



Vivre dans un monde sans croissance Quelle transition énergétique ?

Michel J.F. Dubois

► To cite this version:

Michel J.F. Dubois. Vivre dans un monde sans croissance Quelle transition énergétique ?. 2016, 978-2-220-07983-7. hal-04380659

HAL Id: hal-04380659

<https://hal.science/hal-04380659>

Submitted on 8 Jan 2024

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

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

Vivre dans un monde sans croissance

Quelle transition énergétique ?

Michel J.F. DUBOIS

2016

Du même auteur :

Du haut du rocher de Prométhée, in *L'entreprise en débat dans la société démocratique*, ouvrage collectif, dir. Blaise Ollivier et Renaud Sainsaulieu, Paris, Éditions Sciences Po, 2001.

La transition énergétique – vivre dans un monde fini, Paris, DDB, col. « l'époque en débat », 2009.

L'homme est-il un objet quantique ?, avec Dominique Laplane, in *Repenser l'humain : la fin des évidences*, ouvrage collectif, dir. Jean-Baptiste Lecuit et Jean-Luc Blaquart, Paris, L'Harmattan, 2010.

Le rire de Sisyphe, contes philosophiques, éditions Baudelaire, Lyon, 2012.

Aux portes des cieux, contes philosophiques, éditions Baudelaire, Lyon, 2012.

La Saga des cent-mots, roman, Paris, Thélès, 2013.

Le vivant et l'indéterminé – Tome 1 – action intentionnelle, cerveau et physique quantique, Éditions Universitaires Européennes, 2013.

Le vivant et l'indéterminé – Tome 2 – les modalités de l'action intentionnelle, Éditions Universitaires Européennes, 2014.

La métaphore et l'improbable – émergence de l'esprit scientifique ?, Paris, L'Harmattan, 2015.

Prologue à la nouvelle édition

Cette nouvelle édition du livre publié en 2009 devait prendre en compte les évolutions considérables qui ont eu lieu depuis. Il reste que le but de ce livre n'est pas de donner des recettes ou de proposer des scénarios ; il est d'aider les acteurs à réfléchir sur leurs actions, à intégrer les tendances lourdes de l'évolution humaine, à situer la problématique dans une vision qui s'enracine dans le temps profond.

Il existe de nombreux scénarios qui aident à réfléchir aux conséquences des différents choix. Mais les présupposés des scénarios divers doivent aussi être critiqués. Si les présupposés s'opposent à des comportements ou des choix de vie collectifs qui ne sont pas dits, on ne voit pas comment ils pourraient décrire une virtualité qui se concrétisera. Par exemple, les choix danois ou allemands n'avaient pris en compte ni les taux de charges réels des énergies éoliennes et solaires ni la substituabilité de leur production en cas d'absence de vent ou de soleil. En conséquence, leur utilisation d'énergie fossile reste largement majoritaire.

Il est important de comparer des choses comparables. On parle de la production de GES de l'agriculture sans prendre en compte le cycle naturel du carbone. En état stable sans stockage ni déstockage de carbone, les surplus importants de GES agricoles, quelle que soit la production agricole, dépend de l'entrée d'énergie fossile, directe ou indirecte (intrants), dans le système. Une forêt peut être un puits de carbone ; mais si le bois produit est utilisé pour le chauffage, le bilan sur longue période ne dépendra que du stockage/déstockage dans le sol.

En dernier lieu, la croissance exponentielle du nombre des acteurs s'impliquant dans la transition énergétique conduit à réfléchir aussi à l'effet systémique d'actions multiples dont la coordination ne reste possible que par une approche probabiliste. La transition énergétique, dans le sens très large décrit ici, aura lieu, quoiqu'il advienne. Mais elle peut prendre de très nombreux aspects différents. Une vision la plus large possible ne devrait évacuer *a priori* aucune possibilité, et admettre une pluralité à la fois des niveaux d'action et de rétrocontrôle. Un dogme sur la transition énergétique est une erreur de fond.

Préface

« Le Prométhée définitivement déchaîné, auquel la science confère des forces jamais encore connues et l'économie son impulsion effrénée, réclame une éthique qui, par des entraves librement consenties, empêche le pouvoir de l'homme d'être une malédiction pour lui » (Hans Jonas)

Je sais bien mais quand même...

Cet ouvrage s'inscrit dans un questionnement sur les effets écologiques et sociaux d'une croissance devenue préoccupante à l'échelle de la planète. L'auteur entend participer aux débats en cours sur les problèmes socio-économiques et environnementaux qui en découlent, et prendre part aux analyses et aux avancées nécessaires pour penser les évolutions à venir.

Le livre part d'un constat physique : un seuil a été franchi, le monde aujourd'hui se heurte au mur des limites de la planète; l'épuisement des ressources montre que l'humanité est capable d'abolir les conditions indispensables à sa survie. Certaines ressources sont déjà détruites, entraînant une irréversibilité quant à la réponse aux besoins du présent et surtout pouvant compromettre la possibilité des générations futures à satisfaire les leurs. La croissance qui nous a portés accumule les risques, à tel point que des « catastrophes naturelles » sont aujourd'hui imputables à nos activités humaines. C'est ainsi qu'après avoir exploité les richesses de la terre, l'expansion humaine menace aujourd'hui les ressources vitales. Cette situation anthropologique inédite, qui nous met devant la nécessité de penser et d'agir, conduit l'auteur à faire des propositions qui ont toutes pour but de rendre possible une métamorphose nécessaire, d'ordre psychique et social : inscrire nos actes et nos décisions dans une acceptation de la finitude.

En tant que scientifique, l'auteur reconnaît la valeur des réalisations de la science et de ses applications parce qu'elle est indissociable de l'émergence de la recherche rationnelle et du

déploiement de nos capacités inventives. Mais aujourd'hui que l'environnement et la biosphère se dégradent au rythme de notre expansion, c'est le philosophe qui ne veut pas esquiver l'interrogation sur les finalités : quelles priorités, pour quelles décisions et pour répondre à quelle fin ? Ce sont nos modes de vie et l'ensemble de l'organisation économique qui doivent être repensés pour dépasser une situation critique qui est *in fine* d'essence politique. Mais comment (re)trouver la créativité, l'imagination, la passion de tous pour les affaires communes ?

L'auteur propose une approche de la *polis* fondée sur la participation de tous : que chacun puisse partager l'exigence démocratique qui consiste à « mettre ensemble la vie collective en situation d'alerte, d'expérience, d'exploration des retombées imprévisibles de nos actions communes » (Dewey) ; et que ces délibérations sur les choix à opérer se fassent non plus sur fond de maîtrise de notre domination de la terre, mais sur la base de la reconnaissance de notre dépendance à la nature et de notre responsabilité vis-à-vis du vivant. Toutefois, un tel projet nécessite de ne pas sous-estimer les pesanteurs humaines et sociales contenues dans le débat démocratique lui-même. Car, au-delà des intentions égalitaires et des structures formelles de participation, l'expérience du débat est une scène conflictuelle où les rapports humains passent par une succession d'ajustements mutuels qui sont toujours à resituer dans le jeu des pouvoirs et des alliances. Il oblige, également, à renoncer à l'illusion d'un développement infini et illimité. Or, force est de constater que notre aptitude à l'autolimitation est loin d'être acquise. Il nous suffit d'évoquer la résistance à la mise en place de régulations, la négation des transformations (« peak oil », changement climatique...), le refus de toute réglementation comme entrave au développement. Ce refus des limites trouve son illustration dans le dévoiement de certaines démarches qui aboutissent à vider les règles de droit de leur sens au profit d'une régulation orientée vers la seule valeur de l'efficacité.

Par ailleurs, bien que les façons de produire et de consommer de l'occident ne peuvent être étendues à toute la planète, nombreux sont ceux qui préfèrent considérer que l'augmentation indéfinie de la production et de la consommation est nécessaire au développement de tous, en rêvant toujours de modernité conquérante et de moyens techniques libérateurs. Cette conviction survit au démenti de l'expérience, laissant se déployer une pensée dont la formule célèbre du psychanalyste Octave Mannoni, « je sais bien mais quand même », montre ce double processus d'une perception de la réalité et de son désaveu. À cela s'ajoute des effets d'idéalisation qui conduisent à penser que la croissance contient les moyens de pallier les dommages qu'elle produit, et que toute détérioration des ressources naturelles trouvera *forcément*, par des effets « autocicatrisants » (Polyani), sa réplique dans de nouveaux aménagements technologiques.

Comment sortir de cette croyance dans la marche irrésistible du progrès et de l'idéalisation de la toute maîtrise rationnelle ? L'auteur nous encourage à accepter l'incomplétude et l'incertitude des savoirs scientifiques. Il défend une rationalité autocritique qui permet de percevoir nos carences et nos illusions et de sortir d'une pensée trop mécaniste. C'est sur la voie d'une pensée utopique qu'il nous conduit, mais une utopie qui prend la forme de l'épreuve, du tâtonnement, de l'ajustement, de l'indéterminé pour trouver « des façons à la fois socialement utiles et écologiquement prudentes de la mise en valeur des ressources naturelles » (Sachs). Ainsi en est-il du développement d'un projet à l'échelle de l'Europe. L'auteur postule que la capacité à formuler un dessein de transformation à dimension planétaire pourrait rejoindre les aspirations d'Européens rendus sceptiques par les décisions trop exclusivement économiques de ses représentants. Non pas une Europe moralisatrice qui montrerait le chemin, mais une Europe consciente de ses manques et des problèmes qu'elle a contribué à créer pour elle-même et pour les autres ; une Europe qui pourrait apporter sa contribution en se fondant sur la diversité de ses membres et la communauté de ses atouts intellectuels, scientifiques et culturels.

Le lecteur approche, par cet ouvrage, les différentes questions soulevées dans leur profondeur historique. Il trouve des repères dans les connaissances mises à sa disposition pour interpréter la complexité actuelle, à partir d'une mise en relation de registres trop souvent cloisonnés.

Sommes-nous capables de nous détacher d'une relation purement utilitariste avec la nature ? Sommes-nous prêts à laisser respirer la terre et à trouver les moyens d'une cohabitation soutenable avec la planète ?

Ce citoyen, que nous sommes, auquel s'adresse Michel Dubois, n'est pas un individu pris en otage dans un réquisitoire ou placé au cœur d'une polémique dont il se sentirait exclu ; il est sujet réflexif, convié par un « biologiste-conteur » à renouer avec une planète qui est aussi un univers métaphorique et sensible.

Dans son livre « Cinq méditations sur la beauté », François Cheng imagine une conversation entre un scientifique de culture occidentale et un lettré chinois imprégné de culture taoïste. Celui-ci ayant parlé en poète de la beauté de la montagne, s'entend répondre par son interlocuteur : « la montagne que tu as tant aimée n'était à l'origine qu'un accident de terrain causé par le mouvement tellurique. L'Himalaya dont tu dis qu'il inspire une vénération sacrée, résulte du choc terrible des continents à la dérive ». À quoi le lettré répond : « Je vois la chose autrement. Je crois au souffle qui anime le mouvement tellurique ; et je sais gré à ce souffle de

ne pas avoir laissé la terre plate et lisse comme une planche... Je lui sais gré d'avoir suscité la montagne qui porte haut la vie... ».

D'un côté la réduction du réel à ce qui peut en être expliqué pour être maîtrisé (la montagne n'est que... le produit d'une cause...) effaçant la subjectivité du regardant; de l'autre la sensibilité à la beauté des choses, la présence à soi, l'accès à la reconnaissance (je sais gré...).

C'est aussi par le recours aux récits et aux métaphores qui spécifient l'humain, que les sociétés s'affrontent à la limite, à la finitude.

Annie Charlotte GIUST-OLLIVIER,
Directeur du Centre ESTA
(Centre d'études psychosociologiques et
travaux de recherche appliquée)

À mes fils, Grégoire, Vital, Raphaël,
et à tous les jeunes qui auront à transformer
ce monde avec et malgré le legs de leurs parents.

La liberté ce n'est pas seulement l'âne de Buridan qui choisit entre deux tas de foin. La liberté, c'est l'activité. Et c'est une activité qui en même temps s'autolimité, c'est-à-dire sait qu'elle peut tout faire mais qu'*elle ne doit pas tout faire*. C'est cela le problème, pour moi, de la démocratie et de l'individualisme.

Cornelius Castoriadis,

Post-scriptum sur l'insignifiance

Fais que l'affliction et le bonheur, la perte et le gain, la victoire et la défaite, te soient égaux, puis jette-toi dans la bataille.

Bhagavad-Gîtâ, 2, 38

Introduction

Nous abordons l'expérience des limites de notre expansion planétaire, un fait sans équivalent durant les derniers six cents millions d'années de l'histoire du vivant. Depuis que la vie s'est diversifiée et qu'existent les plantes et les animaux, aucune espèce n'avait réussi à créer une pression de sélection globale sur toute la biosphère. L'homme – terme qui signifie ici l'espèce humaine – a détruit ou limité presque tous ses concurrents qu'ils soient carnassiers, frugivores, herbivores, omnivores, terrestres, volants ou aquatiques. Il ponctionne le quart de la production de matière organique totale planétaire issue de la photosynthèse, pour ses besoins directs ou indirects. Son action modifie le climat. Il transforme les écosystèmes. Il vide la mer. Il prend tant de place qu'il agit sur les capacités de régénération et de régulation propres au vivant dont il a besoin pour vivre : transformation de l'écosystème planétaire, réchauffement climatique, extinction en cascade de très nombreuses espèces vivantes.

