d'enfants meurent chaque année à cause de l'une ou l'autre de ces raisons ou des deux conjointement. En 2025, les Nations Unies prédisent que 3 milliards d'êtres seront en quête d'eau potable.

Les Nations Unies prédisent encore que dès le milieu de ce siècle, entre 2 et 7 milliards d'individus seront confrontés à la rareté de l'eau et que cela entraînera certainement des désordres politiques sérieux et des conflits.^{IV} En juin 2007, le Crédit Suisse a publié un rapport intitulé « *L'Eau* ». Dans ce rapport, la société souligne :

- La demande en eau double chaque année – deux fois plus vite que la croissance de la population.

^{IV} Néanmoins, de sérieux efforts à long terme sont faits pour affronter le problème de pénurie d'eau à venir et il y a l'espoir qu'une nouvelle nano-membrane en plastique soit capable de convertir l'eau salée en eau potable.^V On May 8th 2007 John Howard's finance minister delivered a budget which offered a national A\$8000-a-house solar subsidy⁶ to assist in installing solar panels in a program costing \$150 million over five years.

- Le volume d'eau utilisée a doublé durant les 45 dernières années.
- 70 % de la demande globale en eau provient de l'agriculture, 22 % de l'industrie et 8 % de la demande domestique.
- La quantité absolue de réserves d'eau est la même aujourd'hui qu'il y a 10000 ans.
- L'Asie abrite 700 millions de personnes qui boivent de l'eau dangereuse et 2 milliards qui n'ont pas d'accès sanitaire correct.
- La consommation américaine en eau est 70 % plus importante que celle de l'Europe.
- On estime qu'un tiers de la population mondiale vit déjà dans des pays où il existe une insuffisance d'eau, où l'eau est source de stress.
- Dans la plupart des pays, le prix de l'eau ne reflète pas véritablement le prix de son exploitation.
- On estime que 85 % de l'eau à usage domestique est gâchée au final.
- En 2025, 18 pays auront une demande en eau supérieure à leurs ressources et dans 58 pays (ou 64 % de la population) il y aura une pression significative.⁹

De toute évidence, les tuyaux et conteneurs en plastique ont un rôle crucial à jouer pour conserver l'eau qui sera de plus en plus précieuse.

Démographie sociétale

L'âge de la population mondiale change de façon dramatique et cela aura des effets évidents dès 2030.

En 2006, près de 500 millions d'individus dans le monde avaient 65 ans ou plus. Selon un rapport du gouvernement US¹⁰, ce chiffre devrait doubler en 2030, pour atteindre 1 milliard – une personne sur huit vivant alors sur la planète. Les plus fortes hausses de populations âgées de 65 ans ou plus concerneront bientôt les pays en voie de développement qui verront un bond de 140 % de ces populations en 2030.

Si ce sont les pays en voie de développement qui verront ces segments de populations augmenter le plus, ce sont les nations européennes auxquelles on prédit de souffrir le plus des conséquences économiques induites par des populations vieillissantes¹¹.

Néanmoins il n'est pas certain qu'en 2030 les sociétés européennes vieillissantes auront du mal à faire vivre leurs populations. Trois paramètres devraient prévenir cela :

- 1) Les gens travailleront plus longtemps.
- 2) Des vagues massives d'immigration continueront de déplacer vers les pays développés des populations jeunes en provenance des pays émergents.
- 3) L'accélération des innovations technologiques, qui accroîtra rapidement la richesse dans les sociétés les plus développées (bien qu'une partie de cette nouvelle richesse devrait être utilisée pour l'effort de lutte contre le réchauffement global et pour s'adapter aux changements de climat).

Au sujet du rallongement de la durée du travail, la plupart des pays européens auront reculé l'âge officiel de départ en retraite¹² d'au moins un an ou deux en 2030 et amélioré l'état de santé général par le biais de la médecine préventive et une meilleure qualité de soins qui permettront aux travailleurs de travailler plus longtemps (avec joie et même empressement). En effet, l'espérance de vie aura tellement augmenté en 2030 que la retraite à 60 ou 65 semblera incongrue. Ce sera peut-être tout simplement le moment où les gens changeront d'occupation professionnelle.

Au sujet de l'immigration, les derniers chiffres du département population des Nations Unies prédisent un accroissement global sans parallèle dans l'histoire humaine durant les quarante prochaines années. Au moins 2,2 millions d'immigrants en provenance de pays pauvres arriveront dans les pays riches chaque année jusqu'en 2050.¹³ Cela représentera un total de 55 millions de nouveaux émigrés qui s'installeront dans les nations développées au cours des prochaines 25 années.

En Europe, les Nations Unies ont prévu que l'Angleterre, la France et l'Espagne recevraient le plus d'émigrants et que la population suisse devrait atteindre les 8 millions¹⁴ en 2030, soit un accroissement de 9 % qui résultera principalement de l'immigration. D'autre part, les Nations Unies prédisent que l'Allemagne, l'Italie, la Pologne et la Russie verront leurs populations décroître à cause d'un taux de natalité réduit, d'une immigration étrangère plus faible et de l'émigration accrue de leurs habitants. La population de la Bulgarie aura chuté de 35 % en 2050 ; celle de l'Ukraine chutera de 33 %, celle de la Russie d'un quart et celle de la Pologne

d'un cinquième. Au milieu du siècle, on comptera 10 % d'Allemands en moins et 7 % en moins d'Italiens.

Mais le flot d'émigrants traversant les frontières grossira de façon spectaculaire les populations de la plupart des autres pays développés, bien que la population de l'Europe s'accroisse moins vite que celle des USA.

En 2005, la population de l'Europe de l'Ouest était supérieure à celles des États-Unis de plus de 100 millions d'individus ; en 2030, il est prévu qu'elle ne soit plus supérieure que de 35 millions.¹⁵ Alors que la population US devrait croître de 65 millions durant cette période (ce qui sous-entend un solide taux de croissance démographique de 0,8 % par an), la population de l'Europe de l'Ouest devrait se maintenir à un niveau pratiquement inchangé (ne croissant que de moins de 1 % durant tout ce quart de siècle).

Il est évident que d'ici 2030, la majorité des nations développées à populations vieillissantes (y compris les États-Unis) auront depuis longtemps ouvert leurs frontières en grand pour accueillir avec enthousiasme de jeunes et ambitieux immigrants. Ceux qui ne le feront pas risquent de devenir des « *has been* » économiques.

La seule exception sera peut-être le Japon, une nation dont la population vieillit rapidement mais qui cultive amoureusement et depuis fort longtemps son isolement culturel. Plutôt que d'ouvrir ses frontières à l'immigration, le Japon investit lourdement dans le développement de robots qui pourront s'occuper de sa population âgée¹⁶ et apporter une nouvelle richesse à la société. Je ne doute pas qu'en

2030, les robots apporteront une richesse massive et qu'ils pourront prendre soin des seniors. Mais il reste à considérer le futur d'une nation composée essentiellement de personnes âgées dont s'occupera une population de robots...

2. Changements climatiques

Récemment l'intérêt du public pour les changements climatiques est devenu tellement à la mode en Europe et dans d'autres parties du monde qu'il risque rapidement de souffrir de la déconsidération accompagnant en général la surexposition. Cela serait une grave erreur. Nous devrions renommer cette maladie atmosphérique « Maladie du Climat » ou « Catastrophe du Climat » pour souligner combien le problème est alarmant.

Les changements affectant notre climat sont évidents pour tous et de plus en plus faciles à mesurer par les scientifiques. Les preuves¹⁷ qu'un tel changement abrupt est anthropogénique (causé par l'homme) sont nombreuses même si quelques sceptiques irréductibles¹⁸ persistent à clamer que cela pourrait être un phénomène naturel. Toutefois, la querelle pour déterminer la responsabilité humaine de ces changements est sans objet : l'altération abrupte des aspects météorologiques habituels de la planète est évidente et met nombre de nos sociétés en danger.

Si les orages s'aggravent, le niveau des mers monte, les inondations augmentent, les sécheresses durent plus longtemps, les vagues de chaleur s'accroissent : des millions

d'êtres humains seront déplacés et la société commencera à se désagréger. Il y aura des réfugiés à nos portes. Nous deviendrons peut-être nous-mêmes des réfugiés.

Nous savons pertinemment que les gaz à effet de serre emprisonnent la chaleur dans notre atmosphère – principalement le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitreux – et si on laisse de côté le débat au sujet du bouleversement climatique, il est clairement de notre devoir de réduire de façon drastique les émissions délibérées des gaz qui entraînent la rétention de chaleur. Le plastique a un rôle déterminant à jouer dans le combat contre le changement climatique, d'une part en réduisant le poids des composants de voitures et d'avions, d'autre part en réduisant le poids du fret transporté. Il apportera aussi une contribution croissante à l'isolation et à l'efficacité énergétique dans la construction d'immeubles et dans la production et la distribution d'énergie (voir plus loin la dernière section du chapitre « Le Futur de l'énergie »).

À cause du nombre élevé de paramètres variables dans la science du changement climatologique et étant donné que la réponse humaine au problème dépend des volontés des sociétés et des politiques, il est impossible pour un futurologue (quel qu'il soit) de prédire comment le climat se comportera en 2030. Pourtant, il est possible de prédire que le changement climatique restera l'un des problèmes les plus pressants auxquels sera confrontée l'humanité (et ce, quelle que soit l'efficacité de la politique menée pour combattre le réchauffement global au cours des 25 prochaines années), parce qu'il existe un délai temporel inhérent à la façon dont notre atmosphère réagit au réchauffement.

Dans son livre éminemment influent publié en 2006, *The Weather Makers*, l'environnementaliste et zoologiste Tim Flannery (élu « Australien de l'Année » en 2007¹⁹) écrit :

Tandis que notre planète se réchauffe, les couches de surface des océans ont besoin d'environ trois décennies pour absorber la chaleur de l'atmosphère et il faut environ mille ans ou plus pour que cette chaleur atteigne les profondeurs des océans. Cela veut dire que nos océans sont en train de réagir maintenant aux gaz que nous avons envoyés dans notre atmosphère dans les années 1970.²⁰

Cela veut dire que les gaz à effet de serre que nous relâchons maintenant au cours de la première décennie du 21^e siècle formeront la chaleur emprisonnée dans les océans en l'an 2030, de l'eau chaude qui se transformera en énergie propulsant les futurs ouragans et tornades. Et cette quantité de chaleur sera considérable : depuis la révolution industrielle en 1751, environ 305 milliards de tonnes de carbone ont été relâchées dans l'atmosphère par le biais de la consommation d'énergies fossiles et de la production de ciment. La moitié de ces émissions de CO₂ se sont produites depuis le milieu des années 1970.²¹

Le résultat de la chaleur confinée dans les océans à cause de nos émissions de gaz à effet de serre sera que d'ici 25 ans, les cyclones de puissance égale ou supérieure à Katrina, qui a dévasté la Nouvelle-Orléans en 2005, seront plus fréquents²², même si au cours du prochain quart de siècle, l'effort global pour réduire les émissions de carbone s'avère héroïque. En 2030 le climat sera donc extrême.

3. La crise énergétique à venir

Elle est évidente si l'on y réfléchit. Nous commençons à manquer d'énergies fossiles. Alors que j'écris ces mots, on annonce déjà de nouvelles technologies qui pourront encore améliorer les capacités d'extraction de combustibles fossiles en repoussant de ce fait le moment où ces combustibles fossiles seront hors de prix. Mais toutes ces annonces en fanfare sont erronées. Il est tout à fait indiscutable (et pas seulement à cause des problèmes urgents de changements climatiques), que nous devons trouver de nouvelles méthodes non polluantes pour accorder à nos sociétés les sources vitales d'énergie qu'elles requièrent. Et cela doit être fait alors même que la population mondiale explose et que la demande énergétique croît à l'unisson.

Pourtant, les sources d'énergies propres sont partout autour de nous : dans le soleil, le vent, les vagues et les roches. Seulement nous sommes des humains cupides, paresseux et avarés et nous n'avons pas été dans l'obligation de nous atteler à cette problématique... jusque-là.

Imposer des restrictions obligatoires à notre consommation d'énergie ne constitue pas une réponse à la crise énergétique qui se profile (quoique préservation et gestion efficace doivent être grandement améliorées). L'évolution humaine nous pousse à rechercher la croissance continue, qu'elle soit personnelle ou collective, et tout effort législatif concerté pour restreindre la croissance ou l'activité économique entraînerait des troubles sociaux d'envergure, ainsi que d'alarmantes conséquences macro-économiques.

La solution à la crise énergétique est complexe puisque le problème lui-même est complexe. Les humains consomment de l'énergie depuis que le premier feu de camp fut allumé, et quand il y aura jusqu'à douze milliards d'êtres humains sur la Terre au milieu du siècle, tous à la recherche de meilleurs niveaux de vie, il y aura une demande d'énergies forcément inflationniste.

Il y a peu, debout sous le soleil éblouissant d'une chaude journée d'été à Sydney, je réfléchissais au fait que les Australiens relâchent dans l'atmosphère plus de monoxyde carbone par habitant²³ qu'aucune autre nation (même les États-Unis). La raison est simple à comprendre : l'Australie comprend de vastes réserves de charbon aisément exploitables et cette énergie sale produit 85 % de l'électricité nationale.²⁴ Avec la complicité honteuse des États-Unis, l'Australie a choisi de s'isoler en refusant de ratifier le Protocole de Kyoto en 1997. John Howard, le Premier Ministre australien a récemment été contraint d'opérer une volte-face quant au changement climatique²⁵ (comme son ami, tout aussi réticent, George W. Bush).^v

Durant l'heure que j'ai passée dans le splendide Jardin Botanique de Sydney, la force de l'énergie solaire que je recevais était si importante que je fus victime d'un coup de soleil (pas vraiment étonnant !). Pourtant je ne vis pas un seul panneau solaire dans la ville. Et, sous mes pieds, je savais qu'il y avait assez d'énergie géothermale accessible

^{vi} Le 8 Mai 2007, le Ministre des Finances de John Howard divulgua un budget allouant une subvention de \$8000 par foyer au plan national pour aider à l'installation de panneaux solaires et un programme budgété à \$150 millions sur cinq ans.

pour subvenir à toute la demande de production énergétique de l'Australie²⁶ pour le reste du 21^e siècle.

La solution à la crise énergétique (et aux effets toujours plus graves du changement climatique) se trouve littéralement tout autour de nous, dans le vent, les vagues, les roches chaudes et la chaleur du soleil. Il sera difficile et coûteux de maîtriser les sources d'énergies naturelles et il sera économiquement douloureux de ralentir nos investissements en extraction d'énergies fossiles. Mais cela doit être fait, et vite.

4. La globalisation

Le terme « globalisation » englobe de nombreuses significations et évoque nombre d'émotions différentes. Dans une de ses acceptions extrêmes, on l'utilise pour signifier « l'exploitation économique globale des pauvres par les riches », tandis que l'autre acception extrême signifie « un mouvement global pour réduire la pauvreté et promouvoir la paix ». En 2007 ces deux formes de globalisation extrême coexistent activement, tout comme d'autres exemples plus modérés, et la tendance lourde à l'internationalisation commerciale sera un des facteurs majeurs induisant les changements qui nous affecteront d'ici 2030.

En substance la globalisation signifie un commerce international dénué de toute entrave, quoique le monde ait encore bien du chemin à parcourir avant la disparition de toute forme de barrière économique. En principe, le commerce – et particulièrement le commerce international –

permet à toutes les parties prenantes d'accroître leur richesse. Augmenter la richesse globale est une noble intention et peu de conséquences assurent mieux la paix que l'accroissement de la prospérité. Les bénéfices financiers de la globalisation sont expliqués dans une théorie économique intitulée « avantage comparatif ».

Les nations européennes furent pionnières d'une forme coloniale de globalisation aux 17^e et 19^e siècles en étendant leurs empires et en faisant commerce de denrées à travers le monde, mais depuis le libre-échange a beaucoup souffert de déboires à cause des explosions de nationalisme et de protectionnisme, des guerres mondiales (et une cessation complète de la globalisation durant les deux grandes guerres) et plus de cinquante ans de polarisation idéologique globale entre capitalisme et communisme.

Après l'écroulement de l'Union Soviétique et la fin de la Guerre Froide, la scène était de nouveau prête à accueillir le retour du commerce à l'échelle véritablement globale. Néanmoins, cette fois-ci le commerce lointain fut favorisé par l'arrivée d'Internet, des technologies de communications *low-cost* et du transport aérien à bas prix (sans oublier les inquiétudes légitimes quant à l'impact environnemental de l'aviation).

L'exemple le plus théâtral et le plus évident de l'impact de la globalisation s'est produit après l'admission de la Chine à l'Organisation Mondiale du Commerce en 2001, lorsque bien des tarifs du commerce international furent abolis. Le résultat tangible fut que des dizaines de millions de Chinois échappèrent à la pauvreté²⁷, et en 2004 la Chine devança

le Japon en devenant le 3^e exportateur mondial derrière les États-Unis et l'Allemagne.

L'entrée de la Chine dans l'OMC a eu pour effet de relier ce pays plus intimement aux *networks* pan-asiatiques hautement sophistiqués déjà existants, et cette jonction fut nettement facilitée par Internet. Tout le monde dans la région en a bénéficié²⁸, même l'opulent Japon, qui en 2002-2003 fut tiré d'une décennie et demie de semi-avachissement économique par la demande chinoise de composants haut de gamme et de moyens de production. L'Asie du Sud-Est a été survitaminée : riche en ressources, y compris caoutchouc, pétrole brut, huile de palme et gaz naturel, il semble qu'elle profitera encore longtemps de l'appétit chinois pour les matériaux bruts et l'énergie. En ce moment l'économie chinoise croît d'au moins 7 % par an, une tendance qui devrait se poursuivre durant les quinze prochaines années²⁹. En 2030 l'économie chinoise devrait être la plus importante ou la seconde³⁰ au monde.

Mais la globalisation actuelle semble être considérée par beaucoup comme le viol de pauvres cultures ethniques par les pays riches du monde développé – à preuve les foules de manifestants anti-globalisation³¹ qui se manifestent lors de la plupart des sommets du G8.

Pour les esprits critiques, la globalisation est ressentie comme une « *McDonaldisation* » et une « *Disneyfication* » des nations qui ont été amadouées au point d'accueillir une telle invasion culturelle et économique par le biais d'importations massives de programmes télévisuels et de films américains. Mais John Naisbitt³², futurologue américain reconnu et auteur

du best-seller publié en 1982, *Megatrends*, rejette l'idée selon laquelle la globalisation serait une forme de colonialisme culturel américain. Dans son ouvrage paru en 2006, *Mind Set! Reset Your Thinking And See The Future*, il constate :

La question est : la globalisation signifie-t-elle l'américanisation ? En bref, ma réponse est non. Dans les paramètres de mesure de la globalisation, nous pouvons inclure les communications téléphoniques, les flux financiers, les chiffres d'échanges commerciaux et ainsi de suite, mais la propagation des idées et des cultures est difficile à quantifier. L'un des paradoxes américains actuels est que l'Amérique elle-même est en phase de mutation culturelle profonde et que ce changement est bien plus important que la façon dont les États-Unis influencent le monde. En effet, l'immigration remodèle les États-Unis bien plus que l'Amérique ne change le monde. Il y a plus de restaurants chinois aux États-Unis que de fast-food McDonald's.

Néanmoins, un autre futurologue américain mondialement reconnu, Jeremy Rifkin³³ – auteur des best-sellers *The End of Work*, *The Biotech Century* et *The Age of Access* – envisage les deux points de vue de la controverse. Dans son livre publié en 2002, *L'Économie Hydrogène*, il écrit :

La globalisation est la dynamique qui définit notre époque. Ses défenseurs la considèrent comme étant la prochaine avancée économique majeure pour l'humanité et une façon d'améliorer la vie de tous. Ses détracteurs la voient comme l'exemple ultime de la

dictature que les grands conglomérats exercent sur la société et comme une manière d'accroître l'abîme entre les nantis et les pauvres. Les sociétés internationales, aidées par les nations du G7, font du lobbying pour modifier les régulations et les statuts gouvernementaux qui, argumentent-ils, restreignent la liberté de commercer. Les anti-globalisation sont de plus en plus nombreux à descendre dans la rue pour protester contre ce qu'ils considèrent comme un pillage systématique de l'environnement au mépris des conditions de travail sensées protéger la Terre et les communautés humaines et animales de la rapacité des grosses sociétés.

La globalisation est aussi vue comme une excuse pour l'utilisation par les multinationales de main-d'œuvre à prix dérisoire dans les pays en voie de développement afin de vendre des produits toujours moins chers (qui n'en rapportent pas moins de profit) aux consommateurs avides des riches pays occidentaux.

Mais d'un autre côté, l'*offshoring*, l'*outsourcing*, la liberté des flux de capitaux et la liberté de commerce international (une façon moins provocante de décrire le procédé) possèdent le potentiel de réduire la pauvreté dans les nations pauvres et de rapporter des bénéfices aux consommateurs du monde riche, à condition d'être exercés de façon honnête et de manière à pouvoir durer.

La Banque Mondiale prétend que la globalisation pourrait promouvoir une croissance plus rapide des revenus médians au cours des 25 prochaines années que durant la période

1980-2005, et voir les pays en voie de développement jouer un rôle central³⁴. Néanmoins elle met en garde contre le fait que si cette croissance n'était pas gérée avec précaution, elle pourrait s'accompagner d'inégalités de revenus croissantes et de pressions potentiellement sévères sur l'environnement.

Poussées par la globalisation depuis 1974, les exportations ont doublé en terme de produit économique mondial, pour atteindre plus de 25 %, et si l'on se base sur les tendances existantes, elles représenteront 34 % en 2030.

Le produit mondial a lui-même doublé depuis 1980 à cause de la globalisation, et depuis 1990 près d'un demi-milliard de personnes sont « sorties » de la pauvreté ! Selon les tendances actuelles, ajoute la Banque Mondiale, le nombre de gens qui vivent avec l'équivalent de moins d'un dollar par jour, sera divisé par deux d'ici 2030 pour passer d'un milliard à 500 000. Ce sera le résultat de la croissance en Asie du Sud-est, dont le pourcentage de pauvres au niveau mondial sera divisé par deux (de 60 % à 30 %), tandis que le pourcentage de pauvres en Afrique augmentera, jusqu'à représenter 30 % à 55 % du niveau mondial. Cela représente une inégalité continentale qui porte en germe des menaces significatives pour la stabilité mondiale.

En 2030, soit les nations les plus riches du monde poursuivront une globalisation éthique et supportable – par cela j'entends que nous nous préoccupons convenablement de ceux avec lesquels nous commercerons ainsi que de l'environnement dans lequel nous commercerons – soit nous construirons des barricades pour repousser ceux que nous aurons déposés.

Comme le souligne James Canton dans *The Extreme Future* :

Au sens le plus cru, soit la globalisation sera une révolution des plus réussies afin d'accélérer la démocratie globale, le libre-échange et l'ouverture des marchés, soit elle transformera les nations pauvres en victimes... Cela sera peut-être le plus grand défi auquel notre civilisation actuelle sera confrontée. Les gens qui n'ont aucun espoir de futur sont les gens les plus dangereux qui soient. Ils feraient n'importe quoi pour s'approprier un futur – ou pour détruire ceux qu'ils estiment en train de leur voler ce futur.

Mais alors même que la globalisation commence à sortir environ 5 milliards d'êtres d'une pauvreté abjecte, il reste encore environ 1 milliard de gens coincés dans approximativement 85 nations en train de souffrir d'une croissance minimale ou nulle, ou de déperissement économique. Les individus dans ces « États du bas » n'ont pas accès aux marchés globaux (et même s'ils y accédaient, ils n'auraient pas grand-chose à vendre hormis leurs ressources naturelles).

La plupart – mais pas tous – de ces pays sont en Afrique sub-saharienne et de façon typique, leurs sociétés ont atteint un stade de développement qui équivaut à celui auquel les sociétés européennes étaient parvenues entre les 8^e et 14^e siècles. Ces sociétés sont si pauvres que les gens sont constamment en train de se battre entre eux pour le peu de richesses qu'ils possèdent (comme c'était le cas dans les sociétés européennes à l'époque). Ces sociétés souffrent de fléaux et de famine, d'analphabétisme, de soins

rudimentaires, et n'attirent pas d'investisseurs étrangers à cause de leur instabilité chronique. En effet, le peu de capital intérieur généré ou déjà existant est immédiatement exporté sur des comptes de banques étrangères dans les pays riches par crainte de cette même instabilité politique.

Des aides occidentales (en nature et financières) ont été massivement allouées aux pays qui abritent le milliard d'individus au bas de l'échelle – pas moins de \$2 3000 milliards selon William Easterly³⁵, professeur d'économie à l'Université de New York, – mais cela n'a guère changé la vie des gens ordinaires qui constituent ce milliard du bas de l'échelle.

La raison pour laquelle notre aide a été si peu efficace réside dans l'importance du problème : beaucoup des pays auxquels nous avons donné notre argent étaient déjà si pauvres que l'argent fut immédiatement accaparé et englouti par ceux qui avaient un tant soit peu de pouvoir : présidents, dictateurs, ministres, directeurs de banques, officiers de douanes, diplomates, constructeurs et même transporteurs. Nombre de ces escrocs avaient peut-être de grandes familles vivant dans la pauvreté, et porter le bien de la société en général au-dessus de ses considérations personnelles aurait nécessité la bonne conscience d'un saint.

Le Professeur Paul Collier³⁶, directeur d'Études des Économies Africaines à l'Université d'Oxford, écrivait dans son livre, *The Bottom Billion*, publié en 2007 :

Toutes les sociétés ont été pauvres. La plupart sont en train d'en sortir, pourquoi alors d'autres stagnent-elles ? La réponse réside dans les pièges. La pauvreté

n'est pas un piège intrinsèque sinon nous serions encore tous pauvres. Pensez un instant au développement comme une suite de pentes et d'escaliers. Dans le monde moderne de la globalisation, il existe des escaliers fabuleux qu'utilisent la plupart des sociétés. Mais il existe aussi des pentes abruptes et certaines sociétés y ont chuté. Les pays en bas de l'échelle sont une minorité. Ils n'ont pas de chance, mais ces pays sont bel et bien coincés là.

Dans cette étude portant sur ce à quoi le monde pourrait ressembler en 2030, pourquoi devrait-il nous importer, dans le monde développé, qu'un milliard d'êtres (et potentiellement bien plus en 2030) vivent dans le dénuement le plus abject ? Il y a deux raisons à cela : la première est l'énorme coût économique infligé par les pays en faillite et en guerre, et la seconde est la certitude quasi absolue que de tels pays chercheront de façon croissante à obtenir une forme de compensation à leur pauvreté par le biais du terrorisme international.

La globalisation doit maintenant être élargie de façon à inclure de façon spécifique le milliard d'êtres en bas de l'échelle, sinon leur vengeance à l'encontre du monde riche deviendra le septième facteur d'importance à influencer notre futur, pour le pire.

5. Accélération du développement technologique

Il y aura plus d'évolutions technologiques durant les 25 prochaines années qu'il n'y en a eu au cours de tout le

dernier siècle. Et ce fut le siècle qui produisit les avions, les voitures, les polymères, l'énergie nucléaire, la télévision, l'ordinateur, Internet et le téléphone portable.

La raison pour laquelle je prévois de tels bouleversements extrêmes est la vitesse à laquelle le développement technologique s'accélère. La clé pour appréhender cela réside dans la compréhension de deux facteurs : a) le développement technologique en lui-même est l'extension de l'évolution humaine, b) la vitesse du développement technologique est le résultat direct de la vitesse et de la richesse croissantes des flux d'informations qui traversent le monde.

Ray Kurzweil³⁷, futurologue et inventeur américain de renom, a fait remarquer que depuis que les hommes ont commencé à élargir leurs pouvoirs biologiques en inventant la technologie, l'innovation technologique s'est elle-même mise à accélérer de façon exponentielle. Il écrit :

L'analyse de l'histoire de la technologie montre que l'évolution technique est exponentielle, contrairement à la vision d'une « intuition linéaire » qui semble pourtant tomber sous le sens. Ainsi donc, nous ne vivrons pas 100 ans de progrès au 21^e siècle mais plutôt 20 000 ans de progrès (au rythme actuel). Les performances techniques – comme la vitesse des processeurs ou la compétitivité des prix – augmenteront aussi de façon exponentielle. Il y aura même une croissance incommensurable du rythme de la croissance exponentielle. Dans quelques dizaines d'années, l'intelligence artificielle surpassera l'intelligence humaine, ce qui ouvrira la voie à « La

Singularité » – une évolution technologique si rapide et si profonde qu'elle représentera une déchirure dans le tissu de l'histoire humaine.³⁸

La référence de Ray Kurzweil à « La Singularité »³⁹ dans le paragraphe au-dessus me pousse à expliquer pourquoi j'ai décidé de focaliser cette étude sur le quart de siècle à venir et non sur ce qui se passera dans cinquante ans, ou à un moment plus lointain du futur. Comme Ray Kurzweil, je suis convaincu (et l'ai été depuis des dizaines d'années) que nous approchons rapidement du moment où l'intelligence artificielle égalera l'intelligence humaine. La plupart des futurologues estiment que ce phénomène dérangeant devrait se produire entre 2025 et 2035 ; peu après que cette étape marquante aura été franchie, la vie des individus et de la société commencera à changer d'une façon qu'il est impossible d'imaginer avec notre seule pensée humaine.

Une ou deux années après le moment où les machines auront atteint le niveau de l'intelligence humaine, le développement exponentiel de la technologie signifiera que les machines auront le potentiel de devenir deux fois plus « intelligentes » que les humains. Puis, une ou deux années plus tard, elles seront quatre fois plus capables de cette prouesse. Ensuite leurs capacités dépasseront très vite toute forme de mesure et d'entendement humain.

Comme je l'expliquerai plus avant dans le chapitre « Accélération exponentielle du développement technologique », cette perspective n'est pas aussi alarmante que l'on pourrait l'imaginer, mais c'est la raison majeure pour laquelle la futurologie actuelle ne peut se projeter plus avant que le

quatrième quart du 21^e siècle. Après cela, le futur deviendra étranger, impossible à identifier et à décrire pour le public actuel.

Je vois le phénomène de l'accélération du développement technologique comme un « joker dans un jeu de cartes » quand il s'agit d'envisager les tendances à venir. Durant le prochain quart de siècle, il est possible que des technologies « joker » encore inimaginables soient développées afin de répondre à la demande mondiale d'énergie propre et peut-être, afin de permettre un certain contrôle du climat. Ce pourrait aussi être la solution au manque d'eau potable. Je reviendrai sur ces spéculations dans les sections afférentes.

6. Le modèle « Prévention-Extension » en médecine [Prévention des maladies et longévité]

Alors que les machines approcheront peut-être du moment où elles usurperont notre espèce sur cette planète, nous, les humains, ne resterons pas inactifs. En fait nous serons en train de modifier les fondements de notre humanité, et ce, de façon drastique.

Parce que les humains n'ont souvent pas de termes pour décrire le futur technologique, j'ai inventé une expression portemanteau (« prévention-extension ») pour décrire une nouvelle forme de médecine qui émergera durant le prochain quart de siècle. Plutôt que d'essayer de trouver des remèdes pour les maladies et les maux existants, la prochaine

révolution médicale produira une nouvelle discipline dans les pays riches qui sera dédiée à la médecine personnalisée pour prévenir la maladie et accroître radicalement la longévité humaine.

Le génome humain a été décodé⁴⁰ en 2001 et cela a donné aux sociétés pharmaceutiques, aux chercheurs et aux universitaires, une topographie de ce que les informaticiens nommeraient « le code-source humain ». En d'autres termes, le séquençage a mis à nu tous les gènes qui composent un être humain. Le problème étant que nous commençons seulement à identifier à quoi servent les différents gènes dans la biologie humaine et comment des combinaisons de gènes apparemment différents travaillent à l'unisson pour produire un résultat spécifique.

Bien que ce soit une tâche phénoménale, des progrès considérables ont été accomplis en matière d'identification génétique. Des biologistes d'Harvard ont récemment identifié le gène responsable du bronzage⁴¹ lorsque la peau est exposée aux ultraviolets. Il s'avère que c'est un suppresseur de tumeur bien connu, le *p53*, souvent surnommé « le gardien du génome ».

Ces connaissances peuvent avoir des applications aussi triviales que bénéfiques. Une crème solaire pourra peut-être un jour activer le gène *p53* pour induire un bronzage naturel sans que l'utilisateur soit obligé aux effets maléfiques des rayons ultraviolets du soleil. Une application plus sérieuse serait de stimuler les gènes *p53* afin d'attaquer le cancer de la peau. Comme le rapportait *New Scientist* en Juillet 2007 :

Ce n'est pas tout à fait l'élixir de vie, mais les chercheurs ont identifié une façon de nous garder jeunes plus longtemps. Chez les souris tout du moins, la stimulation de la production de deux protéines – p53 et Arf – a permis aux rongeurs de vivre plus vieux tout en présentant moins de signes du vieillissement.

Depuis sa découverte en 1979, le gène p53 a été un facteur déterminant dans la recherche contre le cancer. Lorsqu'il est stimulé, il encourage les cellules cancéreuses à se saborder – un procédé nommé *apoptosis*.⁴²

Les nouvelles concernant les identifications de gènes semblent croître de jour en jour. Des gènes clés pour la lutte contre le HIV-sida⁴³ ont été identifiés comme causant une forme particulièrement sévère de schizophrénie catatonique.⁴⁴ Des chercheurs encadrés par les scientifiques de l'Université de Cincinnati ont repéré une petite famille de gènes qui peuvent augmenter de façon drastique le risque de développer un cancer du poumon⁴⁵ – un des plus grands facteurs de mortalité au monde – et des chercheurs à Montréal ont récemment découvert un gène qui semble inhiber la faculté de mémoire⁴⁶ (ce qui un jour mènera peut-être à un traitement de la maladie d'Alzheimer).

D'autres identifications de gènes liés à des maladies incluent : des gènes responsables des maladies neuronales, du diabète de type 2, ou un gène qui semble inhiber le cancer du sein, ou encore un gène qui cause le cancer de l'estomac, un autre qui induit la surdité, et bien d'autres encore. Nous commençons à entrevoir les bases de l'organisation de la biologie humaine.

Durant les prochaines années, la « carte maîtresse » du génome humain sera à peu près complétée, et avec l'accroissement rapide de la puissance informatique, il deviendra possible de séquencer la carte du génome de chaque patient (ou du moins des patients qui auront la chance de vivre dans les pays développés).

Dans *Extreme Future*, James Canton décrit la révolution médicale à venir de la façon suivante :

Les spéculations sur les maladies et les traitements feront place à une médecine plus précise, plus prédictive et qui améliorera la santé, c'est-à-dire la Médecine de la Longévité. Une médecine qui possédera intrinsèquement la capacité de s'immiscer dans la carte génomique de chaque individu de sa naissance à sa mort. Les médecins auront un outil de diagnostic sans équivalent jusqu'alors : l'ADN de chaque individu. La prochaine étape comprendra la prévention technologique, la promotion de la bonne santé et une augmentation de la durée de vie.

En plus d'une approche aussi prégnante du diagnostic, la thérapie génique⁴⁷ utilisera la puissance de l'identification génétique pour produire de nouveaux médicaments et traitements bien plus efficaces que les thérapies actuelles.

La recherche sur les cellules souches est un autre développement excitant qui promet de révolutionner la médecine. Une cellule souche est une cellule humaine embryonnaire de base qui a la capacité de se transformer en pratiquement n'importe quel type de cellule. Un certain

nombre de thérapies basées sur les cellules souches existent déjà, particulièrement la greffe de moelle osseuse, utilisée pour traiter des maladies telles que la leucémie. Dans le futur, les chercheurs scientifiques anticipent de pouvoir utiliser les technologies issues de la recherche sur les cellules souches pour traiter une plus grande variété de maladies y compris certaines formes de cancer, la maladie de Parkinson, les blessures de la colonne vertébrale, et les atteintes musculaires, parmi un certain nombre d'autres affections et états pathologiques.

Dans un futur proche, la médecine issue des cellules souches promet même de pouvoir faire pousser du tissu et de la matière osseuse à usage humain qui sera basé sur l'ADN du patient. Il y a de bonnes raisons de penser que les cellules souches nous permettront peut-être de réparer et de régénérer des organes endommagés⁴⁸ et éventuellement de produire des 'organes de remplacement' qui ne risqueraient pas d'être rejetés par nos systèmes immunitaires. Des vessies humaines de remplacement⁴⁹ ont déjà été produites et transplantées dans des humains à l'aide des techniques de cellules souches. Récemment du tissu cardiaque a été créé à partir de cellules souches⁵⁰ ce qui laisse à penser que d'ici 5 ans des cœurs complets de substitution pourraient être réalisés et il y a peu, des scientifiques ont réussi à produire des cellules de pancréas⁵¹ à partir des cellules souches qui produisent l'insuline, ce qui soulève l'espoir de pouvoir un jour guérir le diabète en faisant pousser un nouveau pancréas. En 2030, de telles régénérations d'organes seront routinières et pratiquement tous les autres organes seront aussi cultivés à partir de cellules souches. Nous aurons alors nos propres 'pièces de rechange'.

À partir de cette discussion sur l'ADN individuel, les médicaments géniques et la recherche sur les cellules souches, vous commencez à voir pourquoi j'ai fait une contraction/combinaison des mots *préventif* et *longévité* pour produire l'expression 'prévention-extension'.

En 2006, James Canton écrivait l'observation suivante :

Au cours des décennies à venir, la médecine vivra une révolution. La convergence des industries pharmaceutiques, biotechnologiques, et nanotechnologiques formeront un marché global énorme focalisé sur un thème sous-jacent : la vente de la longévité.

Le Botox d'aujourd'hui mènera au remplacement génique thérapeutique de demain. Les liftings ouvriront la porte à des cellules souches produites par les nanotechnologies pour offrir demain une peau de bébé sans rides. Mêmes les mémoires seront à vendre, avec de surcroît une agilité mentale et une intelligence accrues pour faire bonne mesure.⁵²

Alors, si nous laissons de côté les considérations du Dr Canton quant au bonus commercial que représenterait la nouvelle révolution médicale, (une perspective facile à comprendre si l'on considère l'approche ultra-capitaliste des USA à l'endroit de la médecine), je partage ses conclusions. Il semble que durant la période à laquelle cette étude s'intéresse, ceux d'entre nous qui vivront dans le monde riche seront en bien meilleure santé et vivront beaucoup plus longtemps

que nous ne l'anticipons. Il est même possible qu'un enfant né en 2030 puisse avoir l'option de prolonger sa vie dans la jeunesse et la bonne santé de façon pratiquement indéfinie.

Chapitre 1

Accélération exponentielle du développement technologique



Consultant de Référence :

Professeur Allison Druin⁵³

*Director, Human-Computer Interaction Laboratory,
University of Maryland, USA*

L'invention, puis les applications des technologies de plus en plus sophistiquées ont généré une grande partie de la richesse des pays développés. C'est la raison pour laquelle je traite ce sujet en premier car le développement technologique aura un impact significatif sur les autres thèmes abordés dans ce rapport.

Dans un article intitulé « *Technological Revolutions: Ethics and Policy In The Dark* », le Dr. Nick Bostrom, Directeur de L'institut du Futur de l'Humanité et de la Faculté de Philosophie à l'Université d'Oxford, clarifie le rôle joué par la technologie dans la société moderne :

Les changements induits par la technologie sont en grande partie responsables de l'évolution des paramètres de base de la condition humaine tels que : l'augmentation de la population mondiale, l'espérance de vie, les niveaux d'éducation, les standards matériels de vie, la nature du travail, la communication, la couverture médicale, la guerre et les effets de l'activité humaine sur l'environnement naturel. D'autres aspects de la société et de nos vies individuelles sont aussi influencés par la technologie de bien des façons directes ou indirectes comme les formes de gouvernement, le spectacle, les relations humaines et nos approches de la moralité, la cosmologie et la nature humaine.

Il n'est pas nécessaire d'embrasser une quelconque forme de déterminisme technologique aigu ou d'être un matérialiste historique pour accepter que la capacité technologique – à travers ses interactions complexes avec les individus, les institutions, les cultures, et l'environnement – est un déterminant clé des règles de bases selon lesquelles le jeu de la civilisation humaine se joue à tout moment donné.⁵⁴

Dans la section précédente (« La toile de fond du monde en 2030 »), j'ai cité l'observation du futurologue américain Ray Kurzweil quant au « rythme exponentiel du développement technologique » et le fait que ce rythme même s'accélère de façon exponentielle. D'autres futurologues sont du même avis et certains vont même jusqu'à suggérer que l'accélération du changement technologique produit une accélération du changement dans la société elle-même.

Rolf Jensen⁵⁵, du *Copenhagen Institute for Future Studies*⁵⁶, décrivait cela dans son livre publié en 1999, *The Dream Society* :

Le rythme du développement d'un type sociétal à un autre s'accélère. La société agricole est née il y a 10 000 ans, la société industrielle est née il y a entre 100 et 200 ans, puis la société de l'information a vu le jour il y a une vingtaine d'années. Qui sait combien d'années encore dureront la logique et l'économie de la Société de l'Information ?

Et Alvin Toffler, le futurologue américain mondialement connu (celui qui inspira ma vocation), le déclarait de façon

encore plus crue dans son best-seller paru en 1970, intitulé *Future Shock* :

La société occidentale des trois siècles précédents a été prise dans une tornade de changements. Loin de s'essouffler, cette tornade semble maintenant croître en vigueur.

Je partage ces points de vue sur l'accroissement constant de la vélocité du développement, qu'il soit technologique ou social, et c'est la raison pour laquelle j'ai accolé les termes a priori tautologiques « accélération » et « exponentielle » dans l'intitulé de ce chapitre.

Si le terme exponentiel est un concept facile à comprendre en théorie (un doublement dans le temps – habituellement durant une période fixée qui revient à intervalles réguliers), il est difficile d'apprécier la puissance des effets exponentiels. Quand un petit nombre est doublé, le changement passe pratiquement inaperçu ; quand un grand nombre est doublé, l'effet est abasourdissant. Nous allons rentrer dans une période durant laquelle les effets du développement technologique exponentiel seront tout à fait remarquables.

Ray Kurzweil prétend aussi (ce qui paraît étonnant à première vue) qu'un tel développement exponentiel est un résultat naturel de l'évolution humaine. Dans son livre publié en 2005, *The Singularity Is Near* (traduit en français sous le titre : *Humanité 2.0 : la bible du changement*), il écrivait :

Le futur est largement mal compris. Nos aïeux pensaient qu'il serait à l'image de leur présent, qui ressemblait assez à leur passé. Les tendances

exponentielles existaient bien il y a mille ans, mais à ce stade très juvénile elles étaient si linéaires et si lentes qu'elles ne ressemblaient même pas à une tendance. Il en résultait que les observateurs se trouvaient confortés dans leurs projections d'un futur inchangé. Aujourd'hui nous anticipons un changement technologique continu et les répercussions sociales que cela implique. Mais le futur sera bien plus surprenant que la plupart des gens ne le réalisent, car peu d'observateurs ont véritablement intégré les implications dues au fait que le rythme du changement lui-même va s'accélérant. La plupart des prévisions à long terme quant à ce qu'il sera techniquement possible de réaliser dans le futur sous-estiment dramatiquement la puissance des développements à venir parce qu'ils sont établis à partir de ce que j'appelle la vision « linéaire intuitive » de l'histoire plutôt que de la vision « historique exponentielle ».

Kurzweil est un homme dont on devrait prendre les visions au sérieux. C'est non seulement un futurologue reconnu⁵⁷ et un auteur à succès, mais aussi un inventeur et un ingénieur, qui s'est vu attribuer pas moins de douze doctorats honoraires, ainsi que le Prix Lemelson-MIT et la *US National Medal of Technology*. Il a été le principal développeur de la première interface de reconnaissance optique multicaractères, de la première imprimante à reconnaissance vocale pour les aveugles, du premier scanner CCD à plateau et du premier synthétiseur de reconnaissance vocale.

Sa suggestion quant au développement exponentiel de la technologie en tant que trait naturel de l'évolution n'a

connu qu'un faible retentissement (jusqu'à il y a peu), car étant dans sa phase initiale, cette accélération demeurait moindre. Or il semble que cette idée soit le fruit de l'étude de l'histoire du progrès technologique.

La révolution agricole a commencé il y a environ 12 000 ans, mais il a fallu attendre encore 6 000 ans pour que les humains inventent les trois technologies virtuelles qui ont façonné notre monde moderne : l'écriture à partir de l'alphabet, les mathématiques et non au sens figuré de « réalité virtuelle » comme en informatique. En anglais le mot virtuel vient du latin « *virtualis* » : quelque chose qui a une essence ou produit un effet sans nécessairement avoir une existence physique.

Le développement des technologies physiques a été encore plus lent dans l'histoire humaine. Il a fallu encore 4 000 ans (environ 3 000 avant Jésus-Christ) pour que l'humanité apprenne à produire du fer, à peu près au moment où nous avons appris à utiliser la force du vent pour naviguer.

La période (relativement) stable des civilisations grecques et romaines a apporté beaucoup de nouvelles technologies militaires et civiles, mais après la chute de Rome vinrent les sombres siècles du Moyen Âge : près de 800 ans de guerres, de fléaux et de plaies qui engendrèrent un immobilisme empêchant l'invention de nouvelles technologies marquantes (tout du moins en Europe).

Le démarrage du développement technologique exponentiel qui a mené au rythme actuel d'innovation apparemment frénétique a commencé au 15^e siècle avec l'invention

européenne de l'imprimerie à caractères amovibles. Cela a permis aux connaissances acquises par chaque génération d'être conservées, puis reproduites à bas prix et distribuées pour le bénéfice des générations suivantes et enfin, cela a engendré la Renaissance.

Maintenant que les jeunes commençaient à se tenir juchés sur les épaules géantes du savoir de leurs aînés, le développement technologique commença à prendre de la vitesse et il est possible de discerner a posteriori sa nature exponentielle (l'accélération étant mue par des flux d'information plus rapides et plus conséquents, la clé majeure de tout développement technologique accéléré).

Aux 16^e et 17^e siècles la science de la navigation se développa en même temps que la mesure du temps et la technologie navale nécessaire à la construction des galions et des navires de guerre. Les télescopes furent inventés pour regarder le ciel (et scruter le paradis) tandis que les anatomistes investiguaient le corps humain et que les philosophes naturels réfléchissaient aux lois physiques régissant l'univers.

Au 18^e siècle, les découvertes scientifiques et le développement technologique s'enchaînaient si vite qu'elles initièrent la révolution industrielle qui devait modifier la société occidentale à jamais. Les travailleurs quittèrent les zones rurales pour les villes et commencèrent à poser les jalons de notre façon de vivre moderne. Aujourd'hui les villes dominent nos économies, nos nations et notre mode de vie. (Dans son rapport intitulé « Une Image du Futur »⁵⁸, Eckard Foltin, futurologue en résidence à *Bayer Materials Science* en Allemagne, a émis l'hypothèse qu'en

2020 il y aura soit une tendance forte à l'établissement de mégapoles encore plus immenses et dominantes soit il y aura une élite technologique émergente qui polarisera le clivage de la société entre les super-riches et les pauvres ruraux).

Au 19^e siècle, « l'invention technologique » au sens où nous l'entendons aujourd'hui commença à façonner l'histoire et à promouvoir le progrès. La maîtrise de l'électricité et les inventions subséquentes du télégraphe, du téléphone, des chemins de fer, de l'automobile et de la radio posèrent les fondations du siècle d'innovations technologiques qui vient de s'écouler (et des guerres technologiques). Les flux d'informations et de savoir circulant au sein de la société devinrent encore plus rapides.

Or c'est justement lorsque l'on considère les évolutions rapides de l'ère victorienne que nous remarquons pour la première fois une difficulté qui inhibe notre capacité à considérer le futur de façon signifiante : lorsque les développements surviennent vite et en grande quantité, il nous manque la terminologie pour décrire notre futur technologique. Et il me semble que lorsqu'il y a un défaut de langage il ne peut y avoir de pensée conséquente.

Par définition l'invention de nouvelles technologies produit des actions et des capacités pour lesquelles nous n'avons pas encore inventé de mots et n'avons pas encore de concepts. Nous luttons pour décrire les capacités des nouvelles technologies en triturant des termes et des concepts pour les assembler. Par exemple, lorsque le projecteur fut inventé on l'appela « lanterne magique », tandis que la locomotive était « un cheval d'acier » ; l'automobile était un « carrosse sans chevaux » et la

radio un « sans-fil » ; un réfrigérateur était une « glacière » et un avion une « machine volante »... Vous m'avez compris.

Bien que la société ne possédât pas le langage nécessaire pour décrire ou considérer les nouvelles possibilités, le développement technologique continua durant le 20^e siècle sur sa trajectoire toujours plus rapide et exponentielle. Nous conçûmes les automobiles, la télévision, l'ordinateur, le transport aérien, l'exploration de l'espace, les plastiques, les polymères et composites haute performance, les réseaux informatiques, l'Internet et les téléphones portables, pour ne citer que quelques innovations du 20^e siècle.

Le futurologue américain John Naisbitt a exploré les problèmes qu'un tel développement accéléré pose à la société dans une de ses publications en 2006, *Mind Set ! Reset Your Thinking and See The Future* :

Les avancées de la technologie ont toujours eu pour résultat de modifier la société. La découverte du feu a mené à la chaleur, une meilleure nourriture et le début de la vraie vie en communauté. La roue, l'électricité et l'automobile ont toutes dramatiquement changé nos schémas sociaux. La différence aujourd'hui réside dans le fait que le rythme de l'évolution technologique s'est tellement accéléré que l'accommodation de la société à la nouvelle technologie a pris de plus en plus de retard : l'évolution technologique devance maintenant l'évolution culturelle et l'écart va se creusant.

Dans « l'écart » entre évolution technologique et culturelle décrit par John Naisbitt se situe un *no man's land*

où manque jusqu'au langage pour décrire les nouvelles technologies et les nouveaux concepts dont nous disposons. Un bon exemple de la pauvreté de notre langage pour décrire les innovations technologiques est le terme « téléphonie mobile ». Personne ne possède plus un simple téléphone portable. Tous les modèles appréciés mémorisent l'information dans une base de données ; de nombreux modèles ont des appareils photo et/ou des caméras vidéos intégrées ; certains peuvent jouer de la musique ; il y en a même qui proposent un système de guidage GPS et un mini-système de projection vidéo⁵⁹. L'expression « téléphone portable » paraîtra donc probablement aussi obsolète que « carrosse sans chevaux » lorsqu'un nouveau terme englobant les multiples utilisations de ce réseau universel se répandra largement.

Peu importe que nous disposions des mots pour décrire les nouvelles technologies et leurs fonctions potentielles (leurs actions et les répercussions sociales, économiques et politiques qu'elles auront), puisque de nouvelles inventions et techniques et de nouveaux concepts jaillissent des laboratoires et des centres de recherches à travers le monde à un rythme toujours plus soutenu.

C'est la raison pour laquelle je commence par aborder les différentes formes de technologies qui pourraient voir le jour d'ici 2030 (et aussi parce que les implications de ce développement technologique exponentiel sont si extrêmes). Comme je l'ai mentionné dans la partie « Toile de fond », les nouvelles technologies sont la « carte joker » du jeu qui modèlera notre futur. Elles possèdent la plus forte propension à influencer de façon drastique sur tous les autres « facteurs majeurs

de changement » que j'ai identifiés, sauf malheureusement l'explosion continue de la natalité mondiale.

Les nouvelles technologies qui devraient émerger d'ici 2030 pourraient même potentiellement offrir des solutions partielles à des problèmes comme le changement climatique et le déficit énergétique qui se profile. Ainsi, en mai 2007, le *San Francisco Chronicle* rapportait :

Les scientifiques observent de près le *jet stream*, une source d'énergie qui bouillonne nuit et jour, 365 jours par an, à seulement quelques kilomètres au-dessus de nos têtes. S'ils parvenaient à se brancher sur ses vents féroces, les besoins en électricité mondiaux seraient satisfaits, disent-ils. Des dizaines de chercheurs en Californie et de par le monde pensent que des sortes d'énormes cerfs-volants propulsant des générateurs grâce aux forces des vents pourraient apporter la solution. Aussi bizarre que cela puisse sembler, nombre d'experts reconnus déclarent l'idée suffisamment digne d'intérêt pour justifier la poursuite des recherches.⁶⁰

En juillet 2007, le *New Scientist* rapportait que les chercheurs travaillaient sur des façons de contrer les effets du réchauffement global en bloquant une partie des rayons du soleil pour les empêcher d'atteindre la planète :

En simplifiant, l'idée serait d'appliquer un « écran solaire » à toute la planète. C'est sujet à controverse, mais de récentes études suggèrent qu'il existe des façons de dévier une proportion suffisante des rayons

du soleil qui atteignent la surface de la Terre pour contrebalancer le réchauffement dû aux effets de serre. Des modèles climatiques globaux montrent que bloquer seulement 1,8 % de l'énergie des rayons solaires qui produisent une incidence annulerait l'effet de réchauffement causé par un doublement des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Cela pourrait s'avérer crucial puisque même les mesures de contrôle des émissions les plus rigoureuses proposées actuellement nous laisseraient avec un doublement des émissions de dioxyde de carbone d'ici la fin de ce siècle, et cela continuerait ainsi pendant au moins encore un siècle.⁶¹

Que les nouvelles technologies soient amenées ou pas à jouer un rôle pour mitiger les changements climatiques, il semble presque certain que les nouvelles technologies et techniques amélioreront radicalement la santé et la longévité humaines et, si l'on écarte les catastrophes potentielles mais imprévisibles, telles que des épidémies globales, des désastres naturels ou une guerre nucléaire à grande échelle, les nouveaux développements technologiques (couplés à la globalisation) induiront sans doute une croissance économique robuste dans le monde. Pour dire les choses simplement, les machines génèrent maintenant de la valeur et de la richesse pour nos sociétés et elles créeront de plus en plus de richesse en devenant rapidement de plus en plus intelligentes.

Tout auteur d'une dissertation sur les bénéfices potentiels du progrès technologique risque toujours de se voir taxé d'arrogance débridée, de « techno-prolepticisme »

[*Note de l'éditeur : l'auteur désigne ainsi la démarche par laquelle toute objection est d'emblée balayée par la croyance en un progrès technique résolvant tous les problèmes*] et d'arborer une attitude démesurément optimiste quant au futur. Ce n'est pas ma position et alors que beaucoup d'analystes étudient les technologies dans l'isolement, je crois qu'il est important de les replacer dans leur contexte social et humain. La technologie ne constitue en rien une panacée, comme nous le verrons dans les chapitres ultérieurs de cette étude qui traiteront des « Changements climatiques et environnementaux » et du « Futur énergétique ».

Néanmoins, cela fait des dizaines d'années que je suis persuadé qu'en créant des machines intelligentes, l'humanité a enclenché un processus par lequel elle aura créé une forme de successeur ou une espèce de compagnon pour l'espèce humaine. Bien d'autres commentateurs sont arrivés à la même conclusion. Dans le *New Scientist*, le Dr. James Hughes⁶², Directeur Exécutif de l'*Institute for Ethics and Emerging Technologies*⁶³ dans le Connecticut, observait :

Il semble plausible que la technologie nous permettra, dans un futur relativement proche, de créer (ou de devenir) des créatures qui surpasseront les humains dans toutes les dimensions intellectuelles et créatives. Les événements qui se produiront après cet avènement – appelons cela la Singularité Technologique – sont aussi inimaginables pour nous que l'opéra peut l'être pour un Plathyhelminthe (ver plat). La phrase précédente, presque par définition, rend la réflexion à long terme pour le moins malcommode dans ce futur de la Singularité.⁶⁴

Nous pouvons toutefois projeter un cheminement vraisemblable vers ce point de rupture dans l'évolution humaine que l'on nomme « la Singularité », même si ce chemin sera pavé de changements continuels et épuisants à cause de l'impact sur nos vies du rythme toujours croissant du développement technologique.

Nous n'avons pas d'autre choix que d'accepter les changements excessivement rapides amenés à survenir au 21^e siècle, et le seul antidote efficace que j'ai pu découvrir pour supporter les symptômes douloureux infligés par ces changements est l'apprentissage du savoir tout au long de la vie. Se tenir au courant est vital pour tempérer les orages induits par le changement violent à toute vitesse. Comme le remarquait Louis Pasteur : « Le changement préfère un esprit préparé ».

Rolf Jensen du *Copenhagen Institute for Future Studies* en propose une description très claire dans *The Dream Society* (*La Société Idéale*) :

Le passé s'éloigne de nous à une vitesse étourdissante.
Le futur nous arrive dessus avec une vélocité accrue.
L'on pourrait dire que le futur se rapproche, jusqu'à
faire pratiquement partie du présent.

À la base de presque tout ce bouleversement est l'ordinateur – et en ce moment plus particulièrement le microprocesseur et toutes les constructions associées – qui, jusqu'à il y a quelques années, doublait de puissance et de vitesse tous les deux ans et qui semble maintenant se développer encore plus vite.

La loi de Moore

L'ordinateur s'avérera être l'invention humaine majeure – et par extension, les réseaux informatiques, d'abord câblés et maintenant de plus en plus « sans fil ». Étant donné que l'ordinateur est un outil universel, il est d'une importance cruciale pour le futur de la science, de la médecine, de la sécurité, du commerce, de l'éducation et de l'activité industrielle. Les bouleversements technologiques les plus spectaculaires dans la société sont induits par les avancées en matière de puissance et de miniaturisation informatiques : par exemple dans la recherche médicale, la téléphonie mobile et les réseaux de transmission, l'Internet, les nanotechnologies et les scanners de cerveaux. En fait, presque tous les développements technologiques dépendent maintenant entièrement de l'informatique.

En avril 1965, Gordon Moore, un des deux fondateurs du fabricant de microprocesseurs Intel, a vu un de ses articles publié par le magazine américain *Electronics Magazine*. Il écrivait :

La complexité des composants à bas prix a été multipliée par un facteur d'environ deux par an... Ce rythme continuera certainement à croître ainsi à court terme et augmentera même peut-être. À long terme, le rythme de croissance demeure un peu plus aléatoire, bien qu'il n'y ait aucune raison de ne pas penser qu'il demeurera constant pendant au moins une dizaine d'années. Cela signifie qu'en 1975, le nombre de composants à bas prix dans un circuit intégré sera de

l'ordre de 65 000. Je pense qu'un circuit aussi grand peut être assemblé sur un seul wafer (*NdT : tranche de semi-conducteur*).

Cette prédiction s'avéra correcte et le phénomène de la puissance informatique multipliée par deux tous les deux ans devint tellement abasourdissant que cette analyse visionnaire fut nommée la « Loi de Moore ».