Cela ne lui suffit pas. Au début du XXI^e siècle, les énergies fossiles (pétrole, charbon, lignite, gaz), résultat des stockages biologiques réalisés à partir de l'énergie solaire, par les plantes et les bactéries, depuis des dizaines de millions d'années, voire quelques centaines de millions d'années, sont consommées à une échelle qui dépasse la totalité de la production primaire brute issue de la photosynthèse. L'extraction des énergies fossiles atteint son maximum. Nous ne pourrons, sauf diminution importante du niveau de consommation, la remplacer par la seule biomasse – dont il faudra maîtriser notre ponction – , de quelque nature qu'elle soit, dans une approche planétaire.

Cette dernière suffira pour nourrir la population, cibler d'autres usages spécifiques, et réguler l'écosystème. La production agricole dépend des énergies fossiles au point que sa production risque de baisser en cas d'énergie trop chère. Les énergies nouvelles renouvelables risquent de

ne pas être prêtes, quantitativement, à prendre le relais. La mer, épuisée, sera moins productive. Nous entrons dans la période de manque, telle que prévue par le célèbre rapport dit « du Club de Rome » écrit par une équipe du MIT (D. Meadows *et al.*) et publié en 1972, *The limits to Growth* (traduit en Français par : *Halte à la Croissance ?*), lequel n'est pas passé inaperçu. Traduit dans plus de trente langues, il dépassa quinze millions d'exemplaires. La situation- semble insoluble. Offrir à seulement cinq milliards d'habitants le niveau et le style de vie européens actuels – ou pire, américain –, est impossible avec les technologies d'aujourd'hui. Comme presque toute l'humanité en rêve, cette impossibilité est niée, nous préférons ne pas y penser.

La prise de conscience s'amplifie, associée à l'accroissement des connaissances scientifiques en climatologie, écologie et biologie. Mais pouvons-nous modifier rapidement la trajectoire du vaisseau « Humanité » ? Depuis dix ans, malgré des prises de position internationales, l'infléchissement n'a pas encore eu lieu selon des choix volontaires collectifs. Nous agissons comme si nous ne savions pas l'urgence alors qu'elle sans cesse de plus en plus affirmée. En 2004, parmi les pays signataires du protocole de Kyoto, très peu ont atteint l'objectif défini en 2001, mis à part les pays d'Europe de l'Est et la Russie, parce que leurs économies, en pleine reconfiguration, ont ralenti. Récemment, on assiste à une évolution positive de l'ensemble du monde dit développé ; mais c'est un trompe-l'œil lié à des délocalisations. En environ trente ans, nous devons réaliser un changement qualitatif sans précédent dans notre histoire. Ceux qui naissent aujourd'hui entrent dans la grande transition qui va s'opérer sur notre planète. Cette transition risque d'être douloureuse, quoique mobilisatrice, selon les moyens que nous mettons pour la réussir. Cela peut être une terrible crise économique, sociale, géopolitique, mais aussi une époque d'intense innovation.

La diète proposée ici est particulière. Elle revient à transformer une part de notre activité collective, de la consommation vers la formation, la recherche, le développement, l'innovation. Il s'agit d'accentuer l'effort dans les domaines dont la récompense est moins matérielle, mais plus riche humainement. Cela a un coût, mais, en revanche, le gain peut le dépasser largement. Dans l'histoire, aucun groupe humain n'a perdu un pari construit sur l'éducation, la formation, la recherche, l'innovation et la volonté de relever un défi apparemment insurmontable. Selon l'expression d'A. Toynbee, une civilisation n'est-elle pas le résultat d'un défi surmonté ?

Le catastrophisme de nombreux ouvrages vient du sentiment d'impuissance devant l'ampleur de la tâche et devant l'impression d'une impossibilité à infléchir l'évolution en cours. Le but de cet essai est de montrer que le défi actuel, condensé sous l'expression « transition énergétique », concerne chacun d'entre nous, autant que les experts, les entreprises et les

politiques. Il ne suffit pas de définir une ou des fiscalités nouvelles susceptibles d'orienter la consommation et de faire travailler chercheurs et experts sur les différents sujets présumés apporter une issue. Les solutions à trouver sont multiples et interdisciplinaires, locales et globales. Pour réussir, nous avons besoin d'une véritable mobilisation. L'action est urgente. Le monde est complexe, les pôles décisionnels paraissent inaccessibles, le problème est planétaire. Nous ne le résoudrons que par une créativité intense individuelle et collective, dans le cadre de démocraties participatives, à tous les niveaux des sociétés. L'attentisme nous conduira à des affrontements, sociaux ou entre peuples ou régions du monde.

L'objet de cet ouvrage est d'apporter des éléments pour favoriser des décisions adaptées. Le parti pris est d'éviter les explications trop techniques. De nombreux livres ont été publiés, et sont publiés sans cesse dans des domaines spécifiques : la fin du pétrole, les limites alimentaires tant agricoles qu'halieutiques, la démographie, la crise écologique et environnementale, le changement climatique, la crise des ressources en eau, les manques à venir en phosphate et terres rares, la menace technologique. Les données techniques, historiques, géographiques, biologiques, abondent et s'accroissent. Devant chaque problème, chaque expert propose une approche spécifique. Mais l'approche technocratique ou scientifique peut-elle suffire ? Le marché peut-il orienter les choix ? Sans orientation politique, les entreprises peuvent-elles apporter les solutions industrielles innovantes ? La fiscalité est-elle suffisante ? L'appel aux bons sentiments permet-il la mobilisation pour une action raisonnée et multiforme à la fois individuelle et collective ?

Nous devons trouver une voie qui évite deux écueils : d'un côté la toute-puissance affichée du discours technologique, et de l'autre le sentiment d'impuissance collective à faire changer une situation qui paraît trop complexe. Même si l'innovation technologique est indispensable, elle ne sera pas suffisante. Aucun expert n'a de solution qui réponde totalement à l'enjeu. C'est pourquoi, malgré l'ampleur, l'urgence et la complexité de la tâche, seule une approche démocratique participative, à tous les niveaux, nous permettra de réaliser un saut qualitatif pour traverser ce problème que l'humanité n'a jamais rencontré auparavant.

Évitons deux oppositions. D'un côté, produire plus d'énergie sans CO₂ ou consommer moins, et de l'autre développer plus de technologie ou revenir à un mode de vie frugal. De nombreux moyens différents permettent d'avoir besoin de moins d'énergie, indépendamment des solutions technologiques alternatives de production d'énergie. Ainsi, trois grandes actions peuvent être menées parallèlement : diminuer les besoins en énergie et en produits de la terre en modifiant notre comportement et l'organisation de la vie quotidienne, faire décroître ces besoins

par l'innovation technologique, trouver des sources d'énergie alternatives. Loin de tout passéisme, cette proposition est de changer d'échelle dans l'effort d'innovation collective, ce qui revient à remplacer une part de notre consommation collective à objectif individuel par un effort créatif collectif qui impliquerait chaque individu. Utopie ? Peut-être. Mais nous avons déjà réalisé bien des utopies. L'esclavage a quasi disparu alors qu'il était indispensable aux civilisations agraires, l'espérance de vie s'allonge sans cesse, l'analphabétisme recule, certains peuples ne savent plus ce qu'est la disette, les droits de l'homme s'imposent peu à peu. Cette nouvelle utopie est très particulière : elle s'adosse à une nécessité. Car quelles alternatives sont moins utopiques ? La décroissance volontaire ? La générosité spontanée ? La domination technocratique ou militaire ? Ce que nous proposons, c'est l'utilisation de l'énergie vitale, celle qui mobilise un peuple lorsqu'il est menacé.

Cette situation fait écho à deux grands moments de transformation de l'humanité. Lors du néolithique, forcés de choisir entre limiter la croissance de la population ou accroître la production alimentaire par l'agriculture, nos ancêtres ont pris, inconsciemment, la décision de la seconde alternative, ce qui est certes à l'origine de l'histoire et des civilisations, mais aussi des guerres, des famines, des épidémies et de la tyrannie. Puis au XVIII^e siècle, en Europe, alors que nos forêts disparaissaient, forcés de choisir entre limiter la population ou accroître les moyens de production en misant sur des énergies non renouvelables, plusieurs peuples européens ont pris, plus ou moins consciemment, la décision de la seconde alternative. Il en résulta une expansion économique, culturelle et intellectuelle impressionnante, plus ou moins prédatrice, qui a entraîné de nouveaux fléaux et maintenant l'atteinte de limites auparavant inconcevables. La crise actuelle est une vraie butée ; nous commençons à en être conscients. Nous savons, nous pouvons prendre en compte des leçons du passé, mais elles ne suffiront pas.

Croire que l'homme fut jadis le « gardien de la création » est, hélas, démenti par les faits. L'homme, depuis son émergence, est le prédateur de la nature. C'est l'effet du nombre et de la technologie qui augmente le poids de l'humanité au point de la mettre en danger. Des sociétés habiles, organisées, combatives, ont disparu après destruction de leurs ressources. L'Europe a connu au XIV^e siècle une grande peste, détruisant en dix ans plus du tiers de sa population et s'en est relevée en un siècle. Mais les civilisations qui meurent connaissent une sorte de vieillissement préalable durant laquelle les élites et le peuple sont en décadence. Au contraire, notre époque se caractérise par une innovation intense, y compris dans la relation à l'environnement, et ce, malgré nos prédatons. Ce n'est pas la décadence qui nous menace, c'est l'affrontement et l'autodestruction.

Ce texte est organisé en deux parties de quatre chapitres chacune. L'objet de la première partie est l'analyse des limites que nous rencontrons, celui de la deuxième est une proposition pour dépasser certaines impasses actuelles et accéder à un autre monde.

Dans les deux premiers chapitres sont analysées les habitudes qui nous amènent à des erreurs suicidaires, les croyances qui mènent à l'impasse, ainsi que les présupposés qui nous empêchent de résoudre les problèmes qui sont les nôtres. Même s'il y a de quoi être pessimiste, seule la compréhension de ces processus, pour la plupart inconscients ou même niés, nous permettra d'envisager leur transformation.

C'est dans les chapitres III et IV que sont décrits les grands problèmes que nous rencontrons. Ils sont tous connus, mais leur interaction est peu montrée. Ils sont multiples et exigent une approche plurielle. Ils concernent tous l'atteinte de limites, car l'homme, comme tout être vivant, mais de manière beaucoup plus accentuée et créative, se développe partout où il peut, jusqu'à heurter toutes les limites d'une existence en croissance permanente.

Les chapitres V et VI sont fondés sur deux partis pris. Il existe des solutions, même complexes et coûteuses, pour éviter un processus « darwinien » brutal d'affrontement entre sociétés concurrentes désireuses de ressources limitées. L'Union Européenne est, avant l'espace national, celui que les peuples européens doivent privilégier dans un esprit de coopération.

Le chapitre VII est consacré à la question de l'économie du programme de transition énergétique et le chapitre VIII tente de montrer qu'un tel programme exige une véritable mobilisation démocratique.

Pour plus de clarté, je préfère indiquer d'entrée d'où je parle. Ma formation d'origine est celle d'un biologiste et d'un ingénieur agroéconomiste. Elle a été enrichie par une expérience professionnelle dans les filières agroalimentaires. J'ai travaillé dans les biotechnologies végétales, je n'ai pas d'*a priori* contre leur développement, même si je peux être critique sur certains objectifs. Développer notre domestication du vivant ne me heurte pas, elle me semble conforme à l'histoire de l'homme depuis ses origines. Mais, comme souvent les biologistes et les agronomes, je suis un amoureux de la nature, j'éprouve des regrets lorsque je la vois dégradée et même des remords quand je ressens que j'y participe. Je n'aime pas que des espèces soient menacées dans leur existence, bien que je fasse passer le genre humain avant toute autre espèce vivante. Je suis de cœur et de sensibilité un écologiste, même si, pour des raisons que le lecteur comprendra au fil de la lecture, je me sens parfois éloigné de certaines positions prises par les mouvements politiques se référant à l'écologie, laquelle est d'abord une science.

J'ai passé la majeure partie de ma vie professionnelle en entreprise, autant en recherche

qu'en développement pour la terminer dans l'enseignement et la recherche. Sans estime particulière spécifique pour les dirigeants d'entreprise, je comprends néanmoins les problèmes avec lesquels ils se débattent. Une part de mon activité a été internationale, j'ai été confronté aux différences culturelles, qu'elles concernent la langue, l'histoire, les coutumes et les croyances, où les métiers. Ayant été dans des structures protégées, dans des structures instables, voire éphémères, ayant rencontré de nombreuses personnes des services publics, j'ai éprouvé et expérimenté que la protection peut être une condition de la créativité. Tout en ayant de la considération pour les entrepreneurs qui prennent des risques pour développer ce à quoi ils croient, je conserve mon esprit critique vis-à-vis de l'innovation et je ne crois pas qu'entreprendre soit une valeur suffisante en soi ; la finalité de l'action doit toujours être questionnée.

Après avoir acquis une culture philosophique et terminé une thèse en philosophie sur le problème de l'action intentionnelle, je suis arrivé à des conclusions qui privilégient une approche, que je qualifierais de probabiliste, de la créativité et du vouloir humains, conclusion consonante avec les théories de l'évolution du vivant. La créativité est notre atout, quoique souvent auto-réprimée. Si je ne crois pas qu'une économie globalement planifiée puisse réussir, je ne crois pas non plus que le marché puisse permettre d'optimiser l'utilisation de ressources limitées, à renouvellement lent ou pire, nul, et je donnerai quelques exemples qui m'ont conduit à cette conclusion. Par ailleurs, je me suis intéressé à la psychosociologie, discipline récente et au cœur de la complexité des sociétés. C'est ce contact qui a été l'élément déclenchant du désir d'écrire cet ouvrage, tant il m'est apparu que l'origine de nos problèmes est en nous, et que, même si nous savons maintenant que ni le volontarisme politique ni la volonté personnelle ne suffisent à nous transformer, nous avons néanmoins des capacités de changement étonnantes, devenues aujourd'hui à la fois un atout et une nécessité.

Première Partie

LE TEMPS DU MONDE FINI A DÉJÀ COMMENCÉ

La stupeur du nénuphar

Le nénuphar se développe sur un immense étang, calme et tiède, bénéficiant d'un soleil généreux. Il double sa surface chaque jour, produisant de nouveaux rhizomes et étalant sur l'eau ses larges feuilles rondes, parmi lesquelles sont disséminées des fleurs solitaires blanches. Depuis quarante-neuf jours, il a crû sans cesse. Il vient de couvrir la moitié de l'étang. Quand aura-t-il couvert la totalité ?

La réponse est... le cinquantième jour ! C'est à dire le jour suivant.

Si nous posions au nénuphar la question des limites de l'étang durant le quarante-cinquième jour de sa croissance, il dirait qu'il ne les connaît pas; il n'a jamais vécu qu'un état d'abondance, l'environnement est manifestement illimité. Ce jour-là, il n'a guère couvert plus de 3 % de la surface, il ignore le reste. Si nous lui posions la question durant son quarante-huitième jour, peut-être nous dirait-il que les différentes sentinelles, les fleurs qui s'épanouissent aux bordures de sa croissance, ont rapporté des événements troublants. Il semblerait que l'étang ait des limites. Ces observateurs auraient pu dire, à l'instar de Paul Valéry en 1945 : « Le temps du monde fini commence ». Mais nul n'imaginerait en tenir compte. Certains auraient insisté durant le quarante-neuvième jour sur l'aspect stupéfiant de cette vitesse du rétrécissement, mais chaque partie aurait continué à s'occuper d'elle-même, à créer de nouveaux rhizomes, à produire de nouvelles fleurs.

Ce n'est sans doute qu'au début du cinquantième jour, comme la surface libre de l'étang diminue à une vitesse jamais vue, que le nénuphar aurait été frappé de stupeur. Jusqu'à ce moment, il n'aurait pensé qu'à croître avec insouciance, chaque tige se développant pour elle-même. Mais à la fin de cette journée, que va-t-il se passer quand toute la surface sera couverte et qu'aucun autre être vivant de l'étang ne recevra plus la lumière du soleil ?

I

Les habitudes ancestrales

Où l'on voit que les habitudes ancestrales qui ont été des avantages durant l'histoire humaine ne sont plus adaptées à la situation nouvelle.

La propension à déplacer les questions non résolues

Même s'il s'agit d'une fiction, on peut imaginer que, devant la réduction de la grande forêt dans laquelle ils vivaient, les ancêtres des premiers hominidés ont été repoussés en bordure de forêt. La vie en compétition, dans une forêt qui diminue et se fragmente, laisse les plus faibles dans les lieux les moins convoités. Obligés de quitter les arbres les plus centraux, ils s'aventurent en terrain non couvert et doivent se redresser pour observer les prédateurs... Ils ont déplacé le problème de la domination des plus forts vers l'affrontement à l'inconnu de la savane arborée. Déplacer donne du temps et permet d'oublier une question non résolue, ici la compétition intra spécifique. Cette façon de faire trouve sa source dans le comportement des êtres vivants. L'homme en a fait un art dont, mieux que toute autre espèce, il est devenu un maître.

C'est d'abord un déplacement physique. Il se serait passé moins de cent mille ans pour que l'espèce humaine actuelle, de l'Afrique, s'étendît sur toute la surface du globe. À l'époque historique moderne, les peuples européens sont partis à la conquête d'espaces vingt fois plus grands que leur espace d'origine. La croissance démographique européenne, les besoins du commerce, voire le bannissement de sujets indésirables, et, dans certains cas, le besoin de liberté, ont conduit à des migrations importantes. Les populations qui vivaient sur ces territoires immenses ont connu un effondrement démographique, dû aux maladies plus qu'aux massacres. Si les peuples européens n'avaient pas émigré en grand nombre vers ces terres, quelle serait aujourd'hui la population européenne ? Sur les trois millions et demi de kilomètres carrés de la

pointe du continent eurasiatique s'entasseraient aujourd'hui plus d'un milliard d'habitants à moins que les guerres, famines ou épidémies, plus terribles les unes que les autres, eussent réduit cette expansion. Le problème était bien celui de la démographie.

Une population de chasseurs-cueilleurs qui n'a plus d'espace pour s'étendre peut, si les circonstances le permettent, domestiquer des plantes et des animaux. Cela a eu lieu, indépendamment, en au moins cinq espaces différents. Ce faisant, elle amplifie son espace utilisable en produisant son alimentation. Les premières populations sédentaires de cultivateurs-éleveurs se sont vite accrues, ce qui leur a fait connaître l'expérience des épidémies et des famines. Plus proche de nous, le développement technologique a permis d'augmenter la production agricole et industrielle, pour accueillir des populations toujours plus denses. Ce faisant apparaissent des problèmes de destruction de l'environnement, d'épuisement des sols, de déforestation. Le problème de l'accès à la nourriture se déplace sur celui de la quantité de travail à fournir puis sur celui de la dégradation de l'environnement.

Il est possible de conserver sa forêt et d'acheter celles des autres. Ainsi, l'Europe et le Japon ont pu accroître leurs forêts, durant les soixante dernières années, en important massivement d'Afrique, d'Asie et d'Amérique les grumes nécessaires pour les constructions et l'ameublement. Au moins trois cents millions d'hectares de forêts ont disparu sur ces continents durant cette période. Ces destructions se poursuivent à raison de sept millions d'hectares par an. Le manque de forêt chez soi a été déplacé par la destruction des forêts des autres. Cette façon de faire est aussi pratiquée à grande échelle dans la pêche.

L'utilisation de ressources non renouvelables relève de la même problématique. Le développement industriel de la Grande-Bretagne, dès la fin du XVIII^e siècle, s'est réalisé grâce à l'usage du charbon, quand les forêts, disparues, ne pouvaient plus apporter la ressource en combustible, et l'usage d'espace hors Europe. La destruction des forêts a été déplacée sur celle des stocks de charbon puis de pétrole. La France a vu, depuis 1945, sa population croître, sa surface de forêt a été augmentée et ses mines de charbon arrêtées. Sans l'importation de pétrole, puis le programme nucléaire, ce résultat aurait été impossible, malgré le développement technique agricole. Une délocalisation industrielle pour raisons salariales ou environnementales est aussi un déplacement de problème. Par exemple, on a arrêté la fabrication de l'aluminium à partir d'électricité hydroélectrique, au Canada et en France, pour le faire en Chine à partir d'électricité provenant de centrales au charbon.

L'innovation technologique, dans certains cas, provoque des déplacements. Presque tous les Français ont un confort de vie que n'avaient pas les plus riches Français au XVIII^e siècle. Ils

disposent d'eau potable, d'aliments sains, de boissons fraîches, de médicaments efficaces, d'éclairage chez eux, de moyens de locomotion personnels rapides, de robots ménagers. Pour ce faire, ils ont besoin d'acier, d'aluminium, d'autres métaux, d'énergie et de différentes matières premières qu'ils importent d'ailleurs. Sans recyclage et maîtrise de leur consommation énergétique, ils dépendent en permanence de ressources venues d'ailleurs.

Déplacer un problème consiste, généralement, à confier ou imposer à d'autres, dans l'espace ou dans le temps, le soin de le résoudre. On peut douter de la durabilité de la solution. On peut aussi concevoir qu'il existe des déplacements symboliques ou sociaux. Dans un contexte changeant ou dangereux, si une part de la population arrive à obtenir des privilèges de vie stable et sans risque, c'est que d'autres connaissent une accentuation de leur insécurité et leur instabilité. De manière générale, tout groupe social qui arrive à obtenir des gains, toutes choses égales par ailleurs, a déplacé le problème en abaissant ceux des autres.

Lorsqu'une question à résoudre ne peut plus être déplacée, parce que les limites sont atteintes, une solution finit par s'imposer, mais rarement dans la sérénité. Selon l'image parlante de la démographie, la surpopulation ne connaît qu'un nombre restreint de solutions « sereines » qui se résument au contrôle de la fécondité ou à l'innovation technologique, aucune n'étant exclusive de l'autre. Ce deuxième choix, seul, peut n'être qu'un déplacement du problème, ce qui ramène à son émergence ultérieure. Il existe d'autres solutions, beaucoup moins « sereines », comme les épidémies, la famine ou la guerre. Dans l'utilisation d'une ressource non renouvelable proche de la disparition, la solution est de se passer de cette ressource, soit en acceptant de n'en avoir plus besoin et en changeant de consommation, soit en innovant technologiquement pour arriver au même résultat sans déplacement de ressource. Sinon, la solution du problème ne peut être que de l'ordre du conflit, de la guerre et de la destruction.

Le syndrome des références glissantes

Qui ne pense pas que couper un arbre est sans danger pourvu qu'un autre soit replanté à sa place ? On peut pourtant détruire une forêt en remplaçant chaque arbre abattu. Imaginons une forêt de dix mille arbres d'une espèce homogène qui atteint sa hauteur maximale en cent ans, dont le propriétaire, avisé, abat chaque année les cent plus grands et les remplace par des individus d'un an. Il lui faudra cent ans pour couper tous les arbres. Quand ses petits-enfants ou arrière-petits-enfants continueront l'exploitation, un siècle après le début, ils trouveront des arbres centenaires en nombre stable. Supposons que les descendants veulent plus de revenus. Ils décident de construire une scierie et d'exploiter deux cents arbres par an, aussitôt remplacés par

des jeunes de l'année soignés en pépinière. Ils se sentent le cœur tranquille. Chaque année ils remplacent les arbres qu'ils ont coupés, tout en ayant augmenté la valeur ajoutée de leur production. Cinquante ans plus tard, quand ceux qui ont pris cette décision ont quitté les commandes de l'entreprise, ce sont les arbres plantés cinquante ans auparavant qui sont à leur tour débités en scierie. Peut-être qu'un vieux bûcheron voudra transmettre que les arbres nouvellement abattus sont plus jeunes, mais personne n'y prendra garde. À la fin de l'année, il apparaîtra que le volume traité par la scierie a baissé, pour des raisons mystérieuses.

Le bon sens demanderait de ralentir l'abattage. Mais la conclusion financière est d'amortir les investissements récents de la scierie. On passe ainsi au sacrifice de deux cent cinquante arbres. Quarante ans plus tard, il n'existe plus d'arbres dépassant quarante ans, ce qui oblige à abattre trois cents arbres par an, ce qui conduit trente-trois ans plus tard à une population d'arbres de trente-trois ans. C'est peut-être selon ce processus que les forêts de l'Île de Pâques ont été entièrement détruites, jusqu'au dernier arbre (les rats auraient aussi pris leur part...). Celui qui a fauché le dernier ne s'en est pas rendu compte. Ce n'était qu'une pousse d'une année qui l'empêchait de cultiver son champ.

On trouve des processus semblables chez les peuples pratiquant la culture sur les brûlis de forêt. Par exemple, le peuple Guéret, situé sur l'ouest de la Côte d'Ivoire, pratiquait depuis la nuit des temps une telle culture rotative. La collectivité, vivant sur une surface de forêt qu'elle exploitait, ne revenait pas sur la même parcelle avant une bonne trentaine d'années, temps durant lequel le sol s'était reconstitué et les arbres avaient pris une belle taille. La population grandissant, les surfaces brûlées se sont accrues. Vers 1970, le cycle de rotation ne dépassait pas les dix ans. Le sol n'avait pas le temps de se reconstituer, les rendements baissaient, il fallait accroître les surfaces, accélérer les cycles.