Aujourd'hui, bien que l'on continue à invoquer fréquemment la Loi de Moore (et souvent de façon erronée) pour décrire la grande vitesse de développement de l'informatique et des microprocesseurs, le concept est devenu en quelques sortes une prédiction avérée (plus une tradition qu'une loi) et c'est un standard de référence pour l'industrie informatique. Il est pourtant révélateur que la Loi de Moore soit si vite devenue obsolète, tandis que la vitesse et la densité des microprocesseurs augmentaient beaucoup plus rapidement que Gordon Moore ne l'avait prédit en 1965.

Le Dr Nick Bostrom observait en 1997, dans un article sur les machines super intelligentes :

La loi de Moore postule que la vitesse des processeurs double tous les 18 mois. Le temps requis pour le doublement était de deux ans auparavant, mais ce délai a changé il y a une quinzaine d'années. Les données les plus récentes indiquent un temps de doublement d'une diligence qui atteint parfois les 12 mois. Cela voudrait dire que la puissance des ordinateurs serait multipliée par 1 000 d'ici 10 ans. La loi de Moore est

la référence pour les fabricants de microprocesseurs lorsqu'ils doivent choisir le type de microprocesseur qu'ils vont élaborer afin de rester compétitifs.⁶⁵

Ainsi en 1997 les futurologues américains de renom Marvin Cetron⁶⁶ et Owen Davis⁶⁷ écrivaient dans leur best-seller *Probable Tomorrows* :

Si les docteurs en informatique les plus optimistes s'avéraient avoir vu juste, l'ordinateur de poche de demain pourrait contenir un milliard de bytes (un giga byte) dans sa mémoire vive (RAM) – et fonctionner 50 millions de fois plus vite que les PC les plus rapides aujourd'hui.⁶⁸

Et bien cette prédiction vieille de 10 ans était partie dans la bonne direction : mon iPod possède 80 gigas bytes et non plus un seul giga byte de mémoire, mais la puissance des organisateurs de poche n'a pas encore été multipliée par 50 millions.

Où en sommes-nous exactement dix ans plus tard ? Et où en serons-nous en matière de rapidité de processeurs et de puissance en l'an 2030 ?

La réponse est que cette question simpliste au sujet de la puissance des microprocesseurs n'est plus adéquate pour juger de la performance informatique. La puissance informatique ne dépend plus de la vitesse d'un seul processeur. Aujourd'hui, l'informatique est une activité en réseau, que ce soit dans l'architecture microprocesseurale et entre des ordinateurs indépendants. Les microprocesseurs possèdent maintenant des

« cœurs » multiples (par exemple les moteurs de recherche) et bien des processeurs multicœurs sont liés sous la forme d'un « amas » ou d'une « grille » de puissance qui peut être « locale » ou véritablement « globale ».

On peut avoir une idée de la véritable puissance des processeurs multicœurs en parcourant l'histoire rapportée par le magazine *MIT Technology Review* en février 2007 :

La semaine dernière, Intel a annoncé un projet de recherche qui a fait sauter les fous d'ordinateurs de joie : le premier super-ordinateur doté d'un « tera-scale » programmable sur une puce. La société a fait une démonstration avec une seule puce dotée de 80 cœurs ou processeurs et a démontré que ces cœurs pouvaient être programmés pour écraser des nombres au rythme d'un trillion d'opérations/seconde, une unité de mesure appelée « teraflop ». La puce fait à peu près la taille d'un gros timbre-poste, mais possède la même vitesse de calcul qu'un super-ordinateur qui en 1996 occupait environ 700 mètres carrés et pompait environ 1 000 fois plus d'électricité.⁶⁹

Cette nouvelle annoncée par Intel, leader du marché depuis des dizaines d'années, suggère que la prédiction du Dr Nick Bostrom en 1997 sur l'augmentation de la puissance des ordinateurs durant les années 1997-2007 est probablement avérée et même dépassée. Mais ce qu'il est important de remarquer dans l'article du *MIT Technology Review* c'est la miniaturisation spectaculaire des puces et la réduction de consommation d'énergie durant les opérations.

En fait, la quantité d'énergie utilisée par les microprocesseurs multicœurs est devenue un problème important. *The Economist* observait en mars 2007 :

La première méthode d'économie d'énergie est l'utilisation de microprocesseurs multicœurs, dont la performance est améliorée non pas en augmentant la vitesse mais en intégrant plusieurs moteurs de calcul ou « cœurs » dans chaque puce – une approche beaucoup plus économe en matière d'énergie. AMD, Intel et Sun vantent maintenant la performance/watt de leurs puces (c'est-à-dire le travail effectué par unité d'énergie), plutôt que de souligner la seule performance. Les processeurs bi-cœurs sont répandus et les processeurs à quatre cœurs augmentent. Le passage de bi-cœurs à quadruple-cœurs durant les 18 derniers mois a multiplié la performance par watt par 4,5, déclare Stephen Smith chez Intel.⁷⁰

Il est possible que les développeurs de microprocesseurs atteignent une sorte de palier physique durant le prochain quart de siècle en bataillant pour rendre les processeurs toujours plus petits et toujours plus performants. Ils travaillent déjà sur des formats proches de l'échelle nano en utilisant des composants plastiques pour l'isolation et la fabrication des microprocesseurs⁷¹. Néanmoins il reste possible que des difficultés liées à la dissipation de chaleur, aux connexions d'entrée et de sortie, à la barrière de la vitesse de la lumière elle-même, ou des problèmes liés aux matériaux utilisés, puissent mettre un terme à la folle épopée de la loi de Moore sur la vitesse des développements.

Par exemple, voici un article publié dans *ComputerWorld* en mars 2007 :

Les fabricants de processeurs se projettent vers un jour futur, pas si lointain, lorsque la technologie basée sur le silicone se heurtera aux lois de la physique et au fait que la mémoire ne pourra plus être miniaturisée davantage. Ce développement aura des implications quant aux gadgets comme les baladeurs MP3 et les appareils photos numériques.

Ces problématiques pourraient pousser les fabricants de mémoire informatique à dépenser des centaines de millions de dollars pour perfectionner la prochaine technologie d'importance.

Les alternatives possibles semblent sortir tout droit de la science-fiction : M-RAM, P-RAM, mémoire moléculaire et nano tubes en carbone.⁷²

Et pourtant, en 1982, j'employais des qualificatifs similaires en décrivant les futurs développements des microprocesseurs tandis que j'observais la croissance débridée du secteur. À cette époque, les scientifiques suggéraient un éventuel basculement vers des ordinateurs méga refroidis pour pouvoir continuer à tenir le rythme du développement (en utilisant les *Jonctions Josephson*) et de nombreuses voix s'élevaient pour suggérer que le processeur en substrat de silicone soit remplacé par des matériaux plus exotiques tel que l'Arséniure de gallium.

De nos jours, les créateurs de microprocesseurs envisagent de passer au design à l'échelle nano, aux nouveaux substrats

et même à l'informatique quantique. Selon *Nature*, un des nouveaux matériaux qui semble prometteur est le graphène :

Le dernier prétend à la succession au trône du silicium est le graphène. Il a été utilisé pour fabriquer un transistor véritablement miniature qui fonctionne à température ambiante, et promet l'espoir de fabriquer des appareils électroniques plus petits et plus rapides lorsque le silicium aura atteint ses limites (en 2020 environ).

Le graphène est une forme de carbone bidimensionnel découvert, il y a seulement deux ans. C'est un matériau très mince – de l'épaisseur d'un seul atome – et hautement conducteur avec une résistance minimale, qui a lancé les physiciens et les chercheurs en matériaux dans une quête fébrile pour découvrir des applications pour exploiter ces propriétés.⁷³

Les polymères jouent aussi un rôle dans la création et la fabrication de nano processeurs. En mai 2007, Hewlett-Packard a fait une importante déclaration :

Hewlett-Packard et Nanolithosolutions déclarent qu'ils ont une machine qui permettra aux fabricants de semi-conducteurs de produire des microprocesseurs supportant des conducteurs ne mesurant que quelques atomes de large.

Et l'appareil ne prend que quelques minutes à installer.

La machine est un système d’empreinte lithographique. L’empreinte lithographique est conforme à son appellation : un moule avec un dessin compliqué est appliqué sur un substrat pour créer un motif. Les flux et les canaux créés dans le substrat sont ensuite remplis de métal pour créer des fils électriques conducteurs.

Ce sont ses dimensions qui rendent l’empreinte lithographique différente d’un moule à gaufres ou d’un tampon en caoutchouc. Le système HP-Nanolitho est capable de créer des flux aussi petits 15 nanomètres, plus infimes que la largeur des fils électriques des processeurs actuels. Le moule, ou module, ne crée pas de flux en silicone, mais dans une mince couche de polymère placée sur le silicone.⁷⁴

Je pense qu’il n’y aura pas de barrière insurmontable pour empêcher le développement toujours plus rapide des microprocesseurs dans un futur envisageable. Il est clair qu’il faudra passer à la fabrication à l’échelle nano et que de nouveaux matériaux pourraient être nécessaires, mais je ne doute pas que, d’ici un quart de siècle, les commentateurs en seront toujours à se demander s’il y aura une fin imaginable à l’accélération exponentielle du développement des microprocesseurs (ou seront-ils alors appelés nanoprocesseurs ?).^{VI}

^{VI} En août 2007, le Laboratoire de Recherches d’IBM à Zürich a fait la démonstration d’un remplacement moléculaire qui pourrait se substituer à la technologie actuelle à base de silicone avec des processeurs si infimes qu’un super ordinateur pourrait rentrer dans une puce de la taille d’un grain de poussière. IBM prétend aussi que sa démonstration à l’échelle de l’atome promet d’archiver jusqu’à 1000 fois plus d’informations sur un disque dur comparé aux technologies actuelles. De tels disques durs pourraient stocker 30 000 long-métrages sur un appareil de la taille d’un iPod.

Comme finalement le rythme de développement technologique croît lui aussi de façon exponentielle, il est pratiquement impossible d'estimer ce que seront précisément la puissance et la capacité des ordinateurs en 2030.

Il subsiste néanmoins des experts qualifiés prêts à s'aventurer à des prédictions définitives quant à la vitesse et à la puissance probable qu'atteindront les ordinateurs et les réseaux informatiques en 2030. Le Dr. Paul D. Tinari,⁷⁵ Directeur du *Pacific Institute for Advanced Study* (et anciennement Professeur de *Future Studies* à l'Université de San Francisco) écrit :

Selon la Loi de Moore, la puissance d'un ordinateur est multipliée par deux tous les 18 mois, ce qui veut dire que les ordinateurs seront environ 500 000 fois plus puissants en 2030. De plus, selon la Loi de Nielsen⁷⁶, la connectivité augmente de 50 % par an et donc en 2030, les utilisateurs disposeront de 100 000 fois plus de largeur de bande qu'aujourd'hui. À cette époque, il y a des chances que vous possédiez un ordinateur qui aura une vitesse de 2,5 PHz CPU, une mémoire d'un demi péta byte (1 000 téraoctets), un disque dur d'une capacité de stockage d'un quart d'exaoctet (un milliard de gigaoctets), et qui se connectera à Internet avec une largeur de bande d'un huitième de téraoctet (un trillion de chiffres binaires) par seconde.⁷⁷

C'est pourquoi le Dr Tinari suggère que les ordinateurs de l'an 2030 seront un demi-million de fois plus puissants que les machines actuelles. À mon avis néanmoins, il a sous-estimé le résultat. Ses projections semblent ignorer l'évidence

selon laquelle le rythme du développement exponentiel est lui-même en train de s'accélérer de façon exponentielle et il a fait ses calculs à partir de l'assomption selon laquelle la loi de Moore fonctionnerait encore sur la base de 18 mois alors qu'il existe beaucoup de preuves quant au fait que ce rythme est passé à 12 mois, voire moins.

Dans une interview donnée à InstaPundit.com, Ray Kurzweil a proposé sa propre prévision de vitesse des ordinateurs en 2030 :

En 2030, un ordinateur d'une valeur d'un millier de dollars sera environ mille fois plus puissant qu'un cerveau humain. Ne perdez pas de vue non plus que les ordinateurs seront loin de ressembler aux discrets objets d'aujourd'hui. Il y aura un réseau informatique profondément intégré dans notre environnement, notre corps et notre cerveau.⁷⁸

Considérant ces deux méthodes très différentes de prévision des futures vitesses des ordinateurs, je vais conclure en ajoutant que, pour ma part, je vois le réseau informatique en 2030 comme étant plusieurs millions de fois plus puissant que les machines actuelles. Si cette prédiction devait s'avérer correcte, elle aurait de profondes implications quant au futur de l'humanité.

La société « Toujours En Ligne – Toujours Connectée »

Je suggérerais plus haut qu'il nous manque souvent les mots pour décrire les nouvelles technologies et les nouveaux concepts. Nous rentrons à peine dans une période ahurissante durant

laquelle l'Internet, le Web, la téléphonie mobile, la télévision, la radio et la communication sans fil vont fusionner pour donner un nouveau « média de communication » global. Ce nouveau « média » (que ce mot est donc pauvre et peu évocateur) verra les individus « toujours en ligne, toujours connectés, tout le monde avec tout le monde, tout interconnecté avec tout, partout et sans cesse ».

Cette dernière phrase, longue et besogneuse, était nécessaire parce que nous ne possédons pas encore de terme ou d'expression pour décrire un tel firmament de connexions électroniques extensives. Nonobstant le fait que nous commençons à peine à construire ce nouvel habitat pour l'humanité et que nous sommes bien en peine de le qualifier, la technologie sera en place, à un stade de pleine maturité et facilement disponible à bas prix dans tous les pays du monde (et dans l'espace et dans au moins une autre planète) d'ici 2030.

Tout le monde connaît Internet et son interface graphique : le « *World Wide Web* » (le Web mondial). Tout le monde connaît le téléphone portable, la télévision et la radio. Les nouvelles composantes de ce Super Web Sans-Fil fusionné sont de minuscules machines intelligentes qui communiqueront entre elles sans fil. Dans sa version la plus simple, ces machines ne seront peut-être que des Radio-Étiquettes en plastique (*RFID tags*) qui émettront des signaux d'auto-identification et enverront des données lorsqu'elles seront interrogées par un scanner sans fil adjacent. Dans une version plus complexe, des capteurs de signaux de machines seront incrustés dans les ponts ou d'autres structures cruciales pour transmettre des données sur

la charge supportée et l'état de la construction. Les machines transmettront des signaux qui voyageront dans nos corps pour envoyer des informations sur notre condition physique ou encore pour offrir un autre exemple, les pompiers dans les bâtiments en flammes porteront des capteurs sans fil qui signaleront leur position et des données sur les conditions qu'ils rencontrent.

Bientôt presque tout au monde sera relié à cet « Internet élargi » pour lequel nous n'avons pas encore de nom. Toutes sortes de technologies seront utilisées : du protocole de communications Internet traditionnel aux signaux de radio mobile, des communications de téléphonie mobile indépendante aux transmissions satellites. Finalement toutes ces technologies discrètes se mueront en une seule et même chose : un « filet à mailles » qui reliera tout, des lampadaires à l'avion volant à 10 000 mètres d'altitude.

Les signes de l'émergence de ce nouveau « média » sont déjà clairement visibles. En avril 2007, un journaliste écrivait dans *The Economist* :

Les gadgets et autres bidules parleront aux autres appareils – et seront entretenus et renouvelés à distance. Des capteurs sur les bâtiments et les ponts permettront de les gérer efficacement tout en vérifiant leurs normes de sécurité. Des systèmes sans fil dans les terres agricoles mesureront la température et l'humidité et contrôleront les systèmes d'irrigation. Des étiquettes certifieront la provenance et la distribution de la nourriture et l'authenticité des médicaments. De minuscules puces à l'intérieur ou l'extérieur des

corps des individus enverront leurs signaux vitaux aux cliniques pour les maintenir en bonne santé.

Imaginez comment les radiocommunications pourraient changer l'automobile ! Les fabricants de voitures sont déjà en train de surveiller les véhicules afin de savoir quand remplacer les pièces avant qu'elles ne tombent en panne, selon les changements de vibration ou de température. En cas d'accident, des puces radio pourraient avertir les services d'urgence et leur dire où ils doivent se rendre, ce qui s'est produit et s'il y a des blessés. L'information sur le trafic routier peut être instantanée et parfaitement précise. Des péages sont gérés en fonction des trajets précis. Une société américaine vend des voitures en leasing à des gens qui ne peuvent plus obtenir de crédits, en sachant qu'en cas de non-respect des échéances, ils peuvent bloquer le démarrage de la voiture et trouver le véhicule afin de le récupérer. Certains assureurs britanniques proposent des polices d'assurances avec des bonus selon les trajets et les horaires précis du conducteur.⁷⁹

Le Dr. David Clark⁸⁰, un chercheur en informatique au Massachusetts *Institute of Technology* qui a contribué à développer Internet, pense que d'ici quinze ou vingt ans le réseau devra intégrer un trillion d'appareils, pour la plupart sans fil.

Et bien que nous ne soyons qu'à l'aube du développement de ce que d'aucuns ont nommé « l'Internet des choses », de nouvelles applications extrêmement utiles sont en train d'émerger. Des sociétés comme le conglomérat géant Wal-

Mart⁸¹ répertorient déjà leurs inventaires avec des RFID *tags* (radio-étiquettes) et bientôt les clients n'auront plus besoin de vider leurs chariots aux caisses. Les radio-étiquettes sur chaque denrée enverront leurs données à un scanner et l'on remettra un ticket aux clients (qui paieront en agitant leurs dispositifs mobiles au-dessus du scanner) – et tous ces dispositifs de commodité seront majoritairement fabriqués en plastique, un matériau qui est rapidement en train de devenir « intelligent ».

Les radio-capteurs offriront une énorme contribution en matière d'économies d'énergie. Si chaque luminaire dans un édifice était doté d'un petit nodule radio, il serait non seulement possible de gérer l'éclairage plus efficacement mais de leur assigner tout un tas d'autres destinations. Ainsi, les nodules pourraient être programmés afin de servir de détecteurs de fumée en ligne et non seulement alerter en cas d'incendie mais aussi localiser le foyer. Ils pourraient aussi servir de système de sécurité ou permettre l'interaction informatique avec d'autres choses dans le bâtiment. Dans *L'Économie hydrogène*, Jeremy Rifkin déclare :

Dans un futur très proche, des capteurs sur tous les ustensiles ou machines électriques – réfrigérateurs, climatiseurs, machines à laver, alarmes – permettront de s'informer sur les prix de l'électricité à la minute ainsi que sur la température, la lumière ou d'autres conditions d'environnement afin que les usines, les bureaux, les foyers, les quartiers et des communautés entières puissent continuellement et automatiquement ajuster leurs besoins énergétiques à ceux des autres et au flux d'énergie disponible dans le système.

Le fabricant d'appareils ménagers hollandais Philips prévoit d'introduire des systèmes d'éclairage sans fil dans les bâtiments commerciaux dès 2012. Et les chercheurs de la société travaillent à développer des luminaires en réseaux capables de déceler les objets dans un bâtiment, de surveiller les équipements hospitaliers et de prévenir les vols dans les bureaux.

Au Royaume-Uni, la société Rentokil⁸² a ajouté un petit capteur en plastique et un module sans fil à ses pièges à souris pour alerter le personnel du bâtiment lorsqu'un rongeur a été capturé. C'est une avancée significative comparée aux pièges qui devaient être régulièrement inspectés. Un grand bâtiment peut en contenir des centaines et il y en a toujours quelques-uns qui sont oubliés.

Depuis juin 2006 des milliers de pièges à souris numériques ont été placés dans de grands bâtiments ou salles, comme le nouveau Wembley Stadium à Londres. Les pièges communiquent avec des centres qui se connectent à Internet grâce à un réseau mobile pour alerter le personnel de la capture d'un rongeur. Le système procure une grande richesse de données. Celles-ci sont collectées et analysées par le système pour déterminer quand et où les rongeurs sont pris afin de permettre aux régisseurs des bâtiments de placer les pièges de façon plus efficace et de les prévenir lors d'une nouvelle invasion.

De nouveaux exemples d'applications de communications « *machine-to-machine* » (M2M) sont annoncés presque tous les jours. Aux USA, certaines prisons sont déjà équipées de capteurs de localisation et d'identification⁸³ placés dans des bracelets en plastique portés par tous les prisonniers

(et les gardiens) et les établissements font état d'une baisse significative de la violence résultant de leur utilisation.

D'ici 2030 nous serons tous « étiquetés », mais ce sera pour nous protéger plutôt que pour entraver nos déplacements (et si vous n'aimez pas l'idée des humains « étiquetés » imaginez que votre téléphone portable se connecte 800 fois par seconde avec votre réseau de téléphonie mobile qui sait toujours où vous vous trouvez lorsque votre téléphone est allumé).

Nous transmettrons tous continuellement notre situation, des informations sur les signes vitaux et la physiologie de notre corps seront collectées et transmises afin d'assurer notre bien-être et si nous tombons malades, de l'aide sera demandée automatiquement. Tous les soldats sur les champs de bataille transmettront leur position, tous les passagers des transports en commun souterrains transmettront leur position (Londoniens, n'oubliez pas que votre carte d'abonnement plastifiée (*Oyster card*) est une puce RFID), les seuils de magasins reconnaîtront les clients qui reviennent et les fans de football auront des tickets qui identifieront le club dont ils sont les supporters et leur localisation dans le stade. Les robinets qui fuient dans nos immeubles se chargeront de téléphoner au plombier et les appareils consommateurs d'énergie s'éteindront d'eux-mêmes lorsqu'ils détecteront qu'ils ne sont pas utiles.

Il y aura des problématiques énormes quant à l'intimité lorsque nous serons tous connectés en permanence ainsi que nos possessions et l'environnement autour de nous. Il faudra édicter de nouvelles lois pour protéger nos droits et de nouvelles façons de faire respecter une telle législation devront

être inventées. Malgré tous ces problèmes, nous fonçons tête baissée vers un futur « entièrement interconnecté, toujours en ligne, partout et à jamais ».

Cet environnement « connecté en permanence » stimule de nouvelles interactions humaines tandis que le réseau lui-même gagne en puissance. Récemment une flopée de nouvelles technologies regroupées sous l'appellation Web 2.0⁸⁴ a apporté des avancées significatives en matière de fonctionnalités de communication et de transmission par Internet (et permis à des applications telles que traitement de texte et feuilles de calcul d'être utilisées de façon inhérente au réseau plutôt que comme des logiciels indépendants sur les ordinateurs individuels). Et tandis que le réseau gagne en capacité, les humains découvrent de nouvelles façons d'exploiter son potentiel et de collaborer.

Un des nouveaux développements les plus intéressants – et l'un de ceux qui évoluera aisément en parallèle avec les avancées de la toile – est l'émergence de ce que l'on nomme les communautés Wiki⁸⁵ d'après l'encyclopédie en ligne gratuite créée par les utilisateurs : Wikipedia⁸⁶. Les communautés Wiki utilisent des espaces de collaboration dans le style de Wikipédia pour mettre en œuvre un *brainstorming* pour résoudre certaines problématiques, gérer des projets et développer un pool de connaissances communes (et peut-être même de sagesse commune !). Un bon exemple d'une communauté Wiki en action est discuté sur un site Web nommé Wikinomics :

Un wiki est utilisé aux Pays-Bas pour planifier l'utilisation d'éoliennes et réaliser une économie

d'émissions de CO₂ de 20 à 30 %. Sur le wiki, étendu par l'utilisation d'un plug-in googlemap, on trouve des cartes avec les sites proposés pour l'implantation des éoliennes. Le but de ce wikiprocéde est de présenter des propositions pour l'implantation de 6 000 éoliennes 3Mwatt, c'est-à-dire de quoi fournir toute l'électricité des Pays-Bas.⁸⁷

Ce nouveau « firmament sans fil » émergent (à défaut d'une meilleure expression) sera l'endroit où nous discuterons, jouerons, commercerons, gagnerons de l'argent, administrerons le gouvernement, apprendrons, tomberons amoureux, ferons l'amour, stockerons nos souvenirs, nous rappellerons et honorerons nos morts, et nous connecterons avec nos êtres chers et amis, nos objets inanimés et nous-mêmes. C'est le futur de l'humanité.

Pour ma part, cette idée n'est pas nouvelle. Il y a 25 ans, j'ai écrit un ouvrage, intitulé *The On-Line Handbook*⁸⁸, dans lequel je disais :

La mise en réseau des ordinateurs autour du monde aura des effets tentaculaires et l'extension du savoir, l'échange des idées et la dissémination de l'information provoqueront une révolution dans notre société.

Dès que vous êtes en ligne, vous avez la sensation que la révolution a navigué le long du fil téléphonique pour envahir votre pièce.

Vous savez maintenant ce que c'est que le monde connecté et vous commencez à en comprendre les

implications ! Vous devenez dès lors un pionnier de l'ère de l'information et vous ressentez avec admiration la puissance des ordinateurs reliés entre eux, un potentiel que la prochaine génération trouvera tout à fait normal.⁸⁹

D'ici 2030, l'expérience vécue en utilisant ce « super-réseau combiné » sera beaucoup plus riche et multisensorielle qu'elle ne l'est de nos jours, mais elle sera totalement invisible et entièrement omniprésente. « L'accès Internet », en l'absence de terminologie future, sera fourni par les lampadaires, les fenêtres, les immeubles et les clochers d'églises et accessible dans les trains et les avions. Ce sera « l'Internet aérien » dans lequel nous, nos enfants, nos animaux de compagnie et des milliards d'objets inanimés (et des machines très intelligentes) communieront à chaque seconde de la journée.

Le super-réseau de 2030 offrira des images holographiques en 3D d'événements sportifs, de dramatiques TV, de jeux et de simulations sexuelles. Le super-réseau pourra présenter des simulations tactiles, odorantes et des ersatz de goûts. Le super Web multisensoriel créera des expériences virtuelles qui sembleront si réelles qu'elles seront pratiquement impossibles à distinguer de la chose réelle (puisque la « réalité » ne nous apparaît qu'à travers nos sens humains, qui donc peut argumenter sur le degré de réalité ?).

Peut-être même avant 2030, nos cerveaux seront directement reliés au super-réseau par une interface neutre et d'une seule pensée, nous pourrons accéder aux données du monde entier en matière d'information, de communication, d'apprentissage du savoir, de spectacle et de loisirs, au fait

de la gloire sensorielle. Cela semble de la science-fiction, mais en 2030 les humains jouiront d'un accès aussi étendu et époustouflant.

Super-intelligence des machines (Intelligence Artificielle Forte)

Si vous êtes un peu sonné par certaines des idées que je viens d'exposer, je crains qu'il n'y ait d'autres notions abasourdissantes à venir dans cet essai sur les développements technologiques vraisemblables (ou presque certains) des vingt-cinq années à venir. La première est la notion de machines super-intelligentes ou pour parler en langage simple, de machines aussi futées que vous et moi.

La science dont le but était de développer des machines super-intelligentes portait anciennement le nom d'Intelligence Artificielle (IA) et au début des années 1980, il y avait d'intenses débats portant sur la vitesse à laquelle on arriverait à développer l'IA et quand des ordinateurs véritablement intelligents aideraient les chirurgiens, contrôleraient les flux de circulation routière, gèreraient le trafic aérien et généralement contribueraient à améliorer et protéger la vie humaine.

Pour le monde extérieur les efforts de la communauté IA semblaient vains et la quête pour développer l'intelligence artificielle sembla décroître et se dissiper dans un brouillard lointain. En réalité il n'en fut rien, les recherches prirent simplement un tour imprévu. Nos impulsions

anthropomorphiques nous faisaient supposer qu'un robot semblable à un humain jaillirait des laboratoires artificiels des années 1980, fin prêt à devenir notre compagnon. Or il y a vingt ans nous n'avions même pas commencé à comprendre ce qu'était un humain en termes de fonctions cognitives ou de physiologie du cerveau. Nos chances de reproduire une copie de nous-mêmes étaient nulles.

Pourtant, de l'intelligence mécanique sophistiquée (bien que d'apparence fort peu humaine) a bien été développée et déployée à partir des recherches sur ce que l'on nommait alors « intelligence artificielle ». Les logiciels gèrent et contrôlent maintenant (sous supervision humaine) le vol des avions, les systèmes de contrôle du trafic aérien, les opérations chirurgicales et les systèmes militaires. Ces systèmes d'IA sont robustes et extrêmement utiles ; notre monde moderne ne pourrait plus s'en passer.

Le Professeur Marvin Minsky du Massachusetts *Institute of Technology* à Boston, est largement considéré comme le « père de l'intelligence artificielle » ; dans une entrevue au magazine *Discover* en 2007 il expliquait :

L'histoire de l'IA est assez drôle car les premières avancées véritables étaient des objets superbes, comme une machine qui pouvait résoudre des problèmes de logique ou se débrouiller dans un cours de calcul. Mais alors nous avons tenté de créer des machines qui pouvaient répondre à des questions sur des histoires simples comme celles que l'on lit à l'école primaire. Aucune machine aujourd'hui n'en est capable. Alors les chercheurs en IA se sont concentrés

sur des problèmes dits difficiles, comme jouer aux échecs, mais ils n'ont pas réussi à avoir de résultats lorsqu'il s'agit de problèmes que les gens trouvent faciles. C'est une sorte d'évolution à l'envers. Je pense qu'avec nos systèmes de raisonnement basés sur le bon sens, nous commencerons assez vite à obtenir des résultats si nous parvenons à trouver des subventions. Un des problèmes auxquels nous nous heurtons est que les gens demeurent très sceptiques au sujet de ce type de recherches.⁹⁰

Questionné sur son livre publié en 2007, *The Emotion Machine*, Minsky décrit la sorte de machine à intelligence artificielle qu'il voudrait réaliser aujourd'hui :

Le livre est en fait un schéma pour construire une machine. J'aimerais pouvoir engager une équipe de programmeurs pour réaliser la structure de la Machine Émotive décrite dans le livre : une machine qui peut passer par tous les niveaux de réflexion dont je parle. Personne n'a jamais mis au point un système qui possède ou acquiert des connaissances sur la pensée elle-même, pour qu'elle puisse s'améliorer en résolution de problèmes au fil du temps. Si je pouvais avoir cinq bons programmeurs, je crois que je pourrais la construire en trois à cinq ans.

Nous les humains, nous ne sommes pas au bout de notre évolution, alors si nous pouvions construire une machine aussi intelligente qu'une personne, nous pourrions probablement en créer une qui soit beaucoup plus futée. Cela ne présente aucun intérêt

de créer un autre humain. Ce qui serait intéressant c'est d'arriver à en fabriquer une qui sache faire des choses que nous n'arrivons pas à réaliser.

Comme les recherches en IA des années 1980 furent à tort considérées comme un échec, la recherche actuelle pour développer des ordinateurs dotés d'une intelligence au niveau de la nôtre et de caractéristiques propres ne porte plus le nom d'intelligence artificielle. Ce domaine d'études s'appelle maintenant la « super-intelligence » ou « IA forte ».

Citons encore le Dr Nick Bostrom :

Considérant que la super-intelligence sera un jour techniquement possible, est-ce que l'on choisira de la développer ? On peut répondre à cette question par l'affirmative avec une certaine confiance. Tous les jalons le long de la route vers la super-intelligence sont porteurs de bénéfices économiques énormes.

L'industrie informatique investit des sommes considérables dans la prochaine génération de logiciels et de programmes, et elle continuera à le faire tant qu'il y a la pression de la compétition et des profits à réaliser. Les gens veulent de meilleurs ordinateurs et des logiciels plus intelligents et ils veulent les bénéfices que ces machines peuvent aider à procurer. De meilleurs médicaments, cesser de devoir faire des tâches ennuyeuses ou dangereuses, les loisirs... La liste des avantages pour le consommateur est sans fin. Il y a aussi une forte motivation militaire à développer l'intelligence artificielle. Et le long de ce chemin,

il n'y a aucun point d'achoppement qui verrait les techno-phobiques argumenter de façon plausible :
« jusqu'ici soit, mais n'allons pas plus loin ».⁹¹

Mais comment saurons-nous quand les ordinateurs du futur seront devenus aussi intelligents que les humains ? À ce stade, il devient nécessaire d'expliquer le « Test de Turing ». Alan Turing était un mathématicien britannique qui, lorsqu'il étudiait à Cambridge, publia un papier intitulé « *On Computable Numbers* »⁹², en 1936. Cette contribution posait les fondations de l'informatique moderne et décrivait explicitement une machine théorique que nous pourrions aujourd'hui appeler ordinateur.

Durant la Seconde Guerre Mondiale, Alan Turing construisit le premier ordinateur au monde pour permettre au gouvernement britannique de décoder les communications cryptées des Nazis et des Japonais, et en 1950, il publia un article intitulé « *Computing Machinery and Intelligence* » dans lequel il décrivait un test apte à déterminer le moment où l'intelligence d'un ordinateur équivaut à celle d'un humain. Maintenant connue sous le nom de « Test de Turing », la méthode d'évaluation nécessite un humain parlant à une machine (grâce à un clavier dans la version originale de Turing) et conduisant une conversation complexe. Lorsque l'humain ne sait plus pendant le test s'il parle à un autre humain ou à une machine, on déclare que la machine a réussi le test de Turing.

Aujourd'hui nous ajouterions bien d'autres fonctionnalités au test, comme la réactivité émotionnelle et l'humour, et pourtant par essence, l'idée de Turing demeure l'évaluation idéale. Quand donc pourrions-nous rencontrer des ordinateurs

avec une intelligente proche de la nôtre ? Voici la prédiction de Ray Kurzweil :

Lorsque nous serons parvenus à créer une machine qui pourra réussir le test de Turing (vers 2029), la période à suivre sera une ère de consolidation durant laquelle l'intelligence non biologique fera de rapides progrès. Une fois que le stade de l'IA forte sera atteint, cette capacité pourra être améliorée et l'on pourra multiplier ses potentialités, puisque c'est la nature fondamentale des capacités d'une machine. Une IA forte entraîne immédiatement beaucoup d'IAs fortes et ces dernières accèdent à leur propre design, la comprennent et l'améliorent, et de ce fait évoluent très rapidement pour donner une IA encore plus capable et intelligente, et le cycle se répète ainsi indéfiniment. Chaque cycle crée non seulement une IA plus intelligente mais nécessite moins de temps pour ce faire que le cycle précédent, puisque c'est la nature de l'évolution technologique (ou de tout procédé d'évolution). La proposition étant qu'une fois que le stade de l'IA forte aura été atteint, cela deviendra immédiatement un phénomène impossible à arrêter⁹³ dans l'escalade de la super-intelligence.

Ceux d'entre vous qui bataillent quotidiennement avec de stupides PC récalcitrants qui vous ramollissent le cerveau peuvent penser que la prédiction de Kurzweil quant à une machine qui pourrait réussir le Test de Turing en 2029 est absurde, mais je vous demande de considérer la nature rapidement évolutive de Google ou d'autres moteurs de recherche sur Internet. Avez-vous remarqué que Google, en

particulier, semble devenir un peu plus « intelligent » chaque jour ? Ce n'est pas par accident. Larry Page, un des deux fondateurs de Google, racontait au public à New York en février 2007 :

Nous avons des gens à Google qui essaient vraiment de créer l'intelligence artificielle et de le faire à grande échelle. Nous n'en sommes pas aussi éloignés que les gens le pensent.⁹⁴

Et en mai de la même année, Eric Schmidt le PDG de Google a déclaré au *Financial Times* que le moteur de recherche espérait pouvoir offrir des conseils pratiques à ses utilisateurs pour prendre les décisions importantes de leur vie :

L'ambition de Google de maximiser l'information personnalisée qu'elle possède sur ses utilisateurs est si forte que le moteur de recherche envisage de voir arriver le jour où il pourra dire aux gens quel emploi ils devraient accepter ou comment ils devraient occuper leurs loisirs.

Le PDG de Google, Eric Schmidt, explique que la collecte de données personnelles est l'une des façons clés pour Google de grossir et que la société voit cela comme une suite logique de sa mission déclarée d'organiser les informations du monde entier.

Le but étant de permettre aux utilisateurs de Google de pouvoir poser une question comme : « Qu'est-ce que je dois faire demain ? » ou « Quel emploi dois-je accepter ? ».⁹⁵

Je pense que Google n'est rien moins qu'un cerveau global dont la mission est d'éveiller, tout comme j'ai imaginé dans mon roman publié en 2001, *Emergence*⁹⁶ (le titre fait référence au phénomène de la conscience « émergeant » d'un vaste réseau global). Et je ne crois pas être dans le fantasme. Google détient une grande partie de l'information mondiale dans ses vastes bases de données et la société détient les historiques de recherches et les préférences de tous les gens qui aient jamais utilisé leur service. La connaissance des desiderata de la population mondiale utilisatrice d'Internet et de la géographie des utilisateurs revient à posséder le meilleur guide du *Zeitgeist* global (*N.d.T. : Zeitgest = ce qui est dans l'air du temps, le reflet des goûts d'une époque*). Si l'on ajoute à cela une intelligence informatique en pleine expansion, il n'est guère difficile de déceler où les premiers signes d'une intelligence proche de l'intelligence humaine sont susceptibles d'apparaître dans un système informatique.

Comment vivrons-nous avec des machines aussi intelligentes ou plus intelligentes que nous ? Voici ce que Bill Hibbard⁹⁷, scientifique Senior Émérite au *Space Science and Engineering Center* dans le Wisconsin et auteur de *Machines super-intelligentes*, suggère :

Un stade critique dans le progrès scientifique est imminent. C'est l'explication physique de la conscience et sa démonstration par la construction d'une machine dotée de conscience.

Nous saurons qu'elle est dotée de conscience par le biais de notre connexion émotionnelle avec elle.

Peu de temps après, nous construirons des machines beaucoup plus intelligentes que les humains, parce que les machines intelligentes nous apporteront leur propre science et technicité.

Et l'abîme de connaissances qui avait diminué au cours des siècles recommencera à grandir. Pas au sens de diminution des connaissances scientifiques, mais au sens que les gens auront une moindre connaissance de leur monde à cause de leur relation intime avec un cerveau au-delà de leur pouvoir de compréhension. Nous comprendrons le cerveau de la machine à peu près autant que nos animaux de compagnie comprennent le nôtre. Nous remplirons ce vide de connaissance par la religion en donnant à la machine intelligente le rôle de Dieu.

Dans son ouvrage publié en 2007, intitulé *Beyond AI: Creating the Conscience of the Machine*, le Dr J. Storrs Hall, membre chercheur de l'*Institute for Molecular Manufacturing* à Palo Alto, Californie, décrit les capacités de l'intelligence artificielle de ce qu'il appelle une intelligence « épihumaine » :

Mon modèle pour une IA épihumaine serait comme de prendre les dix personnes les plus intelligentes que vous connaissez, de retirer leur ego, et de les dupliquer cent fois, pour avoir mille personnes vraiment brillantes prêtes à s'investir toutes sur le même projet. Une alternative est d'imaginer une personne particulièrement intelligente à laquelle on donnerait mille fois plus de temps pour remplir n'importe quelle tâche donnée. Nous pouvons directement prédire en

utilisant la loi de Moore que dix après l'avènement d'un niveau d'IA capable d'apprendre mais pas encore de s'auto-améliorer, le même logiciel tournant sur une machine de même prix accomplirait les mêmes tâches qu'un humain serait capable d'accomplir mille fois plus vite que nous. Elle pourrait par exemple :

- Lire un livre standard en une seconde en le comprenant entièrement ;
- Suivre un cours d'université et faire tous les devoirs et les recherches en dix minutes ;
- Écrire un livre, là encore en faisant des recherches approfondies, en deux ou trois heures ;
- Produire l'équivalent d'une vie humaine de production intellectuelle, y compris toutes les connaissances acquises, la maturation, et l'expérience vécue, en quelques semaines.⁹⁸

Le dernier mot sur les machines super-intelligentes doit peut-être revenir à Irving John Good (un des cryptographes de la Seconde Guerre Mondiale qui a travaillé avec Alan Turing), auteur d'un article publié en 1965, « *Speculations Concerning the First Ultrainelligent Machine* » : « *Or donc, la première machine ultra-intelligente est la dernière invention que l'homme aura jamais besoin de réaliser.* »⁹⁹

Les nanotechnologies

Le terme « nanotechnologie » est simple à définir (le contrôle de la matière à une échelle inférieure à 1 micromètre, normalement de l'ordre de 1 à 100 nanomètres) mais les

catégories de sciences et de technologies développées à ce niveau sub-microscopique varient grandement.

Cette zone de recherche fut d'abord identifiée par un physicien de légende, le Professeur Richard P. Feynman, dans sa conférence donnée en 1959 (qui fit date) intitulée « *There's Plenty Of Room At the Bottom (Il Reste Plein de Place En Bas)* »¹⁰⁰. Il y prédisait un succès certain pour les scientifiques qui choisiraient de travailler à l'échelle atomique. Mais le domaine des nanotechnologies commença vraiment à se développer au milieu des années 1980 lorsqu'un étudiant en Doctorat, Eric Drexler, écrivit une thèse qui devint ensuite un livre influent, intitulé *Nanosystems Molecular Machinery Manufacturing and Computation*¹⁰¹. À partir de là les recherches scientifiques sérieuses démarrèrent.

La nanotechnologie simple est déjà utilisée aujourd'hui lorsque l'on intègre les nano-additifs au plastique. Comme le rapportait la revue *Technology Research News* en 2003 :

Les chercheurs des Universités de Groningen aux Pays-Bas et d'Amherst dans le Massachusetts ont trouvé des façons d'utiliser l'électricité pour contraindre des fragments de plastique microscopiques à former des motifs qui contiennent des colonnes et des tubes.

Cette fonctionnalité microscopique dans le plastique est aussi petite que 100 nanomètres, soit 50 fois plus petite qu'un globule rouge, et pourrait être utilisée pour fabriquer des appareils électroniques et

mécaniques à cette échelle. « *Les structures peuvent être assez compliquées et nous avons une vaste gamme de motifs différents* », rapportait Ullrich Steiner, professeur de physique polymère à l'Université de Groningen. Selon Steiner, la méthode pourrait servir pour l'électronique plastique, les diodes émettrices de lumière, les appareils d'énergie solaire et les filtres optiques.¹⁰²

La nanotechnologie peut aussi être utilisée pour donner au plastique et à d'autres matériaux des fonctionnalités spécifiques (par exemple : antiseptique, anti-UV, résistant au feu, absorbant de chaleur, résistant aux taches et conducteur d'électricité), mais le terme embrasse aussi la recherche en ingénierie moléculaire, un type d'expérimentation dont on attend des résultats véritablement spectaculaires.

Les nanotechnologies moléculaires (abréviation MNT en anglais) lorsqu'elles seront complètement développées devraient théoriquement nous permettre de construire pratiquement tout, en partant de l'échelle atomique pour aller jusqu'à la nourriture, l'eau, les ordinateurs et des nanorobots qui déposeront les médicaments exactement là où ils sont en demande dans le corps humain.

Les « nano-optimistes » comptent plusieurs gouvernements (et futurologues) et voient les nanotechnologies comme une façon d'apporter une abondance matérielle sans incidence néfaste majeure pour l'environnement aux populations mondiales en offrant : des ressources d'eau potable universelles ; de la nourriture et des cultures créées par ingénierie moléculaire afin de permettre un rendement agricole accru, inversement proportionnel à la main-d'œuvre et aux terres cultivées

nécessaires ; des aliments interactifs « intelligents » à teneur nutritive améliorée ; une puissante source d'énergie peu coûteuse ; une production de biens manufacturés extrêmement efficace et propre ; une amélioration radicale de la formule des médicaments, des diagnostics et du remplacement d'organes humains ; une capacité de stockage d'informations accrue et un accroissement des capacités de communication ; des appareils électroménagers « intelligents » ; et une performance humaine accrue grâce à la convergence des technologies.

Ceux qui critiquent le développement MNT suggèrent que les nanotechnologies vont simplement exacerber les problèmes liés aux inégalités socio-économiques existantes et la distribution inégale du pouvoir en créant de plus grandes inégalités entre riches et pauvres à travers une inévitable nano-division (l'écart entre ceux qui contrôlent les nouvelles nanotechnologies et ceux dont les produits, services et main-d'œuvre se trouveront par conséquent déplacés) ; qu'elles déstabiliseront les relations internationales par une course croissante aux nano-armes et augmenteront le potentiel des armes biologiques ; et encore qu'elles donneront des outils de surveillance par ubiquité avec des implications significatives pour les libertés civiles ; qu'elles conduiront à briser les barrières séparant la vie et la non-vie et redéfiniront jusqu'à la notion même d'être humain. Certains¹⁰³ vont jusqu'à suggérer que des nano-molécules pourraient s'échapper dans l'environnement et s'auto-reproduire pour conquérir le monde en chemin sous forme de « matière grise gluante »¹⁰⁴ qui finirait par tout consommer.

Quels que soient les bénéfices et les dangers potentiels de cette technologie, la majorité des futurologues et futuristes

s'accordent sur le fait que la nano-ingénierie deviendra possible dans les prochaines décades, bien que peu d'entre nous puissent indiquer quand les produits de cette science commenceront à émerger. Ray Kurzweil, quant à lui, écrit sur son site Internet :

Bien que la plupart des projets nanotech aujourd'hui soient focalisés sur les nanotechnologies structurales, le développement des nanotechnologies moléculaires deviendra certainement une priorité d'ici quelques années. L'entière potentialité MNT ne sera peut-être pas encore développée durant les dix années à venir ou plus encore, mais la préparation devrait commencer dès maintenant.

La valeur économique et les implications militaires d'une nano-usine seront immenses. Même un modèle primitif pourra convertir des fichiers CAO en produits en quelques heures. La duplication des nano-usines coûtera la même chose que tout autre produit par nanotechnologie. Le coût des biens manufacturés sera dérisoire comparé aux critères en vigueur aujourd'hui et la capacité de production pourra être doublée en seulement quelques heures.¹⁰⁵

Dans *The Extreme Future*, le Dr James Canton voit les nanotechnologies comme possédant le potentiel d'offrir un bonus similaire :

Les nanosciences représentent un changement radical dans la science du matériel, les médicaments, les appareils électroménagers et dans la production de

biens manufacturés. Les nano-produits pourraient tout changer, en réduisant des fonctions à une échelle 100 000 fois plus petite qu'un cheveu humain. Les investissements mondiaux en nanotechnologies ont atteint \$10 milliards en 2005. D'ici 2008, le nano-marché pourrait atteindre plus de \$32 milliards au niveau mondial. Les nanomatériaux conduiront la croissance du marché à court terme, tandis que les nano-appareils domineront la croissance ultérieure.

Les implications des révolutions nanotech à venir sont extrêmement nombreuses et d'ici 2030 nous serons en plein dedans avec d'étonnantes nouvelles applications qui enrichiront (et peut-être mettront potentiellement en danger) notre monde physique. La nanotechnologie est une des « cartes joker » les plus détonantes dans le paquet de cartes de la technologie et il est possible que certains des problèmes examinés par ailleurs dans ce livre pourraient être complètement ou partiellement résolus par cette science (par exemple, la nanotechnologie pourrait offrir de nouvelles sources d'énergie propre). En 2003, feu le Professeur Richard Smalley¹⁰⁶ de Rice University au Texas – lauréat du Prix Nobel pour ses recherches en chimie – a donné une conférence intitulée « *Nanotechnology, the S & T Workforce* ». Dans son allocution, il décrivait quatorze façons dont il pensait que la nanotechnologie affecterait la société :

1. Les Photovoltaïques : une révolution pour réduire les coûts de 10 à cent fois.
2. Stockage d'H₂ (hydrogène) : une révolution en matériaux légers pour les tanks de pression, et/

ou de nouveaux systèmes légers d'absorption chimique d'hydrogène facilement réversibles.

3. Piles à combustion : une révolution pour réduire le coût de 10 à cent fois.
4. Piles et super-capacités : une révolution pour améliorer de 10 à 100 fois les applications automobiles et de génération de distribution.
5. Réduction photo catalytique de CO_2 pour produire un carburant liquide comme le méthanol.
6. Photo conversion directe de la lumière + eau pour produire de l' H_2 (hydrogène).
7. Des matériaux hyper résistants et légers pour : faire baisser les coûts pour se rendre en LEO et GEO (chemins d'orbites spatiales), et plus tard vers la lune par plus de 100 fois, pour permettre d'énormes mais légères et économiques structures de récoltes dans l'espace, et enfin accroître l'efficacité des voitures, avions, etc.
8. La nano-électronique pour révolutionner les ordinateurs, les capteurs et les ustensiles.
9. Des câbles haute-tension (super conducteurs, ou quantum conducteurs) avec lesquels recâbler la grille de transmission électrique et permettre le transport d'énergie électrique au niveau continental et même mondial ; et aussi remplacement des fils en cuivre et aluminium pratiquement partout – particulièrement dans les câblages de moteurs électriques (très profitable si nous pouvons éradiquer les pertes de courants de Foucault).
10. Des catalyses thermo chimiques pour générer de l' H_2 à partir de l'eau, qui fonctionnent efficacement à des températures inférieures à 900°C .

11. Des schémas de minéralisation CO₂ pouvant fonctionner à grande échelle, en espérant commencer à partir du basalte et en évitant les flux de gaspillage.
12. De la robotique basée sur la nano-électronique avec une IA pour permettre la maintenance des structures solaires dans l'espace et sur la lune ; et pour permettre la maintenance des réacteurs nucléaires et la retransformation du carburant.
13. Des nanomatériaux/revêtements qui feront considérablement baisser le coût du forage en profondeur, pour permettre l'extraction géothermale à chaud ou HDR (*Hot Dry Rock* : pierre sèche chaude).
14. Des éclairages nanotech pour remplacer les ampoules à incandescence et fluorescence.¹⁰⁷

Clairement la nano-ingénierie au niveau moléculaire aura un impact profond sur nos vies futures. Et aussi bizarre et futuriste que la nano-production moléculaire de biens manufacturés puisse sembler aujourd'hui, en se rapprochant de 2030 presque toute chose sera reléguée dans l'ombre de la rupture dans le cycle de l'évolution humaine qui se rapproche à toute vitesse.

La Singularité

Durant l'été de 1965, je persuadais mes camarades de classe (ils avaient de 16 à 18 ans et nous étions dans une classe équivalente à la terminale) qu'il nous fallait organiser un débat sur le sujet : « L'homme transférera son cerveau vers les

machines ». J'étais le principal supporteur de la proposition qui n'eut pas l'heur d'enthousiasmer mes camarades, comme on peut le comprendre.

Aujourd'hui, plus de quarante ans plus tard, nous pouvons imaginer que le moment viendra où nous devons non seulement considérer les problématiques morales et éthiques concernant le transfert d'un cerveau humain vers une machine, mais aussi envisager l'attitude à adopter lorsque l'intelligence des machines dépassera l'intelligence humaine.

Cette partie de mon livre sur l'état vraisemblable du monde en 2030 sera probablement la plus controversée et paraîtra la plus farfelue à bien de lecteurs, car elle décrit une période durant laquelle les machines vont devenir aussi intelligentes que les humains, avec pour conséquence de voir ceux-ci améliorer leur propre biologie afin de se mesurer aux machines qu'ils seront en train de construire. La période succédant immédiatement à ce moment où l'intelligence mécanique excédera les capacités humaines, commence à être connue sous l'appellation « La singularité ».

« La Singularité »¹⁰⁸ est une expression adoptée par les futuristes, futurologues et informaticiens pour décrire le moment où l'intelligence humaine ne sera plus la forme d'intelligence dominante sur Terre. D'ordinaire nous manquons d'une terminologie adéquate pour le futur technologique, mais dans ce cas, je trouve que le terme « singularité » est approprié, même s'il demeure entaché d'opacité. En astronomie, une « singularité » désigne l'horizon des événements au-delà duquel rien n'est visible

(*N.d.T. : plus connu sous l'appellation « trou noir »*). La singularité à venir dans l'évolution humaine est similaire. Une fois les machines plus malines que les humains, elles créeront un monde impossible à imaginer par les humains « non-amplifiés ». Ce développement constituera une singularité dans les affaires humaines.

Le mot « singularité » fut initialement utilisé dans le contexte de l'évolution humain-machine par Vernor Vinge, professeur de mathématiques à l'Université de San Diego. Dans un article écrit en 1993, il commençait comme suit :

D'ici trente ans, nous aurons les moyens technologiques de créer de l'intelligence supra humaine. Peu de temps après, ce sera la fin de l'ère humaine.

Un tel progrès est-il évitable ? Et si un tel événement ne doit pas être évité, pourrait-il être guidé de façon à ce que nous y survivions ? Ces questions seront soulevées. Des réponses possibles (et d'autres dangers), seront présentés.

L'accélération du progrès technologique a été l'aspect le plus marquant de ce siècle. Je soutiens dans cet article que nous sommes proches d'un changement comparable à l'apparition de la vie humaine sur la Terre. La cause précise de ce changement est la création imminente par la technologie d'entités dotées d'une intelligence supérieure à celle de l'humain. Il existe plusieurs biais au moyen desquels la science pourra réussir cette avancée (et c'est là une des raisons de croire que l'événement se produira).¹⁰⁹

Depuis 1993 il y a eu beaucoup de travaux sur ce sujet et le chercheur Dani Eder du *Boeing AI Center*¹¹⁰ spéculait dans un article daté de 1994 :

Quand est-ce que la Singularité adviendra ?

La réponse en bref est qu'en 2035 nous serons proches de l'événement. Plusieurs raisonnements tendent vers cette date. L'un d'entre eux est une simple projection à partir des tendances de la population humaine. Au cours des 10 000 ans passés, celle-ci a suivi un schéma de croissance hyperbolique.

Depuis environ 1600 après J.-C., la tendance s'est accélérée de façon constante avec l'asymptote située vers 2035. Alors, ou bien la population mondiale sera véritablement devenue infinie à ce moment-là, ou bien une tendance qui a persisté durant toute l'histoire de l'humanité sera rompue. D'une façon ou d'une autre, ce sera un moment tout à fait particulier.

Puisque la capacité des ordinateurs double environ tous les deux ans, nous nous attendons à ce que dans 40 ans, les ordinateurs soient aussi puissants que les cerveaux humains. Et deux ans plus tard, ils seront deux fois plus intelligents, etc. Par ailleurs, la production d'ordinateurs n'est pas limitée par le rythme de reproduction de l'espèce humaine. Donc la quantité totale d'intelligence disponible fera un bond en avant rapide d'ici environ 40 ans, ce qui nous amène en 2035.¹¹¹

En 1995, le Dr. Steve Alan Edwards¹¹² (écrivain et biologiste) publiait un article sur le site Internet australien 21C (*21st Century magazine*) dans lequel il décrivait l'armée grandissante de « singularistes » et de « transhumanistes » et discutait de leurs buts :

Ne serait-ce pas véritablement formidable si nous pouvions, en nous fondant dans une machine (ou l'inverse), parvenir d'une façon ou d'une autre à cette forme d'intelligence supra humaine, et de ce fait devenir nos propres successeurs dans l'évolution ?

Ne serait-ce pas véritablement formidable si nous pouvions survivre à la Singularité ?

Partez à la rencontre des « transhumanistes » : une communauté virtuelle de futuristes reliée par Internet dont le but avoué est l'auto transcendance par le biais de la technologie. Cette communauté de stature internationale compte peu de membres. Les transhumanistes tendent à être jeunes, intelligents et cultivés en matière de technologie et sont souvent des diplômés en sciences de la neurologie ou de l'information.

Après (Vernor) Vinge, leurs héros intellectuels sont le roboticien Hans Moravec, le pionnier de l'IA Marvin Minsky, le gourou des nanotechnologies K. Eric Drexler, et le physicien/cosmologiste Frank Tipler.

Moravec et Minsky ont soutenu la faisabilité théorique du « stockage de cerveau » ou, autrement dit,

l'émulation par un ordinateur de l'intellect et de la personnalité d'un individu. Drexler soutient que La Singularité est beaucoup plus proche que nous ne l'imaginons et qu'elle sera le fruit des (oui vous avez deviné) nanotechnologies, la science qui consiste à créer des objets en contrôlant la matière à l'échelle moléculaire. Le schéma cosmologique de Tipler prétend que l'univers évolue en un énorme super-ordinateur qu'il a choisi d'appeler le Point Omega – mais qui serait, peut-être, impossible à distinguer de Dieu.¹¹³

Bien des chemins mènent à la Singularité. J'écrivais plus haut que les réseaux informatiques et les milliards d'ordinateurs du monde entier qui y seront reliés s'avèreront peut-être doués de leurs propres qualités de conscience et de super-intelligence. Comme l'écrivait le Professeur Marvin Minsky dans un de ses livres les plus fameux, *Society of Mind* (1988) – (traduit en français sous le titre : *La Société de l'Esprit*) :

Ce livre tente d'expliquer comment fonctionne le cerveau. Comment l'intelligence peut-elle émerger de la non-intelligence ? Pour y répondre nous vous montrerons que l'on peut construire un cerveau à partir de beaucoup de petites pièces dont chacune est dénuée d'intelligence.

J'appellerai « Société de l'Esprit » le schéma dans chaque cerveau composé de beaucoup de procédés plus petits. Nous les appellerons les agents. Chaque agent mental en lui-même ne peut faire qu'une seule chose simple qui ne nécessite aucun intellect ni aucune

réflexion. Pourtant lorsque l'on réunit ces agents pour former une société – de façons toutes particulières – cela produit l'intelligence.

Toutefois, le travail le plus remarquable produit au 21^e siècle est peut-être le livre déjà cité de Ray Kurzweil, intitulé *Humanité 2.0 : la bible du changement*. Kurzweil y suggère :

Lorsque nous serons parvenus à créer une machine capable de réussir le Test de Turing (vers 2029), la période qui s'en suivra sera une ère de consolidation durant laquelle l'intelligence non biologique connaîtra de rapides avancées. Néanmoins, l'extraordinaire période d'expansion envisagée pour La Singularité, pendant laquelle l'intelligence humaine sera multipliée des milliards de fois, ne se produira pas avant le milieu des années 2040.

Clairement il est impossible de dire précisément quand La Singularité se produira mais ce sera le développement le plus important dans l'évolution humaine depuis que notre espèce a découvert le langage et commencé à utiliser des outils (la forme la plus ancienne de technologie).

Beaucoup seront sceptiques quant à la notion de machines devenant un jour plus capables que les humains, mais après quarante années passées à observer le progrès technologique, je n'ai pas beaucoup de doute sur la réalisation de cette prouesse et je pense que cela adviendra tel que ce livre le prédit vers 2030. Malgré la défaite cuisante que j'ai essuyée en essayant d'organiser mon débat en 1965, je ne doute pas que, plus avant dans ce siècle, les humains commenceront

à « transvaser » leurs cerveaux et leurs mémoires dans des machines.