Au XIX^e siècle, la taille moyenne des morues pêchées avoisinait le mètre. Aujourd'hui, elles sont trois fois plus petites et les bancs ont fini par être décimés. On trouve à Terre Neuve une affiche : « *In cod we trusted* », qui montre que les pêcheurs n'ont pas compris ce qui s'était passé et qu'en plus ils reprochent à la morue, appelée encore cabillaud, de ne pas avoir tenu sa promesse... Car, depuis 1990, la pêcherie de morue de l'Atlantique Nord s'est effondrée, ce qui a entraîné un moratoire en 1992. Vingt ans plus tard, les données scientifiques montrent que les stocks de morues de l'Atlantique Nord ne se sont pas reconstitués dans des proportions qui permettraient la reprise, même restreinte, de la pêche industrielle. La triste histoire des pêcheries européennes nous raconte que pour chaque étude nouvelle on prend les données récentes comme référence. C'est pourquoi les Européens écument désormais les mers africaines et asiatiques, par

déplacement du problème.

Dans le prélèvement d'une ressource vivante qui se renouvelle, il suffit que la pression dépasse le renouvellement pour que l'âge moyen des individus de la population sur laquelle a lieu le prélèvement diminue. Personne ne s'en rendra compte. Si nous savons déplacer des problèmes, notre mémoire dépasse rarement les vingt ou trente ans. Une nouvelle génération construit ses propres référents indépendamment des souvenirs des anciens, effacés. On appelle ce phénomène le « Syndrome des références glissantes ». Il peut, dans le cas des morues, être accentué par la « réponse » des poissons qui se reproduiront plus jeunes, sous la pression de sélection. Retrouver la taille originelle devient impossible sur un temps court, ce qui permet aux pêcheurs de nier ce syndrome...

Nous aimerions avoir l'indication de seuils qui nous alerteraient. Le seuil perceptible, c'est la prise d'individus qui n'ont pas eu temps de se reproduire. À ce moment-là, il peut être trop tard. Car l'exemple pris des arbres qui sont replantés est, hélas, un cas optimal : il suffit d'arrêter quelques années ou de diminuer suffisamment l'abattage. Dans beaucoup de cas moins heureux, comme la pêche, le renouvellement diminue avec le nombre des procréateurs potentiels subtilisés. Quand le seuil est perçu, la récupération est lente et hasardeuse. Si nous prenons comme référent ce qui nous vient lorsque nous analysons une question de renouvellement de populations vivantes ou de tout système en évolution, nous prenons des risques réels, car nous supposons la donnée présente être un référent alors qu'elle est déjà le résultat d'un glissement. Ainsi en est-il de bon nombre de forêts, de l'avancée d'un désert, de la qualité des sols, des bancs de tortues ou de poissons du passé et de toutes les ressources qui autrefois paraissaient surabondantes et aujourd'hui au bord de l'extinction.

La lenteur d'une évolution négative, à notre échelle individuelle, la rend dangereuse. Il semble que nous surexploitions une bonne part de nos sols agricoles planétaires, ce qui conduit à une diminution des surfaces cultivées. Nous avons des données qui le montrent, mais cela émeut peu, car le processus est lent. Tout vient de notre manque de sensibilité, les neurologues diraient de l'« habitude » au changement, qui fait qu'à un signal qui se répète ou qui change lentement dans le temps, nous nous habituons et n'y prenons plus garde. Ce mécanisme physiologique, qui nous permet de ne prêter attention qu'aux changements rapides, les seuls qui nous menaçaient quand notre espèce s'est constitué – mécanisme d'ailleurs général à toutes les espèces animales –, se retourne contre nous quand notre action est devenue telle que l'environnement ne peut plus en supporter la charge dans la durée, surtout si cette durée dépasse le temps d'une génération.

Les discussions sur la pêche viennent du fait que les scientifiques disposent de données qui

indiquent, par exemple, la disparition probable du thon rouge, l'effondrement réel des morues et, de manière générale, le non-renouvellement des poissons presque partout dans le monde. Les pêcheurs ne disposent que de leur sensibilité immédiate. L'information cruciale diffuse mal, car personne n'imagine que nous puissions détruire les réserves de la mer. Ainsi en fut-il des morues, dont la disparition laisse incrédules les pêcheurs de Terre Neuve. Les acteurs concernés ne sentent pas le changement. Aujourd'hui être « ami des pêcheurs », c'est refuser l'approche systématique, scientifique, qui tient compte des « références glissantes ». C'est conduire à la fin, de la pêche, comme conséquence de la fin des poissons, la mer devenant une sorte d'« île de Pâques ».

L'existence de « climatosceptiques » ne serait-elle pas fondée sur les références glissantes ?

Le rêve nostalgique du bon sauvage

Pour de nombreux écologistes, les malheurs environnementaux viennent de la révolution industrielle. Ce mythe du bon sauvage, issu de Jean-Jacques Rousseau – même s'il n'y croyait pas lui-même, a la peau dure. Malgré les hypothèses freudiennes, nous tombons souvent dans la nostalgie d'une époque ancienne qui aurait été respectueuse de la vie. L'activité industrielle et la forme de production capitaliste seraient la cause de la surexploitation planétaire, de la destruction de la biodiversité, de la pollution, et, généralement parlant, des dégâts environnementaux. Jadis, pensons-nous, l'homme vivait en harmonie avec la nature. La société capitaliste serait destructrice. Nous oublions que les Soviétiques avaient une confiance démesurée dans les capacités de l'homme à « dominer » la nature. Cela a créé les pires pollutions et destructions jamais réalisées et des consommations d'énergie sans commune mesure avec leur utilité. Serait-ce l'homme moderne, industriel, puis financier, qui est devenu destructeur en perdant tout lien avec la nature ?

L'histoire de l'homme depuis quarante-cinq mille ans montre que son activité prédatrice n'est pas nouvelle. On estime que l'homme chasseur-cueilleur a besoin de dix kilomètres carrés par habitant pour assurer sa survie. Ainsi sur la surface européenne actuelle, il y a quarante-cinq mille ans, il y avait moins de quatre cent mille habitants. L'expansion de l'homme en Europe puis Eurasie du Nord a coïncidé avec la disparition de la mégafaune holarctique (mammouth, rhinocéros laineux, cerf géant d'Europe, bison d'Europe, tigre à longues dents...). Certains prétendent que nous n'avons pas assez de données sur l'effet de la chasse de l'homme à cette époque et que le climat, se refroidissant, a eu un rôle prépondérant. Les chasseurs de l'âge de pierre, qui vivaient dans ce qui est aujourd'hui l'Ukraine, construisaient des huttes faites d'os de

Mammoth serrés comme des planches. Combien de Mammouths devaient-ils tuer pour réaliser une habitation ? Jusqu'à huit a-t-il été calculé. Si les mammouths avaient une vitesse de reproduction semblable à celle des éléphants, la chasse aux mammouths, même si une famille n'en consommait qu'un tous les deux ou trois mois, ne pouvait conduire qu'à leur disparition. La population des chasseurs put ainsi progresser vers l'Est, au détriment de ces animaux. On constate qu'après la dernière glaciation, comme l'expansion de l'homme s'affirmait, les zones tempérées de l'Asie et de l'Europe ont vu leurs grandes espèces disparaître. Aujourd'hui, il reste très peu d'ours en Europe, plus d'aurochs, un troupeau de bisons en Pologne qui relève de la relique.

Il y a douze mille ans, les tribus d'hommes chasseurs venus d'Eurasie, après avoir traversé le détroit de Behring et avoir pris pied sur le continent américain, empruntaient un étroit couloir libéré durant une période de réchauffement, à l'Est, au pied des Montagneuses Rocheuses. On a appelé « homme de Clovis » cette population, du nom du premier site archéologique permettant de décrire ses campements et son mode de vie. Continuant vers le Sud, sur le territoire qui est celui des quarante-huit États contigus des États-Unis, ils rencontrèrent des plaines incroyablement giboyeuses, dans lesquelles vivaient des troupeaux de mammouths et de dinosaures, espèce apparentée à l'Éléphant, de gigantesques paresseux terrestres, des tatous géants, des castors aussi gros que des ours, des chameaux, des chevaux américains, des bisons, des tapirs, de nombreux cerfs, gazelles, chèvres, bœufs musqués et autres herbivores non craintifs, ainsi que l'équivalent de lions, de hyènes, de guépards. Les populations humaines se sont déplacées, vers l'Est et vers le Sud, au fur et à mesure de la destruction de la faune. Mille ans plus tard, la taille des pointes en pierre taillée, retrouvées sur les sites archéologiques d'Amérique du Nord, diminuait brutalement, comme s'il fallait désormais s'attaquer à des animaux plus petits. Plus de quatre cinquièmes des espèces de grands mammifères disparaissaient à jamais du continent américain (Nord et Sud), rendant impossible toute domestication future.

Avant même d'arriver en Amérique, l'homme avait réussi à s'installer en Australie. Il y détruisit la plupart des grands marsupiaux, quelques dizaines d'espèces par exemple le procopton, un kangourou de plus trois mètres de hauteur, le wombat, le diprotodon ou le lion marsupial. On peut douter que le climat soit la cause de leurs extinctions, car c'est l'argument toujours défendu pour éviter de reconnaître la prédation de l'homme. Comme si, chaque fois que l'homme arrivait sur une terre nouvelle, le climat se mettait à changer défavorablement pour tous les gros animaux.

Plus près de nous, sur le pourtour de la Méditerranée, incluant le Moyen-Orient, on sait qu'il y a dix mille ans, vivaient toutes les classes de carnassiers : lions, hyènes, ours, loups, renards... Ces carnassiers se nourrissaient de nombreuses espèces de mammifères herbivores, insectivores, rongeurs, parfois de reptiles ou d'oiseaux. Ils ont disparu de ces régions comme les civilisations antiques se développaient (Sumer, Assur, Babylone, Égypte, Perse, Grèce, Rome ...), pas seulement parce qu'ils étaient chassés ou utilisés lors des jeux de cirque, mais parce qu'ils n'avaient plus de quoi se nourrir. Les grands troupeaux de gazelles du Moyen-Orient s'étaient éteints, ainsi que les chèvres sauvages et de nombreux herbivores non domestiqués. Ont aussi disparu des îles méditerranéennes, les éléphants nains, les hippopotames pygmées, les cervidés nains, plusieurs rongeurs géants, les tortues géantes. Du phoque méditerranéen, si commun du temps de l'Antiquité grecque, il ne reste qu'une petite colonie aux confins de l'Afrique du Nord, vivant dans des conditions difficiles. Que dire de ce déplacement vers l'Ouest, de la Perse à l'Occident, de ce qu'on qualifiait à l'époque de greniers à blé ? Y aurait-il eu une détérioration progressive des capacités agricoles de terres surexploitées ? Jadis, la florissante cité de Pétra était entourée de forêts et de jardins. Lors de sa fin, il ne restait qu'un environnement dégradé, sans forêt ni vert pâturage. Du temps de Salomon, la montagne du Liban était couverte de cèdres qui ont disparu par surexploitation. On découvre que les Causses stériles méditerranéens, ainsi que la désertification de l'Afrique du Nord, viennent de pratiques agricoles destructrices.

À Madagascar, on trouve encore une vingtaine d'espèces de petits lémurien nocturnes, aujourd'hui menacés. Les Portugais y arrivèrent début du XVI^e siècle. Moins de mille ans avant qu'ils y débarquent, les ancêtres de ceux que nous appelons aujourd'hui les Malgaches avaient pris possession de l'île. Les Malgaches n'étaient pas et ne sont pas des chasseurs comme l'étaient les hommes qui arrivèrent en Amérique. Ils élevaient le porc, les bovins et les chèvres, ils avaient des chiens et cultivaient la terre. Mais la douzaine d'espèces de gros lémurien diurnes disparut, ainsi que l'aepyornis, oiseau géant qui inspira probablement le conteur de la légende de Sindbad le marin, un hippopotame de la taille d'une vache, une sorte de mangouste vive et grande comme un puma, ainsi que deux espèces de tortues terrestres géantes et un oryctérope. Un seul de ces animaux était carnivore.

Lorsque les colons britanniques s'installèrent en Nouvelle-Zélande, au début du XIX^e siècle, ils découvrirent que l'île avait été peuplée d'une faune extraordinaire d'oiseaux. Autant les marsupiaux ont pris, en Australie, la place des mammifères en Eurasie et Amérique, autant ce sont les oiseaux qui ont réalisé cette radiation évolutive en Nouvelle-Zélande. Huit cents ans auparavant vivaient une petite trentaine d'espèces d'oiseaux adaptés à toutes les niches

écologiques : des herbivores incapables de voler (que les Maoris avaient appelé « Moas ») pesant, selon les espèces, de vingt kilos à deux cent cinquante kilos, des oiseaux fouisseurs, insectivores, granivores, un corbeau géant, l'aigle le plus grand qui ait jamais existé, des types de cygnes, de pélicans, de foulques, d'oies, ne volant plus. S'ajoutaient à cette faune extraordinaire, des petits passereaux peu habiles au vol, des grenouilles, des escargots géants, des sortes de sauterelles plus grandes que des souris, des chauves-souris courant sur le sol... La Nouvelle-Zélande était comme un laboratoire de différenciation, une merveille évolutive. Détruit en quelques siècles. Les Maoris avaient exterminé tous les gros animaux, pour s'en nourrir, tandis que les rats venus avec eux, par mégarde, s'étaient attaqués aux petites bêtes... Le seul témoin du passé est le kiwi, lui-même en danger aujourd'hui. On estime à deux mille le nombre d'espèces d'oiseaux insulaires exterminés durant la préhistoire. Peu d'îles du Pacifique ont été épargnées. À Hawaï, une cinquantaine d'espèces d'oiseaux ont été décimés il n'y a pas plus de mille cinq cents ans.