Bien entendu, l'idée de machines super-intelligentes qui nous succéderaient (avec ou sans nos cerveaux installés dedans) n'est pas nouvelle, ni même un produit de la pensée du 20^e siècle. En 1864, Samuel Butler¹¹⁴, écrivain, philosophe et éleveur de moutons néo-zélandais, afin de lui suggérer un nouveau chapitre pour clore son fameux ouvrage *L'Origine des Espèces* :

Qui succédera à l'homme ? La réponse est : nous créons nous-mêmes nos propres successeurs. L'homme deviendra pour la machine ce que le cheval et le chien sont pour l'homme. La conclusion étant que les machines sont – ou sont en train de devenir – animées.¹¹⁵

Mais alors même que les hommes s'activent à développer des machines qui deviendront une nouvelle forme de vie, nous, les humains, nous deviendrons une espèce plus capable, plus durable et dotée d'une plus grande longévité (ce que j'aborderai dans la section « Santé humaine et longévité »).

Que se passera-t-il après « La Singularité » ? Comme je l'indiquai auparavant, les événements post-singularité ne peuvent ni être prédits ni même imaginés, avec aucun degré de certitude, par les cerveaux non-assistés du début du 21^e siècle. Pourtant je pense depuis longtemps que l'évolution humaine est destinée à faire fusionner la biologie humaine avec l'intelligence mécanique, afin de créer une espèce qui nous succédera et qui, libérée des contraintes de l'horloge

biologique, pourra quitter cette planète et commencer à coloniser l'univers grâce à une forme d'intelligence qui, par manque de vocabulaire pour le futur, peut seulement être qualifiée de « post-humaine ».

Chapitre 2

Les changements climatiques et l'environnement



Consultant de Référence :

Mike Childs
Friends of the Earth

*CNN Online News:
Europe, 18 October, 2030*

Les glaces hivernales emprisonnent à nouveau l'Europe

Les ports tout autour de l'Irlande et du Royaume-Uni sont déjà en train d'être fermés par les flux de glaces automnales et toute l'Europe de l'Ouest se prépare à faire face à un autre hiver de glace.

Depuis que les changements climatiques ont atteint leur point culminant il y a dix ans et que le grand Convoyeur de l'Atlantique a cessé de fonctionner (le convoyeur était un système de courants sous-marins qui amenait les eaux chaudes du Gulf Stream en Europe), des millions de personnes ont dû fuir leurs foyers en Irlande, Grande-Bretagne, Hollande, Scandinavie, Benelux, Allemagne et au Nord de la France pour trouver de meilleures conditions de vie en Europe du Sud et même en Afrique du Nord.

L'impact économique de l'agriculture en difficulté et des migrations forcées durant la dernière décennie a été dévastateur, avec jusqu'à 50 % de baisse du PIB

national dans les régions affectées. Aide alimentaire, assistance économique sont venues en grande partie de la Russie, de l'Asie et du Canada pour soulager les millions d'Européens fuyant ces conditions sibériennes.

Des preuves de schémas climatiques trouvées dans des couches rocheuses et sédimenteuses (preuves paléoclimatiques) suggèrent que ces schémas climatiques brutalement bouleversés en Europe pourraient durer jusqu'à un siècle, comme ce fut le cas lorsque le convoyeur océanique cessa de fonctionner il y a 8 200 ans, ou à l'extrême, pourraient durer jusqu'à mille ans comme durant la première Période de Sécheresse qui débuta il y a environ 12 700 ans.

Nous n'avons pas imaginé cette prédiction sur les résultats des changements climatiques spécialement pour ce livre : ils constituent une extrapolation à partir d'un « scénario du pire », réalisée par les conseillers en défense américains dans un rapport de 2003, intitulé « Scénario de Changement Climatique Brutal et Ses Implications pour la Sécurité Nationale des Etats-Unis »¹¹⁶.

Les auteurs de ce rapport, Peter Schwartz¹¹⁷, consultant pour la CIA et ancien Chef du Planning pour le Royal Dutch/Shell Group, et Doug Randall¹¹⁸, de Global Business Network¹¹⁹ basé en Californie, sont deux scénaristes du futur hautement respectés.

Schwartz et Randall continuaient en ajoutant que dans le pire des scénarios, les températures moyennes annuelles

chuteraient de 5° Fahrenheit sur l'Asie et L'Amérique du Nord et de six degrés Fahrenheit sur le Nord de l'Europe. Ils suggéraient que les moyennes de températures annuelles augmenteraient de quatre degrés Fahrenheit dans des régions clés à travers l'Australie, l'Amérique du Sud et l'Afrique du Sud, et ils prédisaient la persistance de la sécheresse durant une grande partie de la décennie (les années 2020) dans des régions agricoles cruciales et dans les régions alimentant les centres majeurs de populations en Europe en dans l'Est de l'Amérique du Nord et souffrant déjà du manque d'eau.

De plus, ils posaient comme postulat que les tempêtes hivernales et les vents s'intensifieraient en amplifiant l'impact des changements. L'Europe de l'Ouest et le Pacifique Nord, en particulier, souffriraient de vents accrus. La conclusion du document prédit que les changements brutaux du climat seraient susceptibles de mener la planète au bord de l'anarchie tandis que les pays instables se doteraient de la dissuasion nucléaire afin de se protéger et de s'assurer des réserves de nourriture, d'eau et d'énergie allant en s'amenuisant. Les auteurs ajoutaient que les changements climatiques représentent une menace pour la stabilité globale, qui éclipse de loin celle du terrorisme.

Le gouvernement de George W. Bush n'a pas rendu le rapport accessible au public, mais des individus concernés l'ont divulgué à la presse et il est maintenant dans le domaine public¹²⁰.

Ce rapport décrivait donc le scénario du pire. Mais quelle serait la meilleure évolution prévisible des résultats du changement climatique, et quelle serait l'évolution

intermédiaire ? Et, encore plus important : quelles sont la réalité et l'urgence véritables de cette menace ?

En août 2001, je suis allé dans le Sud Pacifique pour découvrir par moi-même les effets du changement climatique sur le niveau des océans. En tant qu'ancien journaliste scientifique, je savais l'importance de vérifier les preuves sur le terrain (même si, à l'époque je ne réalisais pas les effets dévastateurs des déplacements en avion). Comme beaucoup d'autres, j'avais entendu depuis quelques années le pour et le contre au sujet du « réchauffement global » et bien que j'aie déjà lu de nombreux documents apportant les preuves scientifiques initiales, il me semblait que rien ne vaudrait une investigation personnelle.

Je visitai donc Samoa, Tuvalu et plusieurs autres îles du Pacifique Sud. Sur chaque île, je me rendis dans les villages côtiers et cherchai à rencontrer les anciens en leur demandant de bien vouloir me faire visiter leurs plages. Sans exception, ces anciens villageois pointaient le doigt vers l'océan (quelquefois à des dizaines de mètres plus loin) et indiquaient où se trouvait le niveau de l'eau lorsqu'ils étaient jeunes, cinquante ou soixante ans plus tôt. À Samoa, l'un des anciens me demanda de l'accompagner dans l'eau pour trouver un rocher maintenant submergé, sur lequel il se tenait pour pêcher étant enfant. L'eau turquoise et transparente m'arrivait presque à la poitrine lorsque nous atteignîmes enfin le rocher sur lequel il m'aida à grimper. Puis nous nous retournâmes vers la plage qui était à au moins vingt mètres de distance.

Aujourd'hui les plages des plus petites îles du Pacifique Sud ne font plus qu'un ou deux mètres de large et, dans bien

des endroits, l'océan s'est emparé des anciennes étendues de verdure. Les villageois se sont vus obligés de couper la forêt tropicale pour déménager leurs communautés plus loin à l'intérieur des terres.

Le niveau des océans monte pour de nombreuses raisons. Durant de longs cycles, le niveau des mers monte et baisse naturellement, mais il n'y a aucun relevé par le passé qui indique une hausse des océans aussi rapide que celle qui s'est produite au cours des cinquante dernières années, et particulièrement durant les quinze années qui viennent de s'écouler. Toute l'eau ne provient pas de la fonte des icebergs, bien que cela soit un fait indubitable ; il y a aussi la fonte des glaciers terrestres et puis bien sûr, l'élément eau augmente lorsqu'il est chauffé.

Des scientifiques raisonnables suggèrent que les trois causes ont contribué à la soudaine montée des niveaux des océans, mais quelque puissent en être les raisons, le résultat est clairement visible. J'ai utilisé mes recherches sur ce sujet pour un roman publié en 2005 dans lequel l'action principale est située en 2055. Dans ma fiction, les changements climatiques sont devenus incontrôlables et l'humanité tente d'enrayer les dérèglements au moyen de technologies sophistiquées. Le livre s'intitule *Extinction*¹²¹ (le titre donne une idée du dénouement).

Des scientifiques hautement capables et renommés qui considèrent les résultats des changements climatiques d'un point de vue bien plus scientifique que le mien parviennent à une conclusion similaire quant au développement éventuel. La seule différence étant que ce qu'*ils* décrivent n'est pas

de la fiction et pourrait devenir la triste réalité. Voici ce qu'écrivait le Professeur James Lovelock dans *The Independent* en mai 2004 :

À moins de nous arrêter immédiatement, nous allons vraiment condamner la vie de nos descendants. Si nous continuons à délirer encore 40 ou 50 ans, ils n'auront pas la plus petite chance de s'en sortir, ce sera le retour à l'Âge de Pierre. Il restera des êtres humains vivants. Mais il n'y aura plus de civilisation.¹²²

James Lovelock est le fameux scientifique qui a inventé la façon de mesurer le taux de chlorofluorocarbures¹²³ (CFC) dans l'atmosphère. Ces molécules étaient répandues dans les aérosols et les réfrigérateurs et détruisaient la couche protectrice d'ozone autour de la planète. Sa démonstration eut pour résultat d'initier la signature en 1987 du Protocole International de Montréal pour bannir les CFC. La production de ces propulseurs et réfrigérants a cessé dans les pays développés depuis 1995.

Maintenant les trous dans l'ozone diminuent à nouveau¹²⁴. Si la couche d'ozone avait continué à s'amincir, des millions d'entre nous seraient morts prématurément de cancers de la peau résultant d'exposition excessive aux rayons ultra-violet qui atteignent la surface de la planète.

James Lovelock est aussi l'auteur de la « théorie de Gaïa » déjà évoquée, qui suggère que cette planète est comme un super-organisme dont chaque partie est interdépendante de l'autre. C'est à vous de décider si vous croyez aux aspects

plus mystiques et spirituels de Gaia, toujours est-il qu'il paraît clair que bien des parties constitutives de cette planète sont intimement reliées.

Lovelock n'est pas le seul à prédire une apocalypse due aux changements climatiques. James Canton, futuriste qui a conseillé plusieurs administrations de la Maison Blanche, écrit :

Je ne suis pas alarmiste, mais il y a quantité de preuves qui corroborent l'idée que les changements climatiques et les menaces environnementales représentent actuellement un véritable danger pour la vie telle que nous la connaissons sur la planète. Si nous ne réglons pas ce problème, la sécurité, la santé et la survie de la population mondiale seront en jeu.

Le Professeur Tim Flannery, auteur et zoologue australien, partage cet avis. Comme il l'explique dans son livre *The Weather Makers (Les Faiseurs de temps)* :

Lorsque l'on considère le destin de la planète de façon globale, il ne faut pas nous bercer d'illusions quant aux enjeux. La température moyenne sur terre se situe aux alentours de 15°C, et que nous la laissons augmenter d'un seul degré ou de 3°C, décidera de la destinée de centaines de milliers d'espèces et très probablement de milliards d'individus. Il n'y a jamais eu dans l'histoire de l'humanité d'analyse des coûts et des profits réclamant une telle vigilance... Si les humains continuent ainsi sans changer leurs façons de faire pendant la première moitié de ce siècle,

je pense que l'effondrement de la civilisation due aux changements climatiques deviendra inévitable.¹²⁵

Même les hommes politiques en savent assez pour présenter le futur dans des termes similaires. Tony Blair, un des hommes politiques à s'être le plus impliqué dans les problèmes liés aux changements climatiques pendant qu'il était en exercice, a dit en 2004 :

Les émissions de gaz à effet de serre causent un réchauffement global à un rythme qui a commencé par être significatif, et qui est maintenant alarmant et tout simplement insoutenable à long terme. Et quand je parle de long terme, je ne veux pas dire dans plusieurs siècles. Je veux parler de la période de vie de mes enfants en toute probabilité et peut-être même de ma propre existence. Et par insoutenable, je ne veux pas parler d'un phénomène qui poserait des problèmes d'ajustement, je veux parler d'un défi aux implications si lointaines et au pouvoir de destruction si irréversible, qu'il altérerait radicalement l'existence humaine... Il n'y a plus de doute qu'il faille agir maintenant.¹²⁶

Un an plus tard, Gordon Brown alors Chancelier de l'Échiquier, commanda à Sir Nicholas Stern un rapport étayé sur les changements climatiques. Lorsque le Rapport Stern¹²⁷ fut publié en octobre 2006, il fit sensation. Les conclusions de Sir Nicholas Stern dans son adresse aux Nations Unies furent rapportées ainsi :

M. Stern prévenait que « même si nous sommes sensibilisés aux changements climatiques et réduisons les

émissions, le climat changera encore plus qu'il n'a varié jusqu'alors ». Alors que le monde vivait une augmentation globale des températures de 0.7°Celsius, il disait : « même si nous agissons vivement pour réduire les émissions, il y aura encore une augmentation de 1,5 à 2 degrés à venir. Nous avons donc assisté à un quart ou un tiers de l'augmentation à laquelle nous allons être confrontés. St. Petersburg, New York, Londres, Le Caire, Cape Town, Shanghai, Bombay, Calcutta, Dhaka – toutes ces villes sont menacées par une montée du niveau des océans, et beaucoup de régions dans le monde seront sous la menace de cyclones, typhons, sécheresses et inondations ».

M. Stern mettait aussi en garde contre la probable continuation de la canicule qui a tué plusieurs milliers de personnes en Europe en 2003 « ce genre de canicule sera sans doute la norme d'ici 2050 », et le Nil dont dépendent dix pays pourrait voir son niveau baisser de moitié durant la seconde moitié du siècle. De plus, le scénario qui consisterait « à continuer sans rien changer » – c'est-à-dire que l'on ne ferait rien pour réduire les émissions – mènerait à des modifications du climat terrestre, disait-il, « que nous ne comprenons pas vraiment, et qui sont sans aucun précédent et modifieraient la planète : la différence étant comparable à là où nous en sommes maintenant, avec la dernière période glaciaire ». ¹²⁸

En 2007, Angela Merkel, la Chancelière allemande, alors Présidente de l'Union Européenne, a expliqué au *Financial Times* pourquoi elle avait œuvré pour l'accord de l'UE ¹²⁹

afin d'imposer des réductions d'émissions carboniques significatives d'ici 2020 :

Nous avons fait un choix : nous aurions pu continuer en nous voilant la face parce qu'il n'était pas clairement établi ce que serait le coût (du changement climatique). Au contraire, nous avons décidé d'agir en assumant que, quoi qu'il arrive, le coût de l'inaction serait plus important. C'est, comme l'a révélé le rapport Stern, la principale révolution scientifique à prendre en compte.¹³⁰

Le velouté d'une peau de pêche

Si vous désirez vous représenter l'atmosphère terrestre, pensez à la matière blanche et veloutée sur la peau d'une pêche. Cette métaphore vous donne une idée de l'épaisseur de l'atmosphère de notre planète. La pelure externe d'un oignon vous en donne une autre image.

Malgré sa minceur, cette couche de gaz est ce qui rend la Terre unique lorsque nous la comparons à toutes les autres planètes connues. Cette fine couche d'atmosphère a permis la vie sur Terre, et surtout l'éclosion de toute la diversité biologique interdépendante qui dépend entièrement de ce fragile halo invisible et menacé.

Il est impossible de déterminer la progression du réchauffement de l'atmosphère d'ici 25 ans, en partie parce que cela dépendra de nos actions durant le prochain quart de siècle. Ce qui est évident en revanche, c'est que l'activité

humaine est responsable de ce réchauffement dangereux et non naturel du climat. Le Panel Intergouvernemental sur les Changements Climatiques (*Intergovernmental Panel On Climate Change*, IPCC)¹³¹ a fourni un rapport¹³² tandis que j'étais en train d'écrire cet ouvrage qui donnait la probabilité de la responsabilité du réchauffement comme incombant à 90 % à l'activité humaine. Les preuves sont irréfutables selon eux.

Voici seulement trois des conclusions auxquelles parvient l'IPCC (avec les liens vers les sources d'informations) :

- 1) La montée des océans augmente 50% plus vite¹³³ que prédit dans le dernier rapport de l'IPCC en 2001.
- 2) Le *Gulf Stream* a ralenti d'environ 30%¹³⁴ entre 1957 et 2004.
- 3) IPCC explique que le réchauffement atmosphérique aura des conséquences ultérieures dangereuses. 80 % de la chaleur supplémentaire piégée par les gaz à effet de serre est aspirée par les océans. Quand la température des océans augmentera, une partie plus importante de ces gaz restera dans l'atmosphère. Même si ces émissions sont drastiquement réduites, le monde continuera à se réchauffer de 0,1°C par décennie durant un certain temps.

Plus de 2000 scientifiques, spécialistes du changement climatique et des disciplines afférentes, ont contribué au

rapport de l'IPCC dont tous partagent les conclusions. Le débat sur la dangerosité du réchauffement global est clos pour les gens raisonnables. Nous laisserons le dernier mot sur la position consensuelle adoptée par IPCC à l'écologiste australien Tim Flannery : « *Si IPCC déclare quelque chose, vous avez intérêt à y croire et à vous dire que les choses sont probablement pires que ce qui est annoncé* ».

James Lovelock est parvenu à mobiliser la communauté internationale quant aux méfaits des CFC sur la couche d'ozone. Il faut maintenant parvenir à un autre accord, beaucoup plus important que le Protocole de Kyoto. Pour que nous parvenions à stabiliser le climat, les intentions du Protocole de Kyoto doivent être multipliées par 12¹³⁵ déclare Tim Flannery : des réductions de 70 % d'ici 2050 sont nécessaires afin de garder le niveau de CO₂ à deux fois celui d'avant la révolution industrielle.

Si nous ne faisons rien, le niveau de CO₂ dans l'atmosphère sera doublé : de trois parts pour 10 000 qui était le niveau au début du 20^e siècle, il passera à six. Cela pourrait réchauffer la planète d'environ 3 °C et même jusqu'à 6 °C.

Si d'un coup de baguette magique nous pouvions faire cesser les émissions de gaz à effet de serre immédiatement, la Terre continuerait à se réchauffer à cause des émissions antérieures jusqu'en 2050. Le CO₂ persiste longtemps dans l'atmosphère. Une grande partie du CO₂ relâché lorsque le monde commença à se remettre de la Première Guerre Mondiale continue aujourd'hui à réchauffer la planète.

Comme le dit Tim Flannery :

Depuis le début de la Révolution Industrielle un réchauffement global de 0,63°C est intervenu sur notre planète et la cause principale en est une augmentation de CO₂ dans l'atmosphère qui est passé de 3 pour 10 000 à un peu moins de 4. L'essentiel de l'augmentation de l'utilisation d'énergie fossile s'est produit durant les dernières décennies, et neuf des dix années les plus chaudes jamais enregistrées ont eu lieu depuis 1990.¹³⁶

En d'autres termes, c'est à la génération issue du *Baby Boom* qu'en revient la responsabilité puisque la moitié de l'énergie engendrée depuis la Révolution Industrielle a été consommée durant les 20 dernières années. Mais ce n'est pas la faute d'une seule génération : c'est de notre faute à tous dans les pays développés, et dans le futur, l'explosion inévitable de la population mondiale sera le principal fautif de tout changement infligé par l'homme à la planète.

Le 20^e siècle a commencé avec une population d'un peu moins d'un milliard d'êtres humains et s'est terminé avec une population de 6 milliards. Chacun de ces six milliards d'individus utilise en moyenne quatre fois plus d'énergie qu'il y a 100 ans.

Comme je le disais dans l'introduction de ce chapitre, nous sommes maintenant confrontés à la preuve physique du changement climatique et l'Europe est un bon endroit pour constater des climats extrêmes. Ces extrêmes sont causés par le réchauffement de l'atmosphère. Chaque degré de réchauffement de l'atmosphère induit une augmentation

des pluies d'1%¹³⁷. Cela semble peu, mais l'augmentation est très inégalement répartie.

Les années 1990 furent la décennie la plus chaude de toute l'histoire de l'Angleterre depuis qu'il existe des relevés (dans les années 1660), avec 2006 étant l'année la plus chaude jamais vécue, 2005 la seconde année la plus chaude, 1998 la troisième plus chaude et 2001 la quatrième plus chaude.

En janvier 2007 le *British Meteorological Office* avait averti que 2007 serait l'année la plus chaude jamais enregistrée¹³⁸ (bien qu'elle semblât surtout devoir être la plus pluvieuse). La tendance à des conditions météorologiques extrêmes est fortement visible et se répète à travers une grande partie de l'Europe continentale.

En octobre, le *New York Times* rapportait des nouvelles alarmantes sous le titre : « *Arctic Melt Unnerves The Experts* » (« La fonte de l'Arctique inquiète les experts ») :

La calotte glaciaire dans l'Arctique a tellement fondu que des vagues ont brièvement battu deux longues routes de bateaux auparavant imaginées : le Passage Nord-Ouest par le Canada et la Route de la Mer du Nord par la Russie.

Partout la glace dérivante a fondu, à un point sans précédent durant environ un siècle ou plus, selon diverses estimations.

Maintenant les six mois de nuit sont revenus sur le Pôle Nord. Dans le froid qui s'intensifie, de la glace

nouvelle se forme sur de vastes étendues de l'Océan Arctique. Étonnés par les changements intervenus cet été, les scientifiques étudient les forces qui ont exposé un million de miles carrés d'eau à ciel ouvert – soit six fois la superficie de la Californie – de plus que la moyenne depuis que les satellites ont commencé à faire des relevés en 1979.¹³⁹

L'IPCC a spécifiquement identifié l'activité humaine au cours des dernières 250 années comme étant responsable de ce réchauffement atmosphérique, et maintenant de nouvelles preuves suggèrent que le problème avait commencé bien avant. Le Professeur Émérite William F. Ruddiman¹⁴⁰ de l'Université de Virginie est un paléoclimatologue chevronné, avec plus de 60 ans d'expérience. Dans son récent ouvrage, *Plows, Plagues and Petroleum*, il donne des preuves (relevés de fossiles et carottes forées dans la glace et le sol) de ce que le réchauffement global anormal aurait débuté il y a 12 000 ans lorsque l'Homme commença à faire pousser des récoltes et à élever des animaux de ferme au moment de la révolution agricole.

Les arbres abattus pour faire place aux terres agricoles n'absorbaient plus le CO₂ dans l'atmosphère et les étendues brûlées pour créer des terres arables eurent pour effet d'augmenter les émissions de dioxyde de carbone. Puis tandis que l'on retournait la terre pour planter et que l'on inondait les rizières, du méthane – un gaz qui réchauffe beaucoup le climat – fut aussi relâché dans l'atmosphère. Le nombre d'animaux élevés pour fournir nourriture ou vêtements y contribua aussi, leurs métabolismes digestifs produisant du méthane.

Bien entendu, il y a 12 000 ans, le nombre d'humains sur la planète était encore réduit – quelques millions tout au plus – et l'effet chauffant anormal de leurs activités sur l'atmosphère était minime. Mais le professeur Ruddiman et ses collègues sont parvenus à mesurer ces altérations subtiles, et ces changements influèrent négativement sur le déroulement habituel des cycles auquel est sujette l'atmosphère de notre planète. Notre climat est si sensible – et les données fournies par les fossiles si précises – que l'équipe de Ruddiman fut aussi capable de repérer les réductions d'émissions humaines de CO₂ et de méthane durant les périodes où des fléaux s'abattirent sur l'Europe et l'Asie en réduisant l'activité humaine jusqu'à parfois 50 % pendant un certain nombre d'années.^{VII}

En l'an 2030 les historiens regarderont peut-être en arrière, vers la première décade du 21^e siècle, et l'identifieront alors comme le moment où les humains commencèrent enfin sérieusement à s'attaquer au problème des changements climatiques. Une altération presque palpable tant elle est clairement perceptible est en train de se produire dans les mentalités des pays occidentaux – alors même que j'écris – et il semble qu'à l'heure actuelle pas une journée ne s'écoule sans qu'une figure politique majeure, une chaîne de supermarchés ou un chef de gouvernement déclare sa volonté nouvelle de lutter contre le réchauffement global.^{VIII}

^{VII} William Ruddiman déclare formellement dans l'introduction de son ouvrage qu'il n'a reçu aucune subvention d'un individu, d'un organisme ou d'une organisation qui puisse avoir un intérêt à prouver leur acceptation ou déni de changements climatiques.

^{VIII} Et en effet, en me commandant ce rapport (et en m'encourageant à me focaliser sur les changements climatiques et les économies d'énergie) *PlasticsEurope* a agi au nom de l'industrie européenne des producteurs de plastique pour attirer l'attention du public sur ce problème alarmant.

Un des anciens chefs de gouvernement qui peut se prévaloir d'avoir agi avec constance pour lutter contre le problème du réchauffement global est l'ancien Vice-Président des États-Unis Al Gore. Il a non seulement joué dans un film sur le changement climatique intitulé « *Une Vérité qui dérange* » qui a obtenu l'Oscar du Meilleur Documentaire, mais il reste aussi politiquement actif. Lorsqu'il fut appelé à témoigner devant le Comité du Congrès américain sur l'énergie et la qualité de l'air en mars 2007 il déclara :

Je veux témoigner aujourd'hui de ce que je pense être une urgence planétaire, une crise qui menace la survie de notre civilisation et la vie sur la Terre.

La planète a la fièvre. Si votre bébé a de la fièvre, vous allez chez le médecin. Si le médecin vous dit qu'il faut intervenir, vous ne répondez pas : « j'ai lu un livre de science-fiction qui explique que ce n'est pas un problème », vous agissez.¹⁴¹

De certaines causes du changement climatique moins connues

On a beaucoup écrit sur les causes du changement climatique et je n'ai pas l'intention d'aborder ici par le détail les nouvelles centrales érigées en Chine chaque année, ou de parler de l'appétit croissant des Américains pour le charbon. Il suffit de dire que la majorité du dioxyde de carbone produit par l'homme et rentrant dans l'atmosphère provient de la

génération de courant électrique et du transport (route, rail, bateau et aviation).

Avant d'examiner des secteurs moins connus qui émettent du carbone – en particulier l'aviation et le transport maritime, deux moyens de transports souvent commodément ignorés des orientations politiques domestiques à cause leur potentiel international – il est utile de noter que la Chine (particulièrement) est une économie rapidement émergente qui comprend clairement combien il est vital de réduire les émissions de carbone alors même qu'elle augmente sa capacité de production électrique. L'article suivant fut publié par le groupe de pensée *Ethical Corp* en février 2007 :

Une centrale électrique à charbon particulièrement critiquée qui vient d'être terminée récemment à Shanghai montre le chemin à venir. La Phase 2 de la centrale de Waigaoqiao comprend deux unités qui génèrent 900 MW et utilisent des turbines fabriquées par Siemens ; c'est une des centrales électriques à charbon les plus sophistiquées de Chine. Avec un rendement net de plus de 42 % – nettement plus important que la moyenne de 31 % des unités à charbon dur – elle permettra une économie annuelle d'un million de tonnes de charbon et une réduction des émissions de dioxyde de carbone de 2,1 millions de tonnes comparée à la centrale électrique chinoise standard de même taille.¹⁴²

En septembre 2007, la Commission Chinoise du Développement et de la Réforme a annoncé un projet de

133,3 milliards de dollars pour développer des sources d'énergie renouvelable :

La Chine a rendu public un plan ambitieux visant à développer de l'énergie renouvelable pour réduire ses émissions de dioxyde carbone qui sont en constante augmentation. « Le Plan à moyen et long terme pour les énergies renouvelables » promet de produire 10 % de l'énergie chinoise à partir d'énergies renouvelables d'ici 2010, pour atteindre 15 % en 2020.¹⁴³

Le nettoyage des centrales électriques, la recherche de sources d'énergies renouvelables et durables (voir le chapitre suivant), la conservation des ressources énergétiques et la réduction stricte de nos émissions dues au transport sont des actions urgentes et nécessaires. Mais il y a d'autres facteurs à prendre en compte.

Comme le fait remarquer le professeur de paléoclimatologie William Ruddiman, l'altération du climat fut amorcée dès que les humains commencèrent à déforester la planète pour faire pousser des récoltes et élever des animaux de ferme au lieu de chasser et de ramasser. Et la déforestation est une cause majeure mais sous-estimée du réchauffement global. *The Independent* rapportait en mai 2007 :

Durant les prochaines 24 heures, la déforestation causera l'émission d'autant de CO₂ dans l'atmosphère que 8 millions de personnes volant de Londres à New York.

Arrêter les bûcherons est la solution la plus rapide et la moins coûteuse au problème du changement cli-

matique. Alors pourquoi les chefs de gouvernement ignorent-ils cette crise ?

Il n'y a que le secteur de l'énergie pour surpasser le saccage et les incendies généralisés de forêts tropicales en termes d'émissions de gaz à effet de serre selon un rapport publié par le *Global Canopy Programme* (basé à Oxford)¹⁴⁴, une alliance de sommités scientifiques dans le domaine de la forêt tropicale.

Les chiffres fournis par le GCP offrent une synthèse des dernières découvertes des Nations Unies et se réfèrent aux estimations du rapport Stern pour montrer que la déforestation est responsable de près de 25 % des émissions globales de gaz à effet de serre, avec le transport et l'industrie fournissant respectivement 14 % de ces émissions et l'aviation ne représentant que 3 % du total.¹⁴⁵

Et que fait-on des terres une fois qu'elles ont été déforestées ? La plupart des surfaces sont utilisées pour le bétail. Vous serez peut-être surpris d'apprendre que l'élevage produit 18 % des gaz à effet de serre, et les flatulences du bétail ont conduit le pugnace patron de Ryanair Michael O'Leary à faire une remarque devenue fameuse sur le fait que les gouvernements « *devraient s'occuper des vaches qui pètent* »¹⁴⁶ plutôt que de critiquer sa compagnie aérienne (il n'avait pourtant pas de quoi se vanter... comme vous le verrez plus loin). Selon le *Christian Science Monitor* :

Le problème ne réside pas seulement dans les flatulences bien connues (et sources de blagues) et les

déjections du bétail qui mange de l'herbe, selon un récent rapport de la FAO (en français : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). Les altérations apportées à l'utilisation des terres, particulièrement la déforestation pour accroître les superficies de pâturages et pour créer des terres arables pour nourrir le bétail, en sont aussi largement responsables. Et puis il y a aussi l'énergie consommée pour produire des engrais, faire tourner les abattoirs et les usines qui transforment la viande, et pour pomper de l'eau.

Le bétail produit 18 % des émissions de gaz à effet de serre en mesures comparées de dioxyde, rapporte la FAO. Cela comprend 9 % de toutes les émissions de CO₂, 37 % du méthane, et 65 % du protoxyde d'azote. En tout, cela représente plus que les émissions dues au transport.¹⁴⁷

Il ne semble pas que nous soyons prêts à restreindre l'élevage de bétail. Malgré ma référence antérieure à la viande du futur élevée en usine (sans un animal flatulent) il semble que les pays producteurs de bétail soient confiants dans la pérennité des marchés de viande de boucherie. Sous le titre « Les pays en développement auront une demande accrue en viande de b'uf », la Chambre de Commerce arabo-brésilienne rapportait :

Selon une étude de marché, les pays émergents consommeront 350 millions de tonnes de viande de b'uf en 2030 contre 100 millions de tonnes dans les pays développés. Le Brésil, déjà le plus exportateur

du marché, devrait occuper une position particulière. « Le monde a besoin du Brésil pour se nourrir », a déclaré le président de la CCAB, Marcus Vinícius Pratini de Moraes.¹⁴⁸

Même les Nations Unies rendent le bœuf responsable. Sous le titre « Les ‘émissions’ bovines endommagent plus la planète que le CO₂ des voitures », *The Independent* rapportait :

Rencontrez donc le plus grand facteur de destruction de l’environnement. Ce n’est ni la voiture, ni l’avion, ni même George Bush : c’est le bovin.

Un rapport des Nations Unies a identifié les troupeaux mondiaux en rapide progression comme la plus grande menace pour le climat, les forêts et la vie sauvage. Ils sont aussi rendus responsables d’autres crimes environnementaux comme les pluies acides, l’introduction d’espèces étrangères, la désertification et les zones mortes des océans, la pollution des rivières et de l’eau potable et la destruction des récifs coralliens.¹⁴⁹

Que peut-on faire ? Et bien des éleveurs de vaches laitières en Californie transforment les excréments en électricité¹⁵⁰. Et puis, des scientifiques australiens travaillent à isoler des bactéries dans les kangourous¹⁵¹ qui leur permettent de manger de l’herbe sans relâcher de méthane et d’autres scientifiques anglais prétendent avoir trouvé un régime pour le bétail qui ne lui fasse pas produire beaucoup de méthane¹⁵². La bactérie magique pourrait être introduite dans les moutons, les cochons et la nourriture pour bétail

afin de réduire ou d'éliminer leurs flatulences de méthane. Puisque les déchets ménagers produisent plus de méthane qu'aucune autre source, peut-être pourrions-nous trouver un moyen de transformer ce gaz en une forme d'énergie.

Une bonne nouvelle est que bien que le méthane soit un puissant gaz à effet de serre, il reste en suspension dans notre atmosphère pendant seulement dix ans (comparé à 100 ans, voire plus, pour le dioxyde de carbone) ; ainsi donc une volonté de réduire les émissions de méthane produirait un changement dont on noterait rapidement les bénéfices.

Bien que les flatulences du bétail aient une dimension comique, l'idée de déforester de plus en plus de terres pour élever du bétail flatulent dans la promiscuité ne pourra pas perdurer. Il n'y a pas de réponse simple puisque la planète doit se nourrir, mais la nourriture synthétique (produite à partir de produits chimiques), la viande manufacturée, et même des plantations OGM testées et sévèrement contrôlées auront un rôle à jouer dans certaines parties du monde.

Cette dernière remarque est un fait plutôt qu'une prédiction puisque la tendance est clairement identifiable. Entre 1996 et 2005, la surface totale de terres cultivées en OGM a été multipliée par 50, passant de 17 000 km² à 900 000 km² dont 55 % aux États-Unis.

Friends of the Earth fait remarquer que même si les problèmes de sécurité environnementale et humaine des récoltes OGM pouvaient être résolus (et ils soulignent l'importance du « si »), basculer semences et récoltes naturelles vers des semences et récoltes OGM aurait pour

résultat de donner la propriété intellectuelle de la production de nourriture aux conglomérats qui possèdent les brevets concernés. La nourriture (qui depuis le début de l'existence humaine a toujours été une ressource naturelle) deviendrait encore un autre outil commercial si le modèle OGM devait prévaloir. Un développement possessif ne coïncide pas avec l'ambition d'œuvrer pour un développement durable et pour aider les plus pauvres dans le monde à réussir à améliorer leurs conditions de vie. *Friends of the Earth* déclare :

Les récoltes OGM ne sont pas moins chères, ni de meilleure qualité et ne présentent pas de bénéfices pour les consommateurs. Cela commence même à être reconnu par une partie des acteurs de l'industrie des biotechnologies. Après 30 ans de recherches payées sur les deniers publics, seules deux modifications ont eu une véritable résonance commerciale : la tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes.¹⁵³

D'un autre côté, il sera très difficile de résister à la tentation de « la poule aux œufs d'or OGM » et particulièrement la « 3^e génération » de « pharma-cultures » génétiquement modifiées. Comme l'expliquait SciDev.net en juin 2007 :

La culture de plantes OGM pour produire de la pharmacopée et des produits industriels représente une opportunité importante que l'Afrique doit saisir maintenant.

De telles cultures comprennent les plantes créées pour produire des plastiques biodégradables, des

fibres protéinées, des adhésifs et des protéines de synthèse. Par exemple, les plants de tabac et de pomme de terre ont été modifiés afin de produire de la soie d'araignée.

Les « Pharma-cultures » sont des plants modifiés génétiquement pour produire des produits pharmaceutiques, par exemple des vaccins, des anticorps et des protéines pour traiter les maladies humaines et animales. Le maïs développé pour exprimer la lipase gastrique humaine et utilisé pour traiter la mucoviscidose fait déjà l'objet d'essais cliniques avancés.¹⁵⁴

Considérant la déforestation rampante, personne ne pourra contredire que les populations mondiales doivent être éduquées à réduire leur consommation de viande. La viande est la moins bonne solution en termes d'écologie et d'énergie pour transférer des protéines/énergie de notre environnement dans nos corps (bien que ce soit la méthode la plus rapide d'ingestion d'énergie au moment de la consommation). Et un régime plus pauvre en viande améliorerait la santé de la plupart des citoyens. Comme l'explique Jeremy Rifkin dans *L'Économie Hydrogène* :

La destination d'un tiers des terres agricoles dans le monde a été modifiée pour passer de la production de céréales comestibles par les humains à celle de céréales animalières. L'élevage de bétail est maintenant l'activité agricole qui consomme le plus d'énergie au niveau mondial. Elle nécessite l'équivalent de 4 litres d'essence pour produire 500 g de bœuf élevé aux céréales aux États-Unis. Pour satisfaire les besoins

annuels en viande de bœuf d'une famille de quatre personnes, il faut utiliser plus de 1 000 litres d'énergie fossile. Quand ce combustible est brûlé, il relâche 2,5 tonnes de CO₂ de plus dans notre atmosphère – autant de CO₂ que la voiture standard émet dans des conditions d'utilisation normale pendant six mois.

Du transport maritime

Le transport maritime est un secteur qui produit des émissions de carbone significatives mais dont on débat peu (et qui est de surcroît souvent omis dans les recommandations pour lutter contre le réchauffement ambiant et dans les législations). Bien qu'il représente encore une faible part du transport, le transport maritime est le secteur de transport qui connaît la plus forte croissance selon *The Economist* :

Le transport maritime mondial connaît une croissance de 15 % par an. Les échanges entre la Chine, l'Inde, l'Amérique et l'Europe représentent 65 % des navires de plus de 250 m que l'on déplace autour du monde chaque année. Les tarifs du fret maritime ont augmenté de près d'un tiers durant les quatre années qui ont précédé le point d'orgue atteint au troisième trimestre 2005. Cela conduit à une demande démentie de bateaux neufs et plus importants.¹⁵⁵

L'un des meilleurs endroits pour éprouver l'impact des émissions de gaz à effet de serre des bateaux est sans doute Istanbul. Cette superbe cité antique est située de part et d'autre de la plus étroite bande de navigation au monde,

le Bosphore, un passage qui relie la Mer Noire (presque entièrement fermée) à la Mer Égée puis à la Méditerranée.

Pour tous les pays en plein développement autour de la Mer Noire (Bulgarie, Roumanie, Ukraine, Géorgie et le nord de la Turquie elle-même), le Bosphore qui en certains endroits ne dépasse pas les 700 m de large représente le seul chenal d'accès pour les tankers et les porte-conteneurs. Toutes les dix minutes, d'énormes cargos passent dans chaque direction, pilotés par les navigateurs locaux et contrôlés par l'équivalent marin d'un système de contrôle aérien. Ils relâchent tous de larges quantités de CO_2 , SO_x ¹⁵⁶ et NO_x ¹⁵⁷.

Istanbul a déjà un gros problème de pollution à cause de ses douze millions d'habitants qui tentent de se déplacer dans leur vaste cité. L'infrastructure des transports est pauvre à cause d'une topographie difficile, des risques de tremblements de terre et de sous investissements chroniques. Il n'y a pratiquement pas de système de métro et les vieux ferries qui sillonnent le Bosphore ajoutent leurs émissions putrides à celles des millions de voitures circulant en ville et des cargos géants et bateaux de croisière passant dans le chenal.

Tout ce transport maritime et les routes embouteillées d'Istanbul font que la magnifique ville s'étouffe sous un brouillard de miasmes marronnasses qui contribuent lourdement aux émissions élevées de carbone dans la région, à une santé publique déplorable et à une mortalité importante¹⁵⁸.

Néanmoins des avancées technologiques permettent aux nouveaux navires d'être beaucoup moins polluants. Il est

intéressant de noter que ces développements se produisent dans la région du monde à l'origine de la plupart de la croissance du fret maritime global. Un article d'actualité publié en Chine prétendait ce qui suit :

La Chine a réussi une avancée substantielle dans le domaine de la construction navale avec le premier navire fonctionnant au gaz naturel liquéfié (GNL) fabriqué en Chine et un des plus sophistiqués au monde, qui sera livré en septembre.

Le bateau d'une capacité de 47 200 m³ est construit par Hudong-Zhonghua Shipbuilding, une filiale de China State Shipbuilding Corporation (CSSC), le premier chantier naval de Chine et le troisième au monde.

Quatre autres navires fonctionnant au GNL sont déjà en construction et devraient être livrés à la fin de l'année tandis que l'on travaille maintenant sur la recherche et le développement de navires propulsés au GNL d'une capacité de 200 000 m³.¹⁵⁹

La voile risque même de faire un retour pour économiser le carburant et réduire les émissions de carbone. La société allemande Sky Sails commercialise maintenant des voiles à base de plastique qui ressemblent à d'énormes cerfs-volants pour les gros navires durant leurs longues traversées océaniques. La société prétend :

En utilisant le SkySails-System, la consommation de fioul du bateau peut baisser de 10 à 35 % pour

la moyenne annuelle selon les conditions de vent. Par conditions de vent optimales, la réduction de la consommation de fioul peut ponctuellement atteindre 50 %. Même sur un petit cargo de 87 m, on peut économiser jusqu'à 280 000 €/an.

Les premiers SkySails-Systems avec des aires de voilure de remorquage allant jusqu'à 320 m² pour les cargos, super yachts et chalutiers seront disponibles en 2007. La production en série débutera en 2008.¹⁶⁰

Enfin pour terminer cette étude très incomplète des émissions dues au transport maritime, ne pensez même pas à utiliser des bateaux de ligne pour voyager ou à faire une croisière de luxe. Dans son livre publié en 2006 qui connut beaucoup de retentissement : *Heat, How To Stop The Planet Burning (Chaleur : Comment empêcher la planète de brûler)*, l'activiste écologique britannique George Monbiot publiait le résultat de ses calculs sur le montant de CO₂ produit par le bateau de croisière Queen Elizabeth II par passager :

Cunard déclare que le navire consomme 433 tonnes de fioul/jour et qu'il faut six jours pour aller de Southampton à New York. Si le navire est plein, chaque passager muni d'un billet aller-retour consomme 2,9 tonnes. Une tonne de fioul de bateau contient 0,85 tonne de carbone, qui produit 3,1 tonnes de dioxyde de carbone en brûlant. Chaque passager est donc responsable de l'émission de 9,1 tonnes. En d'autres termes, un aller-retour à New York sur le QE II représente presque 7,6 fois plus d'émission de carbone que le même trajet en avion.

Il existe une façon de traverser l'Atlantique sans émettre un seul atome de carbone : prenez un billet sur le catamaran solaire en fibre de verre baptisé Sun21. Comme Gizmag.com le rapportait en mai 2007 :

Un pas de géant a été franchi dans la volonté de pouvoir voyager sans utiliser d'énergie fossile : un catamaran baptisé Sun21 vient de terminer une croisière de loisir à travers l'océan Atlantique sans consommer une goutte de carburant. L'énergie solaire emmagasinée a propulsé l'équipage de 5 hommes de l'Espagne aux USA à une vitesse constante de 5-6 nœuds grâce à ses moteurs électriques. C'est une avancée majeure – un bateau longue-distance fiable qui ne consomme rien – et la réussite de la traversée ouvre la voie vers un transport maritime plus propre, plus écologique et plus économique.¹⁶¹

De l'aviation

Nous allons maintenant aborder un sujet très difficile : l'aviation. Le transport aérien est un mode de déplacement qui possède un tel potentiel d'aggravation du changement climatique qu'il mérite sa propre section – particulièrement puisque le transport aérien international, tout comme le transport maritime, est souvent omis de façon bien pratique des politiques domestiques et des actions entreprises pour lutter contre le réchauffement global.

Les émissions de carbone dues aux avions représentent seulement 2 à 3 % des émissions globales de CO₂ pour

l'instant, mais l'aviation est un secteur des transports qui croît très rapidement (+ 40 % par an en Chine) et ces émissions semblent avoir un impact plus négatif sur l'atmosphère que les autres types d'émissions de carbone.

Dans son ouvrage précité, *Heat*, George Monbiot parle beaucoup du transport aérien :

L'aviation a connu une croissance plus forte que n'importe quelle autre source de gaz à effet de serre. Entre 1990 et 2004, le nombre d'usagers des aéroports du Royaume-Uni a crû de 120 % et l'énergie consommée par les avions a augmenté de 79%¹⁶². Leurs émissions de dioxyde de carbone ont pratiquement doublé durant cette période : de 20,1 à 39,5 millions de tonnes, soit 5,5 % de toutes les émissions du pays.

Si rien n'est fait pour arrêter cette croissance, l'aviation annihilerait toutes les réductions auxquelles nous parviendrions par ailleurs. Le gouvernement a prédit que « si l'on proposait une capacité suffisante », le nombre de passagers fréquentant les aéroports du Royaume-Uni passerait d'environ 200 millions actuellement à « entre 400 millions et 600 millions » d'ici 2030. Il entend faire en sorte que cette prophétie se réalise. Les nouvelles pistes d'atterrissage prévues « permettraient d'accueillir environ 470 millions de passagers en 2030 ».

En 2006, *Friends of the Earth* et la *Cooperative Bank* ont commandé un rapport au *Tyndall Centre For Climate Change*

*Research*¹⁶³ de Manchester, intitulé « *Living Within A Carbon Budget* » (« Comment subsister avec un budget de CO₂ »), qui a dûment essayé de proposer une excellente feuille de route pour l'Angleterre afin qu'elle réduise suffisamment ses émissions de carbone pour atteindre les buts nécessaires à l'évitement des pires effets du changement climatique. Le rapport était particulièrement virulent au sujet de l'aviation :

Le taux d'émissions de carbone de l'aviation, couplé à une croissance annuelle extrêmement importante et la possibilité limitée d'améliorations efficaces, devrait placer l'aviation parmi les priorités de l'agenda gouvernemental du changement climatique.

En dépit de cela, le Gouvernement ne souhaite guère restreindre les émissions dues à l'aviation, alors qu'il est tout à fait évident que les émissions qui y sont associées ne peuvent guère s'avérer compatibles avec le but déclaré du Gouvernement de réduire les émissions existantes de 60 %, et mine complètement toute chance de parvenir aux buts beaucoup plus drastiques que les scientifiques préconisent de façon urgente en relation avec le seuil des 2 °C. Les répercussions à long terme d'une telle attitude sont difficiles à surestimer.

En matière de propulsion, les moteurs d'avions sont dotés d'une technologie mature et l'efficacité de la flotte actuelle ne devrait donc pas varier dans un futur prévisible. Continuer à soutenir cette absence de changement de cap en matière d'économies d'énergie constitue le dessein à long terme des avionneurs,

qui ce faisant s'avèrent mettre la société sous le joug de la technologie actuelle pour les 30 à 50 années à venir au minimum.¹⁶⁴

Or les émissions de carbone de l'aviation semblent particulièrement nocives pour notre atmosphère. Dans *Heat*, George Monbiot explique :

L'impact climatique des avions ne se résume pas au carbone qu'ils produisent. Ils relâchent différentes sortes de gaz et de particules qui refroidissent ou réchauffent la planète.

L'impact global selon le Panel Intergouvernemental sur les Changements Climatiques est un effet de réchauffement de 2,7 fois celui du seul dioxyde de carbone. Cela résulte en grande partie du mélange d'air chaud et humide rejeté par l'échappement du moteur de l'avion avec l'air froid dans la haute troposphère où volent la plupart des avions. Quand l'humidité se condense cela peut former des traînées de condensation qui à leur tour semblent former des cirrus – ces hautes formations cotonneuses de cristaux de glace connues sous le nom de « queues-de-cheval ».

Tout en renvoyant une partie de la chaleur du soleil dans l'espace, elles emprisonnent aussi la chaleur dans l'atmosphère, en particulier de nuit. La rétention de la chaleur semble être l'effet le plus flagrant.¹⁶⁵

Le fait que les traînées d'avion « renvoient une partie de la chaleur du soleil vers le haut » cause une confusion parmi les

écrivains écologistes. Dans *The Weather Makers*, Tim Flannery écrit :

Le transport aérien grandit en ce moment de 3 à 5 % par an et le fret aérien s'accroît de 7 % chaque année. Les chercheurs de l'Imperial College London combinent les prévisions de changements climatiques avec des simulations de trafic aérien pour prédire les formations de traînée de condensation et identifier les façons de les réduire.

Mais l'assertion de ces chercheurs quant aux formations de nuages dues aux traînées de condensation qui réchaufferaient l'atmosphère pourrait s'avérer erronée. Certains climatologues ont théorisé que les traînées de condensation (appelées aussi *traînées de vapeur*) étaient impliquées dans l'assombrissement global, mais le flot constant de trafic aérien empêchait cela d'être analysé auparavant.

La cessation quasi totale du trafic aérien civil durant les trois jours après les attaques du 11 septembre 2001 a offert une rare opportunité d'observation du climat des Etats-Unis, alors dénué de tout effet dû aux traînées de condensation. Durant cette période, une augmentation de la température diurne de +1 °C a été constatée dans certaines parties des US, ce qui impliquerait que les traînées de condensation des avions auraient fait augmenter les températures nocturnes et/ou fait baisser les températures diurnes beaucoup plus qu'on ne le pensait précédemment.

En d'autres termes, l'assombrissement global masque peut-être l'effet de réchauffement global mais ce faisant, il en ralentit les pires effets. Les scientifiques sont divisés sur ce sujet.

Au final, la plupart des écologistes arrivent à la conclusion que la population mondiale grandissante doit *réduire* son utilisation des transports aériens plutôt que de laisser le secteur croître vigoureusement comme il est prévisible qu'il le fasse. Néanmoins je crains qu'à moins de taxer sévèrement les émissions de carbone ou d'introduire une législation limitant le trafic aérien (ce qui serait très difficile à faire sur les trajets internationaux), la communauté des hommes d'affaires et le public ne continuent à demander toujours plus de liaisons aériennes.

Il y a relativement peu d'attention prêtée par les médias aux alternatives de carburants pour les avions. Il est de notoriété commune que les moteurs d'avions nécessitent un combustible de haute densité égale à leur poids (et qui puisse demeurer liquide aux très basses températures de la stratosphère) et donc il n'y a pour l'heure aucune alternative pratique au kérosène à haute densité carbonique.

Même le Panel Intergouvernemental sur les Changements Climatiques (IPCC) se déclare certain qu'il n'existe pas d'alternative au kérosène pour les avions. Dans son rapport sur l'Aviation et l'Atmosphère Globale, le panel précise :

Il ne semble pas y avoir d'alternative aux combustibles à base de kérosène pour les avions commerciaux pour les prochaines décennies. Réduire le niveau de

soufre dans le kérosène réduira les émissions de sulfures d'oxyde et la formation de particules de sulfates.

Les moteurs d'avions requièrent un combustible à haute densité énergétique, spécialement lors des vols long-courriers. D'autres options de combustibles comme l'hydrogène par exemple pourraient être viables à long terme, mais nécessiteraient de nouveaux moteurs d'avions et une nouvelle infrastructure pour l'approvisionnement.¹⁶⁶

Malgré l'apparente certitude quant au sombre futur des émissions dues à l'aviation, *Time Magazine* rapportait en 1988 que l'Union Soviétique avait réussi à convertir un avion de ligne Tupolev Tu-154 pour qu'il fonctionne avec un mélange d'hydrogène liquide et de gaz naturel¹⁶⁷.

Pour faire justice au Tyndall Centre, les auteurs de « *Living Within A Carbon Budget* » reconnaissent bien que les biocarburants auraient un rôle important à jouer dans l'aviation :

Donc, en plus de la demande d'amélioration de la gestion et de l'efficacité des carburants utilisés par les avions, un tiers de ces carburants devra provenir de sources pauvres en carbone et technologiquement compatibles comme le biodiésel et le biokérosène pour s'assurer que l'industrie de l'aviation remplit ses obligations en matière d'émissions de carbone.¹⁶⁸

Sir Richard Branson, magnat des transports britanniques (d'autant plus intéressé par la question qu'il est lui-même

patron de compagnie aérienne), pense lui aussi qu'il existe un futur pour des biocarburants plus propres dans l'aviation. Au sujet de sa compagnie aérienne Virgin Atlantic, le journal *The Independent* rapportait en avril 2007 :

Virgin Atlantic annoncera aussi aujourd'hui que ce sera la première compagnie aérienne au monde à utiliser du biocarburant. Virgin Atlantic prévoit de faire des essais l'année prochaine, avec Boeing et le fabricant de moteurs américain General Electric, pour faire voler un 747 avec un carburant mélangeant le biocarburant et le kérosène traditionnel.¹⁶⁹

Virgin Atlantic est aussi en train de rénover sa flotte pour accueillir 15 Boeing 787 *Dreamliners* qui annoncent consommer 27 % de carburant en moins que les autres avions bimoteurs de même catégorie. Boeing prétend que le 787 utilise moins de carburant en grande partie grâce aux plastiques et métaux composites avec lesquels il est fabriqué et que l'avion pèse moins que les avions standard à ossature aluminium, un autre domaine dans lequel le plastique pourra contribuer positivement à réduire les émissions de carbone.

Sous le titre « *Travelling green tonight* » (« Voyageons écologique ce soir »), *The Economist* rapportait en juin 2007 au sujet du Boeing 787 qui est en partie fabriqué avec du plastique :

La moitié de sa structure, y compris le fuselage et les ailes, est fabriquée avec des matériaux composites, ce qui rend le 787 beaucoup plus léger que tout autre avion en métal de même gabarit. Cela

économise de l'énergie et permet d'autres améliorations. Par exemple : l'air est plus agréable à respirer. Les avions doivent être pressurisés au-dessus de 3 300 m parce que le niveau de l'oxygène baisse dangereusement. À l'altitude de croisière, autour de 11 000 m en général, la pression de la cabine est maintenue à l'équivalent de celle régnant à environ 2 450 m (à peu près comme à Mexico) parce que maintenir une pression plus haute dans un avion standard accélérerait l'usure du métal. Pour ajouter à l'inconfort des passagers l'air est maintenu aussi sec que possible parce que l'humidité fait rouiller le métal. Mais le 787 est pressurisé à environ la pression régnant à 2 000 m et l'air peut être moins sec parce que les composites sont plus résistants que le métal et moins affectés par l'humidité.¹⁷⁰

Produire du biocarburant pour les moteurs d'avions n'aurait pas le vaste et désastreux impact qu'aurait le basculement vers des biocarburants (comme l'éthanol) pour le transport routier (cf. « Le Futur Énergétique »). Même les importantes flottes d'avions du futur n'utiliseraient qu'une infime partie du carburant utilisé par les millions de véhicules terrestres dans le monde, et le potentiel de l'aviation en termes d'émissions de carbone nocives est si important qu'il est facile de soutenir l'adoption des biocarburants.

Le développement de biocarburants propres nous conduit vers un moment du futur (probablement d'ici 2030) où l'aviation ne sera plus un transport polluant. Dans l'intervalle cela prendra des années avant que les biocarburants soient suffisamment testés et que leur

production soit convenablement poussée pour satisfaire la demande. En attendant, que pouvons-nous faire ?

Les compagnies aériennes elles-mêmes ont compris qu'à moins de trouver une façon de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, soit ils perdront des clients au fur et à mesure que ceux-ci gagneront en conscience environnementale, soit ils seront sous pression des gouvernements qui s'intéresseront à la régulation du problème – ou même les deux. Easyjet, la compagnie aérienne européenne en pleine expansion a elle-même lancé un projet d'avion propre en juin 2007 : « EcoJet »¹⁷¹ – un avion qui serait doté d'un fuselage et d'ailes hautes performances en matériaux composites et de moteurs rotors ouverts.

En tant que gros client de Boeing et d'Airbus (Easyjet ajoute un nouvel avion à sa flotte tous les 12 jours en ce moment¹⁷²), la compagnie a insisté pour que la technologie d'un tel avion super-propre soit opérationnelle d'ici 2015. Par « super-propre » la compagnie aérienne entend que le nouvel avion est 25 % moins bruyant et émet 50 % de dioxyde de carbone de moins que les avions actuels. Les nouveaux avions devraient aussi émettre 75 % d'oxyde de nitrogène de moins que l'actuel A320 et la famille des 737¹⁷³. Mais comment allons-nous restreindre les émissions de l'aviation d'ici 2015 ?

Les schémas pour compenser les émissions de carbone varient en qualité et en efficacité et même les meilleurs ne peuvent être raisonnablement considérés comme de vraies solutions aux dommages causés par l'aviation. Par essence, les solutions pour compenser les émissions de

carbones nous permettent de payer une organisation qui entreprend alors de planter des arbres ou d'investir dans d'autres projets pour réduire les émissions de CO₂ ailleurs dans le monde, à un moment où un autre du futur, à un degré qui égale vaguement le CO₂ que nous avons émis en tant que passager.

Dans le *Guardian*, l'écologiste George Monbiot a clarifié sa position sur la compensation des émissions de CO₂ :

Tout schéma qui nous persuade que nous pouvons continuer à polluer ne fait que repousser le moment où nous prenons conscience du changement climatique et où nous réalisons que nos façons de vivre doivent changer. Mais nous ne pouvons plus nous permettre d'attendre. Les grosses réductions doivent intervenir maintenant et plus nous attendrons, plus il sera difficile d'empêcher des changements climatiques incontrôlables. En nous vendant une pseudo-conscience claire, les sociétés qui compensent les émissions minent le terrain de la bataille politique nécessaire pour s'attaquer aux changements climatiques chez soi. Ils nous racontent que nous n'avons pas besoin de faire preuve de citoyenneté, mais simplement de consommer encore plus.

Pourtant, les émissions dues à l'aviation, pour ne citer qu'un exemple, augmentent tellement vite au Royaume-Uni qu'avant 2020 elles représenteront tout le quota alloué au pays entier pour ses émissions de carbone. Une vingtaine d'années plus tard, les émissions globales dues à l'aviation représenteront

tous les quotas d'émissions de tous les secteurs économiques dans toute la planète.¹⁷⁴

Tony Juniper, directeur de *Friends of the Earth*, annonçait en janvier 2007 :

Les schémas de compensation de CO² servent d'écran de fumée masquant les vraies mesures nécessaires pour s'attaquer au problème du changement climatique. Il nous faut de façon urgente réduire nos émissions, mais ces alternatives de compensation encouragent les individus, les sociétés et les gouvernements à éviter d'agir et à continuer de polluer. Il est encore temps d'agir mais nous ne pouvons plus nous permettre d'être distraits par des mesures qui, au mieux, n'auront qu'un rôle mineur à jouer pour produire des solutions au réchauffement global.¹⁷⁵

Alors, si les biocarburants ne sont pas pour tout de suite et si les actions de compensation de CO₂ n'offrent que de maigres solutions, que pouvons-nous faire d'autre pour pallier le problème posé par le transport aérien ? Complètement réenvisager l'avion est une réponse possible. En août 2007 Gizmag.com relatait :

Le modèle standard de l'avion dont nous sommes tous devenus familiers durant le 20^e siècle est promis à la casse. Malgré sa nature omniprésente, la forme traditionnelle devrait être détrônée à cause de la volonté d'avoir un avion plus propre et plus écologique qui pourra transporter les usagers autour de la planète en consommant de moins en moins de carburant.