Dès l'orée du X^e siècle, les Anasazi du Pueblo de Chaco Canyon (Nouveau-Mexique) avaient construit une vraie ville, pour l'abandonner au XII^e siècle, après avoir détruit la forêt environnante et avoir provoqué des ravines empêchant l'irrigation. Ils ont lutté longtemps pour chercher leur bois de plus en plus loin, ils ont tenté de récupérer l'eau de pluie. En vain. Il leur a manqué une technologie de préservation de l'eau. Ils n'ont pas su trouver un remplacement au bois de leurs constructions ou replanter les arbres. Ils ont dû fuir leur cité. À la même époque, les Basques entreprenaient la destruction des baleines du golfe de Gascogne.

Partout dans le monde, des vagues d'extinction ont suivi l'arrivée de l'homme. Même en Afrique, seule partie du monde où les espèces de plus de quarante-cinq kilogrammes n'ont pas disparu à 80 % ou davantage, disparurent le buffle géant, le bubale géant et le cheval géant. Le nombre des espèces éteintes de moins de quarante-cinq kilogrammes est plus faible, sans être nul. L'homme détruit ce qui lui apporte un avantage alimentaire rapide ou qui est source de danger. Il y arrive parce que ses méthodes de chasse sont efficaces et que ces animaux n'ont pas peur de lui, car ils n'ont pas coévolué avec lui. Comme les animaux les plus gros sont ceux dont le rythme de reproduction est le plus faible, la chasse dépasse le niveau de renouvellement des troupeaux chassés. Quand il n'y en a plus, l'homme s'attaque à des espèces plus petites. Ce phénomène se répète actuellement dans la mer.

Au début du XVI^e siècle, la découverte de l'île Maurice a conduit à la destruction du Dodo et de la moitié des espèces d'oiseaux de l'île. Ce fait historique récent, devenu un modèle de la destruction d'espèces, n'est qu'un nouvel exemple du comportement de l'homme lorsqu'il

s'installe dans un nouveau lieu, exemple ici imputable à l'Occidental moderne. Depuis l'expansion des Européens, on cite la disparition du Pigeon migrateur et de la poule de bruyère en Amérique du Nord, du grand pingouin de l'atlantique nord, de la rhytine de Steller (pacifique vache marine), et bien sûr celle de quelques baleines et autres cétacés... On aurait déjà comptabilisé près de 400 extinctions depuis le XVII^e siècle. Même si l'esturgeon, le saumon, ou le castor, par exemple, n'ont pas totalement disparu d'Europe occidentale, on ne compte plus les rivières et les fleuves qui en étaient richement pourvus et qui, aujourd'hui, n'en ont plus.

Au lieu de croire que l'homme moderne est plus destructeur que l'homme antique ou l'homme préhistorique, pour des raisons nouvelles issues des temps industriels, reconnaissons notre destructivité propre, humaine, ainsi que notre immense difficulté à nous projeter vers un avenir lointain, en reconnaissant que notre monde a des limites. Nous sommes de plus en plus destructeurs, car nous sommes de plus en plus nombreux et nos outils de capture deviennent de plus en plus efficaces. Mais nous changeons peu de comportement et manquons de vision de l'avenir. C'est le comportement prédateur de l'homme qui est en cause.

La science, d'une certaine manière, a été au service des pulsions destructrices de l'espèce humaine par la technologie qu'elle a permise, pulsions décelables dès que l'homme a entrepris la conquête de la planète, il y a près de quarante-cinq mille ans. Cette science peut nous apporter des informations sur les destructions opérées par l'humanité. Nombreux sont les scientifiques désormais plus proches de la Nature que le citoyen qui ne tire son information que des grands médias. Depuis longtemps, ils expriment leurs inquiétudes. Déjà Lamarck, au début du XIX^e siècle, constatait la destructivité humaine. Nous comprenons mieux la nature que jamais, nous découvrons nos capacités destructrices. Saurons-nous changer suffisamment vite dans notre relation à notre environnement ?

L'imaginaire de l'expansion illimitée

L'expansion humaine se résume à : plus nombreux, plus d'objets, plus de déplacements, plus de place, plus de consommation d'énergie, plus de production de déchets, plus de pouvoir. Produire. Consommer. L'aveuglement qui consiste à croire que cette expansion généralisée est synonyme de « vivre bien » ne peut nous conduire qu'à la déception et, au bout, à la destruction de notre environnement planétaire. Dans cette course à la quantité, rares sont les élus, au détriment de tous, car l'envie pousse les moins riches à faire de même avec la déception, voire le désespoir, de ne pouvoir y arriver.

Cette expansion a commencé dès l'origine de l'humanité. Elle a accéléré avec le néolithique

et l'émergence des civilisations. L'homme commence à produire des artefacts en grande quantité dans des régions de densité importante et modifie son environnement. Elle s'est amplifiée avec la poursuite du développement technique. À partir du XVIII^e siècle l'utilisation des connaissances scientifiques à des fins opératoires a produit une nouvelle accélération, continue depuis le XIX^e siècle. Les artefacts commencent à modifier la topologie des lieux. Le XX^e siècle voit cette expansion s'accroître encore au point que, dans la biosphère, l'homme joue un rôle dominant. Des composés chimiques nouveaux apparaissent sur la planète et s'y répandent. Durant la deuxième moitié du XX^e siècle le phénomène s'amplifie et tout le monde vivant vit désormais dans un environnement modifié par l'homme. Le phénomène est ancien, mais l'expansion et l'amplification de l'emprise humaine, touchant ses limites, crée une situation nouvelle.

Cette expansion, dès l'origine, s'est faite sans souci des effets sur l'environnement. Nous savons que la composition de l'atmosphère et son maintien, le régime hydrique, la qualité des sols et même les stocks d'énergie fossiles, sont des conséquences des productions de la biosphère en interaction avec les phénomènes géophysiques. S'il a fallu des conditions initiales particulières pour que le vivant apparaisse, il y a plus de trois milliards d'années, ce sont les êtres vivants qui ont modelé l'environnement, transformé la composition de l'atmosphère et permis l'évolution ultérieure du vivant. L'homme, devenu un acteur majeur du vivant entraîne, par son expansion incessante, une transformation qui, au début superficielle, devient maintenant très profonde.

La course expansionniste quantitative conduit à passer à côté du qualitatif, à ne plus le percevoir, pour finalement le nier. Réciproquement, l'impossibilité d'accéder au qualitatif parce que le lien social est détruit par la domination du quantitatif conduit à ne rechercher que ce dernier. Pour inverser ce cercle vicieux, rien n'est facile. Rendre inaccessibles des produits dont nous savons qu'ils existent et dont nous souhaitons que leur prix baisse ne peut être populaire. Comme l'autolimitation n'est pas le comportement spontané de l'humanité, la limitation ne peut-elle venir que de règlements, d'incitations fiscales, voire de fiscalité directe ? Cela conduirait à une réduction des écarts de richesse quantitative, mais comment réaliser cette promotion, sans prise de conscience collective ? Accéder au qualitatif, c'est remplacer le temps à produire des biens quantitatifs superflus, résultat d'un imaginaire de l'expansion illimitée, par un temps ouvert au relationnel, à la recherche ou la découverte. C'est être plus présent et en conséquence bouger de manière plus ciblée.

Le comportement expansionniste, y compris le goût de la domination, fut un caractère

avantageux du point de vue sélectif qui a favorisé l'émergence de l'espèce humaine. Aujourd'hui, la combinaison des technosciences et de la surpopulation s'y oppose. Notre monde est fini. Nos désirs matériels doivent devenir finis. La rapidité avec laquelle l'homme de Clovis a détruit la faune d'Amérique lui a enlevé le moyen de domestiquer certains animaux. L'agriculture et l'organisation sociale de ses descendants en ont pâti. Nos enfants et petits enfants vont-ils pâtir de la vitesse à laquelle nous sommes en train de tout transformer ?

« Soyez féconds et prolifiques, remplissez la Terre et dominez-la », est-il écrit dans la Bible¹. En ce temps-là, le monde paraissait illimité. Mais l'humanité, qui a suivi ce précepte à la lettre pour ce qui concerne le premier et le deuxième ordre, n'a fait que la moitié du chemin pour le troisième. Car pour dominer, il faut comprendre, et ce d'autant plus que l'homme, même s'il est devenu, partiellement, une sorte d'externalité du monde vivant, y est inclus. L'homme est, corporellement, inclus dans la biosphère, il en dépend. Il n'y a pas besoin d'une très forte modification de l'atmosphère pour qu'il ne puisse plus y vivre.

La première transformation, urgente et nécessaire, est psychologique et sociale : reconnaître que les ressources sont limitées, que la richesse peut être autre que l'expansion, l'accumulation et le mouvement. La nature des biens souhaités devrait évoluer. C'est d'abord une mutation dans la consommation et dans le partage des richesses. Accéder à l'information du monde par internet, communiquer par téléphone; travailler près de chez soi; entreprendre des voyages sur plusieurs mois, à vitesse réduite; faire évoluer les maisons pour qu'elles n'aient plus besoin de consommer de l'énergie; reconstruire une agriculture autonome sans intrant provenant de réservoirs fossiles limités ; rebâtir à la fois la logistique de l'agroalimentaire et la nature de la consommation alimentaire ; enrichir sa vie relationnelle et intellectuelle ; accéder à des mondes de connaissances ; contrôler la démographie. Cela n'est pas une diminution de niveau de vie, mais une transformation qualitative.

La concurrence mimétique

On justifie l'intérêt de la concurrence par deux raisons. La première est d'empêcher une personne ou un groupe de profiter d'une situation de monopole sur un produit recherché et de s'enrichir grâce à cette position. Le deuxième est de favoriser l'innovation, car si des entreprises sont en concurrence, la meilleure façon de se démarquer est d'innover. La théorie de la concurrence a de nombreux points communs avec la théorie darwinienne de l'évolution de la vie.

1

La genèse, 1, 28, TOB

Les deux conceptions ont été créées parallèlement et en interaction. En résumé, la concurrence serait une loi du vivant. Elle serait le moteur de l'évolution.

L'histoire économique montre que la concurrence laissée à elle-même, dans un champ d'activité donné, finit le plus souvent par une situation monopolistique si un système régulateur n'existe pas. Cependant, on peut imaginer un système économique concurrentiel dont la régulation « naturelle » conduit à un équilibre tel qu'aucun des concurrents ne peut dominer les autres. L'innovation devient pour chacun le seul moyen de rétablir des profits dont la baisse tendancielle serait sinon inéluctable.

Pourtant la concurrence ne produit pas automatiquement l'innovation. Peut-être nécessaire, elle n'est pas suffisante. Les trois grands industriels américains de l'automobile ont rencontré la concurrence externe à partir des années 70. À cette époque, ils avaient tenté de conquérir le marché européen. Ils s'y sont cassé les dents en constatant qu'il était très compliqué. Nul n'a vu en quoi la concurrence a obligé ces trois entreprises, et en particulier General Motors, à acquérir une meilleure vision sur l'évolution de l'automobile. Les choix pris pendant vingt ans ont mené à des impasses. Comme l'a dit le PDG de l'entreprise au salon de Detroit en janvier 2006 : « Plutôt que d'investir dans les hybrides, nous avons investi dans la publicité... ». Leurs concurrents n'ont pas vu plus juste. Les actionnaires de Toyota ne s'y sont pas trompés en provoquant, dès 2007, un effondrement de la valeur de ses actions. Cette entreprise, supposée être visionnaire, avait aussi investi dans la production de 4x4 et autres véhicules énergétivores, par focalisation sur la concurrence et les marchés immédiats.

En compétition, chacun ne voit que ceux dont il est concurrent. Son désir mimétique l'aveugle, il devient sourd à ce qui se passe autour de lui. Les habitants de l'île de Pâques, en concurrence permanente, se sont retrouvés face à un environnement épuisé. Les Mayas, selon le même processus, auraient rencontré une limite semblable, ainsi, probablement, que l'ancien empire khmer. La concurrence effrénée amoindrit le champ de vision et privilégie le court terme, cela s'est montré de façon spectaculaire dans l'activité bancaire récente. Que la concurrence puisse être utilisée comme un moyen d'empêcher la domination d'oligopoles, certes, mais en faire une fin non discutable est une idéologie, car ceux qui y sont engagés en font une valeur, un absolu, qui conduit, l'expérience l'a montré à maintes reprises, à l'épuisement. L'aveuglement spécifique de la compétition conduit à la destruction de la relation et de l'échange. Elle empêche de percevoir les limites du jeu. Nous imaginons que la concurrence permet d'être plus proche du client. Les constructeurs américains d'automobiles, et leurs concurrents étaient pourtant proches des désirs immédiats des clients orientés par la publicité dans une direction non durable.