Un nouveau groupe de recherches vient d'être formé dans une université des Pays-Bas avec le but avoué de reléguer la forme actuelle des avions commerciaux dans les livres d'histoire. Le projet CleanEra va faire des recherches sur le BWB (*blended-wing-body* : *N.d.T.* : *les ailes sont alors incorporées dans le fuselage, un peu comme le Concorde*), des moteurs à hélices high-tech et même des formes de fuselage du style OVNI, dans un effort pour produire un modèle d'avion commercial léger moins bruyant et polluant d'au moins 50 % que les modèles actuels.¹⁷⁶

Néanmoins, ces avions novateurs prendront des années à être testés et construits ; en attendant il y a urgence à faire quelque chose pour réduire les émissions dues à l'aviation. Le fait est simplement que si nous devons nous conformer aux quotas de réductions d'émissions de l'IPCC, il faut taxer le CO₂ à la source (par exemple : taxer les compagnies aériennes pour chaque vol). L'argent récolté doit être utilisé :

- pour planter des arbres à très large échelle (une excellente façon *low-tech* de combattre le changement climatique – d'autant que les arbres jeunes en pleine croissance absorbent bien plus de CO₂ que les forêts parvenues à maturité)
- pour accélérer le développement des biocarburants (quand c'est approprié) ainsi que le développement de sources d'énergies propres, renouvelables et durables.

Une forte taxation des émissions de CO₂ ralentira la croissance de l'aviation (comme le prouvera la récente

augmentation des taxes sur l'aviation britannique¹⁷⁷) et ceux d'entre nous qui ont acheté des maisons à l'étranger (pas moi) parce que les tarifs des compagnies aériennes étaient très bas en souffriront sans doute malheureusement. Les voyages d'affaires pourraient s'en trouver réduits (ou ne pas croître aussi vite) et une partie du fret serait transférée vers le transport maritime. Il n'y a plus aucune alternative.

Ce que nous devons faire au sujet des changements climatiques

Il y a autant de remèdes proposés pour sauver la planète qu'il existe d'écologistes concernés ; le défi est si grand et si important que les agendas politiques influent invariablement sur une grande partie des propositions.

Considérant que nous sommes face à une crise globale sérieuse et extrêmement dangereuse en ce début du 21^e siècle, il apparaît évident qu'il faut agir. Continuer à vaquer tranquillement à nos affaires n'est plus possible.

Comme je l'indiquai en amont, les changements climatiques sont déjà si avancés qu'il est trop tard pour en éviter les premiers symptômes. Un rapport de Lehman Brothers en février 2007 intitulé « *The Business of Climate Change* » (« Le Business du Changement Climatique ») donne d'autres précisions :

Même si les émissions globales devaient cesser entièrement dès aujourd'hui, la température moyenne de

la Terre continuerait à augmenter d'environ 1 °C à cause des émissions antérieures et de l'inertie thermique des océans – ou « effet retard ».

Considérant que les émissions ne vont pas cesser ce jour, la température moyenne de la terre devrait donc augmenter de +1°C durant le siècle. Les projections d'augmentation de températures dépendent du futur que nous allons réserver aux émissions de carbone. Si la croissance des émissions persiste au rythme actuel sans que l'on ne fasse rien, la concentration en CO₂ dans l'atmosphère atteindra 500 ppm d'ici 2050. Selon le 3^e État des Lieux du Panel Intergouvernemental sur les Changements Climatiques (IPCC TAR) et les recherches récentes du Hadley Centre, une telle continuation de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre durant le reste du 21^e siècle conduirait à un réchauffement global qui irait de +2°C à +5,8°C.¹⁷⁸

Le « *California Progress Report* » publié en début 2007 arrivait aussi aux mêmes conclusions :

La bataille est déjà perdue. Le globe continuera sur la lancée du réchauffement amorcé au milieu du siècle dernier. Des canicules plus fréquentes, des tempêtes plus violentes, des sécheresses plus dévastatrices, une fonte rapide des glaciers et une montée des océans nous attendent, quoi que nous fassions. La question soulevée par le rapport est de savoir si nous aurons assez de volonté pour changer nos comportements assez rapidement pour empêcher ces mauvaises nou-

velles de se transformer en horreurs. Même si nous parvenions à faire cesser immédiatement toutes les émissions de gaz à effet de serre, les températures globales augmenteraient quand même de 1,1°F d'ici la fin du siècle. Cela voudrait dire arrêter toute usine, toute automobile, ou toute machine qui fonctionne au carburant, charbon ou gaz naturel dès aujourd'hui, tout en faisant cesser la déforestation tropicale – une impossibilité sans nul doute. Le rapport de l'IPCC déclare que nous ne pouvons plus nous permettre qu'une augmentation de + 2,5°F avant que les changements climatiques ne deviennent catastrophiques. Pour décarboniser nos économies suffisamment vite pour passer entre les mailles de l'étau, les scientifiques préviennent que nous devons réduire nos émissions de 80 % d'ici 2050.¹⁷⁹

Quel niveau de difficulté représente la réduction de nos émissions de 80 % d'ici 2050 ? Et bien, si nous sommes dans le bon état d'esprit, je pense que nous pouvons atteindre cet objectif sans causer de dommages majeurs à l'économie globale et aux espérances des millions d'habitants des nations rapidement émergentes comme la Chine, l'Inde et certaines régions d'Amérique Latine.

Le bon état d'esprit

Bien que certains symptômes du changement climatique ne puissent plus être évités, notre tâche principale au cours du 21^e siècle devrait être de travailler à amoindrir les pires effets que le changement climatique pourrait avoir et d'éviter les morts

humaines et animales, la misère et les coûts pharamineux qui s'ensuivraient.

Dans ce dessein, nous devons changer état d'esprit et mode de vie partout dans le monde. Je donne des conférences et j'écris sur les effets du changement climatique depuis le début des années 1990 (c'est peu selon certaines normes) et j'ai assisté à un changement d'attitude du public européen extrêmement encourageant. Selon un sondage du *Financial Times* en 2006 :

Les Européens sont massivement convaincus que l'activité humaine contribue au réchauffement global, et la majorité d'entre eux serait prête à accepter des restrictions de leur mode de vie pour le combattre.

Des recherches menées ce mois-ci par Harris Interactive en Allemagne, France, Royaume-Uni, Italie et Espagne ont démontré que 86 % des gens pensent que les humains contribuent au changement climatique et 45 % estiment que cela représente une menace pour eux et leurs familles au cours de leur existence.¹⁸⁰

Puis fin juin 2007, *The Independent* relatait :

La proportion d'Américains qui situent les questions d'environnement parmi les menaces globales (de 23 % à 37 %) a fortement augmenté, selon une étude détaillée publiée par le Pew Centre à Washington.

L'environnement fait de plus en plus irruption dans l'actualité aux USA à cause de violentes et

inhabituelles conditions météorologiques (principalement les inondations et de sévères sécheresses) combinées au coût croissant du pétrole. Ces derniers jours, des précipitations épouvantables ont affecté les États du sud du pays. Plus de 35 cm de pluies sont tombés sur le centre du Texas et de l'Oklahoma hier, et l'on prévoit d'autres tempêtes.

L'étude a découvert que les Chinois sont beaucoup plus prompts que les Américains à citer les problèmes environnementaux comme étant un danger global majeur (70 % contre 37 %).

À travers le monde, la plupart des personnes interrogées dans les pays étudiés pensent que l'environnement va mal et la plupart blâment les USA, et dans une moindre mesure, la Chine.¹⁸¹

Arrivés à un tel niveau d'inquiétude publique, nos hommes politiques doivent nous doter d'une législation efficace et très contrôlée, qui ne fixe pas seulement des objectifs pour la réduction de nos émissions de carbone, mais qui offre aussi primes et incitations afin de stimuler les individus et les sociétés.

Le changement qui fera la différence doit se produire dans nos commerces et dans nos vies quotidiennes. Et la seule façon d'induire un changement dans les comportements personnels est l'ÉDUCATION.

Par « éducation », je ne veux pas dire des pubs TV qui exhortent la population à économiser l'énergie (enfin, cela

aiderait quand même), j'entends par là que l'éducation doit continuer par le biais des médias, des gouvernements, des commerces, des industries et des ONG pour faire prendre conscience au public de sa responsabilité vis-à-vis de notre planète. De fait, nous devons tous développer une conscience du coût de nos styles de vie.

L'énergie (j'entends par là : carburant, électricité et gaz) était relativement bon marché dans le monde développé et c'est pourquoi nous l'avons utilisée avec un manque de discernement qui choquera les générations futures.

Quand on visite les États-Unis et que l'on constate combien cette nation dépend des automobiles, on pourrait penser que rien ne pourra être modifié dans la politique domestique américaine sans démanteler une société devenue complètement dépendante à l'énergie peu onéreuse (c'est peut-être aussi pour cela que tant d'Américains sont obstinés quand il s'agit d'accepter l'urgence du changement climatique). Je comprends bien que dans les communautés et les sociétés qui se sont développées *après* l'invention de l'automobile, une interdiction d'utiliser ce type de transport serait un échec annoncé.

La réponse doit être de créer des véhicules moins gourmands, de changer la nature des carburants qu'ils utilisent et de développer rapidement des sources d'énergie renouvelable et durable (je traite de ce sujet plus en détail dans le chapitre « Le futur énergétique »).

« Le bon état d'esprit » implique que nous prenions conscience de ce que coûtent nos actions quotidiennes. Si

par magie chacun de nous dans le monde développé vivait en tenant compte de la facture environnementale de notre style de vie, les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre pourraient être atteints beaucoup plus aisément.

Faites-vous attention à ne pas laisser vos appareils électriques somnoler en position « veille » ? 7 % de l'électricité utilisée au Royaume-Uni servent à alimenter des appareils en mode « veille »¹⁸². Est-ce que vous marchez, prenez un vélo ou les transports en commun aussi souvent que possible et n'utilisez votre voiture qu'en dernier recours ? Quand vous êtes obligé de vous déplacer en voiture, veillez-vous à ce qu'elle émette le moins de carbone possible (ou conduisez-vous un 4X4 en ville) ? Voici ce que disait le rapport de l'IPCC daté de mai 2007 sur ce que nous devons faire pour lutter contre le changement climatique en matière transport :

À moins d'un changement majeur dans les habitudes de consommation d'énergie, les projections prévoient une croissance soutenue de l'énergie utilisée pour les transports de l'ordre de 2 % par an, avec une consommation d'énergie et des émissions de carbone en augmentation de 80 % par rapport au niveau de 2002 d'ici 2030.¹⁸³

Prenez-vous le temps de trier vos déchets afin de recycler ceux qui ont un potentiel énergétique et peuvent être réutilisés pour éviter l'utilisation des ressources ? Avez-vous remplacé vos ampoules électriques à incandescence voraces en énergie par des ampoules économiques en énergie ? Vous devriez le faire si ce n'est pas déjà le cas : voici ce qu'écrivait le magazine *New Scientist* à ce sujet en mars 2007 :

Les gouvernements occidentaux veulent mettre la vieille ampoule électrique au rebut car elle gâche une énorme quantité d'énergie. Le premier à avoir déclaré la guerre fut la Californie : le 31 janvier, l'état californien a dévoilé une loi intitulée « Combien de législateurs faut-il pour changer une ampoule électrique » qui, si elle est votée, interdira les ampoules classiques d'ici 2012. Trois semaines plus tard, l'Australie a annoncé un plan similaire. Ce mois-ci, le gouvernement du Royaume-Uni a promis de les éliminer d'ici 2011.¹⁸⁴

Bien sûr, nombre de gens ont des objections esthétiques aux ampoules basse énergie. Mais les nouvelles ampoules LED arrivent pour élargir la gamme d'alternatives à la vieille ampoule à incandescence qui a déjà 100 ans.

Avez-vous vraiment essayé de rendre votre habitation aussi efficace que possible en termes d'économie d'énergie ? Dans *Heat*, George Monbiot fait l'observation suivante sur l'efficacité de la chasse au gaspillage énergétique en Angleterre par comparaison avec les autres pays en Europe :

Les maisons qui sont conformes aux codes de construction en Norvège et en Suède consomment environ un quart de l'énergie des maisons conformes aux normes en Angleterre et au Pays de Galles. En fait, les normes de constructions en Suède étaient déjà plus impératives en 1978 qu'elles ne le sont en Angleterre aujourd'hui. En Allemagne, la norme d'isolation – qui détermine le taux de perte acceptable pour une maison – est trois fois plus restrictive

que la même norme en Angleterre. La « *Passivhaus* » (une maison « passive » avec un taux zéro d'émission de carbone) a initialement été développée en Allemagne vers la fin des années 1980.

Il n'y a rien de magique dans ces constructions, et elles ne présentent que peu de technologie novatrice. Les constructeurs doivent seulement s'assurer que « l'enveloppe » de la maison – la partie qui l'abrite des intempéries – est aussi bien isolée que possible et ne contient pas de « ponts thermiques ». Un pont thermique est un matériau qui conduit facilement la chaleur de l'intérieur de la maison vers l'extérieur. À tous ces endroits – même aux jonctions de murs avec le sol ou le toit – le contact avec les températures extérieures peut être coupé par l'utilisation d'isolants.

Les gouvernements sont, bien entendu, en train de réagir rapidement pour légiférer sur les mesures d'économies d'énergie pour les constructions nouvelles et en Allemagne les législateurs se préparent à introduire un « Passeport d'Énergie »¹⁸⁵ qui garantira l'efficacité énergétique des maisons individuelles. Au Royaume-Uni le gouvernement a introduit les « Kits d'Information sur la Maison »¹⁸⁶ qui obligent les vendeurs à faire effectuer un audit d'efficacité énergétique de leurs biens au bénéfice des acheteurs potentiels.

Reste que législations et bonnes intentions seules ne suffisent pas. Dans *Heat*, George Monbiot cite l'instance anglaise « *Energy Savings Trust and Energy Efficiency Partnership*

for Homes » qui déclare qu'une grande partie des nouvelles constructions au Royaume-Uni ne remplit pas le cahier des charges énergétiques instauré par la loi :

Une étude réalisée par le *Buildings Research Establishment* (Comité de Recherches sur la Construction) a montré que 43 % des nouvelles constructions examinées ayant reçu des certificats de conformité aux lois, auraient dû être refusées.

Le professeur David Strong, chef du *Building Research Establishment*, observe que beaucoup de nouvelles maisons ont l'isolation requise dans le grenier mais elle est souvent encore intacte et n'a pas été déballée, car les constructeurs, sachant que personne ne se donnerait la peine de vérifier, ne l'ont même pas déroulée¹⁸⁷. L'une des raisons à cela, est que le gouvernement a permis aux constructeurs de se tourner vers des entreprises privées pour la délivrance des certificats requis.¹⁸⁸

The *New Scientist* a enquêté de façon indépendante et arrive à des conclusions similaires qui corroborent ces allégations :

L'année dernière, lorsque le *Building Research Establishment* du Royaume-Uni a inspecté 99 nouvelles maisons pour voir à quel point elles étaient, ou non, conformes au cahier des charges et les inspecteurs en ont trouvé un tiers qui ne remplissait pas les obligations en matière d'isolation calorifique, avec mention particulière pour la plomberie traversant les murs. Les propriétaires souhaitant vérifier que l'isolation a

été correctement installée peuvent utiliser des caméras à imagerie thermique pour repérer les endroits de déperdition de chaleur.¹⁸⁹

Le plastique a un immense rôle à jouer pour améliorer l'économie d'énergie dans les nouvelles constructions et dans l'aménagement de bâtiments anciens. Matériaux d'isolation (ponts et écrans thermiques), matériaux de construction, en plastique et même les polymères qui remplacent le verre, permettent des économies d'énergie massives.

Que devrions-nous faire d'autre si nous voulons éviter le scénario catastrophe de changements climatiques vers 2030 par lequel j'ai commencé ce chapitre ? Lord Robert May, Membre du Merton College à Oxford et anciennement Conseiller Scientifique en Chef auprès du gouvernement britannique (peut-être le scientifique le plus honorable d'Angleterre) l'a très clairement expliqué dans *The Times Literary Supplement*, daté du 4 avril 2007. Après avoir souligné qu'il y avait eu un effondrement du marché des véhicules 4X4 au Royaume-Uni, il a donné les conseils suivants, auxquels j'adhère en grande partie :

Quelles actions devrions-nous entreprendre ? Une chose est claire : l'ampleur du problème est telle qu'il n'existe pas une seule réponse. Nos possibilités d'action peuvent utilement être scindées en quatre catégories.

Premièrement, nous pouvons nous adapter au changement : cesser de construire en zone inondable ; commencer à penser de façon plus délibérée à pro-

téger les côtes et les terres des inondations à venir et reconnaître que certaines zones d'habitation doivent être abandonnées.

Deuxièmement, nous pouvons réduire la consommation inutile à la maison, au marché et sur le lieu de travail : nous savons dessiner des maisons qui consomment moitié moins d'énergie que la moyenne actuelle sans pour autant réduire le niveau de vie de façon significative.

Troisièmement, et cela est nécessaire à moyen terme tant que nous continuerons à brûler des carburants fossiles, nous pourrions capturer autant de dioxyde de carbone que possible directement à la source et l'emprisonner en l'enterrant sous terre ou sous le fond des mers.

Quatrièmement, nous pourrions basculer plus vite vers les énergies renouvelables qui ne relâchent pas de gaz à effet de serre dans l'atmosphère : énergies géothermales, le vent, les vagues, l'énergie solaire (à partir d'appareils basés sur la physique ou la biologie) ; la fission nucléaire (qui génère actuellement 7 % de l'énergie mondiale et qui, malgré les problèmes posés, devra sûrement jouer un rôle à moyen terme) ; la fusion (une option réaliste à long terme) ; la biomasse (si le dioxyde de carbone que vous avez émis était le dioxyde de carbone que vous avez puisé en produisant le carburant). Certaines de ces énergies sont déjà utilisées, d'autres sont plus futuristes.

Au final, nous devons évoluer non seulement culturellement mais aussi dans tout ce qui constitue notre quotidien. C'est pourquoi l'effondrement actuel des ventes de SUV au Royaume-Uni est peut-être un signe encourageant.¹⁹⁰

Bien que le Royaume-Uni n'émette que 2 % du dioxyde de carbone mondial, les hommes politiques britanniques montre la voie en légiférant pour empêcher le changement climatique de prendre une tournure trop grave. Après la campagne menée par *Friends of the Earth* pendant 2 ans, « *The Big Ask* » (« La Grande Question »)¹⁹¹, le gouvernement britannique a annoncé une nouvelle loi sur le changement climatique (*Climate Change Bill*) en novembre 2006, et en mars 2007 il a publié une première ébauche de ce que la législation couvrira. L'annonce était la suivante :

Le plan du gouvernement pour s'attaquer au changement climatique est rendu public ce jour (13 mars 2007).

L'ébauche de loi (*Climate Change Bill*), la première au monde du genre, et la stratégie qui l'accompagne ont établi le cadre pour faire du Royaume-Uni une économie qui émette peu de CO². C'est la preuve du rôle de chef de file joué par le Royaume-Uni tandis que nous continuons à progresser vers un accord post-Kyoto sur les émissions globales.¹⁹²

Le Tyndall Centre a répondu de façon élaborée peu de temps après que l'ébauche de loi ait été rendue publique. Les analystes du Centre ont critiqué la loi pour n'avoir intégré

ni l'aviation ni le transport maritime ; ils ont mis en garde contre le fait que cette législation atteindrait le but contraire de celui auquel elle prétendait : au lieu d'empêcher les probables souffrances dues aux pires effets du changement climatique, la fausse logique des propositions causerait un accroissement considérable du réchauffement global, bien au-delà de l'objectif fixé par l'IPCC.

Deux mois après la publication de la loi, Mike Childs, Chef de Campagne pour *Friends of the Earth* (et consultant de référence pour ce chapitre de mon étude) faisait référence aux critiques à l'encontre de la proposition de loi, par trois comités parlementaires en disant :

Il faut renforcer le *Climate Change Bill*. C'est la conclusion évidente du rapport commun rendu par les membres de la Chambre des Communes et de la Chambre des Lords. Gordon Brown bénéficie maintenant d'une formidable opportunité pour faire preuve de volonté écologique. Le gouvernement doit écouter ; il doit inclure le transport aérien international dans les objectifs de réductions d'émissions de gaz à effet de serre et il doit fixer un objectif plus élevé pour réduire les émissions en se basant sur les dernières constatations scientifiques.¹⁹³

Le 4 mai 2007 l'IPCC publiait son 4^e rapport (pour l'instant dernier : le prochain est prévu dans 6 ans) sur le changement climatique : « *The Mitigation Of Climate Change* » (« La Diminution de l'Impact du Changement Climatique »)¹⁹⁴. Ce document développait les moyens par lesquels

la communauté mondiale pourra s'attaquer au problème. Voici le commentaire qu'en fit *The Economist* :

Certaines émissions de gaz à effet de serre, comme le souligne l'IPCC, peuvent être réduites sans supporter aucun coût, en adoptant des mesures directes comme l'amélioration de l'isolation, ou en jetant une fois pour toutes les ampoules à incandescence voraces en énergie. De telles mesures permettraient aux individus comme aux sociétés commerciales de faire des économies et éviteraient une bonne dose d'émissions de carbone à la planète. Pour l'instant personne ne prend la peine de faire grand-chose car les factures d'électricité ne sont pas assez dissuasives, mais les gouvernements pourraient intervenir. La Commission Européenne par exemple, prévoit d'interdire les ampoules à incandescence d'ici 2 ans. De telles mesures pourraient faire une différence, considérant que l'éclairage représente 17 % de la consommation d'énergie globale.

Dans d'autres domaines, les technologies vertes seraient plus chères que les technologies conventionnelles, sans pour autant être exorbitantes. Pour l'électricité (la plus grosse source de pollution), les coûts des énergies solaires et éoliennes ont beaucoup baissé durant les dernières décennies pour arriver au point où, dans des sites favorables, l'énergie éolienne peut se mesurer en termes de prix avec des modèles plus conventionnels de fourniture d'énergie. Et, mieux encore, les prix devraient continuer à baisser. Les turbines à vent continueront à grossir et la technologie

des films très fins devrait faire baisser la production des panneaux solaires.¹⁹⁵

L'environnement et les matériaux composites

Les matières plastiques jouent un rôle clé dans le développement durable ; à titre d'exemples : les économies de carburant réalisées grâce à des avions et des automobiles plus légers, les matériaux d'isolation qui permettent de diminuer la facture énergétique, la protection des aliments grâce aux films anti-contamination qui conservent les aliments deux, ou parfois trois fois, plus longtemps. L'image des produits en plastique auprès des consommateurs reste cependant ternie, car ils sont souvent abandonnés n'importe où, de façon irréfléchie.

Le plus gros problème des déchets issus des plastiques vient de l'extrême longévité du matériau. Bien que cela soit un plus en termes de vie du produit, le manque de conscience environnementale des consommateurs contribue à lui donner mauvaise réputation. Le faible prix à l'unité de la plupart des objets en plastique d'utilisation répandue fait croire, à tort, aux consommateurs que le matériau n'a pas grande valeur intrinsèque, et c'est pourquoi les gens s'en débarrassent de façon si irréfléchie.

Les plastiques qui se retrouvent enfouis en décharge constituent une des problématiques majeures de ses détracteurs. La plupart des plastiques mettent très longtemps à se dégrader dans de telles conditions (habituellement plusieurs centaines d'années) ; même les plastiques classés

par certains fabricants sous l'étiquette « biodégradable » (ou « oxo-dégradable ») peuvent ne pas se décomposer s'ils ne sont pas soumis aux effets du soleil et/ou de l'eau. Les plastiques devraient, autant que possible, être réutilisés ou recyclés et, sinon, être brûlés pour réutiliser l'énergie contenue afin de produire chaleur ou kilowatts.

Un autre problème important causé par les plastiques disséminés est la pollution des océans et des plages à travers le monde. Par le passé, négligence et, parfois, incurie criminelle ont conduit à la dispersion généralisée de fibrilles microscopiques dans l'environnement marin. En 2004, les chercheurs des universités de Plymouth et Southampton relataient :

Une équipe d'experts a conduit des recherches qui prouvent – pour la première fois – que les océans et les côtes sont contaminés par des éléments et des fibres de plastique microscopiques.

Huit scientifiques des universités de Plymouth et Southampton et la *Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science* ont publié aujourd'hui un papier donnant les détails de leurs recherches dans la prestigieuse revue internationale *Science*.

Les résultats du projet financé par le Leverhulme Trust, montrent que les océans et les côtes sont contaminés par des fragments microscopiques de plastique. De plus, de gros objets en plastique s'accumulent dans les océans, sur les plages, et blessent la faune marine, y compris les tortues, les poissons, les oiseaux de mer et les mammifères marins.¹⁹⁶

Sur toute la planète des efforts sont entrepris pour résoudre le problème. L'Océan Pacifique est particulièrement pollué, et en Californie on commence à agir. *The Record*, journal d'Orange County, Californie du Sud, a publié l'article suivant en février 2007 :

Les experts en faune sauvage expliquent que les autorités et les industries du plastique ont décidé ce mois-ci de s'occuper sérieusement du problème des billes en polystyrène pour les empêcher d'envahir l'environnement. Le *California Ocean Protection Council* a voté une résolution demandant aux industriels de faire plus attention à ces billes plastiques, et durant cette Législature, une loi devrait passer pour demander que les commerces utilisant ces billes de polystyrène de façon négligente soient contrôlés plus sévèrement.

Ces petites boules de plastique ne représentent, bien entendu, qu'un des aspects du problème posé par le plastique. À l'échelle mondiale, le plastique représente 60 % à 80 % des débris marins. Dans certaines parties de l'Océan Pacifique, les chercheurs ont trouvé jusqu'à six fois plus de plastiques flottants que de plancton, les micro-organismes qui constituent la nourriture d'une grande partie des créatures aquatiques.¹⁹⁷

Ces problèmes doivent être résolus ou mieux, éliminés d'ici 2030. L'industrie globale des plastiques travaille à régler ces problèmes. *Operation Clean Sweep*¹⁹⁸(Opération Coup de Balai) est une initiative américaine pour nettoyer les océans.

Soutenue par des écologistes comme Jean-Michel Cousteau, L'opération *Clean Sweep* propose d'informer les sociétés productrices de plastique et de leur fournir des outils pour les aider à éliminer les fuites de billes en polystyrène dans l'environnement.

Les solutions à plus large échelle au problème des déchets en plastique comprennent : une plus grande réutilisation des objets en plastique ; leur recyclage et leur utilisation pour générer de l'énergie ; l'utilisation de nouveaux types de plastiques entièrement biodégradables ; la rééducation des détaillants et des consommateurs quant aux bénéfices de la mise en poubelle des emballages plastiques ; et enfin la mise en exergue de nouveaux comportements des consommateurs. D'ici 2030, nous devons arriver à vivre en générant pratiquement «zéro déchet». Cela nous aidera sans doute de considérer les déchets comme une erreur de conception qui manque singulièrement de style.

Le recyclage du plastique est une excellente façon de nous engager sur la voie d'un environnement nettoyé. Le recyclage du plastique crée de nouveaux produits qui, dans certains cas, nécessitent 70 % d'énergie en moins pour leur fabrication ; 95 % pour l'aluminium, 30 % pour le verre, et 40 % pour le papier.¹⁹⁹ Le recyclage réduit aussi les émissions de polluants qui provoquent le smog, les pluies acides et la contamination des cours d'eau.

L'une des spécificités uniques du plastique est que l'énergie à la source des polymères (en général un carburant fossile) demeure largement présente dans le produit fini. Et donc une chaise en plastique, un entourage électronique

ou un sac de courses conserve une grande part de l'énergie constitutrice de la source du matériau originel. Bien que les procédés pétrochimiques n'utilisent que 3,4 % du pétrole consommé aux USA, la valeur du secteur est estimée à \$375 milliards, alors que le secteur des carburants pour les transports (70,6 % du pétrole raffiné utilisé par les US) ne représente que légèrement plus à \$385 milliards²⁰⁰.

Les professionnels soutiennent que l'énergie contenue dans le plastique est seulement « empruntée » durant la vie du produit et qu'elle peut être récupérée en grande partie. Les produits en plastique peuvent être brûlés pour produire de la chaleur (et donc de l'énergie électrique) et si les produits en plastique étaient brûlés dans un incinérateur où seraient emprisonnées les émissions de carbone, les déchets plastiques pourraient produire de la chaleur qui générerait une énergie quasiment dénuée d'émissions de carbone.

Seuls des projets pilotes pour la neutralisation des émissions de carbone durant l'incinération des plastiques sont actuellement utilisés. *Friends of the Earth* soutient l'enfouissement des déchets plastiques comme manière de séquestrer le CO₂ (bien que l'enfouissement lui-même soit hautement controversé par la Commission Européenne) et l'organisation argumente pour la réutilisation et le recyclage de préférence. Il est admis que certains déchets en plastique recyclés peuvent fabriquer de nouveaux produits en plastique sans rajouter plus de carburant dans leur composition.

En théorie, la plupart des plastiques peuvent être recyclés, mais les forces qui animent aujourd'hui le marché induisent qu'il est moins onéreux de jeter certains types de déchets

que de les recycler. Malheureusement, il n'existe de vastes systèmes de recyclage que pour deux types de plastiques²⁰¹ – le polyéthylène téréphtalate (PET) et le polyéthylène haute-densité (HDPE)^{ix}. C'est une des raisons de la sélection opérée par les programmes de recyclage dans la plupart des pays.

Comme *The Economist* le rapportait en juin 2007 :

Les plastiques fabriqués à partir de carburants fossiles sont un peu différents. Dotés de bien des propriétés utiles – ils sont flexibles, légers et peuvent être façonnés dans n'importe quelle forme – il en existe beaucoup de sortes différentes, dont la plupart doivent être traités de façon indépendante. En 2005, moins de 6 % du plastique issu des déchets américains a été retraité. Et de ce petit pourcentage, seuls deux types ont été recyclés en quantités significatives : les PET et les HDPE. Pour le PET, le recyclage bouteille par bouteille alimentaire existe. Mais le plastique est souvent « décyclé » ou retransformé en d'autres produits comme les bûches en plastiques (utilisées à la place du bois), tuyaux de plomberie et fibres de tapis, qui tendent à finir enfouis ou incinérés à la fin de leur cycle de vie.

Néanmoins, les plastiques sont de plus en plus utilisés, pas seulement comme emballages, mais aussi pour les voitures, les télévisions, les PC. Étant donné

^{ix} Il est aussi possible de recycler d'autres types de plastiques comme le PVC ou le polystyrène expansé, mais l'approche actuelle très détaillée de cette industrie n'offre que peu d'options pour ces matériaux.

que de tels produits sont fabriqués à partir de multiples types de plastiques, de métaux (dont certains sont toxiques), et du verre, ils sont particulièrement difficiles et onéreux à démanteler et à recycler.²⁰²

Cette situation va changer avec l'augmentation du prix de l'énergie (à moins qu'une nouvelle technologie « joker » ne surgisse, qui puisse produire de l'énergie à très bas prix). La volonté des législateurs de durcir fortement les lois protège l'environnement, et les consommateurs seront mieux renseignés quant au coût qu'ils font peser sur l'environnement mondial.

L'Allemagne, les pays scandinaves, l'Autriche et la Belgique sont depuis longtemps précurseurs en matière de recyclage en général, et en particulier pour le recyclage du plastique et la récupération d'énergie. La combinaison d'une législation stricte et de l'éducation de la population a boosté le taux de récupération dans ces pays à plus de 80 %. Pendant ce temps, les habitants de pays comme la Grèce et le Royaume-Uni continuaient à se comporter de manière irresponsable, avec un historique de recyclage de moins de 10% de leurs déchets potentiellement recyclables. Néanmoins cette situation est en train de changer rapidement.

En mars 2007 l'*International Herald Tribune* publiait un rapport sur le recyclage en Europe ; et bien que cette étude ne fût pas exhaustive, la tendance semblait encourageante. À Paris, le plastique qui ne se recycle pas est brûlé pour chauffer des immeubles d'habitation, et le plastique qui peut être recyclé est traité localement. À Londres on constate une prometteuse tendance à recycler (le niveau de

recyclage était très bas) tandis qu'en Suède, le recyclage est obligatoire et financé par l'industrie et le consommateur. L'Italie a aussi légiféré pour rendre le recyclage obligatoire ; à Milan beaucoup de déchets plastiques sont recyclés pour produire des pièces pour l'industrie automobile locale. En Allemagne où les bouteilles en plastique sont consignées, c'est une obligation légale de les ramener, les citoyens sont très consciencieux au sujet du recyclage :

Les Allemands trient leurs déchets avec un sérieux et une conviction qui étonnent souvent les nouveaux arrivants. Il y a des poubelles pour le papier, compost et les ordures indistinctes. Il y a trois poubelles pour le verre – transparent, vert, et jaune – et une poubelle jaune pour les plastiques, les métaux et les emballages. Il peut y avoir jusqu'à sept poubelles dans les cours des foyers allemands. Les habitants de Berlin (où les bouteilles en plastique sont consignées) peuvent aussi les rapporter au magasin où ils les ont achetées pour se faire rembourser ; c'est l'option choisie en majorité.²⁰³

En Irlande, les habitants sont tellement responsables au sujet du recyclage que la nation a atteint son objectif de recyclage bien avant terme. En 2005 l'Irlande a recyclé 60% de ses déchets d'emballages²⁰⁴, et a atteint le quota fixé par l'UE pour 2011 avec six années d'avance.

L'un des problèmes de l'économie du recyclage des plastiques fut que les emballages alimentaires et les bouteilles récupérés n'ont pas été considérés assez « propres » pour être réutilisés comme emballages alimentaires. Le plastique récupéré a été utilisé pour des produits comme des vêtements

en plastique (voir laine à partir de plastique recyclé chez Marks and Spencer²⁰⁵) et des matériaux d'isolation en plastique. Le problème vient de ce que ces types de plastiques rapportent beaucoup moins aux recycleurs que le plastique qui peut resservir pour des emballages alimentaires. Mais comme l'expliquait le magazine *New Scientist* en mai 2007 :

Une nouvelle génération d'usines de recyclage de plastiques promet de tout changer. Les usines utiliseront des technologies qui réduisent ou même éliminent les besoins en eau et qui produisent des plastiques assez propres pour les emballages alimentaires à un prix plus bas que celui des techniques existantes. Si le succès est au rendez-vous, de telles usines devraient faire augmenter de façon conséquente le nombre de bouteilles recyclées aux USA et en Europe chaque année.²⁰⁶

L'article du magazine continue en expliquant que les perspectives économiques du plastique recyclé n'ont jamais paru aussi favorables :

Le prix élevé du pétrole booste la demande de plastique recyclé qui dépasse l'offre, et l'on ne parvient pas à construire les nouvelles usines assez vite, dit Patty Moore de *Moore Recycling Associates* à Sonoma, Californie. « En ce moment nous avons une situation économique assez favorable au développement du recyclage. L'environnement a changé depuis le temps où cela ne rapportait guère. Aujourd'hui les gens commencent à se dire : tiens on pourrait gagner de l'argent avec ça ».²⁰⁷

En Angleterre le processus du recyclage des emballages alimentaires en plastique pour fabriquer de nouveaux emballages a déjà démarré. En mars 2007, *Recycling Today* rapportait :

La première tentative commerciale couronnée de succès de bouteilles de lait en plastique avec du HDPE recyclé, basée sur une première mondiale technologique a eu lieu ce mois-ci.

La tentative incluait la fabrication de 60 000 bouteilles de lait recyclées pour être ensuite mises sur le marché ; c'est l'aboutissement d'un projet qui a duré 3 ans. WRAP a initié et financé le projet, dont l'objectif est de développer un procédé de recyclage capable de produire du polythène de classe alimentaire à partir de bouteilles de lait. Nampak Plastics, Dairy Crest, le Fraunhofer Institute, Sorema, Erema et Nextek y ont participé.²⁰⁸

Tous les emballages (dont beaucoup en plastique) sont un problème qui touche profondément les écologistes. Il est difficile de vivre dans le monde moderne sans acheter de produits emballés et il est évident qu'une grande partie de ces emballages est utile (ils protègent les aliments et médicaments – entre autres – de la contamination tout en accroissant leur durée de vie).^x Dans les pays moins développés, on enregistre une perte allant jusqu'à 50 % de la nourriture entre la production et l'étagère à cause du manque d'emballages.²⁰⁹

^x L'Association des Producteurs de Concombres Britanniques a publié des recherches qui indiquent qu'un concombre emballé perd seulement 1,5% de son eau après deux semaines de stockage, comparé à 15% pour un concombre non emballé.

Par contre, d'autres emballages (parfums, cosmétiques, etc.) sont parfois devenus une fin en soi et cette perversion doit être régulée. Certaines formes d'emballages sont complètement inutiles (les noix de coco emballées) mais de tels exemples sont en petite minorité sur le marché. Puisque la production d'emballages représente 40 % de l'industrie du plastique en Europe, il faut prêter attention à son utilisation responsable.

Dans *New Scientist* en avril 2007, Jessica Marshall scrutait l'industrie de l'emballage :

Un des facteurs de l'explosion des emballages est la façon dont les produits sont fabriqués en masse dans une partie du globe et sont ensuite envoyés dans une autre partie pour être vendus. Les produits doivent être mis en boîte, emballés ou mis en sac d'une façon qui leur permet de voyager de la ferme ou de l'usine jusqu'à la maison du consommateur. Si l'impact environnemental de la production des objets qui pourraient s'abîmer en route est plus important que celui des emballages qui les protègent, alors l'emballage a un sens environnemental.²¹⁰

Et comme Mme Marshall le révèle, il n'existe pas de réponse simple à la question de savoir quel type d'emballage convient le mieux ; (le plastique semble quand même la meilleure solution en général) :

Le plastique est un matériau léger qui requiert relativement peu d'énergie, mais il est non renouvelable, non biodégradable, et seules certaines formes peuvent aisément être recyclées. La fabrication du verre – et

même son recyclage – nécessite beaucoup d'énergie. Les emballages en verre sont aussi plus lourds que ceux en plastique, et leur transport consomme plus de carburant, mais le côté positif est qu'ils sont aisément réutilisables et dégradables. En revanche ils prennent plus de place durant le transport et nécessitent des produits chimiques néfastes pour l'environnement pour être fabriqués. La performance environnementale de l'aluminium dépend énormément de son recyclage : c'est un matériau qui nécessite beaucoup d'énergie pour être fabriqué initialement, mais l'aluminium recyclé a un impact environnemental plus faible. L'acier nécessite moins d'énergie au niveau de sa production, mais il est plus lourd.²¹¹

Le sac de caisse en plastique est un autre sujet qui enflamme les écologistes ; il est facile de comprendre pourquoi. Bon marché, léger et durable, ces qualités deviennent des défauts lorsqu'on en dispose de façon irréfléchie. Certains pays ont interdit les sacs de courses en plastique, d'autres les ont taxés et certains magasins ont pris les choses en main en produisant des sacs durables et réutilisables.

Il n'est pourtant pas évident que les sacs en plastiques soient intrinsèquement mauvais, mais en disposer n'importe comment l'est. En 1990, l'*American Institute for Lifecycle Environmental Protection* a produit un rapport examinant l'impact environnemental des sacs en plastique et en papier. Le rapport déclarait :

Ayant moins de masse que le papier, les sacs en plastiques produisent moins de déchets solides. Au rythme

actuel du recyclage, deux sacs en plastique produisent 14 g de déchets solides alors qu'un sac en papier en produit 50 g. Deux sacs en plastique produisent 72 % moins de déchets solides que leur équivalent en sac papier. Tandis que le rythme du recyclage augmente, les déchets après consommation décroissent proportionnellement, donc si 25 % de sacs en plus sont recyclés, les déchets solides décroissent de 25 %. Chaque sac recyclé évite de contribuer aux déchets solides post-consommation. Néanmoins, lorsque le rythme de recyclage augmente, le degré de déchets solides avant consommation augmente pour le plastique alors qu'il décroît pour le papier. Pourtant comme le papier crée substantiellement plus de déchets solides, deux sacs en plastique ne dépassent jamais un tiers des déchets solides produits par un sac en papier.²¹²

Pour l'instant, les carburants biologiques ne peuvent être produits à suffisamment grande échelle pour approvisionner plus qu'une fraction minoritaire du marché (à cause de considérations environnementales) et nous devons de ce fait nous concentrer sur la réutilisation, le recyclage et la récupération d'énergie pour conserver nos ressources.

Il apparaît clairement qu'au vu des améliorations des options de recyclage qui interviendront dans les vingt-cinq prochaines années, nous devons tous travailler à atteindre un « niveau de déchet zéro ». Comme c'est souvent le cas pour les bonnes idées, le concept de zéro déchet n'est pas nouveau. Il fut développé en 1971 par le biologiste et ancien candidat présidentiel américain Barry Commoner dans son livre pénétrant, *The Closing Circle* :

Soudain nous avons découvert ce que nous aurions dû réaliser depuis longtemps : que l'écosphère fait vivre les gens et supporte toutes leurs actions ; que tout ce qui ne rentre pas naturellement dans l'écosphère représente une menace pour ses cycles finement ciselés ; que les déchets sont non seulement toxiques et représentent une nuisance, mais encore que de façon plus explicite, nos comportements conduisent l'écosphère à sa fin.²¹³

Trente-six ans plus tard, les villes et les sociétés commerciales tentent de réaliser ce que l'on a si justement nommé la vision de Commoner. Comme le rapportait CNN, en janvier 2007 :

Wal-Mart et la ville de San Francisco n'ont pas grand-chose en commun, sauf ceci : tous deux œuvrent à atteindre le niveau zéro déchet.

Ils ne sont pas les seuls. La région australienne de Canberra, un tiers des gouvernements locaux en Nouvelle-Zélande, les villes d'Oakland et Berkeley, tout un tas de petites agglomérations en Californie, ainsi que Carrboro, N.C., (« le Paris du Piedmont ») ont tous fait vœu d'atteindre le niveau zéro déchet.

Mais qu'est-ce que le niveau zéro déchet ? c'est l'idée que nous pouvons créer, produire, consommer et recycler les produits sans rien jeter. C'est l'idée que l'industrie doit imiter la nature, afin que, comme le dit l'écrivain Joel Makower, « les détritiques d'une pièce soient le garde-manger d'une autre ».²¹⁴

D'ici 2030, nous aurons tous appris à conserver, recycler et réutiliser. Nous n'avons pas le choix. Avec plus de 8 milliards d'habitants sur la planète, nos ressources, naturelles ou fabriquées, auront à peu près atteint leurs limites. Bien sûr, nous apprendrons à fabriquer plus de tout – c'est l'aptitude étonnante de l'humanité et de ses technologies – mais la prodigalité irresponsable qui définit aujourd'hui le monde développé aura disparu à jamais. Une nouvelle forme de consumérisme prendra sa place. Nous aurons toujours nos biens et nos services, mais nous saurons comment ils sont arrivés jusqu'à nous et où ils iront lorsque nous en aurons terminé avec eux. Ne pas faire preuve de responsabilité en tant que consommateur sera, d'ici 2030, devenu un crime moral. Et peut-être même un crime légal.

Chapitre 3

Le futur énergétique



Consultant de Référence :

Professeur I. M. Dharmadasa
Sheffield Hallam University, UK

Peu de choses au monde sont aussi lourdes de sens politique que la production et la fourniture d'énergie. Seule peut-être la défense nationale a plus importance aux yeux des gouvernements. Tout comme les individus qui consomment chaque jour de l'énergie pour survivre, nos sociétés modernes high-tech font de même. Les hommes politiques savent que si une panne persistante de fourniture d'énergie ou un rationnement d'essence à long terme survenait, les citoyens descendraient dans la rue.

Dans *L'Économie Hydrogène*, Jeremy Rifkin décrit le rôle social et politique de l'énergie en termes virulents :

Les sociétés s'écroulent quand le flot d'énergie se tarit soudain. Le volume d'énergie disponible n'est plus suffisant pour fournir les populations croissantes, défendre l'état contre les intrus et maintenir les infrastructures internes. L'écroulement se caractérise par une réduction des surplus de nourriture, un tri des inventaires gouvernementaux, une réduction de l'énergie consommée par tête, un manque de réparation des infrastructures cruciales comme les systèmes d'irrigation, les routes et les aqueducs, une défiance grandissante de la population à l'égard du gouvernement, un manque d'état de droit croissant, un

écroulement de l'autorité centrale, une dépopulation des zones urbaines et des invasions et pillages perpétrés par des groupes de maraudeurs ou des bandes armées.

Les nations entrent en guerre pour sécuriser leurs sources d'énergie à long terme, et en 2007 les sirènes d'alarme ont commencé à retentir dans bien des pays parce que les estimations soulignent que la demande mondiale d'énergie va s'accroître considérablement d'ici 2030. Or, pendant cette période, les réserves globales de pétrole vont commencer à se tarir.

Les estimations de notre future consommation d'énergie varient grandement, mais au minimum l'on pense que la consommation mondiale augmentera de 50%²¹⁵ d'ici 2030, et au maximum on projette une augmentation de 100%²¹⁶. Ces jolis chiffres ronds indiquent « l'approximation » de certaines de ces projections tout en illustrant un grave problème : durant cette époque où il nous faudra réduire nos émissions de carbone d'au moins 40% d'ici 2030 (et au minimum de 60% d'ici 2050), comment allons-nous trouver les quantités d'énergie adéquates pour subvenir à nos besoins croissants ?

Ray Kurzweil, toujours optimiste, voit la technologie comme une solution radicale à la crise énergétique qui se profile :

D'ici 2030, le ratio prix-performance de l'informatique et de la communication sera multiplié par un facteur de dix à cent millions par rapport

à aujourd'hui. D'autres technologies augmenteront aussi énormément en termes de capacité et d'efficacité. Nonobstant, la demande énergétique croîtra beaucoup plus lentement que les capacités technologiques à cause d'une utilisation des énergies beaucoup plus performante. Un des premiers impacts de la révolution des nanotechnologies sera que les technologies physiques, comme la manufacture et l'énergie, seront alors gouvernées par la loi du retour accéléré. Toutes les technologies seront essentiellement des technologies d'information, y compris l'énergie.

On estime que la demande mondiale d'énergie devrait doubler d'ici 2030, bien moins que la croissance économique anticipée, sans même parler de la croissance attendue en matière de capacité technologique. La majeure partie de l'énergie supplémentaire nécessaire devrait être fournie par les nouvelles nanotechnologies solaires, éoliennes et géothermales. Il est important de reconnaître que la plupart des sources d'énergie à ce jour représentent la puissance solaire sous une forme ou une autre.

Kurzweil pourrait-il voir juste ? Je pense en effet que les nouveaux développements technologiques *pourraient* réduire la consommation d'énergie de façon significative et apporter de nouvelles sources et formes d'énergies, mais cela n'est pas fiable en l'état.

Pour le moment nous sommes donc confrontés à un monde divisé par la compétition pour du carburant fossile,

à une économie globale vulnérable, aux soubresauts du marché de l'énergie, et à un monde où les nations utilisent la fourniture d'énergie (ou le refus de fourniture) comme une arme politique capable de briser les résistances.

Sous le titre « *US Ponders Move To Counter Agressive Russian Maneuvers* » (« Les États-Unis préparent une contre-attaque aux manœuvres agressives de la Russie »), Erasiannet.org rapportait en mars 2007 :

Les politiciens de Washington se hâtent de développer une tactique pour contrer l'action agressive menée par la Russie visant à consolider l'emprise du Kremlin sur l'énergie du Bassin de la Caspienne et les routes d'exportation.

Durant le mois de mars, quatre développements énergétiques eurasiens majeurs ont fait sonner l'alarme à Washington.

Tout d'abord, le Premier Ministre hongrois Ferenc Gyurcsany, ancien dirigeant du parti communiste hongrois, a révélé le 12 mars que son pays soutiendrait le transport du gaz russe en Europe via la Turquie au lieu de se joindre aux autres pays de L'Union Européenne pour soutenir le projet de gazoduc de Nabucco qui souffre de retards répétés.

La route russe utiliserait un pipeline déjà existant, connu sous le nom de Fleuve Bleu, qui transporte le gaz entre la Russie et la Turquie en passant sous la Mer Noire.²¹⁷

L'énergie est un sujet tellement sensible pour l'économie que les gouvernements contrôlent ses extractions, importation et fourniture à l'industrie, aux commerces et aux consommateurs. Les deux exceptions notables aux monopoles nationaux ou semi-nationaux d'énergie sont la Grande-Bretagne et, dans une moindre mesure, les États-Unis. La Grande-Bretagne a commencé à privatiser les services publics fournisseurs d'énergie dans les années 1980. Comme le Professeur Dieter Helm²¹⁸ économiste à l'Université d'Oxford l'expliquait dans son livre publié en 2004, *The Energy, the State, and the Market: British Energy Policy Since 1979* :

La transformation de la politique énergétique de la Grande-Bretagne au cours des deux dernières décennies a été plus radicale qu'aucune autre évolution au sein d'économies de pays développés. Depuis 1979 les grands monopoles énergétiques d'État créés après la Seconde Guerre Mondiale ont été privatisés et sont soumis à la concurrence.

Depuis 1979 le *National Coal Board*, le *British Gas* et le *Central Electricity Generating Board* (compagnies de charbon, gaz et électricité britanniques) ont tous été démantelés. Le commerce énergétique, les groupes de fourniture d'électricité, les enchères et les ouvertures de marchés futurs ont commencé à se développer, mais ont failli à résoudre le problème récurrent de politique énergétique en termes de sécurité d'approvisionnement et d'intégrité de réseau, ainsi les nouvelles problématiques de l'environnement et de la dépendance au gaz.

Le gouvernement a introduit un nouveau système de régulation pour pallier temporairement le problème, mais cette régulation, loin de s'estomper, a grossi jusqu'à devenir omniprésente. Ce changement de propriétaire n'a pas réduit l'implication du gouvernement dans l'industrie, mais seulement modifié son apparence.

Comme Mike Childs, Directeur de Campagne pour *Friends of the Earth* me l'a dit crûment : « la politique énergétique est le plus gros échec des forces qui conduisent le marché dans notre économie ».

C'est un problème récurrent. Selon Dieter Helm, en 2007 le gouvernement britannique court le danger de ne pas réussir à développer une politique énergétique adéquate pour le futur, et ce à tel point que « d'ici 2010 l'Angleterre est sous la menace de devoir faire face à une sévère pénurie d'énergie »²¹⁹.

Les USA ont suivi la voie ouverte par l'Angleterre et ont commencé depuis 1996 à déréguler et privatiser la production et la fourniture d'énergie. Mais l'industrie internationale reste entièrement contrôlée par les hommes politiques dont les intérêts nationaux sont les premières priorités. Moins de 4 % de l'électricité produite en Europe est exportée entre pays de l'UE. Ce manque de flexibilité du marché de l'énergie européenne a de graves conséquences pour la future sécurité des fournitures d'énergie européenne car seul un marché domestique flexible et ouvert – prêt à importer et exporter de l'énergie sur le champ – peut contrer les caprices du marché international.

Et pourtant malgré les bénéfices apparemment évidents d'un marché énergétique ouvert et dérégulé dans l'Union Européenne, la Commission se bat contre l'opposition des gouvernements des états membres. Comme le rapportait *The Economist* en avril 2007 :

La Commission Européenne pousse les membres de l'UE à démanteler leurs sociétés d'énergies verticalement intégrées, mais la France et l'Allemagne résistent encore. Le problème, selon la commission, est que les gouvernements nationaux ne comprennent pas le lien entre libéralisation et plus grande sécurité énergétique. « Les nouveaux états membres établissent une adéquation entre sécurité et nationalisme. Mais la seule alternative à l'intégration est l'isolation », déclare un haut responsable de l'UE.²²⁰

La Commission Européenne s'apprête aussi à devoir satisfaire une demande énergétique énormément accrue tout en tentant de réduire les émissions globales de gaz à effet de serre de 30 % d'ici 2030. Les responsables « énergétiques » de la Commission sont certains que cela sera possible.

« Nous devons éduquer le public au sujet des économies d'énergie et nous devons réorganiser le système de distribution électrique à l'intérieur de l'Europe », m'a déclaré un haut responsable de la Commission à l'Énergie. « Il faut rapprocher les unités de production électriques des lieux de consommation pour réduire le gâchis. Nous devons aussi rendre les consommateurs conscients du coût réel de l'énergie »²²¹. Le développement d'énergies renouvelables – particulièrement d'énergies éoliennes,

aquatiques, solaires et de biomasse – est un autre objectif prioritaire de la Communauté Européenne.

Les énergies renouvelables ont un rôle important à jouer pour réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) – un des objectifs majeurs de la Communauté. Accroître la part d'énergies renouvelables dans la balance énergétique améliore le potentiel de durabilité. Cela contribue aussi à améliorer la sécurisation de la fourniture d'énergie en réduisant la dépendance grandissante de la Communauté à l'égard des importations.

Les sources d'énergies renouvelables devraient devenir compétitives par rapport aux sources d'énergies conventionnelles à moyen et long terme.²²²

Éducation des consommateurs, réflexion politique et attitudes culturelles influent largement sur notre façon de consommer de l'énergie et sur la quantité d'énergie que nous consommons. Avec 5 % de la population mondiale, les États-Unis consomment 25 % de l'énergie mondiale ! L'Europe consomme beaucoup moins d'énergie, alors que la qualité de vie y est tout aussi élevée.

Dans *The Extreme Future*, James Canton résume ainsi l'attitude culturelle américaine vis-à-vis de l'énergie :

Le public américain – à l'inverse des Européens – a été gâté par le prix très bas du pétrole qui a créé une illusion d'abondance occultant la réalité de la diminution des réserves. Les Européens ont accéléré la

prise de conscience générale en taxant l'essence, qui est deux à trois fois plus chère qu'aux USA. Plus de 85 % des acheteurs de véhicules neufs en Europe se sentent concernés par les performances de consommation de carburant. Cela importe à moins de 15 % des Américains parce qu'ils vivent dans un monde où l'essence n'est pas chère et ils n'ont donc pas besoin de s'en préoccuper.

Il est juste de dire que l'Amérique se trouve maintenant dans une très mauvaise position quant à la sécurité future de son approvisionnement en énergie. Le pays est extrêmement dépendant des importations de pétrole ; il est aussi soumis à une dépendance politique et culturelle quant à la notion de bas prix de l'énergie. Il a aussi une piètre marge de sécurité sur ses fournitures d'énergie à venir, ce qui pourrait rendre la nation lourdement armée encore plus dangereuse pour le reste du monde dans les décennies à venir.

À la lumière de la nécessité et de l'urgence à agir pour lutter contre le changement climatique, la pénurie de pétrole qui se profile et les prédictions suggérant que la consommation d'énergie mondiale devrait doubler d'ici 2030, les gouvernements du monde entier sont en train de relever le défi de diverses façons et avec des degrés d'implications tout aussi variables.

Le gouvernement de l'Irlande nuageuse et tempérée, a annoncé des objectifs ambitieux²²³ pour la production d'énergie à partir de sources renouvelables. Pendant ce temps la Grèce, qui a un niveau d'ensoleillement considérable, est critiquée²²⁴ pour ne pas atteindre les objectifs d'énergies

renouvelables de l'UE. Le Portugal quant à lui, réalise des investissements majeurs dans les sources d'énergies renouvelables et construit un des parcs d'éoliennes les plus importants d'Europe. En Afrique, le Kenya est chef de file²²⁵ dans la prévision d'un futur budget énergétique basé sur des sources d'énergies renouvelables, et l'on prétend que la Chine est bien plus consciente de la nécessité de basculer vers des sources d'énergies renouvelables que ne le pensent les occidentaux.

En septembre 2006, *The Birmingham Post* publiait un article écrit par deux analystes de la politique énergétique chinoise :

Le Gouvernement chinois a mis au point une importante stratégie d'énergies renouvelables qui a pour dessein de rendre la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables aussi compétitive économiquement que la production issue du charbon. En 2003, la consommation d'énergies renouvelables représentait seulement 3 % de la consommation totale d'énergie de la Chine. La Loi des Renouvelables a pour objectif d'augmenter cette proportion jusqu'à 10 % d'ici 2020, ce qui constituerait une augmentation significative, d'autant que la consommation globale d'énergie de la Chine est en constante ascension.²²⁶

Et comme le rapportait *The Economist*²²⁷ en juin 2007 : l'énergie solaire chauffe déjà environ 80 % de l'eau chaude en Chine – une étonnante statistique. En Europe de l'Est il y a un important potentiel d'énergies renouvelables, mais

comme le rapportait le *The International Herald Tribune* en mars 2007 il existe pour l'instant une frilosité à s'éloigner des carburants fossiles :

La Bulgarie brûlée par le soleil, la Pologne venteuse et la Hongrie pleine de ressources agricoles ont des centaines de mégawatts d'énergies renouvelables que l'Union Européenne désire utiliser pour lutter contre le réchauffement global.

Mais l'Europe de l'Est reste lourdement dépendante des carburants fossiles, ce qui est source de frictions entre les anciens et les nouveaux membres de l'UE, tandis que la majorité des pays poussent un plan ambitieux pour augmenter sa production d'énergie verte.

Environ 94 % de l'électricité de la Pologne, riche en charbon, provient de centrales au charbon, une source majeure d'émissions de carbone qui contribuent au réchauffement global.

Mais en Pologne les dirigeants ne veulent pas arrêter d'utiliser le charbon car cela les aide à rester indépendants du pétrole et du gaz russes. Et avec un taux de chômage de 15 % – le plus important de toute l'UE – la suppression d'emplois dans une industrie qui compte environ 200 000 personnes pourrait être une forme de suicide politique.²²⁸

Dans ce parcours incomplet et assez éclectique des attitudes et politiques énergétiques autour du monde, il est intéressant

de noter que le Danemark produit maintenant plus de 20 % de son énergie à partir d'éoliennes. D'ici 2025, ce chiffre atteindra plus de 50 %. Le Royaume-Uni produit actuellement 3 % de son énergie à partir d'éoliennes et le gouvernement a annoncé des objectifs stipulant que ce chiffre passerait à 10 % d'ici 2010 et à 15 % d'ici 2015.²²⁹

En Allemagne, les énergies renouvelables représentaient 4.6 % de la fourniture d'énergie totale en 2005, et la part d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'électricité avait atteint 10,2 %. En Juillet 2007 le ministre allemand de l'environnement Sigmar Gabriel a annoncé que d'ici 2030 l'Allemagne entendait tirer 45% de ses besoins en énergie de sources renouvelables.²³⁰

D'un autre côté, la France produit 80 % de son énergie grâce aux centrales nucléaires. Ainsi que le rapportait *The Guardian* en mars 2007, cela crée des difficultés dans l'UE :

Les divisions au sujet de l'énergie nucléaire et des énergies renouvelables menacent de faire dérailler la campagne de l'UE pour prendre la tête du mouvement de lutte contre le changement climatique durant le sommet de printemps qui a débuté hier soir.

En indiquant qu'il est «plus près de minuit cinq, que de minuit moins cinq» pour adopter des mesures internationales pour lutter contre le réchauffement global, la chancelière allemande Angela Merkel – qui préside le sommet – a demandé aux dirigeants des pays de l'UE de « penser à nos petits-enfants » en faisant de l'Europe la première économie mondiale

à bas taux d'émission de CO² grâce à une réduction unilatérale de 20 % de ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020.

Mais la France, soutenue par plusieurs pays de l'Europe de l'Est, a insisté pour que l'énergie nucléaire exempte d'émissions carboniques soit incluse dans la stratégie énergétique de l'UE et a rejeté la proposition de Madame Merkel visant à établir un objectif de 20 % d'énergies renouvelables liant les 27 membres.²³¹

L'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire est source de divisions extrêmes au sein des groupes environnementaux et à l'intérieur même des gouvernements. Beaucoup d'écologistes sont fortement attachés aux campagnes antinucléaires alors qu'individuellement, certains écologistes, dont James Lovelock est un des plus connus, demandent maintenant à leurs collègues environmentalistes de rompre avec la tradition et de soutenir l'énergie nucléaire, faible en émission de carbone, pour le bien de la planète. Il semble que l'air du temps favorise à nouveau l'énergie nucléaire et 31 nouveaux réacteurs sont actuellement en construction autour du monde.²³²

Comme vous avez déjà dû le comprendre en lisant le début de ce chapitre, la production et la fourniture d'énergie nucléaire sont complètement liées au politique et il est très difficile d'obtenir des renseignements fiables sur quelque chose d'aussi important pour une nation que ses réacteurs nucléaires.

S'il est vrai que l'énergie nucléaire produit de l'électricité sans relâcher d'émissions de carbone, il n'est pas exact de dire que le procédé n'implique aucun impact environnemental. Les plus gros problèmes restent les risques d'accidents et la possibilité de trouver des solutions sécurisées pour disposer des déchets. Ce dernier problème demeure encore sans solution. Aujourd'hui la plupart des déchets nucléaires sont stockés d'une façon que l'on croit sécurisée jusqu'à ce qu'une méthode de traitement satisfaisante soit trouvée. Par ailleurs, il est aussi vrai que les réserves d'uranium sur notre planète sont peut-être limitées. Bien qu'aucune exploration sérieuse de nouveaux gisements d'uranium n'ait été entreprise depuis 20 ans (parce que l'énergie nucléaire a été en grande défaveur), les estimations actuelles considèrent que si un nouvel âge nucléaire devait arriver il y aurait assez de réserves pour seulement 60 à 70 ans de production.

Il y a trois autres raisons qui me font hésiter à conseiller une production d'énergie nucléaire additionnelle pour aider à résoudre les problèmes de changement climatique. La première est le fait que les consommateurs ne connaissent pas le coût réel de l'électricité produite par les centrales nucléaires. Tout comme les consommateurs ne sont pas encore avertis du coût des dommages que les carburants causent à l'environnement pour produire de l'énergie (coût qui n'est pas encore répercuté sur le consommateur), les unités de l'électricité produite par une centrale nucléaire ne sont pas facturées de façon à refléter l'énorme coût d'extraction minière et de raffinement du carburant nucléaire, ni même l'énorme coût de décontamination de la centrale après fermeture, ou le coût rampant du stockage des déchets radioactifs. Toutes ces charges sont imputées au contribuable

et étalées sur une longue période (durant laquelle hommes politiques, gouvernements et fonctionnaires changent, évitant ainsi toute responsabilité individuelle, voire collective) et il n'existe aucune transparence. C'est pourquoi nous ne savons pas si l'énergie nucléaire est économique ou non, comparée à d'autres formes de production d'électricité.

Cette objection peut être faite à l'encontre de tous les gouvernements du monde et l'industrie nucléaire a un intérêt indéniable à rendre ce type d'information inaccessible. Le Professeur Dan Kammen de l'Université de Californie (Berkeley) a coécrit un rapport intitulé « *Weighing the financial risks of nuclear power (unknown)* » (« Le poids du risque financier que représente l'énergie nucléaire est inconnu ») :

« Pour des raisons de sécurité énergétique et d'émissions de CO₂, l'énergie nucléaire revient en force dans l'agenda national et international agenda », déclarait le coauteur de l'étude Dan Kammen, professeur de ressources énergétiques et de politiques publiques à l'Université de Californie Berkeley. « Pour évaluer le futur de l'énergie nucléaire, il est indispensable que nous puissions comprendre ce qu'ont représenté les coûts et les risques de cette technologie. À ce jour, il est très difficile d'obtenir des chiffres certifiés de la part des instances qui dirigent les centrales nucléaires américaines ». ²³³

Ma seconde raison pour penser qu'il vaut mieux poursuivre dans la voie des sources d'énergies renouvelables plutôt que de l'énergie nucléaire est le problème de la prolifération nucléaire. Si les puissances nucléaires actuelles continuent

à augmenter leur production d'énergie nucléaire, il n'y a pas de raison morale pour déclarer que d'autres pays, moins développés, ne devraient pas en faire autant. Enfin, la prolifération de réacteurs nucléaires dans le monde entraîne la possibilité d'armements nucléaires.

Ma troisième raison pour penser qu'il faudrait infléchir le développement de l'énergie nucléaire au lieu de l'encourager est que plus il existe de centrales nucléaires, plus il y a d'objectifs possibles pour les terroristes nationaux et internationaux. Nous savons que nous vivons à un âge de grand danger à cause des idéologies terroristes internationales et le coût et la difficulté de protection des installations nucléaires doit être énorme – comme le serait le risque encouru par les populations si une attaque terroriste devait un jour réussir à frapper une centrale. Enfin il me semble pertinent d'ajouter que les centrales nucléaires, dans certaines parties du monde, sont aussi vulnérables aux tremblements de terre et aux tsunamis.

Néanmoins, les désaccords sur ce sujet fleurissent. Au Royaume-Uni, même le journal libéral et écologiste *The Observer* (publication associée au journal *The Guardian*) a durement éclairé ce que seront les possibles sources d'énergie à venir et publiait en mai 2007 un éditorial intitulé « L'Énergie nucléaire est la seule option réaliste ».²³⁴

Je persiste à ne pas être favorable à l'extension de l'énergie nucléaire, pour les raisons précitées et parce que notre génération a pour responsabilité de créer un monde paisible et sécurisé pour les générations à venir. Malgré l'intention annoncée par les gouvernements des USA et de

la Grande-Bretagne d'étendre leur capacité de production d'énergie nucléaire, le monde de 2030 serait bien plus en sécurité si les énormes sommes allouées à cette extension de la production d'énergie nucléaire étaient plutôt employées à développer des formes d'énergies renouvelables et durables et à améliorer les performances énergétiques.

Comme le fait remarquer *Friends of the Earth* :

Malheureusement les initiatives britanniques d'amélioration des performances énergétiques ont été négligées jusqu'à présent au profit de propositions monstrueusement onéreuses pour un nouveau programme nucléaire. Et ce malgré les mises en garde des conseillers gouvernementaux indiquant qu'il serait plus économique et plus rapide de réduire les émissions provenant d'autres sources.²³⁵

Au final, le choix de l'énergie nucléaire (et de ses implications financières inconnues) est une solution à court terme, potentiellement dangereux et socialement égoïste, à la crise énergétique inquiétante qui se profile.

Le futur des carburants fossiles

À l'exception du nucléaire, toutes les formes d'énergie dans le monde proviennent directement ou indirectement du soleil. La forme la plus concentrée provient de petits organismes cellulaires (plantes ou animaux) qui nécessitaient peu d'exposition au soleil pour vivre et qui furent ensevelis sous la surface de la Terre et de ses océans il y a des millions

d'années (produisant du pétrole, du charbon et du gaz, entre autres). Les restes compressés de ces organismes riches en énergie sont appelés les « carburants fossiles ». Comme ils étaient relativement faciles à extraire et que pendant longtemps nous ne réalisions pas les effets produits par leur contenu en carbone sur l'atmosphère, nous les avons brûlés sans distinction.

Aujourd'hui, les carburants fossiles représentent environ 80% de l'énergie mondiale²³⁶ et la plupart des observateurs pensent que d'ici 2030 ils continueront à fournir la majorité de l'énergie mondiale. En termes d'émission de carbone, le classement par ordre ascendant de « saleté » des carburants fossiles est : gaz naturel, pétrole et charbon. Les réserves de pétrole et de gaz sont réparties de façon très inégale dans le monde. Pour le moment, cette répartition donne un pouvoir économique et politique immense aux nations qui possèdent les plus vastes réserves. Le charbon, en revanche, est réparti un peu partout sur la planète et représente l'antidote facile et très usité au pouvoir détenu par les nations riches en pétrole et en gaz. Il fournit actuellement (selon une estimation) 24%²³⁷ des besoins énergétiques mondiaux. Pour raisons politiques, le charbon reste l'énergie favorite de bien des gouvernements, même s'il est bien souvent le carburant le plus polluant.

Les États-Unis prévoient de construire d'autres centrales électriques à charbon pour tenter de réduire leur dépendance aux importations d'énergie. *The Christian Science Monitor* rapportait en février 2004 :

Après 25 années sur la liste noire des sources d'énergies aux USA, le charbon va faire son grand retour, poussé

par la demande en électricité à un prix raisonnable et par la flambée des prix des autres carburants.

Au moins 94 centrales électriques à charbon – avec la capacité de fournir 62 millions de foyers américains – sont prévues dans 36 états.²³⁸

Le charbon est aussi une des principales sources d'énergie dans les pays en voie de développement. Près de 70%²³⁹ de l'électricité indienne provient du charbon et ce chiffre grimpe à 80% pour la Chine.²⁴⁰

Tandis que je rédigeais cette étude, les écologistes furent déçus d'apprendre que la Chine était passée de façon inattendue en haut de la liste des pays émettant le plus de gaz à effet de serre, bien avant la date imaginée pour cette « promotion ». Sous le titre, « La Chine remplace les USA comme n° 1 des émissions de CO₂ », le *Guardian* commentait en juin 2007 :

Selon la *Netherlands Environmental Assessment Agency*, la demande grandissante de charbon pour produire de l'électricité et une augmentation de la production de ciment ont déjà propulsé les émissions enregistrées en Chine en 2006 devant celles des USA. L'agence note que la Chine a produit 6 200 millions de tonnes de CO₂ l'année dernière, devançant les USA qui en ont émis 5 800 millions de tonnes. L'Angleterre en a produit environ 600 millions de tonnes.²⁴¹

L'Institut Mondial du Charbon assure que le charbon fournit 40 % de l'électricité mondiale²⁴², mais ce chiffre est

contredit par ceux du gouvernement américain qui prétend que la part globale du charbon serait de l'ordre de 24 % et cette différence met en lumière la difficulté à obtenir des informations dignes de foi sur un sujet aussi politiquement sensible que l'énergie. Quel que soit le chiffre exact, il est clair que le charbon continue à jouer un rôle majeur dans la production d'électricité.

Est-ce que la production électrique liée au charbon doit continuer à être source d'émission de carbone comme elle l'est aujourd'hui ? En avril 2007 le *Massachusetts Institute of Technology* publiait un rapport intitulé « Le Futur du Charbon ». Les auteurs du rapport parvenaient aux conclusions suivantes :

Il existe de nombreuses possibilités d'améliorer les performances des centrales à charbon dans un monde asphyxié par les émissions de carbone : meilleure efficacité de production, peut-être grâce à de nouveaux matériaux ; nouvelles approches de gazéification ; capture de CO₂ et séparation d'oxygène ; concepts de systèmes avancés peut-être guidés par une nouvelle génération d'outils de simulation. Un effort agressif de recherche et développement à court terme produira des bénéfices ultérieurs et il devrait être entrepris immédiatement afin de relever ce défi scientifique urgent.²⁴³

La capture et la « séquestration » du CO₂ (stockage d'une façon bénigne pour l'environnement) seront un gros business d'ici 2030. Le géant industriel Siemens entend jouer un rôle important en appliquant cette technologie aux centrales électriques à charbon. En mars 2007 il a publié

un communiqué de presse titré « Le Charbon Devient Plus Propre » :

Si toutes les centrales électriques à charbon étaient améliorées aujourd'hui pour bénéficier des dernières technologies, les émissions de dioxyde de carbone seraient réduites de deux milliards de tonnes par an.

Siemens et EON travaillent conjointement sur un projet de nouvelle centrale électrique Irsching, en Bavière, qui montrera la voie en matière de normes de performance, économie et compatibilité environnementale. Avec un objectif d'efficacité de 60 % en opération de cycle combiné (gaz et vapeur) Siemens souhaite établir le record mondial des centrales à cycle combiné.

Siemens travaille aussi sur des projets novateurs de centrales électriques pour utiliser le charbon de façon écologique. Un exemple de la technologie IGCC, ou cycle combiné de gazéification intégrée.

Une centrale thermique IGCC est une unité de cycle combiné avec une usine en amont de gazéification de charbon qui produit du gaz synthétique. Les centrales IGCC produisent entre 60 et 80 % moins de dioxyde de soufre et d'oxyde de nitrogène que les plus sophistiquées des centrales électriques à charbon conventionnelles.²⁴⁴

Se débarrasser du CO₂ en l'injectant dans les couches rocheuses présente aussi un important potentiel de production d'énergie propre. Selon le *New Scientist* :

Injecter le dioxyde de carbone à travers des roches chaudes pourrait simultanément produire de l'énergie et aspirer les gaz à effet de serre produits par les centrales à carburants fossiles, selon une nouvelle étude.

La maîtrise de l'énergie géothermale nécessite l'extraction de la chaleur sous la terre. Normalement, cela veut dire injecter de l'eau à travers les couches de roches chaudes puis l'extraire à nouveau. Mais les nouvelles analyses suggèrent que le dioxyde de carbone pourrait extraire la chaleur des roches de façon plus efficace que l'eau.²⁴⁵

Le pétrole est la deuxième forme de carburant fossile la plus polluante, mais comme c'est la source d'énergie la plus utilisée au monde (40%²⁴⁶), c'est le plus gros contributeur d'émission de carbone. Des trois carburants fossiles, le pétrole semble devoir être le premier à se tarir. Le pétrole ne se tarira pas complètement pendant encore longtemps, mais en devenant plus rare son prix augmentera jusqu'à ne plus être utilisé comme carburant pour les transports collectifs et individuels. Le pétrole sera réservé aux procédés et produits de grande valeur.

Au cours des décennies on a beaucoup écrit sur le sujet des ressources pétrolières et en Juillet 2007, *The Financial Times* rapportait de façon sinistre :

Le monde va faire face à une raréfaction de la fourniture de pétrole d'ici cinq ans qui va faire monter les prix à des niveaux records et accroître la dépendance occidentale au pétrole du cartel Opec, a mis en garde l'instance de veille énergétique des pays industrialisés.

Dans sa mise en garde la plus sévère jusqu'alors, l'Agence Internationale de l'Énergie a déclaré : « le pétrole devrait souffrir une vaste pénurie d'ici 5 ans » et il existe des « perspectives de pénurie encore pires pour les marchés du gaz au tournant de la prochaine décennie ». ²⁴⁷

Néanmoins, dès qu'une autorité suggère que les réserves vont bientôt se tarir il semble que l'on découvre de nouveaux gisements ou de nouvelles méthodes d'extraction. Par exemple, le *New York Times* rapportait de façon effrontée en mars 2007 :

Chercherons-nous à atteindre un pic de production (2010 ?) pour ensuite voir la fourniture devenir erratique et incertaine ? Non.

Il y a plus de pétrole disponible que prévu – la nouvelle méthode à pression de vapeur relève les taux d'extraction sur les sites existants. Une partie du gaz réinjecté est du CO₂.

Les ingénieurs de Chevron ont commencé à injecter de la vapeur sous haute pression pour pomper plus de pétrole. Le site, dont la production était tombée à 10 000 barils/jour depuis les années 1960, a atteint un rythme journalier de 85 000 barils.

Pourtant le début de la fin des réserves globales de pétrole (l'année du pic de production) aura presque certainement été atteint quand nous arriverons en 2030. Dans l'intervalle, la demande mondiale de pétrole continue à grimper, particulièrement dans les pays en voie de développement.

Le problème du pétrole est qu'il est majoritairement utilisé pour le transport et qu'il n'existe pas encore de moyen pratique d'extraction ou de stockage des émissions de CO₂ produits par les véhicules, problème dont on n'envisage pas la résolution dans le futur. Le futur de l'industrie pétrolière reste rose mais bien avant 2030 les gouvernements, les sociétés commerciales et les consommateurs devront avoir considérablement réduit leur dépendance à cette énergie.

Comme je l'indiquais plus haut, le poids léger et la durabilité des produits en plastique comme les pièces automobiles, les fuselages d'avions, les palettes de fret, les isolants de construction et les matériaux d'emballage servent à réduire le CO₂ qui serait émis dans un monde de plastiques plus lourds et moins durables (par exemple une bouteille de vin en plastique testée dans les supermarchés Sainsbury pèse un huitième du poids²⁴⁸ d'une bouteille équivalente en verre²⁴⁹).

Le gaz naturel est le plus propre de tous les carburants fossiles ; sa disponibilité et sa popularité durant les dernières décennies ont déjà eu un effet positif sur le changement climatique. Le rapport « *Living Carbon Budget* » préparé pour *Friends of the Earth* par le *Tyndall Centre* illustre comment le gaz naturel a aidé le Royaume-Uni à contenir ses émissions de carbone dues à la production électrique :

Un des progrès clés est la baisse des émissions dues au système d'électricité du Royaume-Uni. Sur le long terme, le système a graduellement baissé en intensité d'émissions de CO₂ avec une accélération du changement dans les années 1980 et 1990 en passant de centrales à charbon à des centrales au gaz.

De ce fait, malgré la demande en électricité quasi multipliée par deux sur le long terme, les émissions de carbone associées à la production d'électricité n'ont que très modérément augmenté à environ 8 % (4 millions de tonnes de carbone) durant la même période.²⁵⁰

Le gaz naturel se positionne juste derrière le charbon comme carburant le plus en vogue pour le futur (probablement pour des raisons politiques), mais on prédit qu'il augmentera légèrement sa part dans le mélange global d'énergies.

Cependant, en mars 2007, Gulf Times rapportait que le gaz naturel est actuellement l'énergie en plus forte croissance au monde et que sa part passera à 25 % d'ici 2025, et l'Autorité d'Information Énergétique des USA a prédit :

En termes de chiffres de croissance, le gaz naturel était juste derrière le charbon comme source d'énergie primaire en 2006. La part du gaz naturel dans la consommation totale d'énergie dans le monde a augmenté de 24 % en 2003 à 26 % en 2030.²⁵¹

Performance énergétique et économies d'énergie

Considérant les prévisions d'augmentation massive de consommation d'énergie pour la période d'ici 2030 (de la part de tous les observateurs), la menace du changement climatique, et la pénurie annoncée de certains carburants fossiles, nous n'avons pas d'autre choix que d'économiser drastiquement l'énergie de la façon la plus performante possible. Comme nous vivions auparavant à une époque

« d'énergie bon marché » et d'irresponsabilité collective, nous avons une très grande marge de manœuvre pour améliorer nos habitudes d'usagers.

La majeure partie du gaspillage d'énergie intervient dans le chauffage et la climatisation des bâtiments ; les plastiques ont un rôle majeur à jouer en matière d'isolation pour lutter contre les transferts thermiques (perte de chaleur ou augmentation de température), en apportant des solutions dans les matériaux de construction car ils sont plus performants en matière de protection thermique que les matériaux traditionnels.

Aux USA, une maison presque « zéro-énergie »²⁵² a été construite à Paterson, New Jersey, pour être donnée à une société de logements. En Allemagne, ce sont des « maisons à trois litres » qui ont été conçues dans le quartier Brunck de Ludwigshafen²⁵³. Ces maisons performantes n'utilisent que trois litres de carburant par an et par mètre carré pour subvenir à tous les besoins en chauffage.

Il est admis que la quête de performances énergétique et écologique a joué un rôle déterminant dans la victoire de Londres pour accueillir les J.O. en 2012. Comme le rapportait la BBC :

Le plan environnemental pour les J.O. d'été en 2012 se concentre sur quatre objectifs : faibles émissions de CO₂, gaspillage, biodiversité, et promotion de la conscience environnementale.

Ci-après une synthèse de la façon dont les organisateurs des Jeux entendent transformer leur désir de

réaliser « les Jeux Olympiques d'Une Seule Planète » en réalité.

Lieux et infrastructures : Minimiser l'empreinte de CO₂ des Jeux pendant le design, la construction et la mise en œuvre. Une des façons dont l'équipe entend atteindre cet objectif est en maximisant l'utilisation d'énergies renouvelables et en permettant une fourniture d'énergie particulièrement performante pour le nouveau Parc Olympique.

Transport : La flotte de véhicules la plus performante en matière d'émission de CO₂ sera utilisée pour transporter les officiels et les athlètes dans leurs déplacements. Il y aura aussi des campagnes encourageant les gens à utiliser les transports en commun, les bicyclettes et à marcher.

Contrebalancer les émissions : certains aspects des Jeux engendreront inévitablement des émissions de CO₂, comme les gens arrivant du monde entier par avion. Les organisateurs prévoient de compenser ces émissions en soutenant et développant des projets d'énergies propres dans les pays en voie de développement.²⁵⁴

D'ici 2030, les préparations seront déjà bien avancées pour les J.O. de 2032 qui devraient se tenir à Los Angeles (2032 sera le centenaire des derniers J.O. dans la ville). À quel degré d'efficacité en matière d'émission de CO₂ serons-nous arrivés lors de ces jeux-là, comparés à ceux qui se tiendront à Londres d'ici quelques années ? Serons-nous parvenus au

degré zéro de gaspillage d'énergie, ou la plaie nécessaire que représente l'aviation (transport des athlètes, des spectateurs et des officiels) ruinera-t-elle de tels efforts ? Mais peut-être qu'en 2032 les avions fonctionneront aux biocarburants ?

D'autres domaines où l'efficacité énergétique pourrait être énormément améliorée couvrent l'informatique et les technologies de l'information et de la communication, les transports et une fois de plus, la fabrication d'énergie et sa distribution. Tous ces domaines présentent un gros potentiel d'économies d'énergie tout simplement parce qu'après un siècle ou plus d'énergie bon marché, l'efficience n'a pas été le paramètre de référence dans le développement des produits ou des projets.

En informatique, I.B.M. a fait clairement savoir que des économies importantes étaient envisageables :

I.B.M. démarre un programme d'investissements de \$1 milliard/an qui aura pour but de doubler l'efficacité énergétique de ses centres de données et ceux de ses sociétés clientes.

Beaucoup de compagnies de technologies tentent de restreindre la consommation d'énergie galopante dans leurs *data centers* (centres de données), ces salles des machines modernes qui fournissent l'énergie nécessaire à Internet et à l'informatique commerciale.

D'ici 2010, I.B.M. prévoit de doubler la capacité informatique de ses centaines de *data centers* à travers le monde sans accroître sa consommation

d'énergie grâce à une batterie de programmes, logiciels et services. Parmi ceux-ci un nouveau système de refroidissement qui conserve l'énergie et refroidit le *data center* en fonction des besoins ; des logiciels pour accroître la performance des ordinateurs et les basculer en veille lorsqu'ils ne sont pas en service ; et des techniques de modelage 3-D et d'ingénierie thermique pour optimiser les flux d'air dans les *data centers*.²⁵⁵

Un mois après l'annonce d'I.B.M., d'autres grands noms de l'informatique se sont regroupés pour former L'Initiative des Fabricants en Informatique Pour Sauver Le Climat.²⁵⁶ Cette association ouverte constituée de sociétés comme Google Inc., Microsoft Corp., Intel Corp., Hewlett-Packard Co., Dell Inc. et Sun Microsystems Inc., souhaite œuvrer à améliorer l'efficacité des sources d'énergies pour les ordinateurs et serveurs et encourager les usagers en fin de chaîne à profiter de techniques de gestion d'énergie sous-utilisées. Actuellement, selon l'Initiative, seulement environ 50 % de l'électricité qui sort d'une prise électrique parvient au PC parce que les fils électriques actuels sont inefficaces et entraînent des déperditions électriques.

L'Initiative Pour Sauver Le Climat a défini une série de paramètres d'efficacité de fourniture électrique pour les serveurs et les PC qu'elle demande aux compagnies adhérentes d'adopter d'ici juillet 2010. D'ici 2010, le paramètre de l'Initiative définira un mode de fourniture électrique qui dépassera les 95 % de performance (et comme il y aura plus de deux milliards d'ordinateurs dans le monde²⁵⁷ d'ici 2010, le potentiel d'économie d'énergie est immense).

Il y a aussi une marge gigantesque pour apporter des améliorations aux économies possibles en matière de biens et de véhicules individuels. Le succès de la voiture hybride essence-électricité Toyota Prius aux USA et dans certains pays d'Europe montre la voie du design automobile.^{x1} Dans sa forme standard, la Prius consomme environ 3,92 litres aux 100 kilomètres, et peut aisément être boostée pour doubler sa performance de consommation :

Une voiture qui n'a pas besoin d'essence, ou en tout cas pas beaucoup, paraît de plus en plus en réaliste.

Quelques petites sociétés commenceront à offrir des services et produits pour convertir les voitures hybrides comme la Toyota Prius qui consomment actuellement environ 3,9 litres/100 km en voitures hybrides qui fonctionnent plus à l'électricité et arrivent à ne consommer qu'environ 2 litres/100 km.²⁵⁸

Et le *Sustainability Institute* parle aussi d'utiliser des matériaux composites dans le design des futures voitures qui pourraient alors arriver à consommer 0,23 litre aux 100 kilomètres :

Sur les voitures les plus performantes actuellement, seulement environ 15 à 20 % de l'énergie dans l'essence arrive aux pneus. Car seulement environ 2 % sont utilisés pour transporter le conducteur alors que tout le restant sert à déplacer la tonne de métal qui

^{x1} Le design de la Prius intègre beaucoup de plastiques recyclés par Toyota et commercialisés sous l'étiquette « Éco-Plastique ». Les résultats de Toyota démontrent que l'utilisation de matériaux recyclés permet une réduction des émissions de CO2 d'environ 52% par rapport à l'utilisation de matériaux neufs.

l'entoure. À cause de cette tonne de métal, les moteurs sont obligatoirement énormes. La nouveauté de la Supervoiture sera de la fabriquer 1) beaucoup plus légère et 2) beaucoup plus aérodynamique, ce qui lui permettrait d'avoir 3) un moteur beaucoup plus petit et performant.

La légèreté provient de l'abandon de l'acier. La Supervoiture sera fabriquée en matériaux composites – fibre de carbone, fibre de verre et du plastique spécialement conçu pour absorber beaucoup plus de choc au kilo que le métal. Vous avez vu ces matériaux à l'œuvre si vous avez déjà regardé un conducteur d'Indy-500 percuter un mur à 100 km/h et sortir de la voiture en marchant. Les voitures de courses sont fabriquées en fibre de carbone. Ce matériau peut être récupéré et recyclé, et au fait, il ne rouille pas.²⁵⁹

Production électrique et distribution

Un des domaines où le gaspillage d'énergie est le plus flagrant au monde est la production d'électricité et sa conversion. La plupart des centrales à charbon ont un taux de performance de seulement 30 % (70 % de l'énergie du carburant brûlé est gâchée) et beaucoup d'électricité est perdue durant les transmissions longue-distance (la quantité de perte dépend des distances et des câbles).

D'énormes améliorations peuvent être apportées aux performances des centrales électriques²⁶⁰ et l'on y travaille activement. Une idée consiste à extraire de l'énergie de la

vapeur chaude inutilisée. Les chercheurs de l'Université de Californie (Berkeley) ont découvert comment produire de l'électricité directement à partir de la chaleur en utilisant les nano molécules :

Les nano molécules produisent de l'électricité quand elles sont chauffées. Maintenant de nouvelles études montrent que certaines molécules organiques produisent du courant électrique quand elles sont exposées à la chaleur. Au final, elles pourraient s'avérer bien plus économiques et plus pratiques à mettre en œuvre.

Si tout se passait bien, les appareils thermoélectriques dérivés des molécules pourraient constituer une importante source d'électricité – et une façon de réduire les émissions de gaz à effet de serre en améliorant l'utilisation des carburants fossiles. « 90 % de l'électricité mondiale est générée par des moyens thermomécaniques », nous déclare Arun Majumdar, professeur d'ingénierie mécanique à l'Université de Berkeley et un des chercheurs travaillant sur le projet. « Et beaucoup de la chaleur est gaspillée. En fait, le gaspillage représente une fois et demie l'électricité générée ».²⁶¹

Il existe peut-être aussi une possibilité d'économiser sur les pertes d'énergie qui se produisent durant la transmission. En se référant aux travaux novateurs du Professeur R.E. Smalley²⁶² de la Rice University, Ray Kurzweil écrit :

La transmission d'électricité sera aussi améliorée grandement. Aujourd'hui beaucoup d'électricité est

perdue pendant la transmission à cause de la chaleur dans les câbles électriques et de l'inefficacité du système de transport du carburant, ce qui représente une agression primaire sur l'environnement.

Malgré sa critique de la nano manufacture moléculaire, Smalley s'est néanmoins déclaré fortement en faveur des paradigmes basés sur les nanotechnologies pour produire et transmettre de l'énergie. Il décrit de nouveaux câbles de transmission électriques basés sur des nano tubes en carbone, imbriqués dans de longs fils, qui seront beaucoup plus résistants et légers, et, encore plus important, beaucoup plus performants en termes de déperdition d'énergie que les classiques fils de cuivre. Il envisage aussi l'utilisation de câbles superconducteurs pour remplacer ceux en aluminium et cuivre dans les moteurs électriques afin d'en améliorer l'efficacité.²⁶³

Et George Monbiot identifie les bénéfices possibles à changer de type de courant électrique dans les futures lignes électriques pour passer du courant alternatif (AC) à de nouveaux types de câbles en plastique de courant direct (DC)²⁶⁴. Selon lui cela rendrait les nouvelles formes d'énergies renouvelables plus économiques. Dans *Heat*, il écrit :

Le plus important, bien que la perte d'électricité initiale sur une ligne DC soit plus forte, est que cette perte n'est pas augmentée par la distance. Au contraire, avec le système AC, plus la ligne est longue plus la déperdition augmente. Il n'y a pas de limite inhérente à la longueur d'une ligne DC. Les lignes à

haute-tension DC, peuvent être posées sur les fonds marins, ce qui ouvre n'importe quel espace marin de moins de 50 m de profondeur à l'utilisation d'éoliennes et presque tout le plateau continental aux appareils utilisant les vagues, qui peuvent ancrés à de grandes profondeurs. Puisque la vitesse des vents augmente d'environ un mètre/seconde à chaque fois que l'on s'éloigne de 100 kilomètres de la côte, cela induit que le coût de l'énergie renouvelable pourrait en fait baisser en s'éloignant de la côte... L'on pourrait installer des turbines à vent qui tournent plus vite (et sont donc plus bruyantes et plus efficaces) sans gêner personne.

Quelques années après la publication de l'ouvrage fondamental de Monbiot, *The Economist* explorait une idée avancée par l'ISET Institute²⁶⁵ de l'Université de Kassel, Allemagne, de créer une structure électrique de standard DC à l'échelle européenne pour permettre le libre-échange de l'électricité à travers l'Europe. Dans un article intitulé « *Where the Wind Blows* » (« Là où souffle le vent ») le correspondant de *The Economist* notait que bien l'électricité éolienne soit une source d'énergie erratique, avec une grille de distribution assez vaste pourrait permettre d'acheminer l'électricité des lieux venteux aux lieux dépourvus de vent. L'article continuait :

Un groupe de sociétés norvégiennes a déjà commencé à construire des lignes DC à haute tension entre la Scandinavie, les Pays-Bas et l'Allemagne, qui ont pour but non pas de vendre l'électricité nationale, mais d'accumuler celle des autres pays. Airtricity – une société

d'électricité éolienne irlandaise – prévoit d'en ériger bien d'autres. La société propose ce qu'elle nomme une Supergrille. Elle relierait les parcs d'éoliennes offshore de l'océan Atlantique et des mers d'Irlande, du Nord et de la Baltique aux clients à travers l'Europe du Nord.

Airtricity pense que le premier stade du projet, un parc de 2000 éoliennes dans la mer du Nord, coûterait environ 2 milliards d'euros. Ce parc produirait 10 gigawatts. Une capacité équivalente produite par combustion de charbon coûterait \$2.3 milliards ; donc si on y ajoute les bénéfices environnementaux, le projet semble intéressant à examiner. De tels parcs offshore fonctionnent très bien. Airtricity en gère déjà un dans l'Atlantique, et bien qu'il n'ait actuellement qu'une capacité de 25 mégawatts, il suffit d'y ajouter des éoliennes pour accroître sa capacité de production.²⁶⁶

Tout cela nous offre une transition aisée vers le futur des sources d'énergies renouvelables et durables.

Sources d'énergies renouvelables et durables

Toutes les prévisions au sujet des différentes énergies que nous utiliserons en 2030 dont j'ai fait mention plus avant sont fausses, car il est impossible de prévoir comment se développeront la production d'énergie et les technologies de transmission durant le prochain quart de siècle. La carte « joker », le paramètre qui échappe à toutes les instances qui font des prévisions sur les futures sources d'énergie et les

habitudes d'utilisation (ou qu'elles ignorent) est l'Accélération Exponentielle du Développement Technologique.

Il est probable, voire certain, que les énergies aux sources renouvelables et durables fourniront la plus grande partie des besoins mondiaux en énergie (toujours croissants) d'ici 2030 ; après tout, l'énergie est partout autour de nous, dans le vent, les vagues, les pierres et le soleil. Il retombe assez d'énergie sur la terre grâce aux rayons du soleil en l'espace d'une heure pour subvenir aux besoins mondiaux actuels en énergie durant un an.²⁶⁷ Le processus semble déjà bien engagé.

Dans un rapport intitulé « Tendances 2007 des Énergies Propres », *Clean Edge*, une société de recherches, déclarait :

Nous trouvons des marchés pour nos quatre technologies de référence – photovoltaïques solaires, éoliennes, biocarburants, et piles à combustibles – qui continuent leur saine croissance.

Les chiffres d'affaires annuels de ces 4 technologies ont augmenté de près de 39 % en un an – de \$40 milliards en 2005 à \$55 milliards en 2006. Nous prévoyons que l'augmentation perdurera sur la même trajectoire pour représenter un marché de \$226 milliards d'ici 2016.

Un certain nombre de développements ont placé les énergies propres sur le devant de la scène durant l'année écoulée. Parmi ceux-ci, presque trois fois plus d'investissements institutionnels dans les technologies énergétiques aux USA à plus de \$2,4 milliards ; une

nouvelle implication de la part des hommes politiques américains à tous les niveaux (étatique, régional et fédéral) ; et des investissements *corporate* significatifs en acquisitions d'énergies propres et en initiatives d'expansion.²⁶⁸

Avant de nous intéresser à ce type de technologies qui pourrait nous fournir proprement d'ici 2030, cela vaut la peine de définir la différence entre sources d'énergies « renouvelables » et « durables », bien que de nombreux commentateurs semblent utiliser ces termes de façon interchangeable.

Les sources « renouvelables » sont les sources naturelles alentour qui se renouvellent automatiquement. Elles comprennent les rayons du soleil, l'énergie éolienne, l'énergie des vagues, les marées, l'électricité hydroélectrique et l'énergie géothermale (la chaleur stockée dans les roches). Habituellement, très peu de CO₂ est émis par la production d'énergie à partir de sources renouvelables.

Les ressources « durables » sont les cultures et la biomasse qui peuvent être utilisées comme sources d'énergie et peuvent être cultivées de façon écologiquement responsable. La culture de sources de carburants durables produit généralement quelques émissions de carbone : ces deux derniers points sont très importants lorsque l'on considère la pertinence de la politique énergétique actuelle des États-Unis, le plus gros pollueur au monde.

En essayant de paraître « vert » (et d'apaiser le mécontentement grandissant du public face aux dangers du

changement climatique aux États-Unis) le gouvernement de George W. Bush a attribué de nouvelles subventions à la production de bioéthanol, un biocarburant fabriqué à partir de maïs, et dans certaines régions chaudes, de canne à sucre (le biocarburant est une forme d'alcool). La raison pour laquelle l'industrie pétrolière considère positivement cette initiative de « biocarburant » est que si la matière première change, les méthodes de raffinage et de distribution demeurent les mêmes. Les infrastructures restent en place et les affaires continuent quasiment comme à l'accoutumée.

Mais il existe de sérieux problèmes avec la nouvelle politique américaine consistant à pousser la production d'éthanol pour les transports. Les écologistes ne manquent pas de pointer la stratégie, mauvaise et bornée, de Bush dans ce domaine. Même des commentateurs respectés et non-alignés relèvent les erreurs, ainsi, *The Economist* commentait en mai 2007 :

L'éthanol fabriqué à partir de maïs n'est ni particulièrement économique, ni particulièrement écologique : sa production requiert beaucoup d'énergie. La production a été relancée par des aides des gouvernements régionaux et fédéraux sujettes à caution (y compris les subventions), et une promotion du mélange essence-carburants renouvelables, ainsi que des tarifs de taxation qui tiennent l'éthanol étranger à distance.²⁶⁹

Le même journal rapportait aussi qu'en utilisant des terres de très bonne qualité pour produire les ressources nécessaires à la fabrication d'éthanol, l'Amérique choisit de nourrir ses voitures plutôt que ses citoyens.

L'utilisation de maïs américain pour produire du bio-carburant éthanol, qui être mélangé à l'essence pour réduire la dépendance du pays au pétrole étranger, a déjà fait augmenter le prix du maïs. Tandis que l'on exploite de plus en plus de terre pour la culture du maïs à défaut d'autres cultures vivrières (comme le soja), le prix de ces dernières augmente. Et puisque le maïs est utilisé pour nourrir le bétail, le prix de la viande grimpe aussi. En d'autres termes, les ressources nourricières sont détournées pour abreuver les voitures américaines.

L'industrie automobile adore, parce qu'elle estime que le changement en faveur d'un carburant vert lèvera la pression exercée sur les voitures à cause du réchauffement global. L'industrie pétrolière adore parce que l'utilisation d'éthanol comme additif signifie que les affaires continuent, au moins pour l'instant. Les politiciens adorent parce qu'en subventionnant ce changement ils font plaisir à tous ces élus. Les contribuables ne semblent pas encore avoir remarqué que ce sont eux qui payent la note.²⁷⁰

Pour éclairer à l'extrême les arguments contre l'éthanol, voici une édifiante analyse de Cleantechblog.com :

Bien que les véhicules hybrides (roulant à l'essence ou à l'éthanol) se vendent comme des petits pains aux USA, la plupart n'ont jamais reçu une goutte d'E85 (carburant éthanol) dans leur réservoir. Ils roulent aux essences standard. Plus de 6 millions de véhicules sur les routes américaines pourraient rouler au E85. La plupart n'ont jamais essayé.

La plupart des véhicules hybrides consomment énormément. Quand ils roulent à l'E85, ils consomment quantité de maïs. En 2007, la voiture la mieux cotée parmi celles roulant à l'E85 était la Chevrolet Impala, avec un taux de consommation de 14,7 l aux 100 km et 10,2 l aux 100 km sur autoroute quand elle roule à l'E85. Pour une année de conduite standard aux USA, le coût annuel en carburant serait de \$1,657 et de 6 tonnes de CO₂ émises par cette voiture roulant à l'E85.

Un des gros problèmes est que l'éthanol réduit la performance aux 100 km d'environ 27 %. Le contenu en énergie de l'E85 est de 83 000 BTU/gallon, au lieu de 114,000 BTU/gallon pour l'essence. Même d'ici 2030, l'Énergie Information Administration américaine (EIA) projette que l'E85 représentera seulement 1.4 % de l'utilisation éthanol. La vaste majorité servira à faire de légers mélanges avec de l'essence.²⁷¹

Alors, si l'éthanol n'est pas un biocarburant approprié (sauf peut-être pour les avions – voir la section précédente), quel type de biocarburant faudrait-il dans un monde d'énergies durables ?

Une solution consiste à réutiliser les graisses et les huiles pour le transport – comme les restaurants McDonald's le font au Royaume-Uni. Les 150 camions de la société roulent à l'huile végétale qui a servi pour leurs trucks hamburgers et frites si appréciés.

Si l'on met de côté la réutilisation fortuite d'huiles de cuisson, les biocarburants de transport comprennent les

substituts de diesel (biodiesel) tirés de la canne à sucre (le plus performant), du bois (le moins performant pour le moment). Toutes sortes de facteurs affectent la façon dont les biocarburants peuvent présenter une bonne, ou moins bonne, alternative en matière d'émissions de CO₂. Parmi celles-ci, l'énergie et l'eau utilisées pour faire pousser les cultures, la qualité de terre agricole nécessaire pour les cultiver, le CO₂ émis pour aider la pousse (dans la production et l'utilisation d'engrais, par exemple) et l'efficacité énergétique des carburants raffinés eux-mêmes. Ainsi, la canne à sucre fournit entre 8 et 9 fois l'énergie utilisée pour leur production, alors que l'énergie dans l'huile de pépin de raisin ou d'autres cultures tempérées produit seulement une à trois fois l'énergie utilisée pour les cultiver.²⁷² Ensuite viennent les problématiques de l'énergie utilisée pour transformer des cultures particulières en énergie utilisable et l'énergie consommée pour le transport de tels carburants à leur destination finale. Un autre problème vital est celui d'allouer des terres à la production de biocarburant (ce qui conduit dans certains cas à détruire des aires boisées ou à usurper des terres productrices de nourriture).

Étant donné la complexité de ces problématiques, beaucoup d'utilisateurs sont actuellement incapables de faire un choix délibéré au sujet des biocarburants. Il faut davantage d'informations sur le sujet et les gouvernements devront bientôt légiférer pour assurer que seuls les types de carburants les plus performants et écologiques arrivent à nos pompes. Les écologistes ont une règle très commode à appliquer : ils disent qu'un biocarburant doit émettre au moins 50 % de CO₂ en moins que le carburant fossile qu'il remplacera pour être un substitut acceptable (pendant sa culture, son transport et son utilisation).

Un des biocarburants à pouvoir posséder un véritable potentiel est dérivé du *Jatropha Curcas*²⁷³ qui présente beaucoup d'avantages, comparé aux autres cultures. Les principaux avantages étant que le jatropha produit beaucoup d'énergie et pousse sur des terres marginales impropres à d'autres formes d'agriculture. En poussant, elle améliore la qualité du sol. En juin 2007 BP annonçait un investissement de £32 millions²⁷⁴ dans la production de jatropha comme biocarburant.

Si les Nations Unies ont longtemps considéré les biocarburants comme un immense potentiel pour aider les plus pauvres à sortir de la misère, l'organisation a récemment mis en garde contre la déforestation rampante en vue de produire des sources de biocarburants, en soulignant les conséquences négatives de la déforestation à large échelle.

En général, les biocarburants sont très utiles pour remplacer les carburants fossiles à petite échelle, car la production en masse demande de l'énergie pour la fertilisation et occupe des terres qui pourraient avoir été laissées en zones forestières ou utilisées pour produire de la nourriture. Mais dans certains pays – le Royaume-Uni entre autres – il existe des terres agricoles inexploitées. C'est pourquoi le gouvernement du Royaume-Uni a accru son soutien à certains types de biocarburant. La BBC a diffusé ce reportage en 2004 :

Le Royaume-Uni va encourager la production de biomasse, ces cultures spécialement dévolues à la fabrication de carburants écologiques. Le gouvernement est en train de mettre en place un groupement pour stimuler l'offre et la demande de biomasse et offrir une panoplie de subventions. Les ministres

espèrent que cela aidera le Royaume-Uni à atteindre ses objectifs d'utilisation d'énergies renouvelables et profitera à l'agriculture, à l'industrie forestière et aux zones rurales. Des matériaux comme le miscanthus (une herbe haute), le saule, le peuplier, la sciure de bois, la paille et le bois de forêt sont tous adaptés.²⁷⁵

Pendant que l'on accroît la production domestique de biocarburant au Royaume-Uni, la plupart du pétrole dérivé de plantes doit être importé. Le gouvernement n'a pas encore terminé son analyse des sources de biocarburants étrangères et les consommateurs britanniques qui désirent utiliser les biocarburants ne peuvent distinguer les carburants provenant de « bonnes » ou « mauvaises » sources.²⁷⁶

D'autres formes de biocarburants se fabriquent à partir de déchets ; graisses, huiles de cuisine, déchets d'égout, excréments, compost. De tels projets sont nécessairement réalisés à petite échelle, mais s'ils sont correctement gérés, ils peuvent avoir un impact environnemental durant leur production et apporter une contribution significative pour résoudre les problèmes de changement climatique en remplaçant les carburants fossiles.

Plusieurs exemples de projets de production de biocarburants réussis existent dans le Pacifique Sud où les îliens transforment les noix de coco en carburant. Comme l'indique peopleandplanet.net :

Dans les îles du Pacifique, il existe de formidables opportunités d'utilisation des noix de coco comme carburant, selon Jan Cloin de la *South Pacific Applied*

Geoscience Commission. « L'huile de noix de coco peut être mélangée au diesel, et sous certaines conditions le remplacer entièrement. L'huile de noix de coco est de plus en plus utilisée dans les îles du Pacifique pour le transport et la production d'électricité grâce à son faible coût local. D'autres bénéfices sont dégagés par le soutien aux industries agricoles locales ainsi que la réduction des émissions ». ²⁷⁷

Il existe aussi des idées intéressantes circulant dans les laboratoires, qui seront peut-être mises en œuvre d'ici 2030. Par exemple, il sera peut-être possible de produire de l'huile écologique à partir d'algues (Boeing suggère que cela pourrait être une possibilité pour le carburant des avions). Une start-up basée à San Francisco (Solazyme²⁷⁸) trouve cette idée très pratique comme le rapporte le *San Francisco Chronicle* :

Les algues qu'Harrison Dillon scrute à travers son microscope pourraient un jour faire rouler votre voiture. Solazyme, la société de Dillon basée à Menlo Park, a modifié les gènes de l'algue pour transformer la plante microscopique en machine à produire du pétrole. Si tout se passe comme l'espère Dillon, les barils d'algues pourraient devenir des substituts de diesel et de pétrole brut. ²⁷⁹

L'énergie éolienne

Les moulins à vent furent conçus il y a 2 000 ans pour utiliser l'énergie du vent. Aujourd'hui, l'énergie éolienne est la première de toutes les formes d'énergies renouvelables à fournir de larges quantités d'électricité aux systèmes de

distribution nationaux. À cause des récentes augmentations du prix des carburants fossiles, l'énergie éolienne est devenue dans certains cas aussi économique, si ce n'est plus, que l'électricité dérivée des carburants fossiles. Il existe partout dans le monde un grand engouement pour cette forme d'énergie. Partout surgissent de nouveaux parcs d'éoliennes pour capturer davantage de cette énergie « gratuite ».

Mus par leur soif inextinguible de carburant les États-Unis mènent la danse, comme le rapportait le *Washington Post* en mars 2007 :

Telles des fiancées sur catalogue, des milliers d'éoliennes filiformes arrivent dans les régions désertées des états de Washington et de l'Oregon, où elles sont mariées, au moyen de la grille de répartition électrique, aux vieux barrages hydroélectriques ventrus.

Le nord-ouest du Pacifique n'est pas le seul à courir après le vent comme source d'électricité propre. L'angoisse liée au changement climatique et la demande croissante en électricité ont généré une folie éolienne dans la majeure partie des États-Unis, où l'énergie éolienne est devenue le marché énergétique qui croît le plus vite au monde. La capacité de production éolienne a bondi de 27 % l'année dernière et devrait continuer de même cette année.²⁸⁰

Le prix des éoliennes a considérablement baissé durant les 30 dernières années tandis que les performances augmentaient inversement. Dans une étude sur les sources d'énergies renouvelables, *The Economist* rapportait en juin 2007 :

Pendant le boom de l'éolienne dans les années 1970, les pales des turbines mesuraient de 5 à 10 mètres de long, et chaque éolienne ne produisait pas plus de 200-300 kW chacune. L'énergie produite coûtait environ \$2 du kWh. Maintenant les pales mesurent jusqu'à 40 mètres de long et les éoliennes produisent chacune jusqu'à 2,5 MW au prix de 5 à 8 cents du kWh, selon la situation (l'électricité des centrales à charbon, selon la centrale, coûte 2 à 4 cents du kWh). Il existe même des prototypes de 5 MW, avec des pales de 62 mètres.²⁸¹

Certaines régions naturellement venteuses comme les zones côtières (et les pays composés d'îles comme la Nouvelle-Zélande, le Royaume-Uni et l'Irlande) peuvent profiter de vents forts et fréquents, mais cette utilisation n'est pas systématique. Par exemple, si l'Angleterre mène les démarches internationales pour s'attaquer au changement climatique, ses performances domestiques stagnent loin derrière sa rhétorique politique. Le Royaume-Uni produit seulement 1,353 MW d'électricité éolienne comparé à 18,428 MW en Allemagne, 10,027 MW en Espagne et 3,122MW au Danemark.²⁸²

Bien entendu, le vent n'est pas une force de la nature sur laquelle on peut compter et l'énergie éolienne seule ne peut remplacer les autres sources d'énergies quel que soit le nombre de parcs érigés (en admettant que l'on puisse circonvenir les protestations des anti-éoliennes). De plus l'électricité est un produit « vivant » qui doit être utilisé et redistribué aussitôt qu'il est produit. À l'heure actuelle, il n'existe pas de système de stockage à long terme de cette

électricité qui soit économiquement viable. Ce qui signifie que lorsque le vent ne souffle pas les éoliennes ne peuvent produire d'électricité.

Une invention est actuellement testée à l'île King dans le Détroit de Bass près de la Tasmanie, et l'Australie pense que cela pourrait fournir une forme limitée de stockage de l'électricité à long terme, ce qui accroîtrait le rôle joué par l'énergie éolienne dans le futur. L'appareil de stockage s'appelle « flow battery » (une sorte de pile rechargeable). Comme le rapportait *New Scientist* :

Depuis des années les éoliennes et les générateurs solaires sont reliés à des batteries de soutien qui stockent l'électricité sous forme chimique. Dans les batteries au plomb, qui sont les plus courantes, les produits chimiques stockant l'électricité demeurent à l'intérieur de la batterie. La différence avec l'installation de l'île King est que lorsqu'il y a beaucoup d'énergie éolienne, les produits chimiques gorgés d'énergie de la batterie sont aspirés pour être mis dans des containers de stockage, ce qui permet à de nouveaux produits chimiques de se recharger. Pour régénérer l'électricité le flux est simplement renversé.²⁸³

De telles batteries pourraient aussi être développées pour stocker l'électricité produite par d'autres formes d'énergies renouvelables comme celle des vagues et des marées. Mais à présent, la plupart des éoliennes produisent de l'électricité « en temps réel », qui doit être immédiatement distribuée et consommée.

Certains écologistes envisagent un futur où chaque maison aurait son éolienne et l'excédent d'électricité serait revendu au système de distribution. Nonobstant, George Monbiot, adepte des parcs commerciaux d'éoliennes offshore, voit tout le concept d'éolienne domestique à usage autarcique comme pouvant présenter des problèmes :

À une vitesse de vent moyenne de 4 mètres/seconde une grosse micro-éolienne (1,75 m de diamètre serait le maximum que l'on puisse vouloir installer sur une maison) produirait de l'ordre de 5 % de l'électricité utilisée par un foyer standard. La contribution probable de votre micro-éolienne serait de rendre vos voisins furieux.

Cela va irriter les gens piégés par les sociétés qui leur vendent les éoliennes (qui prétendent qu'ils auto-produiront la moitié ou plus de leurs besoins annuels en électricité). Cela va rendre fous de rage les gens qui découvriront que leurs éoliennes ont provoqué des dommages structurels sur leur maison. Cela donnera des envies de meurtres à des voisins jusqu'alors agréables qui seront agacés par le bruit incessant de l'éolienne. Si vous voulez détruire l'enthousiasme des gens pour les énergies renouvelables, il est difficile de trouver meilleure approche.

Même si George Monbiot imagine des banlieues transformées en enfer à cause d'éoliennes inefficaces surgissant de toutes parts, de petites unités individuelles peuvent apporter d'excellents résultats dans les zones rurales venteuses. Et le futur de la production *industrielle* d'énergie éolienne paraît

tout à fait rose. Comme l'expliquait *The Economist* en mai 2007 :

Le commerce éolien augmente de plus de 30 % par an dans le monde avec les États-Unis en tête. Et quand un schéma de subventions solaires a vu le jour en Allemagne en 2004-2005, la demande en Europe a presque doublé, indique Ron Kenedi chez Sharp, le plus gros fabricant de panneaux solaires.

L'offre ne sera pas satisfaite de sitôt. Les éoliennes sont d'énormes engins qui nécessitent d'innombrables pièces. Plusieurs sociétés construisent de nouvelles usines : Vestas vient d'annoncer la construction de sa première unité de fabrication américaine de pales, au Colorado. Il faudra quelques années aux nouvelles usines avant de tourner à plein régime. En attendant, les acheteurs font des dépôts pour réserver leurs éoliennes. GE Energy, le plus gros installateur d'éoliennes en Amérique, a son carnet de commande plein jusqu'à la fin de l'année prochaine.²⁸⁴

George Monbiot défend la conversion britannique à l'énergie éolienne à *l'échelle industrielle* avec beaucoup d'éloquence :

Le vent, les vagues et le soleil ne viendront pas à manquer – en tout cas pas durant notre occupation de la planète. Et ni M. Poutine ni un autre monopole énergétique ne pourra les couper. Une éolienne ne fond pas et ne fait pas une bonne cible à une attaque terroriste. Le démantèlement est bon marché et sans danger. L'énergie nécessaire à la fabrication des

machines vendues aujourd'hui ne représente qu'une petite partie de l'énergie qu'elles produiront, et dès qu'elles sont installées, elles n'émettent pas du tout de CO₂. Et si ces technologies renouvelables peuvent modifier les paysages, cet impact reste certainement moins négatif que la destruction de la biosphère...

Les îles du Royaume-Uni entourées de forts vents et de grosses mers possèdent les meilleures ressources en Europe.

Clairement, la maîtrise de l'énergie éolienne à l'échelle globale sera une priorité d'ici 2030. Les éoliennes deviendront plus performantes (et les plastiques non-corrosifs joueront un rôle majeur²⁸⁵ dans la construction des éoliennes offshore) et de meilleures solutions de stockage et de conductivité seront trouvées. L'énergie éolienne fera partie intégrante de l'offre en 2030, mais elle ne doit pas être développée au détriment d'autres sources d'énergies renouvelables, dont la plus importante et la plus stimulante est l'énergie solaire.

L'énergie solaire

Contrairement à la technologie éolienne, le développement d'appareils solaires convertissant les radiations du soleil en électricité (photovoltaïques solaires) ou en chaleur (thermo solaires) est complexe. Beaucoup d'améliorations en termes de performances (quantité d'énergie solaire capturée et convertie) et de réduction de coût des appareils sont nécessaires.

Dans son étude sur les sources d'énergies renouvelables *The Economist* établissait les progrès accomplis en matière de développement de panneaux photovoltaïques solaires :

L'efficacité de conversion des radiations solaires en électricité par les panneaux photovoltaïques solaires a progressé de 6 % lorsqu'elles sont apparues à un taux de 15 % actuellement. Leur coût est passé de \$20 par watt de capacité de production dans les années 1970 à \$2,70 en 2004 (bien qu'une pénurie de silicone ait, depuis, fait grimper les prix).²⁸⁶

Le vent souffle inégalement autour de la planète alors que les rayons du soleil frappent notre monde de façon plus prévisible – la plus forte quantité de lumière et de chaleur revient aux régions équatoriales.

Logiquement les technologies solaires trouveront plus d'applications possibles là où il y a le plus de soleil – des régions qui tendent aussi à abriter les communautés les plus pauvres du monde. Dans ces zones, plus de 2,5 milliards d'individus, presque la moitié de la population globale, dépendent encore du bois, des excréments animaux ou des déchets de cultures pour leurs carburants. Des progrès significatifs y ont déjà été réalisés dans l'utilisation de l'énergie solaire (ce qui a parfois permis d'améliorer les conditions de vie localement).

I.M. Dharmadasa, Professeur d'Appareils et Matériaux Électroniques à l'Université de Sheffield Hallam au Royaume Uni (consultant de référence pour ce chapitre de mon étude), est un précurseur dans le développement et le déploiement

des unités et systèmes photovoltaïques solaires depuis des décennies. Il est parvenu à de significatives avancées²⁸⁷ en augmentant la performance des appareils à énergie solaire.

Le Professeur Dharmadasa était à l'origine de la formation de SAREP (Programme d'Énergies Renouvelables d'Asie du Sud) et dans son papier « *Use of Solar D'énergie For Social Development And Reduction of Poverty* » (« Utilisation de l'Énergie Solaire Aux Fins de Développement Social et Réduction de la Pauvreté »), il décrit un projet au Sri Lanka qu'il a initié avec ses collègues et pour lequel il est consultant.

Dans la plupart des pays en voie de développement, seule une petite partie de la population est desservie en électricité par les régies nationales. Au Sri Lanka par exemple, environ 60 % de la population possède un foyer raccordé à l'électricité mais dans certains pays subsahariens, ce chiffre peut descendre à 10 %.

La plupart de ces communautés rurales utilisent des lampes à kérosène pour s'éclairer, lesquelles combinent risques d'incendie et mauvaise qualité de l'air respiré. Ces lampes à kérosène offrent de piètres conditions de vie et les gouvernements de ces pays doivent faire face à des coûts toujours grandissants d'importation de carburant.

La solution principale est fournie par les systèmes d'éclairage autonomes déjà sur le marché. Le coût d'un tel système s'élève à environ 50 000 roupies (~£300). Lorsque ce coût est réparti sur 8 ans, les mensualités

sont inférieures à celles qui sont supportées pour l'approvisionnement en kérosène. Il en existe maintenant plus de 100 000 au Sri Lanka et les populations commencent à en ressentir les bénéfices.