L'innovation est fondée autant sur le goût du nouveau que sur la nécessité de trouver des solutions à une situation bloquée. Pour percevoir qu'un jeu est bloqué, il faut être hors du jeu. La mise en concurrence de projets n'est finalement qu'un outil de gestion. Parfois son coût peut être supérieur au gain qu'elle permet d'obtenir. On le voit avec les appels d'offres qui sont souvent moins efficaces qu'un partenariat coopératif, et qui, en plus, génèrent des coûts de corruption. À ce jour, presque tous les cas d'échec des actions de coopération viennent du refus des acteurs à coopérer. Le goût de l'action pour soi-même est tellement mobilisateur qu'il peut détruire le plaisir du travail partagé. Si l'idéologie de la concurrence domine au point que chacun s'y investit, comment trouver les moyens de la coopération ? Certes le « chacun pour soi » est plus facile dans l'immédiat, mais dans la durée il devient mortifère. Hanson a bien montré que la coopération, même dans la guerre, a été le fondement de l'organisation occidentale. Polybe, déjà, remarquait que la réussite des Romains, face aux Carthaginois, venait de la qualité de leurs institutions.

On dit que le monopole conduit à une faiblesse dans l'innovation et à des coûts finaux plus élevés. Pourtant Hydro-Québec et EDF, les deux plus grandes entreprises historiques monopolistiques de fourniture d'électricité produisaient l'électricité la moins chère du monde. Quant au monopole de la SNCF, cela ne l'a ni empêché d'innover, ni de proposer un des meilleurs services de chemin de fer planétaire. On trouve des quasi-monopoles, partout dans le monde, souvent d'État ou d'entreprise, dans les dépenses d'infrastructure, de réseaux (routiers, ferroviaires, canaux ou eau potable), qui doivent investir avec des retours sur investissement qui demandent vingt ans ou davantage.

La mise en concurrence pour empêcher un groupe économique de dominer et d'imposer sa loi n'est qu'une méthode, pas une finalité. Dans une entreprise ou un service public, tout entier tendu vers sa finalité, le monopole peut être plus efficace. On peut produire de l'électricité par de nombreux moyens. Mais comment créer une entité hydroélectrique de grande taille avec réservoir sans vision à long terme et soutien public ? Le retour sur investissement est trop long et les possibilités de réactivité et de stockage n'apparaissent qu'après la mise en service. Une fois une puissance hydroélectrique suffisante installée, il est possible de développer de l'éolien dans des conditions optimales, car, par sa capacité de stockage, l'hydroélectrique peut lisser les irrégularités de l'éolien. En commençant par l'éolien, on compensera les absences de vent par des génératrices thermiques, dont le coût sera calculé à la marge, ce qui bloquera l'investissement hydroélectrique. Aucune entreprise « raisonnable » ne commencerait par un grand projet hydraulique, avec pour conséquence un coût final plus élevé pour les trente ou

cinquante ans à venir et une production de gaz à effet de serre qui aurait pu être évitée.

Le seul aspect de la « concurrence » qui puisse être retenu, c'est celui de l'offre sans empêchement, c'est-à-dire de la libre entreprise grâce à des conditions qui ne limitent pas *a priori* les désirs d'entreprendre, même si, parfois, la barrière à l'entrée est telle que seuls les acteurs déjà sur place puissent continuer. Cela ne signifie pas que ces désirs d'entreprendre n'aient besoin d'aucune limitation. Cela signifie que la limitation est de l'ordre de la finalité et non d'une procédure de mise en concurrence aveugle. D'autant que la concurrence n'est jamais parfaite, et que c'est peut-être pour cela qu'elle fonctionne.

Les fabricants de machines à écrire étaient bien en concurrence, il n'empêche qu'ils ont été balayés par les micro-ordinateurs. Beaulieu, fabricant des meilleures caméras, méprisait le numérique qui ne pouvait être concurrent. Il a disparu. Une multitude d'activités se sont éteintes quand des technologies innovantes, venues d'ailleurs, ont apporté des solutions nouvelles. Depuis deux siècles, l'histoire de l'innovation se résume à la disparition d'activités détruites par des inventions venues d'ailleurs. Le détour est si souvent nécessaire pour résoudre un problème frontal, nous avons une multitude d'exemples, que la question est plutôt de se demander d'où vient ce culte de la concurrence, et plus généralement parlant de la compétition. Notre hypothèse, qui n'a rien d'original, c'est que la compétition s'enracine sur le désir mimétique, si bien décrit par René Girard. On sait, à quel point, poussé à l'excès, il est générateur de destructions. Innover c'est d'abord sortir de la concurrence.

L'effet mimétique a des conséquences économiques globales qui finissent par devenir terrifiantes. Cela permet de comprendre que les sociétés les plus inégalitaires sont celles où le temps de travail est le plus élevé. Car celui qui travaille toujours davantage cherche à « sortir de sa condition », à accéder à la condition supérieure, visible socialement, à laquelle il s'identifie. Alors que l'idéal serait de « travailler mieux pour vivre mieux », le slogan devient « travailler plus pour gagner plus », un slogan inégalitaire, mimétique, inconscient des limites, sourd au partage, inadapté à une population importante vivant sur un territoire limité.

Aujourd'hui, le culte de la compétition ressemble de manière quasi hallucinatoire à celui des anciens habitants de l'île de Pâques bâtisseurs de statues ou à celui des Mayas constructeurs de pyramides, ainsi que, durant l'époque Babylonienne, à ce goût de construction de ziggourats (tour de Babel), ou encore au Moyen Âge, la construction des cathédrales les plus hautes possible. Il y a d'abord eu la course aux gratte-ciel de Manhattan, puis c'est la Malaisie, la Chine, Taiwan, les pays du golfe Persique qui se lancent dans la course des tours les plus hautes, la Burj Dubaï dépassant huit cent cinquante mètres. Ce culte symbolique est psychologiquement

très fruste, voire archaïque. Il est devenu mortifère pour une raison simple. Nous sommes trop nombreux dans un monde trop petit. Les dépenses somptuaires engagées par des dirigeants en compétition interne ou internationale pour le pouvoir demeurent – sans même mentionner la guerre – une des principales sources de gaspillage et de destruction de l'environnement, car elle a un effet entraînant sur toutes les populations.

L'objectif, c'est la genèse d'innovation et la création de diversité, c'est à dire pousser les acteurs à sortir de la compétition pour explorer du nouveau. Il s'agirait de favoriser une compétition particulière, la compétition à l'innovation, par refus du désir mimétique. Pour cela nous devrions accepter un minimum de « hasard », c'est-à-dire accepter de « gaspiller » de l'argent pour aider toute forme d'innovation, pour ensuite, par la réglementation et le marché, associés, au cas par cas, sélectionner ce qui est acceptable. C'est une approche qui ressemble mieux à l'évolution du vivant que la vision de compétition pour la survie. Il s'agit de coopérer et de reconnaître nos limites, sans faire du jeu de la concurrence l'unique objectif, quasi religieux, avec offrande aux gagnants d'une part des revenus collectifs pour leurs plaisirs personnels. La concurrence peut être appliquée avec efficacité quand chaque acteur a la possibilité de sortir de la concurrence par l'innovation. Mais pour cela, nous aurons à lutter contre le désir mimétique, lequel est si archaïque, si profond, qu'il s'agit d'une véritable mutation anthropologique.

Phaéton, Icare, et les autres...

On connaît la destinée d'Icare qui enfreignit les ordres de son père, comme il traversait la mer Égée et entreprit de monter toujours plus haut. Mal lui en prit. La cire fondit. Les ailes ne portèrent plus suffisamment. En un tourbillon, Icare tomba dans la mer près de l'île qui porte son nom, à moins de cent kilomètres de la côte turque actuelle. Il ne savait pas nager, il se noya.

Icare ne connaissait pas bien les anciens mythes grecs, sinon aurait-il été plus prudent. Car, disait-on, Hélios, celui que les Romains nomment Apollon, celui qui conduit chaque jour le char du Soleil, permit à son fils Phaéton de conduire ce char dispensateur de la vie sur Terre. À cause de son origine, Phaéton se vantait d'être plus grand que tous ceux de son âge. Mais le jeune homme n'était pas assez fort, il ne sut maintenir le char à la bonne hauteur. Il fut tué par la foudre et tomba dans le Pô, au nord de l'Italie.

Dans le cours de la vie, depuis des millions d'années, les Phaétons qui se prennent pour le Dieu Soleil ont proliféré. Leurs sorts, invariablement, se ressemblent. Souvent nous les prenons en modèle. Comme ils s'élèvent sans cesse, ils en déduisent qu'ils peuvent encore s'élever. Ils appliquent mécaniquement la recette du temps présent. Tant qu'elle marche, c'est qu'elle est

bonne. Jusqu'au jour où la hauteur maximale est dépassée et leurs ailes sont brûlées. Mais comment ce qui a donné le succès, pensent-ils, peut-il mener à l'échec ? L'histoire humaine est pleine de réussites dont la répétition mena au revers final, aussi retentissant qu'il était soudain et imprévisible. Nombre de dirigeants sont enclins à répéter ce qui leur a apporté les honneurs, prenant chaque jour le risque de toucher les limites de ce qui soutient leur action.

Les scientifiques découvrent que par l'application des mêmes méthodes et la poursuite des mêmes objectifs l'homme est en train d'atteindre une limite destructrice. Va-t-il se brûler les ailes ? Ou bien est-il capable de comprendre que ce qui lui a donné la prospérité est désormais dépassé ?

II

Des stéréotypes contemporains

Où l'on voit que des lieux communs apparaissent dangereux et peuvent nous conduire à des situations dramatiques.

L'économie permet de tout comprendre

Jusque dans les années 1970, il était courant d'entendre que l'écologie était le petit bout de la lorgnette. L'économie, elle, représentait la mesure la plus globale. Grâce à l'économie on peut tout comprendre... Nous savons pourtant qu'elle ne permet pas d'appréhender le vivant, la physique quantique, le Big Bang ou le psychisme humain. Cette croyance, qui devient dangereuse, trouve son origine dans la convergence de plusieurs sources.

La Deuxième Guerre mondiale a révélé que la puissance industrielle associée à une forte population conférait la puissance militaire. Saint-Exupéry, durant la débâcle, écrivait que quarante millions de paysans avaient été écrasés par quatre-vingts millions d'industriels. De Gaulle parlait de la « force mécanique ». Or les indicateurs économiques permettent de mesurer la puissance industrielle et l'industrialisation est bien corrélée avec la disparition des famines. La baisse de la mortalité prématurée, l'allongement de l'espérance de vie, sont liés au développement technologique et industriel. Le progrès pouvait être mesuré par des indicateurs économiques quantitatifs. En face des données économiques mesurables, l'environnement paraissait un concept flou, essentiellement qualitatif. Comme l'économie a été définie, dès l'origine, comme l'identification et la gestion de la rareté, les biens naturels qui paraissaient inépuisables et disponibles à tous n'avaient pas de valeur.

Dépendantes de la subjectivité humaine, les activités économiques sont imprégnées d'indétermination et de finalité. L'économie ne permet pas de tout comprendre, elle fait partie

des sciences humaines. Elle reste un outil limité pour nous aider à aborder les problèmes actuels. On constate qu'elle prédit peu. En croyant que tout est économique, nous prenons la partie pour le tout.

Le marché peut réguler l'utilisation des ressources rares

Les Japonais sont friands de thon rouge cru. Ils payent très cher un poisson ramené frais chez eux, aubaine pour les pêcheurs. Supposons que de nombreux Japonais puissent payer très cher pour manger cent grammes de thon rouge méditerranéen cru par semaine. Imaginons cinq millions de consommateurs, soit 4 % de la population. Ils sont capables, quel qu'en soit le prix, de ponctionner cinq cents tonnes des thons les plus gros par semaine, soit vingt-cinq mille tonnes par an, même si cela épuise la réserve selon le principe des références glissantes. Qu'importe si le prix du thon se mettait à tripler, ils ne baisseraient pas leur consommation, pour des raisons qui pourraient être l'attachement à une tradition immémoriale. Les Japonais ne sont pas les seuls à apprécier le thon rouge, les Européens s'y mettent aussi. Selon le principe décrit au chapitre précédent, si la ressource est un peu surexploitée, cela entraînera une extinction accélérée malgré la régulation des prix par le marché.

Toute large population capable de payer n'importe quel prix une ressource limitée finira par détruire cette dernière. La croyance aux effets de la corne de rhinocéros, effets que les riches désiraient ardemment, a entraîné l'extinction des espèces asiatiques et a failli entraîner celle de l'espèce africaine qu'il a fallu protéger. On peut multiplier par dix le prix de l'ivoire, cela n'empêchera pas la disparition de l'éléphant d'Afrique. La seule solution a été l'interdiction de la chasse dont on constate l'inefficacité. On peut prédire que de nombreuses espèces d'holothuries seront détruites par l'enrichissement du peuple chinois, friand de ces animaux. Les pêcheurs qui les ramassent sont si pauvres que le maintien des espèces devient secondaire par rapport à leur nécessité de manger au jour le jour. Le goût des ailerons de requins – présentés parfois comme la panacée des problèmes articulaires – peut faire disparaître nombre d'espèces : requins gris, requins bleus, requins-tigres, requins marteaux, requins blancs, requins-baleines. Quatre cent millions d'années d'évolutions détruites en quelques décennies... Le saumon était si bon marché au XVII^e et XVIII^e siècle, en France, que nos rivières en sont désormais dépourvues. Même l'esturgeon vivait dans plusieurs fleuves. La cause n'est pas la pollution, elle est arrivée après.