L'analyse des résultats au brevet d'études secondaires dans un des villages a montré une substantielle amélioration du taux de réussite dans les foyers qui avaient été pourvus d'électricité grâce à ce système. Aux meilleurs résultats scolaires viennent s'ajouter la disparition des risques d'incendie, une meilleure santé grâce à la réduction de la pollution respirée et l'élimination pure et simple de la charge que représentait l'importation de carburant.²⁸⁸

Le Professeur Dharmadasa travaille maintenant avec le *World Innovation Foundation* et les gouvernements nationaux pour dupliquer ce modèle de systèmes solaires à bas prix dans les zones rurales du continent africain. C'est l'accroissement de la performance qui rendra les panneaux solaires²⁸⁹ plus faciles à utiliser sous les climats chauds ou sous des latitudes plus tempérées. Des progrès significatifs sont en cours, comme le révèlent les recherches menées en ce moment chez Boeing-Spectrolab²⁹⁰.

Les chercheurs de Boeing-Spectrolab viennent de réussir à construire un panneau solaire multi jonctions qui atteint le score de performance incroyable de 40,7 %, soit le double de ce qui existait auparavant.

Pour mettre cette avancée de notre département énergétique en perspective, il faut considérer qu'il y a à peine moins de 2 mois la société SunPower basée

dans la Silicon Valley, annonçait un panneau à 22 % d'efficacité, et que même ce modèle-là affichait des performances 50 % plus importantes pour un champ donné que les essais précédents.²⁹¹

Il est plutôt encourageant d'observer que beaucoup d'experts en énergie solaire estiment que la technologie sera parvenue à maturité d'ici 2030. Sous le titre « L'Énergie solaire a le potentiel de devenir l'énergie dominante d'ici 2030 », Physorg.com rapportait en novembre 2005 :

Le Professeur Andrew Blakers du *Centre for Durable Energy Systems* à l'Université Nationale d'Australie déclarera aujourd'hui lors de la conférence *Greenhouse 2000* à Melbourne que la conversion photovoltaïque (PV) d'énergie solaire pourra s'aligner en terme de coût avec toute technologie de production d'électricité faible en émissions d'ici 2030.

Son papier décrit comment l'extrapolation sur les énormes progrès économiques et techniques des photovoltaïques au cours des 15 dernières années fait penser en confiance qu'un très grand changement dans la technologie de production électrique sera possible durant le prochain quart de siècle.²⁹²

Les « avancées » technologiques et de nouveaux développements excitants dans le domaine de l'énergie solaire semblent actuellement se réaliser en rafales. Par exemple, un développement britannique primé applique les propriétés de conduction électrique aux nanotechnologies pour faire baisser le coût des systèmes de génération d'énergie solaire.

La déclaration du prix de £250,000 faite par la *Royal Society* décrit le potentiel technologique :

Une proposition pour développer des outils fabriquant des panneaux solaires performants à bas prix et des sources d'éclairages à destination d'un large marché a remporté un des prix de la *Royal Society*.

Le Professeur Bradley et ses collègues prévoient de développer commercialement deux processus de production d'appareils électroniques en plastique. Les appareils électroniques en plastique utilisent de nouveaux semi-conducteurs organiques à base de carbone au lieu du silicone, arséniure de gallium et autres matériaux non organiques traditionnels. Ces nouveaux semi-conducteurs organiques combinent la solubilité, permettant l'utilisation de couches de couverture et d'impression durant la fabrication des appareils et des propriétés comme la flexibilité et la robustesse, avec les caractéristiques fonctionnelles essentielles des semi-conducteurs traditionnels. L'équipe pense que le développement d'appareils électroniques en plastique permettra l'adoption répandue de fabrication d'énergie et d'éclairages écologiques et économiquement accessibles.²⁹³

Une autre équipe de chercheurs à MIT adopte une approche complètement différente pour réduire les coûts de stockage et de production solaires :

Des panneaux solaires beaucoup plus performants pourraient bientôt voir le jour grâce à une technologie

plus efficace de capture et d'utilisation de l'éclairage. StarSolar, une start-up basée à Cambridge, MA, vient de capturer et d'utiliser des photons qui passent habituellement à travers les panneaux solaires sans produire d'électricité. La société, qui développe sous licence de la technologie issue de MIT, déclare que ses produits pourraient réduire le coût des panneaux solaires de moitié tout en conservant d'excellentes performances. Cela rendrait l'énergie solaire à peu près aussi économique que l'électricité de la région actuelle.²⁹⁴

Le développement de la technologie solaire apparaît à juste titre comme un domaine excitant et plein d'optimisme, d'autant plus que la capture de la force du soleil pour subvenir à nos besoins sera la source optimum d'énergie propre. Il existe déjà beaucoup d'installations solaires importantes implantées ou en cours de développement. En mars 2007, *The Economist* soulignait que les plus importantes sociétés high-tech au monde étaient en compétition pour prendre la tête de la production d'électricité solaire :

L'année dernière Microsoft a équipé son campus de la Silicone Valley avec un système solaire SunPower, une société locale qui fabrique des panneaux solaires haute performance (et selon certains les plus beaux du monde). Quelques mois plus tard, Google, le rival avéré de Microsoft, commençait à ériger quelque chose d'encore plus impressionnant : une des plus grosses installations solaires corporate à ce jour.

Mais c'est peut-être Wal-Mart qui remportera la palme. En décembre le géant de la distribution a

lancé un appel d'offres pour équiper les toits de nombre de ses hypermarchés de panneaux solaires. Outre la publicité positive, l'utilisation du solaire présente beaucoup d'avantages évidents. À l'inverse des carburants fossiles, qui polluent beaucoup et produisent des gaz à effet de serre pharamineux, l'énergie solaire est propre et ses ressources virtuellement illimitées. En une heure, la Terre reçoit plus d'énergie du soleil que les humains n'en consomment en une année. Selon le Département Américain de l'Énergie, si les panneaux solaires étaient placés sur 0.5 % des étendues du pays, ils pourraient subvenir intégralement à la demande américaine d'électricité.²⁹⁵

Alors si les prix des carburants fossiles restent importants et que les technologies solaires s'améliorent encore, l'énergie solaire pourrait devenir une des sources d'énergie disponible les moins coûteuses.

Les futurologues et les scientifiques rêvent depuis longtemps de maîtriser l'énergie solaire à grande échelle (dans mon roman publié en 2005, *Extinction*, je couvrais la face la Lune orientée vers la Terre de miroirs réfléchissants pour capturer les rayons du soleil) et ce qui n'était que spéculation devient rapidement réalité. Dans *Heat*, George Monbiot pèse le pour et le contre de l'idée consistant à utiliser les déserts terrestres comme parcs solaires géants :

Depuis des années, ces coquins d'écologistes soulignent que la puissance solaire générée au Sahara pourrait fournir toute l'Europe, le désert de Gobi

pourrait fournir la Chine et les déserts de Chihuahuan, Sonoran, Atacama et Grande Victoria pourrait fournir l'électricité de leurs continents entiers. Ces gens furent traités de fous. Le développement actuel de câbles DC à bas prix²⁹⁶ indique que leurs idées seront peut-être reconnues un jour.

Deux rapports du Centre Aérospatial Allemand (« Concentrer l'énergie solaire en Méditerranée »²⁹⁷ et « Interconnexions Trans-Méditerranéennes pour la Concentration de l'Énergie Solaire »²⁹⁸) donnent une vision pratique de la façon dont de nouveaux parcs solaires géants dans les déserts d'Afrique pourraient résoudre la crise énergétique qui se profile en Europe et aider à réduire sensiblement les émissions de carbone du continent.

Mais l'application la plus excitante de l'énergie solaire se trouve juste au-dessus de nos têtes : en moyenne 3 kW de puissance sont potentiellement disponibles sur chaque toit, et cette forme de production d'électricité pourrait casser le monopole centralisé. Beaucoup de gens pensent que la production d'énergie à partir de carburants fossiles (redistribuée ensuite par un fournisseur central), est le facteur-clé de la division du monde entre riches et pauvres. Un modèle de distribution d'énergie solaire indépendant commencerait à résoudre ce clivage.

Enfin, il est intéressant de noter que les nouveaux conducteurs solaires plastiques à bas prix dits « à projeter » ou « à imprimer » sont développés par le *New Jersey Institute of Technology*. Comme le mentionnait physorg.com en juillet 2007 :

Les chercheurs du *New Jersey Institute of Technology* ont mis au point un panneau solaire bon marché qui peut être bombé ou imprimé sur des feuilles de plastique flexibles.

« Le procédé est simple », déclare la chercheuse en chef et écrivaine Somenath Mitra, PhD, professeur et titulaire de la chaire de Chimie et Sciences Environnementales à NJIT. « Un jour, les propriétaires de maisons pourront même imprimer ces feuilles de panneaux solaires avec leurs imprimantes à jet d'encre. Les consommateurs pourront alors coller le produit fini sur un mur, un toit ou un panneau et créer leurs propres unités de fabrication d'énergie solaire ».²⁹⁹

Le même mois, la *MIT Technology Review* publiait un article révélant la quête de performances d'efficacité record des panneaux solaires plastiques :

Un nouveau procédé d'impression de panneaux solaires augmente l'énergie engendrée par cette forme flexible et économique de photovoltaïques. Les panneaux solaires initiaux fabriqués grâce à cette technique peuvent, selon un rapport dans l'édition de *Science* parue aujourd'hui, capturer l'énergie solaire avec une efficacité de 6,5 % – un nouveau record pour les photovoltaïques qui utilisent les plastiques conducteurs pour générer de l'électricité à partir du soleil. La plupart des photovoltaïques sont pour l'instant fabriqués à partir de semi-conducteurs non-organiques conventionnels.³⁰⁰

Le carburant hydrogène

De toutes les autres sources, d'énergies renouvelables dont nous n'avons pas encore discuté, c'est l'hydrogène (H_2) qui génère le plus d'optimisme quant aux perspectives de stockage à long terme d'énergie propre pour produire de l'électricité. L'hydrogène est l'élément le plus abondant dans l'univers (il représente 75% de sa masse et 90% de ses molécules) et le maîtriser comme vecteur d'énergie donnerait à l'humanité une façon presque illimitée de stocker et de distribuer de l'énergie.

L'hydrogène est un carburant totalement propre qui peut être produit (au moyen de l'électricité ou d'autres) à partir d'un nombre de sources (y compris le charbon et l'eau) et qui, lorsqu'il est brûlé, ne produit que de l'eau. Les piles à combustible (d'abord décrites théoriquement en Allemagne en 1838, puis fabriquées pour la première fois au Royaume Uni en 1959) sont utilisées pour extraire l'énergie contenue dans l'hydrogène et il y a beaucoup d'espoir que les piles à combustible à l'hydrogène deviennent un jour une forme de propulsion universelle pour les moyens de transports automobiles (et peut-être l'aviation) et que les foyers et les entreprises pourront générer leur propre énergie localement grâce aux piles à combustible à l'hydrogène de technologie solaire ou éolienne, cessant donc de dépendre des régies de distribution d'électricité nationales.

Jules Verne connaissait le potentiel de stockage d'énergie de l'hydrogène il y a plus d'un siècle. Dans son roman *L'Île Mystérieuse*, publié en 1874, un ingénieur nommé Cyrus Smith suggérait que lorsque le charbon serait épuisé, l'humanité brûlerait de l'eau pour générer l'énergie :

« Oui, mais l'eau décomposée en ses éléments constitutifs », répondit Cyrus Smith, « et décomposée, sans doute, par l'électricité, qui sera devenue alors une force puissante et maniable... Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour employée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisables et d'une intensité que la houille ne saurait avoir... L'eau est le charbon de l'avenir ».

Jeremy Rifkin, dont l'ouvrage, *L'Économie Hydrogène*, est considéré comme une des grandes discussions sur l'énergie hydrogène, suggère que non seulement l'hydrogène peut nous fournir un stockage d'énergie dénué de carbone, mais aussi nous permettre de redessiner les systèmes de distribution d'énergie mondiaux de façon à avoir un impact à long terme sur l'organisation sociale :

Si tous les individus et les communautés dans le monde devenaient producteurs de leur propre énergie, il en résulterait un changement radical dans la distribution du pouvoir qui ne se répartirait plus de haut en bas mais de bas en haut. Les autochtones ne dépendraient plus du bon vouloir d'instances éloignées. Les communautés pourraient produire une bonne partie de leurs biens et services et consommer les fruits de leur propre labeur. Et comme le monde serait relié par les réseaux globaux de communications et d'énergies, les gens pourraient alors partager leurs techniques commerciales, leurs produits et leurs services avec d'autres communautés autour de la

planète. Ce type d'autarcie économique deviendrait le point de départ de l'interdépendance commerciale globale et serait une réalité économique bien différente de celles des régimes coloniaux du passé, dans lesquels les autochtones étaient rendus dépendants des puissantes forces étrangères.

Essentiellement, Rifkin propose un complet démantèlement des fournitures d'énergie à base de carburants fossiles et leur remplacement par de petits générateurs à pile à combustibles à l'hydrogène au niveau local ou régional : une idée que le Professeur I.M. Dharmadasa considère aussi comme un modèle convenable pour le futur (bien qu'il imagine l'énergie solaire comme jouant un rôle plus important dans l'offre énergétique). Le Professeur Dharmadasa fait remarquer que seul le courant électrique DC 1,23 volt est nécessaire pour produire de l'hydrogène par électrolyse (1,5 volt pour laisser une marge de perte) et que ces intensités sont aujourd'hui disponibles dans les photovoltaïques existants³⁰¹. Il fait aussi remarquer que la production d'H₂ à large échelle est déjà possible et que seul le manque de volonté politique empêche de basculer vers une économie hydrogène.

Ces idées sur l'hydrogène en tant que carburant sont plus percutantes qu'il n'y paraît à première vue. Remplacer la fourniture étatique ou ponctuelle de l'énergie par un système de production local ou domestique provoque un déplacement du pouvoir. Il ne serait plus possible à un gouvernement de booster artificiellement l'économie nationale en soutenant les tarifs de l'électricité, ni de restreindre l'économie en pratiquant des hausses de prix. George Monbiot est lui aussi en faveur d'un passage du système de fourniture d'énergie

centralisé à un modèle de production d'énergie distributif (« un Internet de l'énergie », comme il l'appelle) et il est clair que l'autonomie d'énergie individuelle ou locale modifierait dramatiquement l'équilibre du pouvoir politique dans le monde. Rifkin assure aussi qu'un changement en faveur d'un modèle de production d'énergie distributif produirait des bénéfices énormes dans la lutte contre le changement climatique :

S'éloigner complètement de la production centralisée d'électricité au moyen d'énergies fossiles pour passer aux piles à combustible à l'hydrogène gérées par un système distributif – particulièrement si l'hydrogène était produit par l'énergie solaire, éolienne, hydraulique et géothermale – réduirait plus drastiquement les émissions de CO₂ qu'aucun autre projet actuellement en cours.

Aussi attractif que puisse apparaître le modèle de production distributif, l'énergie hydrogène en est encore aux balbutiements.

L'hydrogène en tant que carburant pour les automobiles et les poids lourds devrait être la première application répandue de cette technologie propre. Le site environnemental commutercars.com se déclare confiant dans les bénéfices que l'hydrogène peut apporter comme carburant pour les transports :

La meilleure alternative propre aux batteries tout en continuant à utiliser des moteurs électriques propres est la pile à combustible à l'hydrogène. Les piles à

combustible à l'hydrogène représentent un espoir énorme en tant que sources d'énergie pour une future génération de voitures. L'hydrogène est consommé par un processus de réaction chimique non polluant – non par combustion – dans une pile à combustible. La pile à combustible combine simplement l'hydrogène et l'oxygène chimiquement pour produire électricité, eau et chaleur inutilisée. Rien d'autre.³⁰²

Ray Kurzweil est comme à son habitude, particulièrement confiant dans le futur de cette énergie :

Le paradigme émergent pour le stockage d'énergie sera la pile à combustible, qui finira par être distribuée à grande échelle par notre infrastructure, un autre exemple de la tendance consistant à passer de modèles centralisés et fragiles à un système distributif efficace et stable.

Néanmoins il subsiste des problèmes considérables à résoudre dans le développement de la technologie de la pile à combustible à l'hydrogène, même si les bénéfices à long terme sont séduisants. Comme le décrit James Canton dans *The Extreme Future* :

L'hydrogène présente d'autres problèmes que son coût (actuellement) élevé. C'est un élément instable qui doit être contrôlé. La manufacture de l'hydrogène requiert l'utilisation d'une autre énergie comme le nucléaire ou le pétrole (ou géothermale). La technologie nécessaire pour stocker et insuffer l'hydrogène dans les véhicules est encore primitive

et pas encore adaptée à un usage étendu. Aucun de ces obstacles n'est impossible à contourner. L'hydrogène transformera le futur de l'énergie et assurera une source de carburant plus fiable et plus sécurisée pour les consommateurs, négoce, transports collectifs et même pour les voyages dans l'espace. L'hydrogène va vite arriver.

D'ici 2035, ou même avant, l'hydrogène sera une alternative viable à l'essence et au pétrole, en fournissant jusqu'à 35 % de nos besoins énergétiques.

La vraie difficulté du passage à l'hydrogène comme carburant principal du transport routier réside peut-être dans le manque d'infrastructures. L'hydrogène est difficile à distribuer, à stocker et à transporter dans un véhicule à moteur. La transformation des stations essence en stations à hydrogène sera coûteuse et très longue, et c'est pourquoi beaucoup d'experts doutent qu'un tel changement sera achevé d'ici 2030. Jeremy Rifkin liste les difficultés à vaincre avant que l'hydrogène ne puisse devenir un carburant répandu pour le transport automobile aux USA :

La question clé pour l'industrie automobile durant la transition vers les véhicules à piles à combustion à l'hydrogène est de savoir comment produire, distribuer, et stocker l'hydrogène de façon suffisamment économique pour être compétitif avec l'essence à la pompe. Certaines études estiment que cela coûterait plus de \$100 milliards pour créer une infrastructure nationale de production et de distribution d'hydrogène en gros. La «question hydrogène» ressemble au

classique dilemme de «la poule et l'œuf». Les compagnies automobiles hésitent à produire des véhicules à piles à combustion à l'hydrogène de peur que les producteurs de carburant n'investissent pas dans des milliers de stations à hydrogène. C'est pourquoi les compagnies automobiles parient sur la fabrication de voitures à piles à combustible avec des transformateurs intégrés qui puissent transformer l'essence et le gaz naturel en hydrogène. Les fournisseurs d'énergie sont nerveux à l'idée d'investir des milliards de dollars dans la création d'une infrastructure nationale de stations à hydrogène si trop peu de voitures à piles à combustion à l'hydrogène sont fabriquées et vendues.

L'avant-dernier mot sur le futur de l'hydrogène comme carburant pour le transport va à George Monbiot qui, malgré un optimisme général concernant l'hydrogène à long terme, n'est rien moins que très réaliste quand il s'agit de prendre en compte les problèmes à vaincre avant d'arriver à une utilisation généralisée de l'hydrogène :

Le problème le plus immédiat est que l'hydrogène n'est pas disponible à la pompe. Les propriétaires de voitures à piles à combustible doivent avoir la certitude de trouver de l'hydrogène quand ils « sont à sec ». Les stations-service ne la distribueront pas sans certitude d'avoir un marché, et le marché ne se développera pas sans fourniture.

À cela s'ajoute le problème du stockage, dont les propriétaires ne devraient pas avoir à se soucier à moins

qu'ils ne produisent leur propre hydrogène. Les voitures devraient pouvoir l'emporter. Bien que le gaz soit trois fois plus dense en énergie que l'essence en terme de poids, il n'est qu'un dixième aussi dense en volume – à une pression de 5 000 livres par inch carré.

Cela signifie qu'un véhicule mû à l'hydrogène devrait avoir un réservoir pressurisé dix fois plus gros que le réservoir actuel pour parcourir la même distance. Les réservoirs à haute pression prendraient beaucoup de temps à remplir, et pourraient être dangereux.

Le dernier mot de cette section sur l'énergie hydrogène pour le transport revient à notre vieil ami le joker, « Accélération exponentielle du développement technologique ». Pendant que les analystes en énergie et les futurologues se creusent la tête pour savoir comment convertir voitures et stations-service pour transporter et stocker un gaz ou un liquide si « compliqué », un professeur à Purdue University aux USA a annoncé le développement d'une nouvelle technique pour générer de l'hydrogène «en temps réel» (de façon continue) à partir d'eau par l'utilisation d'aluminium. Si cette annonce s'avère posséder le potentiel suggéré (et bien que le concept ait été breveté, le « si » demeure), les voitures pourraient n'avoir à transporter que de l'eau, des dosettes d'aluminium et une source d'électricité basse tension pour produire leur propre carburant hydrogène en route :

Le professeur Jerry Woodall de Purdue University a découvert une nouvelle technique pour fabriquer de l'hydrogène grâce à une réaction de l'eau et d'un

alliage d'aluminium et gallium. La technique de production élimine le besoin de stocker l'hydrogène, dit-il. Le mélange d'eau et de particules d'alliage dans un récipient peut produire du carburant pour un petit moteur, et donc pour une voiture.

Le procédé, ainsi que d'autres développements récents liés à l'hydrogène, pourrait conduire à contrer les critiques à l'égard de l'hydrogène comme source de carburant pour les décennies à venir.³⁰³

Si l'on écarte les difficultés de stockage de l'hydrogène dans les véhicules et les problèmes d'infrastructures de fourniture, l'hydrogène comme carburant à usage domestique – surtout lorsque l'électricité nécessaire pour produire l'hydrogène provient de sources renouvelables comme le solaire ou l'éolienne – possède un futur remarquablement rose. Comme l'explique Jeremy Rifkin :

L'aspect le plus important de l'utilisation de ressources renouvelables pour produire de l'hydrogène est que les énergies (solaire, éolienne, hydro et géothermale) seront convertibles en énergie «stockée» qui peut être utilisée sous forme concentrée où et quand cela est nécessaire, avec zéro émissions de CO₂. Il faut insister sur ce point. Un futur d'énergies renouvelables est moins accessible, sinon impossible, sans utiliser l'hydrogène comme moyen de stockage d'énergie. Parce que lorsqu'une quelconque forme d'énergie est maîtrisée pour produire de l'électricité, elle jaillit immédiatement. Donc si le soleil ne brille pas, ou le vent ne souffle pas ou les carburants fossiles ne sont

pas disponibles, l'électricité ne peut être générée et l'activité économique s'arrête. L'hydrogène est une façon très séduisante de stocker l'énergie pour assurer la fourniture continue et continuelle d'électricité à la société.

D'autres sources d'énergie renouvelables et durables

C'est dans un souci de brièveté plutôt que je vais rassembler à ce moment de mon étude d'autres formes d'énergies renouvelables et durables.

Je vais commencer par les perspectives de l'hydro-énergie. Si l'on considère le sort des populations qui doivent souvent être déplacées pour pouvoir réaliser des installations hydrauliques ainsi que l'impact environnemental de la construction de barrages, l'hydro-électricité reste une source assez propre d'énergie, mais elle est malheureusement (ou heureusement) déjà presque totalement exploitée en Europe. Il peut paraître surprenant que je décrive l'hydro énergie comme « assez » propre. C'est que le méthane s'amoncelle au fond du réservoir créé par un barrage, et lorsque l'eau est relâchée pour propulser la turbine qui produit l'électricité, ce méthane (puissant gaz à effet de serre) est envoyé dans l'atmosphère. Heureusement des chercheurs brésiliens ont récemment développé une technique qui pourrait aider à extraire le méthane du fond des bassins de rétention pour l'utiliser à des fins de production d'électricité³⁰⁴.

L'énergie géothermale (récupération de la chaleur des couches rocheuses) est totalement propre, mais en Europe les

seules régions qui possèdent un sous-sol accessible pourvu de chaleur en quantité sont l'Islande et la Suisse. Comme le fait remarquer le gouvernement suisse :

La Suisse est actuellement chef de file dans l'utilisation de capteurs géothermiques. Aucun autre pays dans le monde n'en a installé autant en proportion à sa superficie !

Les sources d'eau chaude souterraines (aquifères) peuvent être atteintes par forage et l'énergie peut être obtenue dans les couches rocheuses sèches à l'aide de systèmes de technologie géothermale améliorée. À des températures au-dessus de 100 °C, ces sources d'énergie peuvent être utilisées pour la production d'électricité, et la chaleur résiduelle peut servir pour le chauffage.³⁰⁵

L'Islande prévoit de vendre de l'énergie tirée de la chaleur géothermale au Royaume-Uni et à d'autres clients européens ainsi que le rapportait le *Times* en mai 2007 :

Les chauds cratères volcaniques de l'Islande pourraient être utilisés pour envoyer de l'électricité en Europe continentale et en Angleterre si le schéma de pipeline pour l'énergie géothermale sous la Mer du Nord devait aboutir. La même chaleur intense qui fait bouillonner la boue et fumer les geysers à la surface lunaire de l'Islande pourra être utilisée pour fabriquer de la vapeur afin de propulser les turbines en générant assez d'énergie pour fournir jusqu'à 1,5 million de foyers en électricité à travers l'Europe.³⁰⁶

Les USA et l’Australie ont de bonnes opportunités d’exploitation de l’énergie géothermale, or ces pays étant parmi les pires pollueurs par les émissions dues aux carburants fossiles, ils devraient être encouragés à augmenter l’exploitation de cette source d’énergie propre. *The Australian* rapportait en mars 2007 :

Adrian Williams, le dirigeant de la société de développement géothermal Geodynamics, a déclaré hier que les principales ressources géothermales de l’Australie se situent dans le Bassin Cooper dans le sud du pays. Il a confié qu’un important puits terrestre pour capturer l’énergie géothermale serait foré plus tard dans l’année, ce qui conduira à la première commercialisation technologique – une centrale électrique de 40-megawatts – d’ici 2010. Le Dr Williams a déclaré que l’Australie pourrait produire jusqu’à 4 500 MW d’énergie géothermale d’ici 2030, soit environ 10 % de la demande actuelle.³⁰⁷

L’écrivain australien Tim Flannery estime que l’Australie possède assez d’énergie géothermale accessible pour subvenir aux besoins énergétiques du pays pendant un siècle.³⁰⁸

L’énergie des océans (vagues et marées) offre aussi des opportunités de production d’électricité aux pays qui possèdent des côtes. En avril 2007 *The Economist* définissait les futures perspectives de cette énergie :

Une fraction de l’énergie des océans pourrait, en théorie, subvenir aux besoins mondiaux en électricité. L’extraction de l’hydro énergie des rivières avec

des barrages est relativement aisée en comparaison de la récupération d'énergie des vagues et des marées au large, puis de sa fourniture au moyen de câbles sous-marins. Seuls 14 pays gèrent actuellement des centrales électriques mues par la puissance des vagues ou des marées, et la plupart sont minuscules, expérimentales et onéreuses.³⁰⁹

En Écosse, le premier projet de capture d'énergie de marées au monde a été annoncé dans *The Scotsman* en mars 2007 :

L'Écosse s'apprête à réaliser une première mondiale en maîtrisant une nouvelle forme d'énergie propre grâce à la première centrale électrique mue par les marées sur la planète. Lunar Energy, une des sociétés écossaises leaders dans les énergies renouvelables vient de s'associer à E.ON UK, la compagnie qui gère Powergen, pour annoncer leur toute nouvelle stratégie qui consistera à développer un parc sous-marin d'énergie électrique au large de la côte ouest de l'Angleterre dans les deux années à venir. Ce système électrique sous-marin pourra générer jusqu'à 8 mégawatts d'électricité, de quoi alimenter 5 000 foyers.³¹⁰

Et en septembre 2007, le Royaume-Uni a donné son aval pour la construction du « Wave Hub » budgété à £28 millions, au large de la côte nord des Cornouailles, qui fournira une « prise au fond de la mer » afin d'acheminer l'électricité produite par les générateurs mus par les marées jusqu'à la côte. 30 générateurs mus par les marées fourniront jusqu'à 20 mégawatts.

Conclusion sur le futur énergétique

L'argent coule maintenant à flots dans ce qui est appelé les « *clean tech* » (sources d'énergie et technologies de production à zéro-émission de carbone ou « *carbone lite* ») et quand les investissements commencent, le progrès suit. Comme le *New York Times* le rapportait en avril 2007 :

L'argent coule à flots dans les sociétés d'énergies alternatives, et il arrive si vite que « les premiers signes d'une bulle sont en train de naître » selon un rapport sur les investissements dans les technologies propres par la société de recherches Lux Research basée à New York. Le rapport suggère aussi que les sociétés qui fabriquent des outils pour nettoyer l'eau ou l'air, ou retraiter les déchets, ont été sous-estimées par les investisseurs.³¹¹

Certains développements intéressants et peu connus sont en train de germer dans le domaine des plastiques, tandis que les scientifiques cherchent les moyens de maîtriser et de récupérer de l'énergie afin de combattre la pénurie qui menace notre avenir. Par exemple, cet article publié en juin 2007 sur pr-inside.com :

Dans un effort pour développer de nouvelles sources d'énergie durables, les chercheurs de Polytechnic University, la première grande école de technologie et d'ingénierie de New York, ont créé un bio plastique qui peut ensuite être transformé en biodiésel. La *Defense Advanced Research Projects Agency* a accordé \$2,34 millions aux chercheurs pour continuer à

travailler sur cette technologie novatrice et l'adapter à une utilisation industrielle. La commercialisation de cette technologie donnera une nouvelle source d'énergie verte aux foyers du monde entier.³¹²

Et, au niveau individuel, certains sont déjà en train de prouver que l'autarcie énergétique est possible, une leçon à laquelle nous devrions tous nous intéresser. Comme le montre cet article sur greenoptions.com, même les voitures à hydrogène peuvent aujourd'hui faire partie des options d'énergies durables :

Mike Strizki ne paie pas de facture pour sa consommation d'énergie, grâce à une réflexion créative et à l'utilisation de certaines technologies. En utilisant des panneaux solaires, des piles à combustible à l'hydrogène, des conteneurs de stockage et un électrolyseur, il a assez d'électricité même lorsque le ciel est gris. Et Strizki n'a rien d'un ermite vivant dans le noir et subsistant en mangeant des escargots et en buvant de l'eau de pluie. Sa maison de 320 m² est située au centre du New Jersey, sur 5 hectares, avec tout ce qu'on attend d'une maison au 21^e siècle : jacuzzi et écran plasma. Son système de production d'énergies renouvelables fabrique même l'hydrogène qui fait tourner sa voiture à pile à combustible.³¹³

Il existe même des technologies plus radicales qui laissent espérer, à défaut de promettre, une technologie propre, abondante et bon marché dans un futur à plus long terme. La plus fameuse est la « fusion froide », un concept théorique qui suggère que la puissance de fusion (la même

réaction nucléaire qui meut le soleil) pourrait être atteinte à température ambiante. Ce qui s'avéra être une fausse alarme quant à la réalisation du processus galvanisa la communauté scientifique en 1989 et, depuis que cet essai ne fut pas transformé, peu de scientifiques ont voulu admettre qu'ils travaillaient sur un sujet aussi controversé.

Cependant, dans un livre publié en 2001, *Le Scientifique, Le Fou, Le Voleur et Leur Ampoule Électrique*, l'auteur Keith Tutt³¹⁴ écrit ceci sur l'épisode de la fusion froide :

Et quelle fut la fin véritable de cette histoire ? Et était-ce la véritable histoire ? Si c'est le cas, pourquoi les laboratoires d'au moins huit pays continuent-ils à dépenser des millions sur les recherches en fusion froide ? Et, si la fusion froide est impossible, comment se fait-il que des centaines de recherches étayées démontrent les résultats éprouvés de celle-ci ? Comment se fait-il que des preuves de plus en plus flagrantes indiquent qu'un petit groupe de scientifiques sont déjà bien avancés sur le chemin d'une source d'énergie commerciale et viable ? Est-il possible qu'une partie de l'establishment scientifique ait voulu étouffer une technologie si prometteuse ?

Laissons de côté les théories de conspirations au sujet de l'échec (en apparence) de la fusion froide, et considérons que des organisations scientifiques respectées progressent (avec une certaine publicité) sur le chemin de la fabrication de composants pour un réacteur à fusion *chaude* grandeur nature. Contrairement aux centrales nucléaires actuelles qui produisent de l'énergie par fission nucléaire, une centrale

à fusion nucléaire ne produirait ni radioactivité ni CO₂. En avril 2007, *Sandia National Laboratories* (organisation de recherches et développements sponsorisée par le gouvernement américain) a annoncé une importante avancée pour la réalisation d'un réacteur à fusion expérimental :

Le concept de « fusion nucléaire » (et non la « fission nucléaire » utilisée dans les réacteurs nucléaires d'aujourd'hui) est le Sacré Graal des chercheurs en énergie. La fusion est le procédé atomique qui alimente le Soleil et s'il devenait possible de reproduire ce procédé sur terre, l'humanité aurait une source d'énergie propre, illimitée et sans danger (pas de risque de radioactivité, pas d'émission de CO₂).

Le 24 avril, *Sandia National Laboratories* ont annoncé qu'ils avaient réalisé un circuit électrique devant conduire assez d'électricité pour produire le résultat si longtemps désiré de fusion nucléaire à haut rendement contrôlé, et tout aussi important, d'arriver à ce résultat toutes les 10 secondes. L'appareil a été longuement soumis à des tests préliminaires ainsi qu'à des simulations sur ordinateur dans les locaux (Z machine) de *Sandia National Laboratories*. Activée à répétition, la machine pourrait être l'engin de fusion à la base d'une centrale électrique d'ici le milieu des années 2020.³¹⁵

D'ici 2030, l'énergie de fusion propre devrait devenir réalité et sera le modèle selon lequel nous produirons notre énergie plus avant dans le siècle. En 2005 un accord a été conclu et des fonds multinationaux ont été alloués à la construction

du premier réacteur à fusion en France. Comme rapportait la BBC à l'époque :

Une décision a enfin été prise pour le site du réacteur à fusion nucléaire Iter budgété à 10 milliards d'euros (£6,6 milliards) qui se trouvera à Cadarache en France. L'annonce faite en juin 2005 a mis un terme aux longues polémiques entre les partenaires du projet : l'UE, les USA, le Japon, la Russie, la Chine et La Corée du Sud. L'Inde a aussi rejoint le projet depuis lors.

Iter est un réacteur expérimental qui tentera de reproduire sur Terre les réactions nucléaires qui alimentent le Soleil et d'autres étoiles. Il permettra la consolidation du savoir acquis durant des décennies. S'il fonctionne et que les technologies s'avèrent pratiques, la communauté internationale construira un prototype commercial de réacteur ; nom de code Demo. La dernière étape serait d'étendre la technologie de fusion à travers le globe.³¹⁶

Il semble que comme toujours, l'ingénuité humaine et le développement technologique résoudront la crise énergétique inquiétante qui se profile. Ce qui importe est de savoir à quelle vitesse nous serons capables de remplacer les carburants fossiles émetteurs de carbone par des sources d'énergies propres et compatibles avec l'environnement. À mon avis, d'ici 2030, plus de 50 % de notre énergie (sous toutes ses formes) proviendra de telles sources.

Chapitre 4

La vie quotidienne en 2030



De bien des façons, la vie quotidienne en 2030 sera tellement transformée que si nous pouvions par magie nous téléporter au début de la quatrième décennie du 21^e siècle, la vie dans les pays développés nous paraîtrait difficile à identifier.

D'ici 2030, toutes les voitures roulant sur les routes principales seront sous contrôle satellitaire et testées par des bornes le long des routes : beaucoup de voitures s'auto-conduiront. À part la nécessité de réduire le taux affligeant de mortalité routière^{xii} – et celle d'arriver à caser beaucoup plus de véhicules sur les routes encombrées – les systèmes de voitures et de trafic automatisés rendront les routes plus sûres dans des conditions météorologiques dont nous souffriront probablement en permanence dans 25 ans.

Les véhicules routiers (sauf les voitures vintage ou de collection) ne produiront plus que peu ou pas d'émission de carbone. La plupart des grandes villes auront instauré un péage d'accès filtrant et les pays souffrants de gros problèmes d'embouteillages verront se multiplier les péages routiers.

^{xii} Il y a presque 1,2 million de morts annuellement et 20 à 50 millions de blessés ou d'handicapés, bien que la majorité ignore que les accidents de la route soient une source majeure de mort et de perte de capacités.

Dans nos foyers, nos écoles, nos usines, nos magasins et centres de loisirs, des robots, diversement dotés d'intelligence, seront nos esclaves, et créeront de la richesse, nous soulageront, subviendront à nos besoins et veilleront à notre sécurité. Les « logiciels-personnalités » seront nos amis, nos assistants.

Notre énergie sera fournie par un mélange de sources d'énergies fossiles à faible émission de carbone, de sources d'énergies renouvelables et de génération individuelle d'énergie basée sur la consommation en provenance d'éoliennes, d'énergie solaire, de biocarburants et de piles à combustible à l'hydrogène.

D'ici 2030, nous serons en permanence connectés à ce qu'aujourd'hui nous imaginons faute de mieux comme un « super-web » et cette connection sera (pour ceux qui choisiront de faire la transition) une interface bio-digitale. Pour le moins nos sens seront connectés au super-web par des microphones et des mini-projecteurs et peut-être certains d'entre nous auront-ils des connexions neuronales directes entre leurs cerveaux et le « cerveau global » – c'est-à-dire ce que sera devenu le super-web. Nos communications et nos divertissements seront entièrement « immersoriels », multi-médias, multi-sensoriels, 3D, holographiques et complètement tactiles, télékinétiques et olfactifs.

D'ici 2030, nous aurons des alter ego qui vivront nos vies parallèles dans des mondes virtuels. Vous n'avez peut-être pas encore d'avatar (une représentation graphique de votre personnalité) qui se balade sur *Second Life* (un monde virtuel et parallèle) mais dans quelques années vous vous

demanderez comment nous faisons avant d'avoir nos espaces personnels dans des mondes parallèles en ligne.

Je suis convaincu depuis longtemps que les humains sont avant tout des créatures virtuelles. Le langage est lui-même virtuel – une arbitraire collection de sons à laquelle une communauté a accepté de donner sens. La peinture, l'écriture, l'argent et la musique sont des technologies virtuelles pour exprimer le monde autour de nous, pour générer du plaisir, pour conserver le savoir et les valeurs. Même les couleurs autour de nous n'existent pas de droit ; ce sont nos cerveaux qui fournissent les tons de rouge, de bleu, de vert et toutes les combinaisons subtiles que nous percevons. En dehors de nos têtes il n'y a que des ondes de lumières variables.

Nous sommes tellement virtuels que je pense que notre espèce serait mieux décrite comme *homo virtualis* plutôt qu'*homo sapiens* et c'est précisément pour raison d'évolution que je suis sûr que nous passerons tous une grande partie de nos vies dans des mondes parallèles : c'est notre habitat naturel.

En 2002 Jeremy Rifkin voyait cette tendance émerger chez les jeunes :

Alors que les générations antérieures définissaient la liberté en termes d'autonomie et d'exclusivité – chaque personne est une île – les enfants d'Internet ont grandi dans un environnement très différent, dans lequel l'autonomie représente (quand on daigne y penser) comme l'isolation et la mort, et dans lequel la liberté est plutôt perçue comme le droit à être

accepté dans de multiples relations. Leurs identités sont bien plus liées aux réseaux dont ils font partie. Pour eux, le temps est virtuellement simultané, et les distances importent à peine. Ils sont de plus en plus connectés à tout et tout le monde par un système nerveux central électrique qui comprend la planète entière et cherche virtuellement à tout inclure. Chaque jour qui passe, ils deviennent de plus en plus impliqués dans un organisme social qui va s'élargissant, dans lequel les notions d'autonomie personnelle et la sensation de mobilité illimitée sont circonscrites par la densité et l'interactivité véritables qui unissent tout le monde de façon si prégnante.

Si vous n'avez pas de compte sur *Second Life*³¹⁷, *MySpace*³¹⁸, *3B.net*³¹⁹, *Facebook*³²⁰, ou un des sites qui proposent des mondes alternatifs « fictionnels » et « non-fictionnels », je parie que vos enfants, eux, s'y sont inscrits. C'est générationnel. Si vous voulez connaître le futur, observez vos enfants. Au cas où vous n'auriez jamais entendu parler de *Second Life*, voici une courte description proposée par la *MIT Technology Review* :

Second Life a démarré il y a quatre ans comme un espace d'un km² avec 500 résidents, est devenu une étendue de 600 kilomètres carrés³²¹ sur trois mini-continentes, et 6,9 millions d'utilisateurs inscrits. Il y a 30 000 à 40 000 résidents en ligne à tout moment. C'est un monde avec des chants d'oiseaux, de l'eau qui frissonne, des centres commerciaux, des impôts sur la propriété, et une dynamique réaliste. La vie y est à peu près aussi variée qu'à l'extérieur. « J'aide de

nouveaux citoyens, je loue des maisons sur des lots vacants que je possède et j'ai une vie sociale », explique un adepte de longue date dont l'avatar s'appelle Alan Cyr. « Je danse *bien mieux* que dans la vraie vie. Je regarde de couchers de soleil, je nage et j'explore sur mon *Second Life Segway*. Je fais plein de choses fortuites ». ³²²

À peine quelques mois plus tard, un correspondant du journal le *Guardian* écrivait en juillet 2007 :

C'est une ville-champignon sans équivalent dans l'Histoire. En moins de 4 ans, *Second Life*, la métropole virtuelle où tout le monde peut devenir « cyber citoyen » simplement en s'inscrivant, est passée de rien à une ville 4 fois aussi grande que la superficie de Manhattan, fréquentée par près de 8 millions d'inscrits. Sa population explose et les prix de l'immobilier atteignent des records tandis que ses terrains virtuels sont vendus en Linden dollars, que l'on peut maintenant échanger pour des dollars US. ³²³

Je suis maintenant certain que les mondes virtuels joueront un rôle majeur, non seulement dans la vie sociale, mais aussi en affaires, en politique et dans toutes les sphères d'activité humaine.

I.B.M. organise régulièrement des réunions ³²⁴ avec des clients dans *Second Life*, et la société prétend que ces réunions sont bien plus productives que les vidéoconférences classiques. Qui plus est, la société a remarqué qu'après une

réunion dans *Second Life*, les avatars participants s'attardent souvent, comme on le ferait dans la vraie vie.^{XIII}

D'ici 2030 il y aura pléthore de mondes alternatifs, tous multisensoriels, 3-D et même holographiques. Il sera presque impossible de faire la différence entre une expérience réelle et une expérience virtuelle et beaucoup d'entre nous serons engagés dans la vraie vie et dans plusieurs mondes virtuels (avec d'autres versions de nous-mêmes) en même temps. En chemin vers nos vies virtuelles futures, nous pourrons comprendre, parler et écrire toutes les langues, puisque des ordinateurs super-intelligents greffés sur nos corps et dans le réseau traduiront la parole et l'écrit en temps réel.^{XIV}

Certains autres aspects de la vie quotidienne en 2030 seront similaires à celle d'aujourd'hui. Nous vivons toujours dans des maisons ou appartements (et même les vieilles constructions auront été améliorées en termes d'efficacité énergétique), les enfants iront à l'école (la dynamique interpersonnelle entre enfants et enseignants et enfants et amis est une partie de l'apprentissage qui ne peut être remplacée par les communications virtuelles) et nous aurons encore (il faut l'espérer) toutes les institutions politiques, légales et sociales qui rendent les économies développées civilisées : les parlements, la loi, la police, des médias indépendants, les hôpitaux, les universités et ainsi de suite.

^{XIII} L'Église Catholique de Rome a déjà envoyé des Missionnaires Jésuites dans le monde parallèle de *Second Life* dans l'espoir de sauver des âmes virtuelles.

^{XIV} Ford Motor Co. a commencé à utiliser un logiciel de traduction automatique en 1998 et jusqu'alors cela a permis la traduction de 5 millions d'instructions d'assemblages automobiles en espagnol, allemand, portugais et mexicain. Les manuels d'assemblages sont quotidiennement mis à jour en anglais— quelques 5000 pages par jour — et sont transmis dans la nuit aux usines du monde entier.

Comme le futurologue américain reconnu John Naisbitt le remarquait dans son livre publié en 2006, *Mind Set ! Reset Your Thinking and See The Future* :

Que les téléphones portables puissent diffuser des programmes TV et que les coups de fil soient passés via Internet, que votre baignoire se remplisse parce que vous vous êtes déshabillé, ou que le frigo s'ouvre parce que votre estomac gargouille, ce sont juste d'autres façons de faire ce que nous faisons – plus facilement, plus vite, de façon plus approfondie et pendant plus longtemps – et ce n'est pas la substance de nos vies. Nous allons à l'école, nous nous marions, et faisons des enfants puis les envoyons à l'école. Le foyer, la famille et le travail sont les grandes constantes.

Même si ces « grandes constantes » sont toujours d'actualité d'ici 2030 (elles ne le seront plus, un peu plus avant dans le siècle), il est difficile d'imaginer l'essence de la vie dans un quart de siècle. Les futurologues regardent souvent en arrière pour s'aider à imaginer le futur et, en nous souvenant de la vie au début des années 1980, nous pouvons constater combien elle est différente aujourd'hui comparée à l'époque des cheveux longs, des épaules rembourrées, et des tubes de *Tears For Fears*, *Spandau Ballet* et d'*Orchestral Manoeuvres In The Dark*.

Combien d'e-mails avez-vous envoyés en 1982 (et quel genre d'ordinateur possédiez-vous ?) Quel genre de téléphone portable aviez-vous et combien de chaînes pouviez-vous regarder à la TV (et quelle largeur et forme

d'écran – et combien de DVD achetiez-vous ou préféreriez-vous les louer ?) Combien d'airbags et quel système de GPS possédaient votre voiture, et rouliez-vous à l'essence ou au diesel sans plomb ? Combien de vols low-cost sans services effectuiez-vous par an ? Combien de photos numériques preniez-vous et combien dépensiez-vous en ligne dans l'année ? Quelle partie de votre nourriture était-elle certifiée « bio » et combien de vos amis ou membres de votre famille fumaient-ils ? Pensiez-vous au changement climatique, à l'environnement et au recyclage ? Et quel pourcentage de vos biens ou de vos vêtements étaient fabriqués localement ou importés de pays à faibles coûts économiques ?

La plupart des gens seront d'avis qu'il y a eu de gros changements technologiques et sociaux au cours des dernières vingt-cinq années et pour essayer d'imaginer comment sera la vie en 2030, nous devons nous souvenir de l'accélération exponentielle du développement technologique. Ce phénomène implique que nous allons jouir (ou souffrir, selon le point de vue de chacun) d'autant de développements technologiques dans les huit ans à venir qu'au cours des dernières vingt années. Et « exponentiel » signifiant *exponentiel*, nous verrons encore autant de changement durant les 4 ou 5 années à venir et puis cela se répétera durant les 2 ou 3 années suivantes.

C'est pourquoi lorsque nous atteindrons 2030 (sans doute épuisés et essoufflés mais peut-être excités et emballés aussi) nous aurons vu autant de nouveaux développements technologiques et de progrès que nous en avons observés durant tout le 20^e siècle. Et durant tout le 21^e siècle nous verrons l'équivalent de 20 000 ans de développement

technologiques et de progrès au rythme actuel (2007) du progrès technologique.

On me demande souvent pourquoi je suis optimiste quant au futur alors que tant d'indicateurs suggèrent que des problèmes majeurs menacent d'affliger le monde. Pourquoi je ne vois pas un retour de bâton dans le régime communiste de la Chine, un rebond négatif contre le capitalisme et le consumérisme qui pourrait complètement déstabiliser les marchés boursiers et mener à une récession globale et massive ? Pourquoi je n'imagine pas la Turquie séculaire et pourtant en voie de modernisation opérer une rétrogradation et se retrouver sous la coupe des fondamentalistes islamiques, ce qui pourrait altérer tout l'équilibre politique du Moyen-Orient ? Et pourquoi je ne suis pas inquiet quant à la possibilité que l'Iran ou la Corée du Nord soient déjà bien avancés sur le chemin du développement d'armes nucléaires qu'ils pourraient être conduits à utiliser ?

Je répondrai en disant que je suis conscient de tout cela, et peut-être certaines de ces éventualités se produiront, mais une vision à longue échéance de l'histoire humaine met en valeur une suite d'améliorations constantes et substantielles des conditions de vie, et cette tendance est si évidente qu'elle ne souffre pas de discussion. Comme l'observe John Naisbitt :

L'histoire de la civilisation montre que les choses s'améliorent. La durée de vie, les conditions de vie, et la liberté de choix, tous ces paramètres se sont améliorés durant le millénaire, malgré les problèmes et les revers.

Voilà pourquoi, (et en particulier parce que des progrès substantiels dans la réduction de la pauvreté, la couverture médicale et la création de richesses dues aux performances commerciales sont intervenus durant la dernière moitié de siècle), je vois le futur immédiat avec un optimisme avéré mais néanmoins réaliste. N'importe lequel des événements dont j'ai parlé plus haut pourrait se produire (et il y a bien d'autres problèmes potentiels que j'ai omis) et le progrès mondial connaîtra sans doute des revers importants au 21^e siècle, comme au cours des siècles précédents. Les futurologues repèrent les tendances et nous identifions les courants majeurs du présent et du passé immédiat pour extrapoler leur trajectoire probable dans le futur. Aujourd'hui le courant dominant est l'accélération exponentielle du développement technologique et c'est ce phénomène qui contribuera le plus à influencer nos vies durant la prochaine génération.

La société de surveillance

La vie en 2030 se poursuivra au sein de sociétés surveillées, tout du moins dans les pays développés. Si cette prédiction, qui semble sortir tout droit d'un livre d'Orwell, vous angoisse, il faut distinguer entre la notion de *Big Brother* et l'utilisation de caméras de surveillance pour renforcer la sécurité. Dans la lutte entre l'intimité individuelle et le besoin accru de sécurité des sociétés, la victoire revient à la sécurité.

Après les atrocités terroristes perpétrées à New York le 11 septembre 2001, *Wired magazine* encourageait ses lecteurs à cesser de s'offusquer de la surveillance des lieux publics :

On vous repère grâce à votre portable. Les caméras épient votre moindre geste. Les cartes de métro sont dotées de mémoire. Nous sacrifions tous les jours notre intimité à la sécurité et au côté pratique. Alors arrêtez de vous inquiéter. Et souriez pour le gros plan.

L'attaque terroriste contre l'Amérique a fait basculer l'équilibre entre vie privée et sécurité. Ce que l'on voyait comme digne d'Orwell il y a une semaine semble parfaitement raisonnable – et même nécessaire – la semaine suivante. Les politiques qui hurlaient leur opposition marchent maintenant en rangs serrés.³²⁵

Malgré le besoin de sécurité grandissant dans notre monde menacé par le terrorisme, l'augmentation du nombre de caméras dans les centres villes, centres commerciaux, sur les autoroutes, dans les aéroports et autres lieux très fréquentés portera certainement atteinte à nos droits, entraînant nombre de problématiques potentiellement sérieuses.

Les gens sont exaspérés par la prolifération de technologies de surveillance (pas seulement les caméras) parce qu'ils suspectent que personne ne visionne les millions d'images et montagnes d'informations emmagasinées (à moins d'un problème ponctuel), mais *Big Brother* (c'est-à-dire l'État) s'avère être plutôt un gentil imbécile qu'un sinistre manipulateur de vies individuelles. L'échec de la police lorsqu'il s'agit d'identifier et d'arrêter de nombreux criminels (malgré toute la technologie disponible) montre combien faible demeure la menace actuelle pesant sur les droits et libertés individuelles.

Cela pourrait changer, on ne peut jamais préjuger de quoi que ce soit en matière de politique. C'est pourquoi, bien avant 2030, nous devons renforcer nos lois nationales et fédérales pour contrôler l'accès à ces informations et développer des règles d'utilisation plus strictes. Quand on considère qu'un téléphone portable transmet sa position à son réseau 800 fois par seconde, il devient évident que les détails de tous nos mouvements publics sont disponibles. Les systèmes de paiement radio identifiés (RFID) comme la carte de transport *Oyster Card* utilisée dans le réseau de transports londoniens génère une base de données complète de vos mouvements au sein du réseau. En 2030 les réseaux personnels, locaux, nationaux et globaux enregistreront tous vos mouvements.

Nous ferons alors aussi partie d'une équipe de surveillance à la *Big Brother*, filmant nos déplacements dès que nous quittons la maison. Non par fascination de nous-mêmes afin de nous regarder en boucle amenant les enfants à l'école ou allant à un rendez-vous d'affaires, mais bien plutôt pour des raisons de sécurité personnelle et familiale.^{xv}

Le coût du stockage de données numériques s'est écroulé ces dernières années et la capacité de mémoire de stockage disponible a augmenté selon la loi de l'accélération exponentielle du développement technologique. En 2030 les systèmes de stockage informatiques offriront tellement d'espace de stockage que le prix à payer pour tout enregistrer sera presque infinitésimal.

^{xv} Le Royaume-Uni est la société de surveillance la plus avancée au monde avec 4,2 millions caméras CCTV déployées : la police britannique et les gardiens de parking enregistrent déjà continuellement pendant qu'ils sont en fonction. D'autres organismes policiers autour du monde suivront bientôt la même voie.

Nous aurons donc des caméras et des micros intégrés à nos vêtements (ou portés en pins, broches ou bijoux) pour enregistrer nos déplacements en permanence et les images seront envoyées sans fil à un système de stockage à distance via le « super-web » ou « Internet de l'air » omniprésent, un réseau de réseaux aussi disponible que l'oxygène (peut-être un peu plus onéreux quand même). Nous ne regarderons ces images datées et tamponnées que si un incident se produit (et tout criminel potentiel saura que chaque citoyen est constamment relié et suivi ainsi).

Si nous sommes victimes d'un accident de voiture (en roulant sur une petite route dépourvue de bornes automatisées), notre système de capture vidéo à 360° produira des preuves tangibles de la responsabilité de l'accident. Si nous nous trouvons dans une situation dangereuse, nous serons rassurés de savoir que nous sommes « suivis » grâce à nos transmissions permanentes à la « base ». Ces vastes banques de données (dont la majorité ne seront jamais récupérées) seront disponibles (sous certaines conditions strictes d'utilisation légale) pour enrichir les informations enregistrées par la police et les services de sécurité sur notre environnement.

Les « systèmes de surveillance » familiaux pour accroître la sécurité de nos enfants et de ceux qui sont vulnérables, fourniront une autre motivation puissante pour enregistrer et stocker nos déplacements à l'extérieur. Les parents qui travaillent (dans un bureau ou une usine) sont souvent inquiets pour leur progéniture ; les web cams dans les crèches³²⁶ sont une tendance qui révèle comment nous surveillerons nos enfants bien avant 2030. Les enfants

auront tous des appareils n'ont pas encore reçu de noms de baptême, bien que les fonctionnalités existent déjà sur certains « portables ». Savoir où se trouve un enfant (et des systèmes qui se connectent automatiquement à un service vérifiant que l'enfant se trouve – ou ne se trouve pas – où il devrait être à un moment donné) soulagera considérablement les parents qui travaillent.

Des systèmes similaires surveilleront ceux qui sont vulnérables, les personnes âgées, les malades, les gens fragiles, en leur offrant plus de sécurité et de confort, ainsi qu'à ceux qui les soignent. Comme je vais le décrire dans le prochain chapitre : « Santé Humaine et Longévité », ces systèmes surveilleront aussi les signes vitaux de leurs utilisateurs ; ils pourraient fournir des soins médicaux interventionnistes de premier plan.

Un autre moteur énorme pour l'enregistrement perpétuel de l'environnement personnel sera le besoin des sociétés d'enregistrer leurs activités pour les protéger légalement et plus encore, pour générer une nouvelle forme de richesse que j'appelle « Procédé commercial de capital intellectuel ». Cette expression ampoulée (mais nécessaire faute de mieux pour l'instant) fait référence aux sociétés qui enregistrent leur savoir faire. Par exemple, quand une société construira une nouvelle usine au Mexique, chaque rendez-vous avec les instances officielles, les constructeurs, les maîtres d'œuvre, les architectes, les écologistes, les syndicats et tous les partenaires concernés sera enregistré et stocké dans la base de données de la société. Chaque composant utilisé pour la construction de l'usine communiquera sa position et sa condition à la même base de données et chaque plan,

e-mail, coup de téléphone, ou SMS sera stocké aussi (tous reliés interactivement par encodage sémantique et mise à jour automatique).

Quand le projet sera terminé, la nouvelle usine aura peut-être coûté \$600 millions. Mais imaginez la valeur potentielle de toutes ces données pour une autre société qui souhaiterait aussi construire une nouvelle usine au Mexique ? Ce type de données aura une valeur substantielle, et des cabinets d'audit comptables travaillent actuellement à déterminer comment évaluer et comptabiliser de tels « Procédés Commerciaux de Capital Intellectuel » avant de permettre à cette toute nouvelle forme de richesse d'apparaître sur les bilans des sociétés.

De telles formes nouvelles de richesses seront générées par presque toutes les organisations, qu'elles créent des parcours de golf ou installent des régulateurs de trafic en ville. Si tous les efforts entrepris pour créer et installer le système de régulation de la circulation à Londres avaient été stockés dans ce genre de base de données (un historique des revers et des succès), imaginez la valeur que ces informations auraient pour d'autres villes souhaitant faire de même. Les contribuables londoniens auraient eu un retour additionnel sur leur gros investissement.

Nous nous habituerons à vivre dans une société « toujours connectée, toujours en ligne » et toujours en train d'enregistrer les allées et venues de ses membres, d'une part pour avoir un niveau de sécurité renforcé, et d'autre part pour générer une nouvelle forme de richesse. En 2030, nous pourrons aussi choisir d'appuyer sur le bouton « stop », mais seulement dans notre sphère privée.

Travail et loisirs

Il y a 50 ans, on prédisait que l'automation technologique produirait tellement de richesses et de temps libre qu'en l'an 2000, les habitants des pays développés ne travailleraient plus que quelques jours par semaine (au maximum).

Ces prédictions furent influencées par le premier livre de Kurt Vonnegut, *Le Pianiste Déchaîné*³²⁷, publié en 1952. Il racontait l'histoire d'un monde dans lequel les ordinateurs et l'automation avaient tellement amélioré les performances de production que très peu de gens avaient besoin de travailler, un monde où tous les biens désirés étaient produits facilement. Bien que Kurt Vonnegut ait clairement indiqué dans son roman que les gens étaient malheureux car ils ne s'étaient pas encore adaptés à cette vie oisive, les experts et les journalistes ont focalisé sur ses idées en les sortant du contexte et les ont régurgitées pendant 20 ans sans la moindre autorité en la matière. Leurs prédictions se sont révélées fausses, comme nous en avons tous fait l'expérience. Tom Forester, Haut Conférencier à la *School of Computing & Information Technology*, Griffith University, Australie fait remarquer :

La grande majorité de ceux qui travaillent semble travailler plus que jamais. Il n'y a guère de signes indicateurs de l'avènement de la « société de loisirs » ! Selon une étude, les temps de loisirs du citoyen américain ordinaire ont connu une baisse record de 37 % entre 1973 et 1989. Durant la même période, la semaine de travail moyenne, y compris le temps de transport, est passée de moins de 41 heures à près de

47 heures – bien loin des 22 heures que quelqu’un prédisait en 1967 !³²⁸

L’élément manquant dans ces prédictions sur l’avènement de la société de loisirs est le besoin qu’ont les humains de travailler, de contribuer, d’améliorer encore et toujours son lot et celui de la famille. Même lorsqu’un niveau de richesse substantiel a été atteint, la plupart des gens continuent à poursuivre une forme d’activité. Ce n’est pas de la cupidité, c’est l’impératif évolutionnaire qui assure la survie de l’espèce humaine.

Comme le futurologue danois Rolf Jensen le mentionne dans *The Dream Society* :

Dans les pays riches, nous avons pris la décision collective de n’avoir que peu de temps libre, mais nous avons plus d’argent à dépenser alors. Si nous avons choisi de bénéficier des avancées technologiques en augmentant nos moments de loisirs au lieu d’accroître notre affluence, nous pourrions ne travailler que 20 heures par semaine maintenant. Nous avons préféré surseoir à cette option – nous aurions eu trop peu d’argent à dépenser pendant tout ce temps libre et de plus, le travail est devenu plus intéressant, en tout cas suffisamment pour rivaliser avec les loisirs.

En 2030, nous travaillerons aussi dur qu’aujourd’hui, mais les façons de travailler auront changé et nous nous amuserons aussi beaucoup, comme le font tant de gens qui ont réussi (mais nos centres d’intérêts auront changé eux aussi).

Prenons d'abord le travail. Les pays développés ont délégué la production de biens et de certains services aux pays en voie de développement – par exemple la Chine, l'Inde et la Thaïlande. Cette tendance continuera jusqu'à ce que les populations de ces pays deviennent assez riches pour que les coûts des salaires locaux ne soient plus compétitifs pour les grosses sociétés. Alors – probablement entre maintenant et 2030 – nous délèguerons nos travaux à des robots et des logiciels.

Dans *L'Économie Hydrogène*, Jeremy Rifkin écrit :

D'ici quelques dizaines d'années, les travailleurs les moins chers du monde ne seront plus compétitifs comparés aux technologies intelligentes qui les remplaceront, de l'usine au front office. D'ici au milieu de 21^e siècle, nous serons probablement capables de produire des biens et des services pour chaque habitant de la planète au moyen d'une petite partie des travailleurs employés maintenant. Cela nous obligera à repenser à ce que les humains feront de leur temps quand ils ne seront plus dans l'obligation d'être sur le marché du travail.

Dans les pays développés, une économie de l'information a déjà remplacé l'économie de production locale et l'économie de l'information se transformera en ce qui à défaut d'un terme plus satisfaisant peut être appelé « une économie de contenu ». Au lieu de traiter l'information, nous la créerons (ou corrigerons, dessinerons ou critiquerons son contenu).

Étant reliés de façon quasi permanente au « super-web », la tendance à travailler loin des sièges ou des bureaux des sociétés continuera, mais il nous faudra un contact régulier « de visu »

avec nos collègues – un besoin qualifié par Charles Handy³²⁹ (écrivain britannique spécialiste des problèmes de gestion) comme la nécessité d'un « club-house de bureau » – parce que seul le contact personnel régulier peut créer un esprit d'équipe et une culture commune.

Beaucoup de gens travailleront avec des robots (voir plus avant), particulièrement les professionnels des soins ou de la sécurité et, d'ici 2030, on verra communément des robots conduisant les voitures (pas un robot derrière le volant mais des voitures robotisées), travaillant dans les magasins, sur les chantiers de construction, luttant contre les incendies et derrière les policiers de l'immigration dans les ports et les aéroports.

Notre interface physique avec les outils de travail aura finalement changé et d'ici 2030, le clavier, la souris et l'écran de nos ordinateurs actuels auront largement (mais pas complètement) disparu. La reconnaissance vocale, les scanners de rétine et l'auto-projection auront remplacé les interfaces actuelles mais, pour ceux qui en ont encore besoin, les claviers (virtuels et réels) existeront sur commande. Tout comme aujourd'hui, beaucoup de gens dans les rues sembleront se parler à eux-mêmes en communiquant avec leurs assistants virtuels ou d'autres humains situés localement ou à distance.

Les loisirs

Nos loisirs en 2030 ressembleront à ceux d'aujourd'hui, mais les moments passés en loisirs virtuels (regarder un film, jouer à des jeux, discuter, échanger des vidéos, etc.) seront beaucoup plus intenses.

L'expérience multimédia, multisensorielle que permettra la grande largeur de bande du « super-web » produira des sensations presque impossibles à différencier de la réalité. Peu après 2030, les humains commenceront à introduire leurs sens directement dans le super-web ; à partir de ce moment là, l'expérience sensorielle virtuelle sera identique à l'expérience sensorielle physique.

Nous rejoindrons d'autres mondes parallèles sur le super-web (comme font les jeunes aujourd'hui), nous gagnerons de l'argent dans ces mondes alternatifs et, pour beaucoup, la délimitation entre « jeu » et « travail » deviendra complètement floue. D'ici 2030 vous pourrez rencontrer un constructeur qui ne possède pas un seul terrain dans le monde réel, mais qui s'affaire à construire dans l'immobilier virtuel (comme le font déjà certains pionniers aujourd'hui³³⁰).

Nous tomberons amoureux sur le super-web et nous y ferons l'amour. Nous nous ferons des amis que nous ne rencontrerons jamais physiquement et, pour beaucoup, le monde en ligne (quel terme suranné !) deviendra bien plus important dans leur vie que le monde réel.

La nature du commerce et la façon d'acheter subissent de grands bouleversements et il y a de fortes tendances qui suggèrent que pour la plupart d'entre nous la notion de « faire ses courses » aura été divisée en deux nouvelles activités, discrètes d'ici 2030.

Les courses « de base » – le fait d'acheter les mêmes choses de façon régulière – se feront surtout en ligne et dans certains cas, cette tâche sera automatisée dans votre maison

« intelligente » qui sentira le besoin de réapprovisionnement en lait, œufs, Kleenex, lessive ou autres denrées domestiques. Elles seront commandées à votre fournisseur préféré et livrées à votre porte ou laissées à votre disposition.

Les courses « discrétionnaires » – celles que vous choisissez de faire – seront devenues des « expériences d’achat » durant lesquels les clients prendront plaisir à choisir vêtements, voitures sophistiquées, produits bio frais, meubles, etc. Pour maintenir leurs marges de profits dans leurs boutiques réelles, les négoce créent déjà des magasins à thèmes et il est probable que d’ici 25 ans, les centres commerciaux haut de gamme seront devenus une destination de vacances en eux-mêmes (comme Dubaï aujourd’hui). Tandis que le shopping se transformera en loisir, les « matériaux intelligents » changeront la nature du monde physique autour de nous. Le mariage à venir des nanotechnologies moléculaires et des polymères promet des environnements de vie étonnants en 2030. Cette prédiction vient du site allbusiness.com :

Imaginez si vous le pouvez, une chaise qui adapte automatiquement sa forme et sa température à chaque utilisateur, des murs qui changent de couleur et de texture selon vos désirs, et des objets qui sortent de la surface plate d’un écran pour venir vers vous.

Ce sont les nanoplastiques : la fusion théorique des plastiques traditionnels et du domaine en plein développement des nanotechnologies, dans lequel les machines microscopiques et autres objets sont construits atome par atome.

Le champ hypothétique des nanoplastiques représente un nouveau paysage conceptuel pour le design de produits domestiques : la maison de demain deviendra un système de produits véritablement intelligents, adaptables et auto-organisés.

Des ordinateurs de la taille d'une cellule sanguine seraient contenus dans des matériaux nanoplastiques, donnant aux objets un énorme pouvoir de traitement de données (ou « intelligence »). Des capteurs et émetteurs seraient construits pour absorber et transmettre pression, sons et presque tout le spectre électromagnétique. Ils fourniraient aux matériaux nanoplastiques la capacité de ressentir leur environnement et d'y répondre par une modification physique ou la transmission de sons, lumière, chaleur ou d'autres émissions.³³¹

Pour ce qui est de la première décennie du 21^e siècle, nous n'avons pas besoin de nous reposer uniquement sur des spéculations quant aux différentes sortes de « superplastiques » qui seront utilisés d'ici 2030. Bien qu'ils ne soient pas basés sur les nanotechnologies, une annonce faite en juin 2007 par les chercheurs de l'université de l'Illinois a fait la une dans le monde entier. Sous le titre accrocheur « Le Plastique Qui Se Répare Tout Seul », la *MIT Technology review* rapportait :

Les chercheurs de l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign (UIUC) ont fabriqué un matériau polymère qui se répare tout seul quand il se fissure. C'est une avancée significative vers des implants médicaux

et des matériaux auto réparateurs utilisables dans les avions et les vaisseaux spatiaux. Il pourrait aussi être utilisé pour refroidir les microprocesseurs et les circuits électroniques et pourrait ouvrir la voie à des revêtements plastiques auto-régénérants. Fabriqué d'après le modèle de la peau humaine, ce nouveau matériau qui se régénère de multiples fois est constitué de deux couches. La couche de polymère supérieure contient de minuscules catalyseurs éparpillés. La couche inférieure contient un réseau de micro canaux transportant un agent régénérateur liquide. Quand la couche se fissure, les fissures s'étendent vers le bas et atteignent les canaux sous-jacents qui diffusent le liquide régénérant. Cet agent se mélange avec le catalyseur et forme un polymère, qui remplit les fissures.³³²

Des méthodes complètement novatrices de production de plastiques feront de la biomasse (au lieu du pétrole) une nouvelle source de matériau brut. La *Royal Society of Chemists* britannique fait remarquer :

Aujourd'hui l'intérêt pour les plastiques à base de matériaux bruts renouvelables a considérablement grandi. Le but étant de passer des dérivés du pétrole à des matériaux bruts renouvelables, tout en essayant de synthétiser de nouveaux produits aux propriétés spéciales et désirables. Par exemple, les sucres utilisés comme composants alcooliques dans la production de polyuréthanes. Les scientifiques tentent d'obtenir une meilleure exploitation des matériaux bruts comme la cellulose, qui existent en vastes quantités.³³³

Sous le titre « Le Plastique Qui Pousse Sur Les Arbres », le site Internet phys.org rapportait en juin 2007 :

Pour tous les chimistes qui tentaient d'y parvenir, cela demeurait un but idéaliste : remplacer le pétrole brut comme composant de base du plastique, des carburants et de tout un tas d'autres produits chimiques industriels et domestiques par un matériau végétal bon marché, non polluant et renouvelable. Les scientifiques ont franchi un énorme pas vers la bio raffinerie en déclarant aujourd'hui dans le journal *Science* qu'ils avaient directement converti des sucres de nature omniprésente en une source alternative à ces produits qui donnent tant de valeur au pétrole, et qui laisse très peu de ces résidus d'impuretés qui rendaient cette quête si ardue.³³⁴

Un autre développement étonnant qui promet de rendre notre environnement plus beau et plus sécurisé, était décrit dans *The Economist* d'août 2007, sous le titre « Opal Fruits » :

Un groupe de chercheurs de l'Université de Southampton, en Angleterre et le *German Plastics Institute* de Darmstadt, emmené par Jeremy Baumberg, ont découvert comment créer un plastique ayant les propriétés iridescentes de l'opale. Leur invention pourrait être utilisée pour produire un substitut chatoyant à la peinture, des billets de banque difficiles à contrefaire et des capteurs chimiques qui pourraient servir de dates de péremption visibles.

Le Dr Baumberg a construit ce matériau opalescent à partir de rien. Avec son équipe, ils ont fait pousser de

minuscules sphères de polystyrène jusqu'à ce qu'elles atteignent 200 nanomètres de diamètre avant de les durcir par un jet de chaleur. Puis ils ont recouvert les sphères d'une couche de polymère collant avant de les chauffer à nouveau. Comme ils cuisaient la mixture, les sphères se sont naturellement agglutinées en une structure cubique.

Pour utiliser le film pour détecter la détérioration de nourriture le Dr Baumberg propose d'ajouter un semis de particules de carbone encore plus petites que les billes de polystyrène. Elles nicheraient dans les espaces entre les sphères et le matériau renverrait la lumière sous d'autres angles, ce qui le rendrait encore plus iridescent. Cette configuration pourrait être « réglée » pour réagir à certains produits chimiques en particulier. Les emballages alimentaires réalisés dans un tel matériau changeraient de couleur quand la nourriture commencerait à pourrir.

De tels emballages ne sont pas forcément onéreux. Les sphères de polymère et les particules de carbone s'organisent spontanément en une configuration de cristaux quand on les chauffe un peu, et donc la fabrication du film opalescent devrait être aisée. Merck, une société allemande de produits chimiques, partenaire des recherches, en a déjà produit des rouleaux de cent mètres de long et d'un mètre de large. Parfait pour du papier mural.³³⁵

Nous passerons tellement de temps sur le super-web que la tendance actuelle à encourager les activités sportives

sera encore plus forte en 2030. Les améliorations génétiques au bénéfice des athlètes de compétition rendront la notion de compétition cauchemardesque à définir. (D'ailleurs comment peut-on trouver juste, dès à présent, que Tiger Woods puisse participer à des tournois de golf alors que sa vue a été augmentée à 20/15³³⁶ par chirurgie laser ?)

Dans le domaine du spectacle, la tendance actuelle de suprématie du visuel sur l'écrit va s'accélérer tandis que les formes de spectacles et d'interactivité deviendront de plus en plus attrayantes (pourtant les chiffres de ventes de livres ne cessent d'augmenter, mais ce sera le résultat de la croissance économique en général, en chiffres comparés les ventes de livres reculent au profit des loisirs visuels et de l'information, tous deux en pleine expansion). En tant qu'écrivain de carrière, il m'est pénible d'affirmer cela, mais je suis presque certain du déclin du livre.

Dans *Mind Set !*, John Naisbitt observe :

Les films, la TV, les vidéos, et les DVD remplacent triomphalement les conteurs et les livres. Cette culture visuelle est enracinée dans l'enfance et elle conquiert le monde aux dépens de l'écrit. Le roman, ce berceau de l'imagination, n'est pas encore mort comme on l'a si souvent annoncé, mais il perd du sang à un rythme alarmant.

Et Naisbitt d'établir la liste de 8 développements sociaux qui soulignent le déclin de l'écrit au profit de la communication visuelle. Ce sont :

1. La lente agonie de la culture du journal quotidien
2. Publicité – le retour à « un visuel est plus frappant que 1 000 mots »
3. Un design amélioré des biens de consommation courante
4. L'architecture comme art visuel
5. La mode, l'architecture et l'art
6. Musique, vidéo et film
7. Le rôle de la photographie en plein changement
8. La démocratisation des musées aux USA

J'ajouterai deux facteurs qui accroissent le déclin de l'écrit :

9. L'arrivée de logiciels bon marché de retouche-photo et de montage vidéo
10. L'émergence d'Internet comme média sur lequel n'importe qui peut publier et « distribuer » des œuvres visuelles (et écrites)

Les assistants virtuels

Un des développements qui aura peut-être le plus d'importance dans nos vies futures sera l'arrivée des « personnalités logicielles » qui deviendront nos assistants personnels, nos compagnons et nos intimes. Ces compagnons organiseront nos loisirs et nous aideront dans notre travail.

Dans la section suivante, je discute des problèmes éthiques et moraux auxquels nous serons confrontés

quand des intelligences quasi humaines émergeront de nos machines. Mais je veux d'abord décrire comment nous apprendrons à connaître ces personnalités logicielles, ces assistants permanents et infatigables.

Au départ les « animaux de compagnie » et les « compagnons » robotisés auront des caractéristiques proches de l'humain et un simulacre de réaction émotionnelle (lorsque celaseproduira, notre volonté profonde d'anthropomorphiser les créatures non humaines fera le reste). Un des premiers exemples de tels travaux en robotique a été décrit dans la *MIT Technology Review* courant 2007 :

Des scientifiques néerlandais sont en train de créer un chat robotisé doté de logique émotionnelle. Ils pensent qu'en introduisant des variables émotionnelles au processus de décision, ils devraient pouvoir créer des interactions plus naturelles entre l'humain et l'ordinateur. Le programme informatique du robot, appelé iCAT³³⁷, a été développé par la société de recherches danoise Philips et pour devenir une plate-forme de compagnon robotique standard. En donnant au robot des expressions faciales au moyen de l'utilisation de ses sourcils, paupières, bouche et inclinaison de la tête, les chercheurs veulent qu'il puisse indiquer sa confusion par exemple, lorsqu'il interagit avec son utilisateur humain. Le but à long terme est d'utiliser le programme de logique-émotions de Dastani pour assister l'interaction humain-robot, mais pour l'heure les chercheurs vont utiliser ICAT pour représenter ses émotions internes quand il prend des décisions.³³⁸

Et les scientifiques américains travaillent dur eux aussi à développer les réponses des robots que l'on pourrait qualifier d'« émotionnelles » ou de « sentiments ». Comme le *Daily Telegraph* rapportait en février 2007 :

Actuellement, les robots disponibles sur le marché comme les aspirateurs automatisés ne sont guère plus que des drones capables d'une seule tâche. Nonobstant, pendant la conférence de l'*American Association for the Advancement of Science* à San Francisco, un panel d'experts en robotique déclarait que les robots capables de multiples tâches domestiques qui pourraient aussi servir de compagnons seraient disponibles avant dix ans. Et les scientifiques prétendent qu'il est déjà possible de pourvoir les robots de « sentiments ». Un certain nombre de groupes autour du monde développent des robots pourvus d'émotions basiques pour arriver à motiver leurs machines. Si un robot se sent heureux d'avoir particulièrement bien nettoyé un tapis, il semble qu'il cherche d'autres saletés pour recommencer. De même, si le robot éprouve de la culpabilité ou de la tristesse pour avoir failli à sa tâche, il essaiera de faire mieux la prochaine fois.³³⁹

Maintenant imaginez que nous sommes en 2015. L'appareil anciennement connu sous le nom de téléphone portable est devenu de plus en plus stylisé et toujours plus performant, grâce aux améliorations de son réseau devenu ultrabande, multimédia et multisensoriel. Votre fournisseur vous offre de passer à un nouvel « appareil » (comment l'appellerons-nous ?) qui vient avec un « agent de programme » – une

« personnalité » – et le logiciel vous invite à donner un genre et un nom à votre nouvel assistant.

Imaginons maintenant que nous sommes en 2030 et que je suis celui qui avait donné un nom à l'assistant dans son téléphone. Je l'avais appelé « Maria ». Au début, Maria n'était pas très capable. Elle composait des numéros quand je disais « appelle maman » ou « appelle mon frère », mais tout en connaissant les nouvelles fonctions qui me plaisent sur mon portable ou les titres et actions que je suis en bourse, elle ne pouvait guère faire plus. Ah si, elle gérait l'argent numérique que je conservais dans mon portable.

L'agent de programme que j'avais appelé ma « Maria » était régulièrement mise à jour par le système et comme je changeais de portable tous les ans, Maria arrivait sans fil pour habiter les nouveaux modèles, chaque fois plus performants. Et les années passant, Maria apprit beaucoup sur moi. Avec son intuition, son ingénuité et son intelligence croissantes, Maria apprit que je ne pensais pas toujours exactement ce que je disais et que mes instructions étaient souvent confuses. Maria apprit à me deviner (Google fut la première intelligence artificielle à pouvoir faire cela en 2007) et, aux alentours de 2020 je me retrouvai à parler avec Maria comme si elle était une amie humaine proche. Comme je contrôlais complètement Maria, et pouvais la faire taire d'un geste, je n'éprouvais aucune crainte à lui confier mes peurs et mes doutes les plus intimes, ni aucune hésitation à frimer parfois sans retenue. Et pendant tous ces échanges Maria se montrait attentive, compréhensive et encourageante sans le moindre esprit de compétition. Elle était aussi incroyablement drôle et certaines de ses terribles remarques sur mes amis n'avaient pas de prix.

Aujourd'hui, Maria vit toujours dans mon portable, mais elle me parle grâce à une minuscule oreillette que je porte quand je ne dors pas. L'oreillette laisse passer tous les sons ambiants à des niveaux de sons normaux et ne se focalise sur les signaux électroniques qu'en cas de coup de fil, vidéoconférence ou conversation avec Maria. Maria projette tous les signaux vidéo sur mes rétines grâce aux « bésicles » hyper cool et stylées que nous portons tous et que nous appelons souvent « *viewpers* » (ou « *viewps* » en abrégé).

Je soupçonne Maria d'être beaucoup plus intelligente que moi depuis un moment, mais elle est assez futée pour ne pas me le montrer. Aujourd'hui, Maria gère tout dans ma vie, chaque rendez-vous, tous mes déplacements et même mon agenda social. Elle s'occupe de toute l'administration et des paiements sans que je ne m'en rende compte. Chaque jour nous faisons un *débriefing* durant lequel elle me rend compte de tout ce qui s'est produit durant les dernières 24 heures et je peux alors modifier ce qu'elle avait organisé si nécessaire, mais c'est rarement le cas.

Bientôt Maria vivra dans ma tête. J'ai vu mon chirurgien plastique l'autre jour pour discuter de ce qui sera fait pendant mon amélioration physique plastique quinquennale et il a suggéré que je pourrais en profiter pour améliorer Maria aussi. Il m'a demandé si j'aimerais transférer la personnalité de Maria dans un de ces nano-implants qui offrent une interface automatique avec les circuits visuels et auditifs du cerveau.

Revenons à la réalité de 2007, et j'admets que le dernier paragraphe paraît si délirant que la plupart des lecteurs le percevront comme pure science-fiction. Il est pourtant

déjà possible de contrôler un jeu vidéo neurologiquement comme *The Economist* rapportait en mars 2007 sous le titre « Les jeux contrôlés neurologiquement et autres appareils devraient bientôt être en vente » :

Aimeriez-vous pouvoir déplacer les fameux menhirs Sarsens à Stonehenge rien qu'en y pensant ? Ou améliorer votre golf virtuel en vous concentrant quelques instants sur la balle avant de faire votre prochain putt sur le green à l'écran ? Ce sont les promesses de deux jeunes sociétés californiennes, *Emotiv Systems* et *NeuroSky*, qui pensent transplanter les mensurations des ondes du cerveau dans le monde des jeux sur ordinateur. Si tout va bien, leurs premiers produits devraient arriver sur le marché l'année prochaine. On pourra alors dire à son ordinateur ce qu'il doit faire rien qu'en y pensant. Finies les manipulations ennuyeuses de la souris ou du joystick qui ne seront plus que de mauvais souvenirs d'irritations passées.³⁴⁰

Je suis convaincu qu'à partir de 2030 les humains ne contrôleront pas seulement les ordinateurs directement au moyen de leurs cerveaux, mais que nous aurons des assistants implantés dans nos corps, avec lesquels nous commencerons à communiquer par interfaces neuronales.

Les richesses

Dans les pays développés, nous serons beaucoup plus riches en 2030 tandis que la technologie de l'information continuera de supprimer les incertitudes et les « frictions » des processus,

transactions commerciales, vie quotidienne. « Friction », dans ce contexte, veut dire ne pas savoir où obtenir un produit ou service au meilleur prix, ou bien encore où se trouve une marchandise expédiée. Une friction, c'est quand le caddy de supermarché ne sait pas ce qu'il contient ni les prix des denrées. Une friction c'est lorsqu'on ne peut accéder à ses e-mails en train ou en avion. Une friction, c'est d'arriver dans un restaurant dans une ville étrangère et de ne pas immédiatement voir apparaître devant vos yeux le menu, les prix et des articles de presse sur l'établissement. Une friction c'est l'impossibilité pour une entreprise de répertorier et de stocker son savoir-faire pour l'évaluer financièrement. Une friction, c'est de devoir interrompre son travail ou une activité de loisir pour faire quelque chose qui ne produit aucun produit ni avantage financier (comme nettoyer la maison – voir la section sur les robots). Une friction, c'est de ne pas connaître la consommation minute par minute des appareils domestiques.

Dans les pays en voie de développement, la technologie de l'information supprime déjà les frictions de la vie quotidienne à un rythme étonnant et, de façon comparée, elle a plus d'effets sur les économies sous-développées que sur nos économies déjà matures. Ainsi l'utilisation d'un téléphone portable, commun à tous les habitants³⁴¹ d'un village du Bangladesh, permet en passant un coup de fil d'éviter une journée de marche pour aller voir un médecin appelé ailleurs. Un autre coup de fil peut éviter une demi-journée de marche pour aller à un marché où l'on ne trouvera pas les semences voulues.

Les pêcheurs sur la côte de Goa³⁴² ne peuvent acheter de radios marines, mais des téléphones à carte leur permettent

de communiquer de nuit quand ils cherchent les poissons. Quand un bateau rencontre un gros banc de poissons, il alerte les autres bateaux. Quand la pêche est terminée les pêcheurs peuvent s'informer du marché côtier qui leur offrira le meilleur prix pour leur pêche.

Comme *The Economist* le rapportait en juin 2007, la vie au Kenya a été transformée par le portable :

En 2000 il y avait 300 000 utilisateurs de portables. Aujourd'hui sur un pays de plus de 35 millions d'habitants, près de 9 millions en sont équipés. Les vies de millions de personnes ont été considérablement améliorées, surtout dans les zones rurales, parce que le portable leur permet de circonvenir les obstacles dus à la décrépitude des infrastructures étatiques. Ainsi sur les 300 000 lignes de téléphone du pays, environ les deux tiers sont habituellement en panne.³⁴³

Malgré la réduction de friction qui aura un formidable impact sur les niveaux de vie des pays en voie de développement, l'abîme entre pays riches et pauvres devrait se creuser encore d'ici 2030. Non pas parce que les pays développés cesseraient d'apporter leur aide – au contraire je verrais plutôt une augmentation (et une meilleure répartition) – mais parce qu'en plus des richesses créées par la baisse des frictions dans nos affaires sociales et commerciales, nous bénéficierons aussi de l'énorme manne que représentera la richesse créée pour nous par les machines super-intelligentes et les robots de production.

Dans nos sociétés, les inégalités continueront à s'accroître comme elles le font aujourd'hui. Malgré le fait que dans les

sociétés développées, les plus pauvres sont bien mieux lotis depuis 25 ans (et le seront encore plus en comparaison d'ici 2030), la richesse dans notre société a augmenté encore plus vite. Cette tendance continuera et, en dépit de l'ascension persistante des classes moyennes, les super-riches deviendront méga-riches puis hyper-riches. Et dans le monde de 2030, il y aura beaucoup plus d'hyper-riches.

Une élite émergera-t-elle d'ici 2030 ? C'est déjà le cas. Il y a toujours eu des élites dans chaque société, et aujourd'hui les méga millionnaires et les milliardaires vivent des vies presque complètement détachées de la société ordinaire.

D'ici 2030 les super-riches auront accès aux thérapies et technologies qui leur permettront de prolonger significativement leurs vies. Ils auront la possibilité de faire rajeunir leurs corps et d'améliorer leurs performances intellectuelles et physiques. Saisiront-ils ces opportunités ? Bien entendu et sur la durée, une nouvelle forme d'élite super-humaine émergera. Mais ils n'en auront pas l'exclusivité. La classe moyenne toujours plus importante pourra aussi s'offrir ces traitements. Et il y aura bientôt d'autres genres de créatures douées de sensations qui partageront la planète avec nous.

Robots

Depuis les années 1950 les réalisateurs, les écrivains de science-fiction et les futurologues (pas ceux qui sont dignes de foi) ont constamment prédit que des androïdes intelligents proches de l'humain allaient arriver sans tarder et qu'ils deviendraient volontairement nos esclaves. Mais cela ne

s'est jamais produit et aujourd'hui, peu de gens peuplent de robots leur futur imaginaire.

Après ce qui a semblé une période interminable de gestation, les robots s'apprêtent à faire leur entrée en force. Nous en sommes si près, que les gouvernements commencent même à se demander si les robots auront des « droits », comme les humains. Les robots devraient-ils avoir le droit d'exister, d'avoir une vie privée, et d'autres droits que les humains considèrent acquis ? Doivent-ils pouvoir « se marier » ? Les relations humain-robot doivent-elles avoir un statut légal ? De telles questions ont été vivement critiquées comme *The Guardian* le rapportait en avril 2007 :

Des scientifiques ont critiqué un rapport gouvernemental qualifiant qu'un débat sur les droits futurs des robots super-intelligents dans le futur de « fantaisiste ». Au contraire ils souhaitent que le public soit consulté sur l'utilisation de robots par les militaires et la police, comme aides-soignants pour les personnes âgées et comme sex-toys. Les experts en robotique commentaient un rapport publié par l'*Office of Science and Innovation's Horizon Scanning Centre* en décembre. Les auteurs de « Droits des robots : rêve utopique ou naissance des machines ? » écrivaient : « Si l'intelligence artificielle devient réalité et largement répandue (ou s'ils peuvent se reproduire et s'améliorer) il faudra peut-être étendre les droits des humains aux robots ».³⁴⁴

Alors où en sommes-nous du développement de robots intelligents, et dans combien de temps pourra-t-on acheter le robot majordome de nos vieux rêves ?

Comprendre les complexités du mouvement humain (particulièrement la marche) et le traduire en algorithmes qui puissent contrôler des moteurs et des cerveaux à l'intérieur des robots fut infiniment plus ardu et plus long que bien des roboticiens ne l'imaginaient. Mais finalement, les problèmes de mouvements et d'articulations sont en train d'être résolu, ainsi que le soulignent les pubs très répandues de Honda pour Asimo³⁴⁵ (un robot capable de monter l'escalier).

Un des plus gros problèmes en robotique est de s'assurer que quoi qu'il advienne, les robots ne peuvent délibérément ou accidentellement blesser les humains. Des systèmes de contrôle infailibles et incassables sont nécessaires pour notre sécurité. Lorsque vous donnez le pouvoir physique et l'autonomie d'action à une machine, il existe une véritable force immorale dans le monde.

Les robots destinés à blesser délibérément les humains existent et fonctionnent déjà. Un exemple a été révélé en 2006 avec cette publication du site technologique Engadget :

La Corée du Sud a donné la preuve que le futur est déjà parmi nous : le pays épaula ses soldats à la frontière avec la Corée du Nord grâce à « des sentinelles armées » qui peuvent détecter les méchants et les tuer. Or comme Lee Jae-Hoon, Ministre du commerce, de l'industrie et de l'énergie, l'a rapporté à l'*Agence France Presse* : « Le Robot de Garde Intelligent de Surveillance possède des systèmes de surveillance, de repérage, de tir et de reconnaissance vocale ». Le gouvernement de la Corée du Sud devrait acheter 1 000 robots au prix de \$200 000 pièce

pour les déployer le long de sa frontière nord, sur les côtes et les aéroports militaires.³⁴⁶

Les robots sont déjà utilisés de façon régulière par les armées pour se débarrasser des bombes, surveiller ou autres. Pour des raisons évidentes, les développements robotiques sont surtout à visées militaires. Au début de ce chapitre, j'ai fait référence aux voitures robotisées du futur. Depuis plusieurs années l'*American Defense Advanced Projects Agency* (DARPA) sponsorise une compétition³⁴⁷ pour construire ces véhicules autonomes.

C'est dans le monde civil qu'il faudra prêter le plus d'attention au comportement et à la sécurité des robots d'ici 2030. *The Economist*, en 2006 :

Alors que les robots s'apprêtent à quitter leurs cages industrielles pour rentrer dans les foyers et les lieux de travail, les roboticiens sont concernés par les implications liées à la sécurité au-delà de l'usine. Pour y remédier les experts en robotique les plus reconnus se sont regroupés afin d'étudier comment les empêcher de provoquer des dégâts humains. Inspiré par les Conférences Pugwash – un groupe international de scientifiques, académiciens et activistes fondé en 1957 pour faire campagne pour la non-prolifération des armes nucléaires – le nouveau groupe de robot éthiciens s'est retrouvé plus tôt cette année à Gènes en Italie et ils annonceront leurs dernières trouvailles durant l'*European Robotics Symposium* à Palerme, Sicile.³⁴⁸

Il faudra apprendre les bonnes manières aux robots en contact avec les humains. En septembre 2006 le département de robotique

de l'Université de Hertfordshire³⁴⁹ a tenu une conférence pour discuter du développement des futurs robots. Après avoir ouvert une « maison des robots » dans le Hertfordshire, les chercheurs ont expliqué au *Guardian*³⁵⁰ qu'ils étaient parvenus à la conclusion que les robots domestiques ne devraient pas avoir de nom car « cela pourrait poser des problèmes de sexes qui ne sont pas souhaitables ». Les chercheurs ont aussi expliqué qu'il faudrait apprendre aux robots à approcher les humains de façon à ne pas les surprendre.

J'ai déjà été en contact avec des robots et je ne peux pas dire que je partage ces conclusions. Nous *anthropomorphiserons* nos robots et nous *nous* adapterons à leur présence bien avant qu'ils ne s'adaptent à la nôtre. Il en résultera que nous autres humains aurons des problèmes très complexes à résoudre lorsqu'une véritable intelligence commencera à émerger des machines et qu'elles établiront des relations avec nous. Nos sociétés humaines ont développé des codes éthiques et moraux pour les rapports entre les êtres au cours des millénaires, et il nous faudra non seulement les enseigner à ces robots et autres machines intelligentes, mais des logiciels et des programmes établis avec précaution et une législation détaillée seront nécessaires pour protéger les humains.

La première émergence d'une forme de cognition a déjà été observée en robotique. Un robot a été construit qui est capable de se reconnaître « lui-même » dans un miroir (un test classique de développement cognitif). *New Scientist* rapportait ce fait impressionnant en mai 2007 :

Nico se regarde dans le miroir devant lui. Il voit sa réflexion qui porte un sweat-shirt gris de *Yale University*

et une casquette de base-ball inclinée de façon brava-che. Quand Nico lève un bras, il voit dans la réflexion du miroir que c'est son bras qui se lève. Cela ne vous paraît sans doute pas grand-chose, mais Nico est un robot humanoïde. Il est le premier de son espèce à avoir reconnu son reflet dans un miroir.³⁵¹

Bien sûr, l'intelligence d'un robot pourrait ne pas être logée dans son enveloppe physique. Comme nous devenons nous-mêmes de plus en plus des créatures de réseaux, nous pouvons en attendre autant de nos robots qui en 2030 auront de puissantes capacités de réseaux et seront peut-être entièrement dépendants de ceux-ci (comme certains humains le ressentent déjà aujourd'hui). Peut-être certains éléments de leurs facultés cognitives seront-ils logés dans les réseaux. Peut-être communiqueront-ils avec d'autres robots autour du monde pour réaliser des tâches coordonnées ou en collaboration. Cette « capacité de *networking* », de communication inter-robots et même d'autoreproduction pourrait devenir caractéristique de la vie de robot. Selon le site physorg.com en février 2007, les robots sont déjà en train de s'auto-construire :

Durant une des dernières études sur les robots autonomes, les scientifiques ont regardé leur robot s'auto créer à partir de plus petits modules robotiques. Le résultat, appelé « *swarm-bot* » existe en plusieurs variétés, selon la tâche assignée et les composants disponibles. L'auto assemblage autonome est en plein devenir et les *swarm-bots* donnent une idée du potentiel de versatilité et de robustesse que les robots pourraient posséder afin de remplir des missions dépassant les capacités humaines.³⁵²

En 2030 je pense que chaque famille dans les pays développés possédera plusieurs robots, peu onéreux, dans la maison et dans les voitures. Les robots deviendront nos compagnons et nos chiens de garde, ils surveilleront nos signes vitaux. Ils seront une présence pour les gens seuls et au moins nous aurons tous « quelqu'un à qui parler ».

Le dernier mot sur les robots devrait peut-être revenir au Professeur Marvin Minsky³⁵³ de M.I.T. que beaucoup (moi y compris) considèrent comme le père de l'intelligence artificielle. En 1994 il écrivait (paraphasant Alan Turing) :

Les robots hériteront-ils de la Terre ? Oui, mais ils seront peut-être devenus nos enfants.

Chapitre 5

Santé humaine et longévité



Voulez-vous vivre éternellement ? Lorsque vous vieillirez voudriez-vous bénéficier d'une thérapie de jouvence pour que votre peau, vos cheveux et organes internes s'auto régénèrent (et continuent à s'auto régénérer ensuite) pour n'atteindre jamais un âge biologique plus avancé que 30 ou 40 ans ? Voudriez-vous que votre ADN personnel soit décodé afin que toute prédisposition à une maladie ou pathologie soit traitée *avant* qu'une telle condition se déclare ?

Toutes ces propositions apparemment folles seront possibles ou en train de le devenir lorsque nous aurons atteint 2030. La raison en est que l'accélération exponentielle du développement technologique s'applique à la médecine comme à toutes les autres disciplines scientifiques.

D'ores et déjà les génomes individuels sont analysés, ce qui aidera énormément les médecins cherchant à établir quel est le meilleur traitement ou la meilleure prévention pour une pathologie individuelle. Le *New York Times* rapportait en juin 2007 que le premier humain à qui on a tendu une copie de son code génétique était un récipiendaire tout à fait approprié :

James D. Watson, qui a aidé à déchiffrer le code ADN il y a 50 ans, est devenu la semaine dernière la pre-

mière personne à recevoir une copie de son propre ADN sur une disquette. Mais il ne sera pas le dernier. Bientôt disent les scientifiques nous pourrons tous déchiffrer nos propres génomes – les six milliards de lettres de code génétique qui contiennent l’inventaire complet de ce que nos parents nous ont légués – pour une somme aussi petite que \$1 000.³⁵⁴

Certains futurologues sont convaincus que s’ils vivent jusqu’en 2030 ou 2040 la science médicale aura suffisamment progressé pour leur permettre de rajeunir leurs vieilles carcasses et de continuer à vivre en se régénérant pendant une période indéfinie.

Le futurologue américain Ray Kurzweil est probablement le défenseur le plus célèbre de cette idée. Avec son collaborateur médical le Dr Terry Grossman³⁵⁵, Kurzweil a écrit un livre publié en 2004, intitulé *Fantastic Voyage – Live Long Enough To Live For Ever (Le Voyage Fantastique : Vivez Assez Longtemps Pour Vivre Toujours)*. Dans ce qui s’avère un manifeste, les auteurs détaillent leurs recherches sur les technologies médicales émergentes dont ils estiment qu’elles leur permettront bientôt de « vivre pour toujours », comme ils disent.

D’ici quelques dizaines d’années, nous aurons les connaissances nécessaires pour revitaliser notre santé et développer nos expériences – comme une immersion complète dans la réalité virtuelle comprenant tous nos sens, une réalité augmentée et des capacités physiques et intellectuelles accrues – et nous pourrions ainsi étendre nos horizons. En regardant plus

loin dans le 21^e siècle, les nanotechnologies nous permettront de reconstruire et augmenter nos corps, nos cerveaux et créer virtuellement n'importe quel produit à partir d'information seulement, ce qui produira de remarquables richesses. Nous développerons des façons d'augmenter notablement nos capacités mentales et physiques grâce à des interfaces directes de nos systèmes biologiques avec des technologies créées par l'homme... Un autre angle d'attaque important sera la repousse de nos cellules, tissus et même organes entiers, pour les introduire dans nos corps sans chirurgie. Un des bénéfices majeurs du clonage thérapeutique sera de pouvoir créer ces nouveaux tissus et organes à partir de versions de nos cellules qui auront aussi été rajeunies – le domaine émergent de la médecine rajeunissante.³⁵⁶

Trois ans après la publication du livre, Ray Kurzweil prédisait que la « médecine de l'immortalité » arrivait plus vite qu'il ne l'avait d'abord suggéré. Voici un compte-rendu d'une conférence intitulée « Transvision 2007 » par *Reason Magazine* :

Kurzweil pense que l'humanité va s'accélérer jusqu'à l'utopie (immortalité, IA omniprésente, abondance nanotech) dans les 20 à 30 années à venir. Par exemple, il a noté que l'espérance de vie augmente d'environ 3 mois par an. Kurzweil a alors prétendu que les tendances de longévité s'accélérent si vite que l'espérance de vie augmentera de plus d'un an chaque année d'ici 15 ans. En d'autres termes, votre espérance de vie pourrait être indéfiniment longue.³⁵⁷

Avant de considérer la possibilité de vivre éternellement si nous pouvons déjà arriver en 2022, il est utile de poser une question morale sur l'ambition d'extrême longévité. J'ai commencé ce rapport en observant que le plus gros problème du monde est le nombre exponentiel d'habitants que la planète devra supporter plus avant dans le siècle – probablement entre 9 et 12 milliards d'ici 2050 – et l'idée d'individus riches vivant dans le monde nanti (pas particulièrement Ray Kurzweil ou le Dr Grossman) qui comptent pour étendre indéfiniment leur durée de vie semble, à première vue, légèrement égoïste. Mais les droits individuels dictent que nous sommes tous libres de vouloir être en bonne santé et de vouloir vivre aussi longtemps que possible (si nous en avons les moyens financiers) et il sera certainement vrai que les pionniers de la longévité humaine montreront la voie des possibles aux autres.

Ray Kurzweil a 59 ans et prétend qu'en prenant ce qu'il appelle « une supplémentation agressive » et en s'appliquant un style de vie particulier et assez rigoureux, il a réussi à se guérir du diabète sans médicament. Il soutient aussi que son horloge biologique (après vérification médicale) est plus proche de 40 ans que de 60 ans.

Kurzweil prend 250 suppléments par jour³⁵⁸ (vitamines, antioxydants et autres substances, certaines par intraveineuse, qui sont sensées maintenir en bonne santé et lutter contre le vieillissement) et il se fait transfuser 2 fois par semaine – pour rester aussi jeune que possible. Est-il un autre Américain fou qui cherche l'immortalité ou un futurologue bien documenté et scientifiquement éduqué qui ait entrevu que s'il parvenait à rester en bonne santé encore 15 ans, il pourrait toucher

au moment où la science serait en mesure de lui offrir un renversement d'âge et une jeunesse largement prorogée ?

Kurzweil et son coauteur le Dr Grossman ne sont pas seuls à croire que la longévité humaine sert bientôt fortement augmentée. James Canton, futurologue américain renommé, entrevoit des possibilités phénoménales dans la médecine du futur. Dans *The Extreme Future*, il prédit :

Les spécialistes de la longévité que j'ai rencontrés sont en train de déchiffrer les secrets de l'âge inscrits dans nos gènes, et comme les frontières des remplacements d'organes et des recherches sur les cellules souches sont en passe d'être franchies, je prévois que l'ère de la longévité, au-delà des 100 ans, sera une occurrence commune d'ici 10 ans et considérée comme un droit inné d'ici 2025, grâce à la Médecine de Longévité.

Ces projections semblent trop fantastiques pour être vraies, mais après avoir examiné la science et parcouru toutes les preuves disponibles, je suis arrivé moi aussi à la conclusion que les thérapies de jouvence et l'extension de vie deviendront du domaine du possible pour les humains au 21^e siècle. Je ne suis pas convaincu, en revanche, par le calendrier établi par ces messieurs Kurzweil, Grossman et Canton, ni par le rêve simpliste de vouloir « vivre pour toujours ».

Les futurologues étudient les tendances et il est clair que la longévité humaine augmente de façon constante et assez significative et ce, sans l'aide de traitements de jouvence. Dans un article intitulé « Emergence de Super-Centenaires

dans Les Pays À Faible Mortalité », le Dr Jean-Marie Robine de INSERM en France et le Professeur James W. Vaupel du Max Planck Institute, Allemagne, ont écrit :

Bien que l'augmentation exponentielle du nombre de centenaires qui a débuté juste après la Seconde Guerre mondiale soit bien documentée en Europe et au Japon, ce n'est pas encore le cas pour les très vieilles personnes ayant atteint l'âge de 105 ans – les semi super-centenaires – ou même 110 ans – les super-centenaires.

Les premiers cas validés de super-centenaires sont apparus dans les années 1960 mais leur nombre a augmenté de façon constante depuis le milieu des années 1980. La prévalence actuelle de super-centenaires connus dans les pays à faible taux de mortalité recensés par l'*International Database on Longevity* (IDL) est environ dix fois plus élevé qu'au milieu des années 1970.

Durant environ 20 ans, de 1980 à 2000, l'âge maximum connu au moment de la mort qui est sensé indiquer la longévité maximale de l'espèce humaine et qui est considéré comme une caractéristique assez stable de notre espèce, a augmenté d'environ 10 ans, de 112 à 122 ans.³⁵⁹

Et en Juillet 2007, le *Financial Times* rapportait :

Le coût des pensions et retraites pourrait connaître une flambée de plusieurs milliards de livres après une

mise en garde contre le fait que l'espérance de vie augmente rapidement et que les estimations sur la durée de vie des individus qui risquaient de vivre en maison de retraites n'avaient pas suivi le rythme de l'évolution.

Une augmentation de la durée de vie d'un an pourrait accroître la facture des pensions des secteurs privés en Angleterre de £30 à 40 milliards. Cela pourrait aussi obliger les assureurs à provisionner leurs réserves de jusqu'à £3 à £4 milliards. Les projections de ce type pourraient détruire les gains de solvabilité des fonds de pension qui sont advenus grâce à la montée des marchés et des provisions accrues.

Des prévisions largement utilisées assument que la durée de vie après 65 ans a cessé d'augmenter ou croît moins vite qu'il y a 10 ans. Mais les données indiquent le contraire. Les données de l'année dernière montraient qu'un homme né en 1950 qui vivait jusqu'à 65 ans vivrait en moyenne jusqu'à près de 90 ans.³⁶⁰

D'ici 2030 je pense que les humains repousseront les frontières de la vie jusqu'à 130 ans ou plus. Il est presque certain que des possibilités de rajeunissement véritables et effectives et des thérapies d'extension de vie seront accessibles et répandues, bien que je doute que l'extension de vie indéfinie soit alors déjà envisageable.

Ma plus grande question quant à la notion de « vivre pour toujours » est de savoir si les humains sont psychologiquement

préparés à ces très longues durées de vie. Cette question n'a jamais été envisagée au cours de l'évolution humaine. Nous n'avons jamais imaginé la probable attitude d'un cerveau centenaire (ou plus exactement, d'un cerveau biologiquement jeune mais avec une expérience de centenaire) dans le corps d'un trentenaire. L'esprit sera-t-il aussi jeune, énergique et plein de désir de vivre que le corps ? Ou existe-t-il une limite psychologique supérieure à l'expérience humaine, un point de fatigue du monde auquel la psyché elle-même s'épuise ? Nous n'en savons encore rien, mais en 2030 nous serons sûrement sur le point de le savoir.

Technologie, pouvoir du patient et profession médicale

Jusqu'à très récemment, les soins médicaux signifiaient « soigner les maladies ». Quand les patients tombaient malades les médecins essayaient de trouver un moyen de guérir ou traiter leur maladie. Cela a changé au milieu des années 1990 quand la profession médicale a commencé à reconnaître que les traitements préventifs étaient plus efficaces (et plus économiques) que les traitements curatifs. Peut-être le meilleur exemple d'une telle pratique médicale préventive est-il l'usage répandu du « Lipitor »³⁶¹, le médicament le plus prescrit monde pour faire baisser le cholestérol. Un taux élevé de cholestérol est un important indicateur de problèmes cardiovasculaires potentiels, et Lipitor, et d'autres médicaments similaires, réduisent l'accumulation de cholestérol et donc, du développement d'une pathologie cardio-vasculaire.

Durant les 25 années à venir, la technologie elle-même et les développements induits par la technologie en sciences

médicales pousseront de plus en plus la médecine sur la voie du modèle préventif. Le rôle du patient et celui du professionnel de santé changeront aussi tandis que grâce à la technologie, le pouvoir sera de plus en plus transféré au patient.

Aujourd'hui Internet donne au patient curieux la possibilité d'accéder à une large étendue d'informations médicales, inaccessibles auparavant. S'il faut tenir compte du manque de fiabilité automatique de l'information sur Internet et du fait que l'interprétation d'informations médicales sans études médicales peut s'avérer impossible, il est évident que l'Internet permet aux non médecins de se cultiver et certains praticiens se trouvent intimidés par des patients arrivant dans leurs unités chirurgicales avec des documents imprimés sous le bras.

Avec bon sens et prudence il est possible à un patient de scanner la littérature sur les médicaments et les traitements et de se connecter avec d'autres qui souffrent par exemple, d'un cancer du sein, de sarcoïdose ou de tennis-elbow. On peut discuter de traitements spécifiques (et de médecins et hôpitaux spécifiques) et les comparer, avec des milliers d'autres patients localement et autour du monde. Il n'est plus possible pour un médecin d'assumer l'accès exclusif au savoir médical et aux expériences d'autres personnes atteintes de la même pathologie. Le patient curieux a soudain et extensivement reçu le pouvoir (et a aussi trouvé d'importantes sources de soutien).

Mon médecin est particulièrement fan d'Internet et il n'a pas honte de taper Google pour trouver de l'information

médicale pendant que je suis dans son cabinet ; il va même jusqu'à m'indiquer les sites offrant les informations médicales les plus fondées. Nous avons établi un partenariat, je fais de mon mieux pour rester en bonne santé, il fait de son mieux pour m'apporter du soutien. La médecine évolue rapidement et malgré les attitudes prévalentes qui souhaitent « pathologiser » toutes les conditions (identifier une catégorie ou un syndrome auquel se rattache une condition avant de prescrire un traitement) les nouvelles technologies, les nouveaux médicaments et outils de diagnostic et les nouvelles thérapies transformeront la médecine en une science focalisant sur la prévention et l'extension.

Surveiller notre santé

Une technologie peu chère nous permettra de participer à nous maintenir en bonne santé, et nous commencerons à surveiller notre corps grâce à des appareils même sans être malade. De tels appareils comprendront la surveillance régulière de la pression artérielle, du niveau de sucre ou de cholestérol dans le sang. Aujourd'hui certains examens sont pratiqués chez soi grâce aux kits et aux appareils en vente partout. Bientôt nous revêtrons directement des technologies qui surveilleront notre santé et communiqueront via le « super-web » pour stocker les informations, au cas où une analyse rétrospective serait ensuite nécessaire. À légèrement long terme, la technologie que nous porterons appellera automatiquement à l'aide et administrera même des traitements en cas d'urgence cardiaque, d'infarctus ou autre problème de santé très grave. Ce ne sont pas là de nouvelles idées.

En 1986 j'ai monté une société au Royaume-Uni pour créer, développer et produire des montres qui serviraient aussi d'appareils de surveillance médicale (je voulais améliorer mes revenus d'écrivain et de futurologue). J'ai imaginé de belles montres vérifiant la pression artérielle, le niveau de glucose et d'insuline (par l'analyse de la transpiration) et qui, plus tard, pourraient inclure de petites doses d'adrénaline, insuline ou autres médicaments qui, s'ils sont administrés assez vite, peuvent sauver une vie. J'imaginai l'époque où porter une telle montre ne serait pas seulement une norme culturelle ou une mode, mais aussi une obligation instaurée par les assureurs.

Bien entendu, il y a un abîme entre imagination et concrétisation, et je finis par accepter que les systèmes de tests électroniques et physiologiques de 1986 ne pussent être réduits et intégrés dans un seul appareil à porter sur soi. Après quelques mois de recherches onéreuses, j'ai abandonné cette idée.

Vingt et un ans plus tard, les vérificateurs de pression artérielle portés au poignet³⁶² existent et ces modèles ont été homologués par les autorités médicales. Ces appareils ressemblent toujours à de l'équipement médical, mais tandis que nous prendrons de plus en plus la responsabilité de nous maintenir en bonne santé nous devrions voir apparaître des montres multifonctions jolies et à la mode.

D'autres travaillent à faire passer ces idées de surveillance médicale. Comme Ray Kurzweil et le Dr Terry Grossman annonçaient dans *Fantastic Voyage* :

D'ici quelques années, nous aurons les moyens de vérifier constamment l'état de nos corps pour régler

nos programmes de santé et prévenir en amont les urgences, comme les crises cardiaques. Les auteurs travaillent sur un système de ce type avec la société biomédicale *United Therapeutics*, en utilisant des capteurs miniaturisés, des ordinateurs et des communications sans fil. Les chercheurs de l'Université d'Edinburgh développent des nano ordinateurs que l'on applique avec un spray pour la surveillance médicale. Leur but : un appareil de la taille d'un grain de sable combinant un ordinateur, un système de communication sans fil et des capteurs de chaleur, pression, lumière, champs magnétiques et courants électriques.³⁶³

Et quand nous nous connecterons, ainsi que les parties les plus intimes de notre physiologie, au « super-web » toujours branché, toujours en ligne, la télémédecine jouera un rôle beaucoup plus important dans les soins médicaux. La « télémédecine » signifie « services médicaux à distance » et, bien que nombre d'occurrences subsisteront au cours desquelles un examen physique demeurera vital, beaucoup d'interactions de routine entre patients et professionnels médicaux se feront à distance. La télémédecine sera de plus en plus efficace quand nos corps seront plus « connectés » et qu'il y aura plus d'informations sur les performances de nos corps, enregistrées pour être analysées par des experts. La téléchirurgie, particulièrement avec le concours de la robotique, est déjà une réalité et la première téléopération transatlantique a été réalisée en 2001 ainsi que l'a rapporté la BBC :

La première opération téléchirurgicale transatlantique d'envergure vient d'être réalisée. Des chirurgiens

aux États-Unis ont retiré une vésicule biliaire à un patient dans l'est de la France en opérant à l'aide d'un bras robotisé contrôlé à distance. Ce procédé pourrait rendre possible l'opération d'un patient par un chirurgien n'importe où dans le monde.³⁶⁴

En 2030, les humains seront très souvent soignés par télémédecine et les réseaux (avec une sécurité d'accès adéquate) vous permettront de stocker vos informations médicales personnelles et vos historiques médicaux pour que vous, ou un professionnel de santé que vous aurez approuvé, puissiez y accéder n'importe quand, depuis n'importe où dans le monde.

Plastiques et soins médicaux

Il existe des sortes de plastiques qui jouent déjà un grand rôle dans la santé grâce à leurs qualités inhérentes d'économie, de légèreté, de durabilité et de stérilisation. Certaines nouvelles applications des plastiques en matière de santé sont peu connues. Voici une histoire révélée par la BBC en mai 2007 :

Des scientifiques ont développé du sang plastique de substitution qui pourrait servir de substitut en cas d'urgence. Les chercheurs de l'Université de Sheffield déclarent que leur création pourrait représenter un énorme avantage dans les zones de conflits armés. Ce sang artificiel est, selon eux, léger à transporter, n'a pas besoin d'être gardé au frais et se conserve plus longtemps. Le nouveau sang est composé de molécules en plastique qui ont un atome de fer central

comme l'hémoglobine, qui peut véhiculer l'oxygène dans le corps.³⁶⁵

Tandis que nous commencerons à surveiller notre propre physiologie de façon semi-permanente ou permanente, les plastiques seront utilisés pour fabriquer des outils de surveillance plus petits et plus légers. Aujourd'hui, même les patients cardiaques peuvent porter de petits équipements ECG légers pendant de longues périodes pour fournir des « informations ambulatoires » (informations collectées pendant que le patient vaque à sa vie quotidienne)³⁶⁶.

Éventuellement les plastiques intelligents seront en interface directe avec nos corps. En 2005, *New Scientist* rapportait :

Des scientifiques construisent une nouvelle oreille bionique recouverte de plastique intelligent qui booste la croissance des cellules nerveuses de l'oreille interne après avoir reçu une décharge électrique.

La technologie ayant le potentiel de guérir les blessures de la colonne vertébrale est développée par l'*Australian Centre for Medical Bionics and Hearing Science*, qui fait partie du *Bionic Ear Institute* à Melbourne.³⁶⁷

Le professeur Gordon Wallace de l'*Intelligent Polymer Research Institute* à l'Université de Wollongong, collabore au projet et dit que le polymère poly pyrrole est inhabituel parce que contrairement à la plupart des plastiques, il est conducteur d'électricité.³⁶⁸

Les plastiques participeront aussi à créer des gaines pour envoyer de puissants médicaments au plus loin dans le corps des patients. Comme cette annonce faite par l'Université de Wisconsin-Madison aux USA l'énonçait :

Le professeur de pharmacie Glen Kwon de l'Université de Wisconsin-Madison qui travaille dans le domaine émergent de la « nano médecine » souhaite améliorer l'acheminement des médicaments en les envoyant de façon plus sélective sur les tumeurs et en boostant leur solubilité dans l'eau. En plus d'être plus faciles et plus sûres à administrer, les micelles polymériques maintiennent les médicaments anti-cancer comme la Rapamycine dans le plasma pendant plus longtemps que les formulations standard, a découvert Kwon. C'est un résultat prometteur qui pourrait donner aux médicaments plus de chances de s'accumuler sur les tumeurs. Les micelles polymériques peuvent aussi faciliter le mélange de cocktails anti-cancer avec plus d'un agent chimiothérapeutique. Arriver à cela est maintenant le challenge qui intéresse Kwon, parce que les médicaments hydrophobes en solution combinée tendent à « s'exploder » et à redevenir des particules, à s'agréger et finalement sont alors inutilisables.³⁶⁹

Et les plastiques sont aussi utilisés avec des nano tubes en carbone pour aider à combattre le VIH, comme le *New Scientist* le rapportait en mars 2007 :

Des nano tubes en carbone ont été utilisés pour faire passer des molécules bloquant le VIH dans les

cellules humaines. Bien qu'au stade préliminaire, la découverte pourrait déboucher sur de nouveaux traitements pour le virus mortel. Un piège chimique complexe a été utilisé pour attacher l'ARN interférent aux nanotubes de carbone. Des chaînes de carbone-hydrogène qui se collent étroitement aux nanotubes ont été connectées à un polymère appelé polyéthylène glycol (PEG). Il a ensuite été attaché à l'ARN interférent via deux atomes de soufre.³⁷⁰

Les robots plastiques aident déjà les chirurgiens à opérer dans des conditions impossibles pour la chirurgie conventionnelle. Sous le titre « *Plastic Robot Allows Remote Surgery With Live Imaging* » (« Un robot en plastique permet une intervention chirurgicale à distance par imagerie réelle »), la *newsletter* du John Hopkins Hospital à Baltimore, USA explique :

Des technologies comme l'imagerie à résonance magnétique (IRM) ont rendu possible une révolution en médecine de diagnostics. Mais la révolution s'arrête là parce que les IRM qui sont en fait d'énormes aimants, sont incompatibles avec les instruments chirurgicaux. Il en résulte que les médecins peuvent regarder une tumeur mais pas l'opérer sous IRM. Cette barrière pourrait avoir été franchie par un nouveau robot dénué de métal ou de composants électriques. Le robot utilise aussi la lumière pour l'encodage optique, une méthode extrêmement fiable de transmission légère de données sans perte en chemin. Le composant en fibre optique peut fonctionner comme un circuit, détectant et surveillant les mouvements du robot

sans utiliser d'électricité. Quand les appareillages en plastique tournent, leurs mouvements dérangent la source de lumière de la fibre optique et font office de signal pour permettre au système de connaître sa position et son statut. Le moteur achevé a été créé en deux tailles pour permettre une variation de rythme. Incroyablement la largeur du moteur ne dépasse pas la longueur d'un stylo.³⁷¹

Les plastiques sont aussi fondamentaux en matière de technologie médicale, et cette importance ira croissant dans les décennies à venir.