Souvenons-nous du contre-choc pétrolier de 1986, comme de nouveaux champs pétrolifères en zone OCDE passaient en production (Alaska, golfe du Mexique, Mer du nord, ...). Bien que

représentant une part faible des ressources pétrolières globales, ces productions ont conduit à une baisse du prix mondial du pétrole, ce qui a entraîné une consommation en croissance continue pendant plus de quinze ans. Rien n'avait changé en termes de disponibilité des stocks planétaires. Aujourd'hui, ces champs sont en cours d'épuisement, tandis que les réserves du Moyen-Orient sont encore là. Fin novembre 2008, le prix du pétrole s'effondre par baisse de la demande immédiate. En 2014-2015, on voit à nouveau un effondrement des prix du pétrole pour des raisons voisines des années 1980. Quelques pour cent de surplus de l'offre, pour des raisons qui relèvent de stratégies géopolitiques, suffisent à faire baisser fortement le prix de l'énergie. Le marché ne voit qu'au jour le jour, ou, au mieux, sur quelques mois.

D'après les théories économiques dominantes, c'est la rareté qui crée la valeur. L'allocation des ressources est un concept économique qui concerne l'utilisation de ressources rares, lesquelles sont le travail, le capital, les matières premières, dans le but de satisfaire, à court et moyen terme, les besoins de consommation de la population. L'expérience montre que pour une ressource rare dévorée par la consommation, si les moyens de ceux qui veulent l'obtenir sont élevés, le marché ne régule rien. Il fait disparaître la ressource en enrichissant momentanément ceux qui la possédaient. Pourquoi ? Parce que, dans la durée, la seule ressource vraiment rare, celle qui est limitante, n'est ni le travail, ni le capital. La matière première ne paraissait rare que comme conséquence de la rareté du travail qui permettait l'extraction (mines, pêche) ou la production (agriculture, aquaculture). Le coût d'une matière première est calculé à partir des coûts de son obtention, lesquels se ramènent à trois composantes : le travail, le capital, la fiscalité. Avec l'énergie peu chère et les moyens technologiques nouveaux démultipliant la force de travail, le travail n'est plus limitant. Avec le prêt et les innovations financières, le capital n'est plus limitant. Révolution dans la manière de penser l'économie : l'environnement et ses ressources deviennent le facteur limitant, mais à condition d'intégrer la durée. Il n'existe aucune ressource infinie sur notre planète, les ressources naturelles même renouvelables deviennent limitées face à l'appétit humain.

Dans le cas de ressources rares communes, sans risque d'épuisement, la régulation par le marché ne fonctionne pas non plus. Des procédures particulières d'allocation et de gestion sont nécessaires, adaptées à la situation. Par exemple, les fréquences hertziennes, dont les télécommunications sont tributaires, dans une mesure croissante, pour les services mobiles. Il a fallu attendre 1996, en France, pour qu'une loi définisse une procédure organisée d'attribution de ces fréquences. Il n'y avait pas d'autre solution. Le marché n'était pas capable de définir les partages des fréquences. Aux États-Unis, le problème avait aussi été résolu auparavant, par des

attributions.

Toute ressource naturelle biologique ou géologique, qu'il s'agisse d'animaux marins ou d'algues, de forêts ou de produits agricoles, d'animaux chassés ou de sols, de minéraux ou de combustibles, finira par disparaître si les moyens financiers dont disposent ceux en veulent une partie chaque année sont suffisamment élevés. Le marché conduira à une augmentation exponentielle du prix, jusqu'à la disparition de la ressource. La réglementation, fondée sur la connaissance des processus de renouvellement – ou de recyclage – des ressources, est l'ultime recours.

Peut-on imaginer que l'exploitant aura l'idée de maximiser son profit, de générer de la rareté, d'utiliser la ressource pour ses propres développements ? Mais cela demande une vision à moyen, voire long, terme, et une résistance au marché, ce qui ne correspond pas à l'attitude des dirigeants d'entreprise – ni à celle des investisseurs, sauf rares exceptions. La lutte de quelques innovateurs pour atteindre la qualité des éoliennes actuelles et permettre l'émergence d'un vrai marché a duré plus de trente ans. EDF avait été parmi les premiers dès le début des années 1970. Quelle entreprise normale investirait trente ans dans un programme de recherche et développement pour proposer un produit dont personne ne veut à l'origine ? Une entreprise non soumise à une concurrence trop forte peut envisager des investissements pour le long terme, mais cela exige une vision et le soutien des investisseurs.

Plus le marché est « libre », plus les acteurs en concurrence calculent leur profit à court terme. Cercle vicieux, la myopie du marché s'accroît. Un marché laissé libre, ressemble à un processus qui, devant le conducteur d'une voiture, accroîtrait l'épaisseur du brouillard tout en favorisant une conduite de plus en plus rapide, avec des moyens accrus de réactivité immédiate. Jusqu'à l'accident, certain, mais dont on ne peut prévoir ni le lieu ni la date.

Les exemples abondent (le marché du CO₂, la dérégulation de l'électricité en Europe, l'agriculture de manière générale, les valeurs boursières...) qui montrent que le marché régule à peu près comme le pilote automatique d'un voilier. Un prix d'équilibre s'établit pour un produit existant, par boucles de rétroaction, à condition que les acteurs soient des « abrutis rationnels » comme dit Amartya Sen. Il permet de maintenir un cap, il ne dit pas si le cap est bon. Il n'indique ni les récifs ni les changements de météo. Qu'il y ait des cas où il permet une adéquation de l'offre et de la demande, certes, mais cela peut être au détriment de l'équité dans le partage ou du maintien de la ressource. La « loi de l'offre et de la demande », en dernière analyse, est « la loi du plus fort ». Quant à la rareté, le lecteur l'a vu, elle ne peut se définir que par le désir d'obtenir le bien qualifié de « rare ». Ce qui est rare est ce qui est désiré par un grand

nombre. Étranges « lois » qui dépendent des capacités de l'individu à imposer ses désirs ou ses pulsions...

Pour que le marché ait une efficacité, il faudrait qu'une institution ait la responsabilité de la ressource en question. Cela demande que l'institution en question ait la sagesse de faire suivre le stock de la ressource renouvelable, qu'elle la gère avec précaution et qu'elle informe régulièrement sur les résultats. Nous avons vu avec le syndrome des références glissantes que cela demande un suivi très précis, quasi obsessionnel, et aussi beaucoup de communication. Le marché a besoin de règles bien définies, fondées sur des finalités.

La technologie repousse les limites à l'infini

Loin de moi l'idée que la technologie est nécessairement négative. Mais il existe des domaines pour lesquels l'innovation technologique ne repousse pas les limites, mais permet de s'y cogner plus vite. Il s'agit des technologies d'accès à des ressources rares, qu'elles soient renouvelables ou non renouvelables.

L'exploration des champs pétrolifères a commencé par les plus faciles d'accès. Puis, la technologie progressant, il a été possible d'accéder à des champs de plus en plus difficiles à atteindre. Cela a donné l'illusion que la ressource restait abondante. En réalité, son accessibilité baissait. L'exploration d'un pétrole de plus en plus difficile à obtenir n'est concevable que si la valeur du produit s'accroît. Mais l'innovation technologique a pour effet, toutes choses égales par ailleurs, de diminuer les coûts d'extraction et d'accéder à ce qui paraissait hors de portée. Les mécanismes aveugles du marché font baisser le prix d'un produit objectivement rare, parce que la technologie abaisse le coût pour l'obtenir, même si le stock baisse rapidement.

L'innovation technologique dans les outils d'extraction donne l'impression que la ressource s'accroît et qu'il existe de nouveaux lieux, de manière incessante, comme si nous habitions dans un monde sans limite, relativement à notre échelle. On peut trouver de nouveaux champs pétrolifères, moyennant de véritables exploits technologiques, il reste que la totalité des stocks disponibles est limitée et évaluable. Le même raisonnement s'applique aux ressources minières.

Depuis le XVI^e siècle, que la pêche à la morue (ou cabillaud) se fit en Norvège ou à Terre-Neuve, les bancs de poissons étaient tels que, avec des moyens limités, les prises étaient abondantes. Ces pêches sont terminées. Les grands bancs de poissons, facilement accessibles, ont tous disparu. Certains ont été détruits durant la deuxième moitié du XX^e siècle, en moins de vingt ans. Les techniques modernes d'analyse des bancs de poissons rendent la pêche peu hasardeuse. Même s'il faut partir loin, même s'il faut pêcher des espèces moins demandées, les

technologies à base de sonars et de localisation par satellite, permettent de trouver des bancs accessibles, tant qu'ils existent. Tant qu'il existera des espèces vivant en bancs, il sera possible avec des outils toujours plus performants de ramener du poisson, jusqu'au dernier banc... Telle fut aussi l'histoire de la pêche à la baleine, devenue une sorte d'industrie dès la fin du XIX^e siècle, pêche qui fit disparaître plusieurs espèces et en a mis un bon nombre au bord de l'extinction avant le moratoire qui les a sauvées.

Souvenons-nous de ce livre de E.F. Schumacher : « Small is beautiful ». « Un homme d'affaire ne considérerait pas qu'une firme est viable s'il la voyait user si rapidement son capital. Comment dans ces conditions, ignorer ce fait essentiel lorsqu'il est question de cette grande entreprise qu'est l'économie du vaisseau spatial Terre et, en particulier de ses riches passagers ? Ces illusions résultent principalement, ai-je suggéré, de notre inaptitude à reconnaître que le système industriel moderne, avec sa sophistication intellectuelle, épuise les richesses mêmes sur lesquelles il s'est édifié. Pour parler le langage de l'économiste, il vit sur un capital irremplaçable qu'il considère allègrement comme un revenu. »

Depuis 1973, les analyses développées par Schumacher ont été peu écoutées. Tant que l'échéance de la destruction du « capital irremplaçable » n'est pas immédiate, personne n'y croit ou n'a envie d'y croire. C'est au début du XXI^e siècle que la « découverte » de la fin prévisible du pétrole est enfin divulguée. Cette connaissance a été cachée pendant des décennies. Les grands pétroliers et l'Agence Internationale de l'Énergie ont changé de discours depuis 2006, parce qu'ils ne pouvaient plus faire autrement, ils étaient débordés par des indépendants. Claude Mandil, ancien directeur de l'AIE, écrit encore en 2008 : « Le charbon, le pétrole africain et le gaz russe semblaient alors inépuisables et sûrs »². Comme s'il avait vraiment cru qu'un réservoir pouvait être inépuisable... Il ajoute : « Il ne suffit pas qu'une voie soit techniquement disponible, encore faut-il qu'elle le soit à un coût compétitif. Oublier cet aspect, c'est préparer un monde de subventions jusqu'à ce que le contribuable s'en lasse. » Pourtant la compétitivité d'une source d'énergie est relative, elle évolue dans le temps, forcément à l'avantage des technologies renouvelables. Dans le même éditorial, il poursuit, en décrivant ce qu'il estime être trois défis de même ordre : assurer la sécurité des approvisionnements, répondre au besoin de croissance en répondant aux contraintes (« ne risquent-elles pas de pousser les prix à des niveaux inacceptables pour les économies » ?), s'adapter aux exigences climatiques (comment faire décroître les émissions ?). Comme si les économies pouvaient imposer quelque chose à l'environnement quand il est limitant. Quand la limite est atteinte, d'autant plus vite que la technologie est

²

La Recherche, Cahier spécial, Le pétrole en 2030, mars 2006.

efficace, c'est à l'économique de s'adapter, quel qu'en soit le coût.

La planète est trop grande pour que la technologie la perturbe

Avec les moyens modernes, la vitesse d'abattage d'un hectare de forêt est telle que la perception de ce qui est produit s'efface. Le bois est abattu, transformé en grumes, puis débité en poutres ou planches. Tout va si vite qu'on ne perçoit pas les volumes qui partent par camion puis en bateau. Ainsi en est-il d'un moulin moderne qui, avec cinq personnes, peut produire chaque année plus de cent mille tonnes de farine, soit l'écrasement de blés produits sur plus de cent kilomètres carrés de terres riches et productives.

Seuls des travaux pharaoniques, tels le barrage d'Assouan en Égypte ou celui des trois gorges en Chine ou les grands barrages hydrauliques brésiliens, russes, québécois, nous font prendre conscience du gigantisme de certains projets, mais la Terre paraît si grande. Nous percevons mal l'impact de la technologie. Une seule voiture peut-elle avoir un effet sur l'environnement ? Pourtant, ce sont quatre kilomètres cubes de pétrole qui sont consommés par année, dont plus d'un tiers par les automobiles. On s'imagine qu'une éruption de volcan dépasse ce que l'homme produit. Ce n'est plus vrai aujourd'hui.