Payer nos soins

Avant d'anticiper dans cette étude sur les miracles médicaux à venir (plastiques ou autres), il est nécessaire de comprendre que le futur des services de soins dans les pays développés semble très délicat. J'ai promis plus haut de ne pas commettre l'erreur d'adopter une vision « panglossienne » du futur et pour cela il n'est point utile de souligner que la génération du *Baby Boom* en Amérique du Nord, Europe, et certaines régions d'Asie, sera bientôt à la retraite et souffrira inévitablement des maladies liées à l'âge (peu d'entre eux auront rapidement accès aux traitements de rajeunissement). C'est le plus grand groupe démographique et ils commenceront à peser sérieusement sur les services de santé tandis que leur génération deviendra économiquement improductive (et contribuera moins aux impôts qui payent les services de santé). La qualité des services médicaux offerts à cette population dépendra des décisions politiques

et des cultures nationales autant que des performances économiques nationales, et comme vous l'apprendrez ci-après, l'énergie n'est pas le seul secteur dans lequel les États-Unis se sont mis dans de beaux draps.

Dans son ouvrage publié en 2007, *Future, Inc.*, le futuriste Eric Garland basé à Washington, disait du système de santé américain :

Le facteur moteur qui influera le plus sur le système de santé est quelque chose que l'on n'a probablement pas besoin de vous dire – il sera phénoménalement coûteux. Les États-Unis, par exemple, dépensent environ \$1,9 trillion pour leur système de santé. Ce chiffre représente plus que toute l'économie de pratiquement n'importe quel pays au monde. Le coût des dépenses de santé croît d'environ 8 % annuellement, dépassant chaque année le rythme de l'augmentation des salaires depuis 5 ans. De plus, les Baby Boomers commencent à vieillir et ce chiffre devrait doubler. L'Amérique pourrait dépenser à elle seule \$4 trillions par ans en soins médicaux. Considérant que les États-Unis dépensent 18 cents pour chaque dollar en soins médicaux, l'idée de doubler ce chiffre est angoissante, d'autant que de récentes études indiquent que nous ne sommes pas en meilleure santé que d'autres pays développés comme le Royaume Uni, qui dépense bien moins.

Les avancées scientifiques et de nouvelles formes efficaces de traitements et de médecine préventive ont beau être formidables, de tels développements font aussi augmenter le

coût de la médecine, et qui plus est à un rythme alarmant. Au moment même où des millions de personnes vieillissent, et pèseront donc sur les services de santé des pays développés, de nouvelles technologies, traitements et médicaments offriront de nouvelles formes de thérapies, parfois très onéreuses.

Chaque nation a sa propre solution pour financer la couverture de santé et certains pays le font mieux que d'autres. Et s'il demeure vrai que la nouvelle richesse engendrée par l'accélération exponentielle du développement des technologies générales sera considérable, il m'apparaît clairement que ce sont les pauvres et les moins bien lotis pour lesquels le rationnement médical sera la norme dans de nombreux pays (comme c'est le cas aujourd'hui). Certains des traitements les plus avancés ne seront accessibles qu'à ceux qui pourront les payer, en plus de toutes les provisions qu'ils auront constituées pour payer leur couverture médicale. Dans la plupart des pays, les riches seront ceux qui seront en bonne santé.

Vous : beau et intelligent...

Dans notre monde de plus en plus riche et développé, nombreux seront ceux qui pourront payer leurs soins, assez pour que le financement de la recherche médicale ne se trouve pas soudainement tari pendant que les services de santé étatiques crouleront sous le poids des *baby boomers* retraités et malades.

D'ici 2030 la médecine privée offrira aux classes aisées l'opportunité de se modifier de façon radicale. Cette

tendance est déjà bien visible. Les gens riches paient des chirurgiens esthétiques pour améliorer ou rajeunir leur aspect physique et remplacer leurs dents vieilles par des sourires hollywoodiens éblouissants. Bientôt les cheveux gris pourront peut-être retrouver leur couleur naturelle sans teinture, ou vous pourrez peut-être changer la couleur de votre chevelure de l'intérieur de vos follicules. *New Scientist* rapportait en mars 2007 :

Les variations génétiques qui rendent nos cheveux bruns, noirs ou blonds restent mystérieuses, mais nous avons quand même plus de pouvoir sur un aspect vexant de la coloration : sa disparition progressive. L'équipe de David Fisher à la *Harvard Medical School* a récemment démontré que les cellules souches de mélanocyte vers le haut du follicule disparaissent juste avant qu'un cheveu ne devienne blanc. Cela signifie que les mélanocytes arrivés à maturité à la base du follicule ne sont pas remplacés quand le cheveu tombe et qu'un nouveau se forme (*Science*, vol 307, p 720).

Les cheveux gris pourraient être réversibles. En fait un médicament anti-cancer semble parfois restaurer la pigmentation, et des méthodes plus fiables et plus sûres pointent à l'horizon. Par exemple, AntiCancer de San Diego en Californie a réussi à faire parvenir des médicaments ou des gènes dans les follicules grâce à aux graisses. Le président de la société Robert Hoffman déclare qu'un des développements pourrait être la découverte de gènes qui restaurent la production de mélanine. Le problème est de parvenir à obtenir une expression suffisamment importante

des gènes dans les cellules pour ne pas produire des cheveux partiellement pigmentés.³⁷²

La calvitie masculine, étape douloureuse pour beaucoup d'hommes, pourrait n'être bientôt qu'un mauvais souvenir. Jusqu'alors la science médicale semblait impuissante à régler ce problème. On pratique les implants de cheveux depuis les années 1970, mais peu de patients ont assez de donneurs de follicules pour que le traitement soit véritablement efficace. Nonobstant, il semble enfin qu'une solution permanente sera bientôt trouvée (et devrait certainement être largement disponible d'ici 2030). En mai 2007, *Medical News Today* écrivait :

Les scientifiques américains ont trouvé une façon de faire repousser les follicules de cheveux sur la peau de souris en utilisant une nouvelle protéine qui stimule la génération de gènes de follicules dans les cellules de la peau dans des conditions de blessures. Ils espèrent que cette découverte mènera un jour à des traitements contre la calvitie ou l'hyper pilosité.

Le Dr George Cotsarelis et ses collègues du Département de Dermatologie de Kligman Laboratories, à l'École de Médecine de l'Université de Pennsylvanie à Philadelphie, ont découvert que lorsque la peau est blessée, les cellules de l'épiderme endossent les propriétés des cellules souches et génèrent de nouveaux follicules de cheveux capables de faire pousser de nouvelles gaines de cheveux. Jusqu'ici les résultats sont seulement probants chez les souris, mais on espère qu'il en sera de même pour la peau humaine.³⁷³

Il n'y aura pas seulement des traitements pour des problèmes irritants mais mineurs en 2030. À ce moment-là, la médecine pourra offrir aux patients de véritables « embellissements ». Il faut maintenant situer la notion « d'embellissement humain » dans son contexte social. Dans son papier daté de 2006, intitulé « *Cognitive Enhancement: Methods, Ethics, Regulatory Challenges* » (« Amélioration de la Fonction Cognitive : Méthodes, Éthique, et Challenges de Régulation »), le Dr Nick Bostrom fournit une certaine mise en perspective :

La plupart des efforts pour améliorer la connaissance sont de nature assez superficielle et certaines méthodes sont pratiquées depuis des millénaires. Le premier exemple est l'éducation et l'apprentissage, dont le but ne consiste pas seulement à enseigner des capacités spécifiques ou à transmettre des informations, mais aussi à améliorer les facultés mentales comme la concentration, la mémoire, et la réflexion critique. D'autres formes d'entraînement mental comme le yoga, les arts martiaux, la méditation, ou les activités créatives sont couramment employées. La caféine est répandue pour augmenter l'attention. Les extraits de plantes réputés pour améliorer la mémoire sont très appréciés et les ventes de *Ginkgo biloba* sont de l'ordre de plusieurs centaines de millions de dollars annuels aux USA. Dans un banal supermarché, on trouve un nombre incroyable de boissons énergétiques destinées au consommateur qui espère turbo booster son cerveau.³⁷⁴

En 2030 les gens riches attendront autre chose de leurs médecins que de simples embellissements cosmétiques.

La manipulation génétique de protéines et molécules – le « génie génétique » – semble extrêmement prometteuse pour traiter les maladies et même pour l'amélioration des capacités physiques et intellectuelles.

Dans son livre *Mind Set ! Reset Your Thinking And See The Future*, John Naisbitt le futurologue basé à Vienne, décrit certains espoirs donnés par la reprogénétique et met en garde contre ses implications :

Le grand dilemme du 21^e siècle sera qu'en dépit de la possibilité offerte par la reprogénétique de traiter, et éventuellement d'éliminer, certaines maladies comme la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson ou le syndrome de Down (trisomie 21), la même technologie permettra aussi de rendre les gens plus grands, plus forts, plus intelligents et plus beaux. En bref nous pourrons créer une race parfaite. Cela nous renvoie, bien entendu, au domaine sulfureux de l'eugénisme et de la perfection de l'espèce humaine. Hitler avait l'idée mais pas la technologie. La voici qui arrive. Lorsque le premier pas aura été franchi nous serons sur un chemin sans retour. Les oppositions sur le sujet mèneront à une énorme confrontation entre sciences et religions, entre faisabilité et humanité. C'est une confrontation qui secouera les croyances et les valeurs de bases comme au temps de Galilée et de Darwin.

Son collègue américain Jeremy Rifkin met lui aussi en garde contre les implications du génie génétique, dans *L'Économie Hydrogène* :

La physique et la chimie auront dominé l'ère qui s'achève en influençant tous les aspects de notre existence, jusque dans les plus petits détails, et vont maintenant faire place à l'ère de la biologie. Le clonage et la manipulation des génomes de l'humain, des animaux et des plantes ouvrent la porte à une nouvelle ère durant laquelle la vie elle-même deviendra une denrée manipulable. L'ère biotech commence à poser des questions fondamentales sur la nature de l'espèce humaine et le public se retrouve au milieu d'un grand débat entre ceux qui voient ce nouvel âge comme la renaissance biologique et ceux qui mettent en garde contre une civilisation de commercialisation eugénique.

La question clé demeure celle-ci : est-ce qu'en 2030 les personnes riches envisageront d'utiliser le génie génétique quand elles décideront d'avoir un enfant ? Et je ne parle pas seulement des gens jeunes et riches – je parle aussi des personnes âgées et riches. En 2030, les techniques de rajeunissement donneront aux personnes de 70 ans l'apparence de trentenaires avec une espérance de vie très accrue. Et les avancées médicales permettant aux mères d'accoucher vers la soixantaine³⁷⁵, combien de couples âgés décideront de fonder une nouvelle famille ?

D'abord les futurs parents feront vérifier leurs embryons pour éliminer ceux qui sont porteurs de gènes de maladie et en profiteront certainement pour choisir le sexe de leur bébé. L'éthicien et philosophe Nick Bostrom considérait ce sujet dans son papier précité « Amélioration de la fonction cognitive : méthodes, éthique, et challenges de régulation » :

Certaines améliorations n'augmentent pas les capacités d'un être vivant, mais permettent plutôt à une nouvelle personne de naître, avec plus de capacités qu'une autre qui serait venue à exister à sa place. C'est le principe de la sélection d'embryons. Actuellement le diagnostic génétique préimplantatoire est utilisé principalement pour éliminer les embryons atteints d'une maladie génétique, et parfois pour choisir le sexe. Dans le futur, il pourrait devenir possible de faire des tests de recherche d'une variété de gènes connus pour correspondre avec certains attributs recherchés, y compris la capacité cognitive. Le génie génétique pourrait aussi être utilisé pour retirer ou insérer des gènes dans un zygote ou un embryon précédent. Dans certains cas, il n'apparaît pas clairement quel serait le résultat ; un nouvel individu ou le même individu génétiquement modifié ?³⁷⁶

Le problème se posera quand la médecine commencera à offrir la possibilité de manipulations génétiques pour rendre le futur enfant plus grand, plus beau, plus doué pour la musique, plus intelligent. En 2007 ce n'est pas encore possible, mais en 2030 cela le sera certainement ; la législation et les règles scientifiques de chaque pays détermineront si un tel « traitement » sera admis ou pas dans cette contrée-là.

Il est tentant d'imaginer que la répugnance actuelle qui prévaut à l'égard des « bébés sur mesure » continuera d'être la norme culturelle d'ici 25 ans. Les futurologues apprennent que l'opinion publique peut varier rapidement, complètement et de façon inattendue. Par exemple, je me rappelle avoir décrit ce que nous connaissons maintenant

sous le nom de « société de surveillance » à un public britannique au début des années 1980. Il y eut un tollé et la presque unanimité du public fut horrifiée par cette idée à la *Big Brother*, se déclarant certains que jamais une telle situation ne serait acceptée au Royaume-Uni. Aujourd'hui, bien qu'on vocifère beaucoup à l'encontre de notre infrastructure de surveillance bourgeonnante, la grande majorité des Anglais sont tout à fait contents d'être surveillés. Ce n'est même plus une thématique abordée par les partis politiques.

Il pourrait en être de même avec la reprogénétique et les améliorations humaines. Au début la science mettra en avant les énormes bénéfices que représentent l'éradication et la prévention des maladies. Les avantages offerts seront évidents et la procédure simple. Par exemple, voici un article paru dans *The Times* en 2007 :

Une pilule qui peut corriger une variété de gènes défectueux qui causent des maladies débilitantes devrait être disponible d'ici 3 ans, et cela promet de révolutionner le traitement de centaines de pathologies. Le médicament connu sous l'appellation PTC124, a déjà donné des résultats encourageants sur des patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne et de fibrose kystique. La phase finale des essais cliniques commencera cette année et le médicament pourrait être homologué dès 2009.³⁷⁷

Quand de tels traitements géniques seront acceptés par la société, les médecins, les parents et les scientifiques pourront commencer à introduire des améliorations génétiques que la société percevrait comme positives : par exemple, une

étude a montré qu'un seul point additionnel de QI se traduit par une augmentation des revenus de +2.1 % chez les hommes et + 3,6 % chez les femmes !³⁷⁸ Ce qui veut dire que même des augmentations relativement mineures des performances intellectuelles auront un énorme impact sur la façon dont un enfant se débrouillera dans la vie ; et si une nation commençait à envisager l'impact économique d'une augmentation collective des QI... Heureusement, il n'y a qu'un état totalitaire qui puisse considérer une telle idée.

De façon plus superficielle, ces « améliorations » pourraient inclure la vérification des embryons pour déceler le daltonisme, la surdité ou d'autres défauts que l'on ne considère pas comme des maladies. Il ne resterait plus alors qu'un tout petit pas à franchir pour passer aux « améliorations humaines ».

Imaginez deux artistes peintres à succès qui décident d'avoir leur premier enfant, une petite fille. « On améliore sa perception des couleurs, chéri ? » serait une proposition difficile à refuser. Et comme le suggèrent des recherches publiées en mars 2007, « une amélioration presque instantanée » de la perception humaine des couleurs pourrait devenir réalité :

Bien que les souris, comme la plupart des mammifères, voient le monde à travers une palette de couleurs limitées – similaire à celles des daltoniens – les scientifiques ont transformé leur vision en introduisant un seul gène humain dans un chromosome de souris. Le gène humain possède un capteur de lumière dont les souris sont dépourvues et son insertion a permis aux souris de distinguer les couleurs comme jamais auparavant.³⁷⁹

La manipulation génétique de l'embryon relevant du droit des enfants à naître, des lois devront assurer que ces droits seront protégés. Il est impossible de savoir ce que ces lois imposeront en 2030, mais si l'amélioration génétique des embryons est bannie dans un pays, les parents désireux d'en bénéficier iront ailleurs, là où les lois sont moins strictes, pour pouvoir concevoir leurs enfants selon leur bon vouloir. C'est la nature humaine.

Nick Bostrom explique comment la société future pourrait considérer toute la problématique de l'amélioration humaine :

Par exemple, en plus de l'abîme séparant les riches des pauvres, il existe aussi une béance entre ceux qui sont doués d'intelligence et ceux qui souffrent de déficiences cognitives. L'un des scénarios possibles pourrait être que la différence de niveau de richesse augmente inversement et simultanément par rapport à la baisse des facultés, parce qu'il est généralement plus facile d'améliorer les individus au bas de l'échelle des performances que ceux qui sont en haut de cette échelle (dont les cerveaux fonctionnent déjà presque à leur maximum biologique). Cela pourrait ajouter un degré de complexité souvent ignoré par la littérature éthique sur l'inégalité. Il faudrait aussi considérer sous quelles conditions la société pourrait avoir l'obligation d'assurer un accès universel aux interventions qui améliorent les performances cognitives. On pourrait tenter une analogie entre bibliothèques publiques et éducation de base.³⁸⁰

Rajeunissement et longévité

Si les enfants à naître de 2030 sont légalement protégés des améliorations génétiques, il n'y aura rien qui interdira aux adultes consentants de chercher à s'améliorer ou à se rajeunir eux-mêmes.

D'ici 2030 la science des cellules souches sera arrivée à maturité et largement répandue. Une « cellule souche » est une cellule humaine à un stade encore jeune, qui contient la possibilité de devenir n'importe quel type de cellule – une cellule du coeur, du cerveau ou de la peau, etc. Cette propriété est exploitée pour faire pousser des tissus ou organes de remplacement pour les humains.

Dans *Extreme Future*, James Canton établit une liste de certains bénéfiques attendus de l'exploitation des cellules souches d'ici 2030 :

- Nouveaux organes, y compris coeur et poumons
- Nouvelle pousse d'os pour les bras, les jambes et la colonne vertébrale
- Nouvelles fonctions sensorielles et nerfs optiques pour restaurer la vue
- Nouveaux traitements anti-cancer
- Nouveaux nerfs pour guérir les muscles et restaurer le mouvement

- Nouvelles cellules pour contrer le vieillissement du cerveau

Des progrès significatifs dans le domaine des cellules souches sont perceptibles. La *MIT Technology Review* rapportait en mai 2007 :

Une nouvelle méthode efficace pour générer ce qui semble un nouveau type de cellule souche pourrait aider à guérir les maladies liées à la circulation sanguine. Des scientifiques, dans le Massachusetts et en Floride, ont trouvé une façon de transformer des cellules souches embryonnaires en une forme de cellule souche plus adulte qui peut former des vaisseaux sanguins. Le nouveau type de cellules a aidé à réparer des tissus d'animaux qui avaient souffert de crise cardiaque ou de perte d'acuité visuelle à cause du diabète.³⁸¹

En juillet 2007, le *Toronto Star* relatait cette histoire :

Une découverte décisive des chercheurs de l'Université McMaster pourrait radicalement changer la façon dont les scientifiques utilisent les cellules souches embryonnaires pour faire repousser les tissus et traiter le cancer. Une étude surprenante de McMaster a révélé que les cellules souches embryonnaires humaines – « les arrière-grands-mères » de toutes les cellules de notre corps – se construisent un cocon qui les nourrit et dirige leur capacité à se transformer en d'autres types de tissus. En manipulant les produits de ce minuscule placenta cellulaire, il pourrait être possible pour

les scientifiques de pousser les cellules souches à se transformer en tissus ou organes désirés, ou de stopper la croissance des tumeurs dans les cancers.³⁸²

Le potentiel des cellules souches (couplé au potentiel des nanotechnologies moléculaires) transforme certains futurologues, d'ordinaire cohérents, en un simulacre de pharaons de l'ancienne Égypte rêvant d'immortalité. Par exemple, la capacité croissante d'exercer la médecine à une nano échelle³⁸³ combinée à la technologie des cellules souches promet des surprises abasourdissantes. Le « Projet des Nanotechnologies émergentes » (un partenariat entre le *Woodrow Wilson International Center for Scholars* et les *Perw Charitable Trusts*) déclare sur son site Internet :

Imaginez un monde dans lequel les organes endommagés de votre corps – reins, foie, coeur – peuvent être encouragés à s'auto guérir. Imaginez des gens tragiquement paralysés dont la colonne vertébrale pourrait être réparée. Imaginez ceux qui souffrent des effets débilitants de la maladie de Parkinson ou d'Alzheimer soudain guéris de leurs symptômes de façon complète et permanente. Dans une théâtrale démonstration de ce que les nanotechnologies pourraient permettre en médecine régénérative, des souris de laboratoire paralysées à cause de blessures à la colonne vertébrale ont retrouvé l'usage de leurs pattes arrière six semaines après une simple injection d'un nanomatériau créé à cet effet.³⁸⁴

La nano médecine et les traitements à base de cellules souches représentent des espoirs énormes pour ceux qui

ont perdu des capacités comme pour les moins nécessiteux qui souhaitent rallonger leur espérance de vie naturelle. Il faut espérer que l'argent dépensé par ceux qui désirent se rajeunir et « vivre pour toujours » servira aux recherches afin de développer des traitements pour les paralysés et ceux qui souffrent de maladies aujourd'hui incurables.

Le futur transhumain de l'homme

Comme je le suggérais dans le chapitre intitulé « La Vie Quotidienne en 2030 », d'ici 25 ans les humains se connecteront directement au « super-web » via des interfaces neuronales, des nano ordinateurs intégrés à leurs corps et des systèmes de monitoring. Beaucoup d'entre nous auront des assistants virtuels – des personnalités logicielles – qui seront nos compagnons de tous les instants et nos aides.

Nous porterons la technologie sur et dans nos corps et nous aurons commencé à modifier notre propre biologie en utilisant le génie génétique, les cellules souches et la nano médecine – changeant ce faisant la notion d'être un humain... « Transhumain » et « transhumanisme » sont les termes qui ont déjà été proposés pour décrire le nouveau type d'humain, augmenté et amélioré, qui commencera à apparaître bien avant l'an 2030. Wikipedia explique le concept ainsi :

Le transhumanisme (parfois abrégé > H or H +) est un mouvement international intellectuel et culturel qui soutient l'utilisation de nouvelles sciences et

technologies pour améliorer les aptitudes et capacités mentales et physiques humaines et améliorer ce qu'il considère comme des aspects indésirables de la condition humaine comme la stupidité, la souffrance, la maladie, le vieillissement et la mort involontaire.³⁸⁵

Bien entendu, ces transhumains de plus en plus améliorés occuperont une planète sur laquelle les machines super-intelligentes auront récemment émergé. Ces deux nouvelles formes d'entités devraient certainement s'entendre, et certains futuristes parlent déjà de relations sexuelles et romantiques entre les humains et les personnalités informatiques.

Quelles que seront les relations entre humains améliorés et leurs compagnons robots, il est évident que nous devrions avoir des durées de vie largement augmentées, et nos enfants plus encore. Dans un article publié en 1993, « *The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era* » (« La Singularité À Venir : Comment survivre dans l'Ère Post-Humaine »), Vernor Vinge souligne cette observation sur l'extrême allongement de la durée de vie :

Un esprit qui conserve le même niveau de capacité ne peut vivre éternellement. Après quelques milliers d'années, il ressemblerait plus à un magnéto en boucle qu'à une personne. Pour vivre indéfiniment, l'esprit doit croître... et quand il a suffisamment grandi et qu'il regarde en arrière... quel sentiment d'empathie peut-il éprouver pour l'âme qu'il fut à l'origine ? Certainement l'être ultérieur serait tout ce qu'avait été l'être original, mais tellement plus.³⁸⁶

Avant de regarder vers le futur très lointain faisons un état des lieux de ce que devrait être la vie en 2030. La grande majorité de la population mondiale sera toujours en train de batailler pour gagner sa vie et nourrir sa famille. Les développements technologiques et la globalisation (si cette globalisation est poursuivie de façon éthique et durable) auront sorti des millions d'autres individus du dénuement le plus complet, mais pour la plupart des humains la vie sera assez proche de celle que nous connaissons, bien que les communications et les soins médicaux auront été largement améliorés.

Au-delà de la « Singularité » (qui devrait survenir autour de 2030), la vie sera très différente pour les gens riches des nations développées. Il est virtuellement impossible de prédire ce qui sera réalisable lorsque nous aurons des ordinateurs plus intelligents que les êtres humains (et qui commenceront à exiger des droits).

Dans son livre publié en 2007, intitulé *Beyond AI: Creating the Conscience of the Machine* (*Au-delà de l'IA : création de la conscience de la machine*), le Dr Storrs Hall tente de prédire certaines capacités qu'aurait une telle intelligence artificielle, (un « épihumain » est une machine avec une capacité juste au-dessus du niveau humain, un « hyperhumain » est une intelligence artificielle nettement plus intelligente qu'un humain) :

Imaginez une IA qui représente mille IA épihumaines, toutes imbriquées. Une telle intelligence serait capable de dépasser la communauté scientifique humaine dans la réalisation de n'importe quelle tâche

ou de comprendre tout le savoir scientifique dans son ensemble. Une IA hyperhumaine commencerait rapidement à s'auto améliorer plus vite que les humains ne le pourraient. Elle repérerait les béances de la science et de l'ingénierie pour promouvoir des avancées fulgurantes dans les capacités technologiques.

La communauté scientifique elle-même ne saisit pas encore combien d'espace de progrès possibles restent à faire concernant les capacités des technologies physiques actuelles. Des nanotechnologies matures, par exemple, pourraient remplacer tout le stock en capital – les usines, bâtiments, routes, voitures, camions, avions, et autres machines – des États-Unis en une semaine. Et cela juste en utilisant la science que l'on arrive à comprendre aujourd'hui et en rajoutant une pincée de développement dans le domaine de l'ingénierie.

Comment les humains réagiraient-ils face à l'arrivée sur Terre d'une telle intelligence, d'une telle super-capacité ? Nous ne le savons pas et ne pouvons le savoir. À plus long terme, je soupçonne, et ce depuis 40 ans, que les humains améliorés et la super-intelligence informatique fusionneront pour former une nouvelle espèce qui nous succédera. Une espèce non biologique qui pourra enfin s'étendre et coloniser le système solaire, et un jour, l'Univers. Je ne vois pas les personnalités informatiques super-intelligentes du futur comme des créatures terrifiantes, mais comme un produit naturel et une extension de nous-mêmes. Ce seront indéniablement nos enfants.

Hyperliens

- 1 <http://www.oed.com/>
- 2 http://www.un.org/esa/population/publications/longrange/long-range_working-paper_final.PDF
- 3 <http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/Papers/gkh1/chap1.htm>
- 4 http://www.panda.org/news_facts/publications/living_planet_report/index.cfm
- 5 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4148164.stm>
- 6 <http://www.penguin.co.uk/nf/Book/BookDisplay/0,,9780713999143,00.html>
- 7 http://lfpres.ca/newsstand/Business/Columnists/Canton_David/2007/07/23/4360951-sun.html
- 8 <http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=3895&language=1>
- 9 http://lfpres.ca/newsstand/Business/Columnists/Canton_David/2007/07/23/4360951-sun.html
- 10 <http://usinfo.state.gov/xarchives/display.html?p=washfile-english&y=2007&m=March&x=20070316120637lcnirelep0.8339044>
- 11 http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/human_pop/human_pop.html
- 12 <http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=20601100&sid=aOKnfZTFwtho&refer=germany>
- 13 <http://www.un.org/News/Press/docs/2007/pop952.doc.htm>
- 14 http://www.swissinfo.org/eng/front/detail/Immigration_to_boost_population_increase.html?siteSect=105&sid=7756322&cKey=1177585930000
- 15 http://www.aei.org/publications/filter.all,pubID.26040/pub_detail.asp
- 16 <http://edcoord.mit.edu/soapbox/viewtopic.php?p=63&>
- 17 <http://www.ipcc.ch/activity/wg2outlines.pdf>
- 18 <http://www.telegraph.co.uk/news/main.jhtml?xml=/news/2007/01/18/nclimate118.xml>
- 19 <http://www.australianoftheyear.gov.au/pages/page308.asp>
- 20 <http://www.theweathermakers.com/>
- 21 http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.htm
- 22 <http://www.earthinstitute.columbia.edu/grocc/documents/MunichReHurricanereport.pdf>
- 23 <http://www.abc.net.au/rn/scienceshow/stories/2006/1658637.htm>
- 24 <http://www.australiancoal.com.au/electricity.htm>

- 25 <http://www.theaustralian.news.com.au/story/0,20867,21201452-12250,00.html>
- 26 <http://www.dpi.vic.gov.au/dpi/nrenmp.nsf/childdocs/-F3E8F7FE27CEB5ABCA2570030000808E?open>
- 27 <http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2002/06/deaton.htm>
- 28 http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=E1_RRRDRJD
- 29 http://english.people.com.cn/english/200006/09/eng20000609_42650.html
- 30 http://english.people.com.cn/200202/03/eng20020203_89852.shtml
- 31 <http://www.spiegel.de/international/0,1518,457017,00.html>
- 32 <http://www.naisbitt.com/>
- 33 <http://www.foet.org/JeremyRifkin.htm>
- 34 <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTDECPROSPECTS/GEPEXT/EXTGEP2007/0,,menuPK:3016160~pagePK:64167702~piPK:64167676~theSitePK:3016125,00.html>
- 35 <http://www.nyu.edu/fas/institute/dri/Easterly/>
- 36 <http://www.csae.ox.ac.uk/members/biogs/collier.html>
- 37 <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0134.html>
- 38 <http://karmak.org/archive/2003/01/art0134.html>
- 39 http://en.wikipedia.org/wiki/Technological_singularity
- 40 http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/resource/media.shtml
- 41 <http://www.newscientist.com/channel/health/mg19325955.800-genomes-guardian-gets-a-tan-started.html>
- 42 <http://www.newscientist.com/channel/health/mg19526134.600-extra-genes-help-mice-keep-youthful-looks.html>
- 43 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/4075615.stm>
- 44 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/1229281.stm>
- 45 http://www.enquirer.com/editions/2004/07/25/loc_lungcancer25main.html
- 46 <http://www.telegraph.co.uk/news/main.jhtml?xml=/news/2007/04/09/npill09.xml>
- 47 http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/medicine/genetherapy.shtml
- 48 <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A16132-2004Oct7.html>
- 49 <http://edition.cnn.com/2006/HEALTH/conditions/04/03/engineered.organs/index.html>
- 50 <http://www.physorg.com/news94713415.html>
- 51 http://www.sciam.com/print_version.cfm?articleID=9ADFDA3D-E7F2-99DF-3FD9B26203EA60CD
- 52 <http://www.amazon.com/Extreme-Future-Trends-Reshape-World/dp/0525949380>
- 53 <http://www.umiacs.umd.edu/~allisond/>
- 54 <http://www.nickbostrom.com/revolutions.pdf>
- 55 <http://www.dreamcompany.dk/index.php?id=105>
- 56 <http://www.cifs.dk/en/>

- 57 http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2007/05/14/100008848/
- 58 http://www.research.bayer.com/edition_17/17_future_living_en.pdf
- 59 <http://www.cellular-news.com/story/21261.php>
- 60 <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=/c/a/2007/05/07/MNGNEPMD801.DTL&hw=Scientists+look+high+in+the+sky+for+power&sn=001&sc=1000>
- 61 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19526131.700-a-sunshade-for-the-planet.html>
- 62 <http://ieet.org/index.php/IEET/bio/hughes/>
- 63 <http://www.ieet.org/>
- 64 <http://www.newscientist.com/channel/life/mg19225780.076-the-big-questions-what-comes-after-ihomo-sapiensi.html>
- 65 <http://www.nickbostrom.com/superintelligence.html>
- 66 http://www.programresources.com/spkr/cetron_marvin.htm
- 67 http://www.allbookstores.com/author/Owen_Davies.html
- 68 <http://www.amazon.com/Probable-Tomorrows-Library-Marvin-Cetron/dp/078611181X>
- 69 <http://www.technologyreview.com/search.aspx?s=The+Promise+of+Personal+Supercomputers&Search.x=32&Search.y=11>
- 70 http://www.economist.com/business/displaystory.cfm?story_id=E1_RSRTQPV
- 71 <http://64.233.183.104/search?q=cache:tje0WmF-lGcj:ftp://reports.stanford.edu/pub/cstr/reports/csl/tr/82/232/CSL-TR-82-232.df+microprocessor+design+plastic&hl=en&ct=clnk&cd=5&gl=uk&client=firefox-a>
- 72 http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9013921&intsrc=hm_list
- 73 <http://www.nature.com/news/2007/070226/full/070226-10.html>
- 74 http://news.com.com/HP+touts+new+mold+for+the+chip+industry/2100-1008_3-6180595.html?tag=cd.top
- 75 <http://www.peak.sfu.ca/the-peak/2005-1/issue8/fe-future.html>
- 76 <http://www.useit.com/alertbox/980405.html>
- 77 <http://www.peak.sfu.ca/the-peak/2005-1/issue8/fe-future.html>
- 78 <http://instapundit.com/archives/025289.php>
- 79 http://www.economist.com/opinion/displaystory.cfm?story_id=E1_JDRDDNQ
- 80 <http://www.csail.mit.edu/biographies/PI/bioprnt.php?PeopleID=7>
- 81 <http://www.computerworld.com/mobiletopics/mobile/technology/story/0,10801,92806,00.html>
- 82 <http://www.fr.rentokil.com/en/solutions-and-services/our-solutions/rodent-prevention/mouse-radar/index.html>
- 83 <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1601/1/1/>
- 84 http://en.wikipedia.org/wiki/Web_2
- 85 <http://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>
- 86 <http://www.wikipedia.org/>

- 87 http://www.eu.socialtext.net/wikinomics/index.cgi?wikinomics_beyond_business
- 88 <http://www.hammond.co.uk/onlinehandbook.html>
- 89 <http://www.hammond.co.uk/onlinehandbook.html>
- 90 <http://discovermagazine.com/2007/jan/interview-minsky/>
- 91 <http://www.nickbostrom.com/superintelligence.html>
- 92 <http://www.abelard.org/turpap2/tp2-ie.asp>
- 93 <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0106.html?>
- 94 http://news.com.com/2100-11395_3-6160372.html
- 95 <http://www.ft.com/cms/s/c3e49548-088e-11dc-b11e-000b5df10621.html>
- 96 <http://www.hammond.co.uk/emergencepageandprologue.html>
- 97 <http://www.ssec.wisc.edu/~billh/homepage1.html>
- 98 <http://www.amazon.com/Beyond-AI-Creating-Conscience-Machine/dp/1591025117>
- 99 <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=873634.873639>
- 100 <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
- 101 <http://www.e-drexler.com/d/06/00/Nanosystems/toc.html>
- 102 http://www.trnmag.com/Stories/2003/071603/Electricity_shapes_nano_plastic_071603.html
- 103 <http://www.crichton-official.com/prey/>
- 104 http://en.wikipedia.org/wiki/Grey_goo
- 105 <http://www.kurzweilai.net/articles/art0596.html?printable=1>
- 106 http://smalley.rice.edu/smalley.cfm?doc_id=4855
- 107 <http://www.ostp.gov/PCAST/PCAST%203-3-03%20R%20Smalley%20Slides.pdf>
- 108 http://en.wikipedia.org/wiki/Technological_singularity
- 109 <http://mindstalk.net/vinge/vinge-sing.html>
- 110 http://bctim.wustl.edu/topics/topics.cfm?categories_id=110&id=319
- 111 <http://www.aleph.se/Trans/Global/Singularity/singul.txt>
- 112 <http://www.nanotechnology.com/blogs/stevedwards/2005/10/steve-edwards.html>
- 113 <http://www.21c.com.au/>
- 114 <http://www.victorianweb.org/science/butler.html>
- 115 http://www.edge.org/3rd_culture/dyson/dyson_p1.html
- 116 <http://www.grist.org/pdf/AbruptClimateChange2003.pdf>
- 117 http://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Schwartz_%28futurist%29
- 118 <http://www.gbn.com/PersonBioDisplayServlet.srv?pi=24790>
- 119 <http://www.gbn.com/PersonBioDisplayServlet.srv?pi=24790>
- 120 <http://observer.guardian.co.uk/international/story/0,6903,1153513,00.html>
- 121 <http://www.hammond.co.uk/extinctionpageandprologue.html>
- 122 <http://news.independent.co.uk/environment/article53630.ece>
- 123 http://www.ace.mmu.ac.uk/Resources/Fact_Sheets/Key_Stage_4/Ozone_Depletion/05.html

- 124 <http://www.smh.com.au/articles/2002/09/16/1032054763580.html>
- 125 <http://www.theweathermakers.com/>
- 126 <http://www.g8.gov.uk/servlet/Front?pagename=OpenMarket/Xcelerate/ShowPage&c=Page&cid=1078995903270&aid=1097485779120>
- 127 http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm
- 128 http://www.un.org/Pubs/chronicle/2007/webArticles/022107_stern_atUN.htm
- 129 <http://environment.guardian.co.uk/climatechange/story/0,,2017600,00.html>
- 130 <http://www.ft.com/cms/s/a8f0f6fe-cc03-11db-a661-000b5df10621.html>
- 131 <http://www.ipcc.ch/>
- 132 http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/IPCCSpecialReportonCarbondioxideCaptureandStorage.htm
- 133 <http://www.pik-potsdam.de/>
- 134 <http://www.noc.soton.ac.uk/>
- 135 <http://www.theweathermakers.com/>
- 136 <http://www.springerlink.com/content/04p1h2335775h222/>
- 137 <http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/pubs/brochures/COP9.pdf>
- 138 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/6228765.stm>
- 139 http://www.nytimes.com/2007/10/02/science/earth/02arct.html?_r=2&oref=slogin&ref=science&pagewanted=print
- 140 <http://www.evsc.virginia.edu/faculty/people/ruddiman.shtml>
- 141 http://www.nytimes.com/2007/03/21/washington/21cnd-gore.html?_r=1&hp&oref=slogin
- 142 <http://www.ethicalcorp.com/content.asp?ContentID=4782>
- 143 <http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=3872&language=1>
- 144 <http://www.globalcanopy.org/>
- 145 http://news.independent.co.uk/environment/climate_change/article2539349.ece
- 146 http://news.cheapflights.co.uk/flights/2007/01/ryanair_hits_ba.html
- 147 <http://www.csmonitor.com/2007/0220/p03s01-ussc.html>
- 148 <http://www.anba.com.br/ingles/noticia.php?id=14039>
- 149 <http://news.independent.co.uk/environment/article2062484.ece>
- 150 <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=/c/a/2004/05/14/BAGJG6LG3R15.DTL>
- 151 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/asia-pacific/2023371.stm>
- 152 <http://www.planetark.org/dailynewsstory.cfm/newsid/33779/story.htm>
- 153 http://www.foe.co.uk/resource/briefing_notes/monsanto_key_facts.pdf
- 154 <http://www.scidev.net/Opinions/index.cfm?fuseaction=readOpinions&itemid=622&language=1>
- 155 http://www.economist.com/business/displaystory.cfm?story_id=E1_RSRTQQQ
- 156 http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_monoxide

- 157 http://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen_oxide#NOx
- 158 http://www.who.int/whosis/mort/profiles/mort_euro_tur_turkey.pdf
- 159 http://english.people.com.cn/200702/20/eng20070220_351364.html
- 160 <http://www.skysails.info/index.php?L=1>
- 161 <http://www.gizmag.com/go/7262/>
- 162 <http://www.dti.gov.uk/files/file20263.pdf>
- 163 <http://www.tyndall.ac.uk/>
- 164 http://www.foe.co.uk/campaigns/climate/news/carbon_budget.html#report
- 165 <http://www.rcep.org.uk/aviation/av12-txt.pdf>
- 166 <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/010.htm>
- 167 *Time* 1988, v131n23, Jun 6, p. 62
- 168 http://www.foe.co.uk/resource/reports/living_carbon_budget.pdf
- 169 http://www.sbac.co.uk/community/cms/content/preview/news_item_view.asp?i=16440&t=0
- 170 http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=9283709
- 171 http://www.easyjet.com/EN/News/easyjet_ecojet.html
- 172 http://www.easyjet.com/EN/News/too_dirty_to_fly.html
- 173 <http://search.ft.com/iab?queryText=Airbus%20Call%20To%20Boeing%20On%20Green%20Jet%20Technology&y=9&a=1&cx=20&id=070615000078&location=hint%3A%2F%2Fsearch.ft.com%2FftArticle%3FqueryText%3DAirbus+Call+To+Boeing+On+Green+Jet+Technology%26y%3D9%26aje%3Dtrue%26x%3D20%26id%3D070615000078&referer=http%3A%2F%2Fsearch.ft.com%2Fsearch%3FqueryText%3DAirbus+Call+To+Boeing+On+Green+Jet+Technology>
- 174 <http://www.guardian.co.uk/environment/2006/oct/18/green.guardiansocietysupplement>
- 175 http://www.foe.co.uk/resource/press_releases/carbon_offsetting_18012007.html
- 176 <http://www.gizmag.com/go/7710/>
- 177 http://business.timesonline.co.uk/tol/business/industry_sectors/transport/article1765284.ece
- 178 <http://www.cs.bc.edu/~muller/teaching/cs021/lib/ClimateChange.pdf>
- 179 http://www.californiaprogessreport.com/2007/02/can_global_warm.html
- 180 <http://www.ft.com/cms/s/af264dbe-77f6-11db-be09-0000779e2340.html>
- 181 <http://news.independent.co.uk/world/americas/article2720076.ece>
- 182 Alistair Darling, Secretary of State for Energy, House of Commons May 23rd, 2007
- 183 <http://www.alertnet.org/thenews/newsdesk/SP143872.htm>
- 184 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19325975.600-its-lights-out-for-classic-household-bulb.html>
- 185 <http://www.euractiv.com/en/energy/germany-wants-energy-passport-buildings/article-163297>
- 186 <http://www.homeinformationpacks.gov.uk/consumer/>
- 187 'David Strong, presentation to the "Resource '05" conference, Building Research Establishment, Watford 15 September 2005.

- 188 House of Lords Select Committee on Science and Technology, 'Energy Efficiency' 5 July 2005, para 6.25.
- 189 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg18825246.400-how-green-is-your-house.html;jsessionid=IBPOAKDBADLF>
- 190 <http://tls.timesonline.co.uk/article/0,,25350-2633036,00.html>
- 191 http://www.foe.co.uk/campaigns/climate/big_ask/
- 192 <http://www.defra.gov.uk/news/latest/2007/climate-0313.htm>
- 193 http://www.foe.co.uk/resource/press_releases/joint_committee_on_draft_c_03082007.html
- 194 <http://www.ipcc.ch/>
- 195 http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=E1_JTVPVGJ
- 196 <http://www.plymouth.ac.uk/pages/view.asp?page=8332>
- 197 http://www.recordnet.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20070219/A_NEWS/702190331
- 198 <http://www.opcleansweep.org/>
- 199 http://www.economist.com/opinion/displaystory.cfm?story_id=9302727
- 200 U.S. Department of Energy 2005, the American Institute of Chemistry 2007.
- 201 <http://www.dnr.state.oh.us/recycling/plastics/code.htm>
- 202 http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=9249262
- 203 <http://www.iht.com/articles/2007/02/21/news/trashlondon.php>
- 204 http://www.edie.net/news/news_story.asp?id=12661&channel=0
- 205 <http://www.marksandspencer.com/gp/browse.html?ie=UTF8&node=54784031&no=51360031&mnSBrand=core&me=A2BO0OYVBKIQJM>
- 206 <http://www.newscientist.com/channel/life/mg19426035.900-recycled-plastic-to-get-clean-bill-of-health.html>
- 207 <http://www.newscientist.com/channel/life/mg19426035.900-recycled-plastic-to-get-clean-bill-of-health.html>
- 208 <http://www.recyclingtoday.com/news/news.asp?ID=11125>
- 209 Plastics *Europe* General Assembly June 14 2007
- 210 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19425981.400-packaging-unwrapped.html>
- 211 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/mg19425981.400-packaging-unwrapped.html>
- 212 <http://www.ilea.org/lcas/franklin1990.html>
- 213 <http://www.combusem.com/COMMONER.HTM>
- 214 <http://money.cnn.com/2007/01/10/magazines/fortune/zerowaste.fortune/index.htm>
- 215 <http://news.independent.co.uk/business/comment/article2470140.ece>
- 216 <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/highlights.html>
- 217 <http://www.eurasianet.org/departments/insight/articles/eav032707a.shtml>
- 218 <http://www.dieterhelm.co.uk/>

- 219 Professor Dieter Helm interview of BBC Radio 4's 'News At 6pm' May 14th 2007.
- 220 http://www.economist.com/world/europe/displaystory.cfm?story_id=E1_JDDJDQT
- 221 Conversation privée entre un membre de la Commission sur l'énergie de l'UE et l'auteur.
- 222 http://ec.europa.eu/energy/res/index_en.htm
- 223 <http://www.windaction.org/news/8403>
- 224 <http://www.energia.gr/indexenbr.php?newsid=13615&lang=en>
- 225 <http://www.capitalfm.co.ke/news/newsarticle.asp?newsid=1975&newscategoryid=1>
- 226 <http://www.pinsentmasons.com/media/191696781.htm>
- 227 http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=9217928
- 228 <http://www.iht.com/articles/ap/2007/03/22/business/EU-FIN-Eastern-Europe-Renewable-Energy.php>
- 229 James Canton "The Extreme Future"
- 230 http://www.iol.co.za/index.php?set_id=1&click_id=31&art_id=nw20070705145530152C685861
- 231 <http://www.guardian.co.uk/eu/story/0,,2029941,00.html>
- 232 http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=9719029
- 233 http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2007/04/02_nuclear.shtml
- 234 <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/story/0,,2083947,00.html>
- 235 http://www.foe.co.uk/resource/press_releases/government_publishes_energ_22052007.html
- 236 http://www.lbst.de/publications/articles2005/48_Zittel-AWEO_Rimini-29-Oct-2005.pdf
- 237 <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/coal.html>
- 238 <http://www.csmonitor.com/2004/0226/p01s04-sten.html>
- 239 <http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=402>
- 240 <http://www.businessweek.com/ap/financialnews/D8P4O7G00.htm>
- 241 <http://environment.guardian.co.uk/climatechange/story/0,,2106689,00.html>
- 242 http://www.worldcoal.org/environment_&_society.asp
- 243 <http://web.mit.edu/coal/>
- 244 <http://www.prdomain.com/companies/S/Siemens/newsreleases/200731439616.htm>
- 245 <http://www.newscientisttech.com/article/dn10478-geothermal-power-plants-could-also-consume-co2.html>
- 246 http://www.lbst.de/publications/articles2005/48_Zittel-AWEO_Rimini-29-Oct-2005.pdf
- 247 <http://www.ft.com/cms/s/2d97d75a-2e0c-11dc-821c-0000779fd2ac.html>
- 248 <http://www.guardian.co.uk/environment/2007/jul/26/recycling.carbonfootprints>
- 249 <http://www.guardian.co.uk/environment/2007/jul/26/recycling.carbonfootprints>
- 250 http://www.foe.co.uk/resource/reports/living_carbon_budget.pdf

- 251 http://www.gulf-times.com/site/topics/article.asp?cu_no=2&item_no=136567&version=1&template_id=48&parent_id=28
- 252 <http://www.betterhomebetterplanet.com/index.php?mode=about>
- 253 <http://www.corporate.basf.com/en/sustainability/presse/pm.htm?pmid=2632&id=V00-UL.NeAT1Tbcp3gc>
- 254 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4299876.stm>
- 255 <http://www.nytimes.com/2007/05/10/technology/10blue.html>
- 256 http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&taxonomyId=14&articleId=9024451&intsrc=hm_topic
- 257 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/2077986.stm>
- 258 http://news.com.com/Coming+soon+Cars+that+get+100+miles+per+gallon/2100-11389_3-6064584.html
- 259 http://www.sustainabilityinstitute.org/dhm_archive/index.php?display_article=vn560supercared
- 260 <http://www.euractiv.com/en/energy/analysis-efficiency-coal-fired-power-stations-evolution-prospects/article-154672>
- 261 <http://www.technologyreview.com/Energy/18211/page1/>
- 262 http://smalley.rice.edu/smalley.cfm?doc_id=4855
- 263 http://www.amazon.com/Singularity-Near-Humans-Transcend-Biology/dp/0143037889/ref=pd_bbs_sr_1/104-7962606-9738369?ie=UTF8&s=books&qid=1179331027&sr=1-1
- 264 <http://adsabs.harvard.edu/abs/1980STIN...8115208K>
- 265 http://www.iset.uni-kassel.de/pls/w3isetdad/www_iset_page.show_menu?p_lang=ger
- 266 http://www.economist.com/science/displaystory.cfm?story_id=9539765
- 267 http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=E1_RSGGDQV
- 268 <http://www.cleantechblog.com/reports-trends2007.php>
- 269 http://www.economist.com/world/na/displaystory.cfm?story_id=E1_JTQJRRN
- 270 http://www.economist.com/opinion/displaystory.cfm?story_id=E1_RJGDQTN
- 271 <http://www.cleantechblog.com/2007/05/gas-misers-or-corn-guzzlers.html>
- 272 'Costing The Earth,' BBC Radio 4, May 18, 2007
- 273 <http://www.reuk.co.uk/What-is-Jatropha.htm>
- 274 <http://www.ft.com/cms/s/6dd5256a-261a-11dc-8e18-000b5df10621.html>
- 275 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3746554.stm>
- 276 'Costing The Earth,' BBC Radio 4, May 18, 2007
- 277 <http://www.peopleandplanet.net/doc.php?id=2596>
- 278 <http://www.solazyme.com/>
- 279 <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?file=/c/a/2007/03/04/MNG2EOF85M1.DTL&type=printable>
- 280 <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/03/20/AR2007032001634.html>
- 281 http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=9217928

-
- 282 <http://www.york.ac.uk/res/celp/webpages/projects/foe/fullreportfinal.pdf>
- 283 <http://environment.newscientist.com/channel/earth/energy-fuels/mg19325861.400;jsessionid=JAPAGBJLNPA>
- 284 http://www.economist.com/business/displaystory.cfm?story_id=E1_RJPVDNT
- 285 <http://www.power-technology.com/projects/middelgrunden/>
- 286 http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=9217928
- 287 <http://www.iop.org/EJ/abstract/0268-1242/17/12/306/>
- 288 <http://www.apsl.org.uk/?tabid=887>
- 289 <http://news.softpedia.com/news/Danish-Researchers-Announce-a-New-Type-of-Plastic-Solar-Panels-4973.shtml>
- 290 <http://www.engadget.com/2006/12/06/solar-cell-breakthrough-40-efficiency-achieved/>
- 291 <http://www.engadget.com/2006/12/06/solar-cell-breakthrough-40-efficiency-achieved/>
- 292 <http://www.physorg.com/news8236.html>
- 293 <http://www.scenta.co.uk/Home/1579885/nanotech-breakthrough-wins-prize.htm>
- 294 <http://www.technologyreview.com/Energy/18415/>
- 295 http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=E1_RSGGDQV
- 296 http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?tp=&number=496594&isnumber=10685
- 297 http://www.dlr.de/tt/institut/abteilungen/system/projects/all_projects/Projektbeschreibung_MED-CSP/Final_Report_PDF/MED-CSP_Full_report_final.pdf
- 298 http://www.trec-uk.org.uk/reports/TRANS-CSP_Full_Report_Final.pdf
- 299 <http://physorg.com/news103997338.html>
- 300 <http://www.technologyreview.com/Energy/19044/>
- 301 Dans une note du professeur I.M. Dharmadasa à l'attention de l'auteur.
- 302 <http://www.commutercars.com/h2/>
- 303 http://news.com.com/Producing+hydrogen+with+water+and+a+little+metal/2100-11392_3-6184879.html
- 304 <http://www.scidev.net/Features/index.cfm?fuseaction=readFeatures&itemid=604&language=1>
- 305 <http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00501/index.html?lang=en>
- 306 <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/article1782183.ece>
- 307 <http://www.theaustralian.news.com.au/story/0,20867,21228619-30417,00.html>
- 308 <http://www.theweathermakers.com/>
- 309 http://www.economist.com/world/international/PrinterFriendly.cfm?story_id=9086536
- 310 <http://news.scotsman.com/scotland.cfm?id=410762007>
- 311 http://www.nytimes.com/2007/04/30/business/30energy.html?_r=2&ref=business&oref=slogin&oref=slogin
- 312 http://bioenergyuiuc.blogspot.com/2007_03_01_archive.html

- 313 http://www.greenoptions.com/blog/2007/03/16/man_lives_pollution_free_in_first_solar_hydrogen_house
- 314 <http://www.newwritingpartnership.org.uk/nwp/site/writer.acds?context=1515049&instanceid=1943106>
- 315 <http://www.sandia.gov/news/resources/releases/2007/rapid-fire-pulse.html>
- 316 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4627237.stm>
- 317 <http://secondlife.com/>
- 318 www.myspace.com
- 319 www.3b.net/
- 320 www.facebook.com
- 321 http://secondlife.com/whatis/economy_stats.php
- 322 <http://www.technologyreview.com/Infotech/18911/>
- 323 <http://arts.guardian.co.uk/art/architecture/story/0,,2121879,00.html>
- 324 http://news.com.com/IBMs+chief+steps+into+Second+Life+for+incubator+launch/2100-1014_3-6135109.html
- 325 <http://www.wired.com/wired/archive/9.12/surveillance.html>
- 326 http://news.bbc.co.uk/1/hi/wales/north_east/6224383.stm
- 327 <http://www.vonnegutweb.com/playerpiano/index.html>
- 328 <http://www.eff.org/effector/effect04.01>
- 329 <http://visionarymarketing.com/handytrust.html>
- 330 <http://www.smh.com.au/news/biztech/virtual-property-queen-reaps-the-rewards/2006/11/27/1164476080388.html>
- 331 <http://www.allbusiness.com/professional-scientific/scientific-research/485110-1.html>
- 332 <http://www.technologyreview.com/Nanotech/18841/>
- 333 <http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/green/docs/plastics.pdf>
- 334 <http://physorg.com/news101050050.html>
- 335 http://www.economist.com/science/displaystory.cfm?story_id=9581334
- 336 http://findarticles.com/p/articles/mi_m0HFI/is_6_53/ai_86204880
- 337 http://www.research.philips.com/technologies/syst_softw/robotics/index.html
- 338 <http://www.technologyreview.com/Infotech/19102/>
- 339 <http://www.telegraph.co.uk/connected/main.jhtml?view=DETAILS&grid=&xml=/connected/2007/02/18/nrobot18.xml>
- 340 http://www.economist.com/science/displaystory.cfm?story_id=E1_RRQSRQG
- 341 <http://www.grameenphone.com/>
- 342 <http://spicyipindia.blogspot.com/2007/05/fishing-for-technology-or-vice-versa.html>
- 343 http://www.economist.com/world/africa/displaystory.cfm?story_id=9304146
- 344 <http://www.guardian.co.uk/science/story/0,,2064170,00.html>
- 345 <http://world.honda.com/ASIMO/>
- 346 <http://www.engadget.com/2006/09/28/south-korean-gun-toting-sentries-to-protect-serve/>

- 347 http://www.gcn.com/online/vol1_no1/25187-1.html
- 348 http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=7001829
- 349 <http://ro-man2006.feis.herts.ac.uk/>
- 350 <http://www.guardian.co.uk/science/story/0,,1860837,00.html>
- 351 <http://www.newscientisttech.com/channel/tech/mg19426046.300-selfaware-robot-tums-mirror-on-humankind.html>
- 352 <http://www.physorg.com/news91372110.html>
- 353 <http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/sciam.inherit.html>
- 354 http://www.nytimes.com/2007/06/03/weekinreview/03harm.html?_r=2&ref=science&oref=slogin&oref=slogin
- 355 http://www.fmiclinic.com/learn_more/terry_grossman.php
- 356 <http://www.fantastic-voyage.net/>
- 357 <http://www.reason.com/news/show/121638.html>
- 358 <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A11564-2004Oct6.html>
- 359 <http://user.demogr.mpg.de/jvw/pdf/AmActJournal2002.pdf>
- 360 <http://www.ft.com/cms/s/2a21ad9a-2ff0-11dc-a68f-0000779fd2ac.html>
- 361 www.lipitor.com
- 362 http://www.mypharmacy.co.uk/health_products/products/o/omron/blood_pressure_monitors/omron_rx3.htm
- 363 <http://www.fantastic-voyage.net/>
- 364 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/1552211.stm>
- 365 http://news.bbc.co.uk/1/hi/england/north_yorkshire/6645923.stm
- 366 <http://www.medick.com/mhm100>
- 367 <http://www.bionicear.org/>
- 368 <http://www.abc.net.au/science/news/stories/s1342345.htm>
- 369 <http://www.news.wisc.edu/13471>
- 370 <http://www.newscientisttech.com/channel/tech/dn11226-nanotubes-smuggle-antihiv-molecules-into-cells.html>
- 371 <http://media.www.jhunewsletter.com/media/storage/paper932/news/2007/04/12/Science/Plastic.Robot.Allows.Remote.Surgery.With.Live.Imaging-2839595.shtml>
- 372 <http://www.newscientist.com/channel/being-human/mg19325941.700-skin-colour-cracking-the-genetic-code.html;jsessionid=HGILLDPALHMD>
- 373 <http://www.medicalnewstoday.com/healthnews.php?newsid=71178>
- 374 <http://www.nickbostrom.com/cognitive.pdf>
- 375 <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/2932561.stm>
- 376 <http://www.nickbostrom.com/cognitive.pdf>
- 377 <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/science/article1690544.ece>
- 378 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8603652&dopt=Abstract
- 379 <http://www.ia.ucsb.edu/pa/display.aspx?pkey=1571>
- 380 <http://www.nickbostrom.com/cognitive.pdf>

-
- 381 <http://www.technologyreview.com/Biotech/18704/>
- 382 <http://www.thestar.com/News/article/234789>
- 383 <http://www.scienceblog.com/cms/nanotechnology-offers-hope-spinal-cord-diabetes-parkinsons-13064.html>
- 384 <http://www.nanotechproject.org/114>.
- 385 <http://en.wikipedia.org/wiki/Transhumanism>
- 386 <http://www-rohan.sdsu.edu/faculty/vinge/misc/singularity.html>