Rouler sur une autoroute en limite de saturation, dont une voie est pleine de poids lourds, pendant quelques centaines de kilomètres, ne trouble plus. Nous perdons le sens de l'échelle, au point de croire qu'il n'y aurait pas de limites. Rassemblons tous les smartphones produits depuis cinq ans. Mis bout à bout, on ferait dix fois le tour de la Terre. Avec le milliard d'unités centrales d'ordinateurs individuels, on pourrait les assembler comme des briques d'un mur de plus d'un mètre de haut, lequel ferait au moins trois fois le tour du monde. Avec les huit cents millions de voitures actuellement en circulation, à touche-touche, on ferait environ quatre-vingt-dix cercles complets autour du monde. Chaque année quelques nouveaux colliers s'ajoutent... Avec les bus et cars bien collés les uns aux autres, on atteindrait de l'ordre de trois à quatre tours de globe, avec les poids lourds, une dizaine de colliers supplémentaires à notre planète. On peut ajouter les trains, les tracteurs, les tondeuses à gazon, les fers à repasser, les écrans plats...

Avec la technologie, la puissance d'agir, de modifier, de transformer, de détruire, atteint des niveaux qui nous échappent. Nous croyons pouvoir contrôler son usage, mais l'observation de notre comportement collectif suggère le contraire. La masse des produits artificiels produits grâce à de l'énergie non renouvelable, dont l'usage accroît le désir de cette même énergie qui va se raréfier, est en train d'atteindre des sommets vertigineux insoutenables. L'usage de cette technologie ne peut pas être commandé avec la finesse qu'exigerait sa puissance, au contraire,

une inertie terrible nous emmène sans que nous puissions modifier le cours des choses.

Selon les croyances des anciens, nul ne pourrait déplacer des montagnes. Actuellement, nous déplaçons de l'ordre de quarante milliards de tonnes de matériaux chaque année, le poids d'un cube de terre et de pierres de deux mille cinq cents mètres de côté. Plus que ne le fait toute l'érosion planétaire. Nous déplaçons des montagnes chaque année, sans nous en rendre compte. Cette technologie génère près de quatre milliards de tonnes de déchets. Nous pourrions couvrir tout l'espace cultivé de deux cent cinquante grammes de déchets par mètre carré, chaque année, soit l'ordre de grandeur de la production agricole. Nous avons la technologie que nous avons désirée, celle de notre volonté prométhéenne de domination sur le monde.

Malgré le succès de l'expression « small is beautiful », le gigantisme s'impose de fait. Parfois, on ignore comment faire autrement (ligne de TGV, canaux de liaison de fleuves, villes très peuplées). Le gigantisme est associé aux choix de centralisation, ou à la puissance et à la compétition ostentatoire. La microréalisation est fondée sur l'initiative individuelle, le sens individuel de la responsabilité collective, la démocratie. Pourtant, au Canada, certains grands projets supplémentaires d'aménagement hydroélectrique (Québec) ont été arrêtés pour raison d'opposition aux grands travaux supposés avoir un impact écologique catastrophique, alors qu'à quantité d'électricité équivalente, ils pourraient être moins négatifs que des multitudes de petits barrages, car on oublie trop l'effet des rapports d'échelle, dans une structure tridimensionnelle. Et entre temps, les gigantesques exploitations des sables bitumineux de l'Alberta causent des dégâts environnementaux d'une autre échelle et produisent une quantité de CO² de l'ordre de 60 % du pétrole récupéré. Micro ou macro ? Ce ne peut pas être analysé uniquement à l'échelle locale. Chacun consomme une quantité de données peut-être raisonnable ; mais les serveurs centralisés deviennent monstrueux. Passer de l'échelle du micro au macro est très délicat. Des millions de projets à l'échelle micro peuvent générer un effet peu prévisible à l'échelle macro.

La microréalisation n'est pas toujours le lieu de l'optimum, cela dépend du sujet. Mais si des microréalisations sont effectuées dans chaque habitation, sur chaque automobile, l'effet peut être amplifié par le nombre. La petite technologie, non invasive, pourrait modifier ce qui existe sans bouleverser l'environnement. Dans la révolution technologique à réaliser, une part sera nécessairement une révolution de mini, voire micro technologie, associée à des mini actions, dont la valeur économique collective n'est pas négligeable. L'amélioration de l'efficacité énergétique viendra pour une bonne part de l'action active de tous au niveau individuel, quasi invisible, mais à effet multiplié. Si le « small is beautiful » a un avenir, c'est donc aussi dans le comportement individuel. Un milliard de personnes économisant par de petites actions invisibles

ou des choix technologiques adaptés, un kilogramme de pétrole chacun, c'est un million de tonnes qui sont économisées. Actuellement, même si on sent un frémissement, c'est plutôt l'inverse. Le milliard de gros consommateurs de pétrole, gaspille quelques centaines de kilogrammes de pétrole chaque année sans nécessité (déplacements évitables, surconsommation d'eau chaude, mauvaise isolation ou surchauffage des locaux, consommation de produits à intérêt douteux comme l'eau en petites bouteilles dans les pays disposant d'eau potable, produits suremballés, fruits en contre-saison, loisirs dispendieux en énergie ...). Ce qui revient à davantage que le pétrole consommé par toute l'Afrique. Comment changer sans une conscience collective ? Tant de citoyens préoccupés par l'environnement achètent une voiture sans souci de la consommation d'essence, sauf si elle est chère. Le « small is beautiful » intégré à la vie n'est pas encore rentré dans les mœurs.

Gaëtan Lafrance montre un paradoxe : on veut faire un grand barrage et les tenants du « small is beautiful » le refusent. On fait un petit aménagement et les mêmes vont l'attaquer, car en quoi cela pèse-t-il au niveau économique ? Le petit barrage hydraulique est estimé mineur en termes d'apport énergétique, mais majeur en termes de modification environnementale par ceux qui y sont proches. Bref, « small is beautiful » s'il ne se voit nulle part et qu'il répond bien aux références glissantes. Pourtant l'innovation se poursuit et elle n'est pas toujours invasive. Ne pas faire la différence entre une technologie brutale, indifférenciée, invasive, destructrice, et une technologie fine, différenciée, adaptée est devenu un obstacle majeur à l'acceptation des technologies par ceux qui prennent conscience que notre avenir est menacé par notre propre activité technologique destructrice.

La nature rend au centuple de nos efforts

Nous disposons d'outils de mesure de certaines limites non dépassables. La production primaire nette (NPP), évaluée en unité de carbone, est la quantité d'énergie solaire convertie en matière organique par les plantes grâce à la photosynthèse. Elle représente la nourriture primaire pour l'écosystème. Une région du monde à forte NPP produit plus de biodiversité. La NPP est un paramètre central du fonctionnement des écosystèmes; elle donne la quantité totale d'énergie utilisée par le monde vivant sur la surface analysée. L'appropriation de cette production par l'homme (HANPP) résulte de ses besoins alimentaires, directs ou indirects, de ses besoins en fibres comme le coton, le lin ou le chanvre, de ses besoins en biomasse (matériaux, chauffage, chimie) et de ses besoins en surface « stérilisée » (routes, aéroports, constructions, diverses infrastructures). L'HANPP, indicateur de la pression socio-économique sur l'environnement et

sa biodiversité, a pu être estimée région par région. Tout ce que prend l'homme n'est plus disponible pour les autres espèces dites hétérotrophes, celles qui se nourrissent de plantes ou d'animaux. Plus la pression de l'homme est forte, laissant moins de disponibilité pour la vie sauvage, plus la biodiversité a tendance à diminuer. Les scientifiques ont montré que plus de 83 % de la biosphère terrestre est soumise à la pression de l'homme. L'HANPP qui représentait environ 24 % de la bioproduction terrestre (NPP) en 2008 a dépassé 26 % en 2013. Sur les parties du monde densément peuplées, l'HANPP excède 50 %, pour dépasser 80 % dans les régions entièrement cultivées et habitées, les plus densément peuplées. Le vivant évolue aujourd'hui sous l'effet de notre pression.

Nous consommons plus d'énergie que la globalité de la NPP, car nous puisons en plus dans des ressources fossiles constituées depuis des millions d'années (charbon, pétrole, gaz, tourbe) en quantité annuelle du même ordre de grandeur que la NPP. Nous pouvons nous approprier des flux énergétiques qui ne passent pas par la photosynthèse : énergie hydraulique, énergie solaire directe, énergie éolienne, marémotrice, géothermique. Les quantités sont considérables, mais elles sont éparpillées et inégalement réparties sur la planète. Le coût de leur appropriation n'est pas nul, même en termes énergétiques. Une limite sera vite atteinte. Vouloir prendre une énergie éparpillée à partir de petites réalisations conduit nécessairement à un très grand nombre de réalisations ; l'impact global peut être plus grand que quelques macroréalisations fondées sur des sources concentrées d'énergie et ce d'autant que les populations se concentrent.

La production énergétique de base ne peut plus croître, à moins de miser sur le nucléaire, lequel a aussi des limites, nous le verrons. Nous devons faire des efforts pour demander moins à la biogéosphère. Les calculs montrent qu'il faudrait diviser par quatre la consommation d'énergie globale pour pouvoir, au moins dans le contexte européen actuel, atteindre un équilibre. C'est voisin de la proposition européenne dite « facteur 4 », même si elle était basée sur l'émission de CO₂ et non sur l'énergie totale consommée. Un tel objectif est si ambitieux qu'on n'en est plus à quelques pour cent près.

Le divertissement est sans incidence sur l'environnement

L'analyse économique ne permet pas de séparer ce qui est de l'ordre des besoins d'éducation, de formation, d'accomplissement, de ce qui est de l'ordre du divertissement. Ce dernier atteint, en moyenne, dans les pays développés, des niveaux qui dépassent de très loin celui des aristocrates oisifs d'avant le XVIII^e siècle. La course aux loisirs devient une compétition tirée par les plus riches dont le genre de vie ostentatoire devient le modèle à

atteindre pour tous, ce que Thorstein Veblen avait bien vu il y a plus de cent ans.

Certains, sur la base de calculs économiques, disent que les 4x4, les jets ou hélicoptères personnels, les yachts ou les voitures avec chauffeur, ne pèsent pas sur les consommations globales. C'est une erreur de perspective, un refus de considérer la force symbolique de la consommation ostentatoire et l'effet mimétique que cela entraîne chez ceux qui la voient. S'il était possible de piloter un engin pour faire l'aller-retour Terre-Lune en huit jours, les candidats se précipiteraient. Une énergie quasi gratuite fait dérailler le désir de toute-puissance au point de le rendre agressif et totalitaire. Souvenons-nous de la remarque d'Alfred Sauvy datant d'avant les années 1970 : « Il est permis de parler librement de tout, de maudire la religion, le gouvernement ou le Parti communiste, et de proclamer la décadence des mœurs. Attaquer la pureté d'origine du Beaujolais, le système d'enseignement ou la nouvelle architecture, dénoncer la pauvreté du cinéma français ou étranger, la rapacité des banquiers ou la nonchalance des fonctionnaires, cela va. [...] Mais il n'est pas permis non seulement de formuler un avis non conformiste sur l'automobile dans la cité, mais même de publier, à son sujet, des chiffres officiels ou patents, que les grands prêtres ont placés dans l'Enfer. Certes, jamais une telle censure n'a été officiellement proclamée [...], mais elle est plus respectée que bien des lois. Enfreindre cette règle est un crime de lèse-majesté et Sa Majesté ne supporte pas l'opposition. » Le totalitarisme de la voiture empêche la vie piétonnière et les transports en commun; elle génère des centres commerciaux hideux. Elle modifie la relation à l'espace en créant une ivresse inconsciente. Le plus ouvert aux développements sans automobile change de comportement au volant.

Le goût du divertissement utilisateur des technologies est aussi nuisible que le besoin de domination, il en est le corrélat. Castoriadis affirme qu'« une société vraiment libre, une société autonome, doit savoir s'autolimiter ». À la question de l'identité de la limitation et de l'interdiction, il répond : « Non, pas interdire au sens répressif. Mais savoir qu'il y a des choses qu'on ne peut pas faire ou qu'il ne faut même pas essayer de faire ou qu'il ne faut pas désirer. Par exemple l'environnement. [...] Je pense que nous devrions être les jardiniers de cette planète. Il faudrait la cultiver. La cultiver comme elle est et pour elle-même. Et trouver notre vie, notre place relativement à cela. Voilà une énorme tâche. Et tout cela pourrait absorber une grande partie des loisirs des gens, libérés d'un travail stupide, productif, répétitif... »³

Étudier, réfléchir, développer son intériorité, créer, inventer, débattre, voilà des termes rabat-joie... Quand utiliserons-nous les médias pour parler des vrais problèmes à résoudre ? Limitation nécessaire de notre population et de notre consommation d'énergie, de matière, d'espace ;

³

Post-scriptum sur l'insignifiance, p 36-37

limitation des inégalités ; aménagement de l'espace ; organisation des déplacements. Quand la mobilisation collective devient nécessaire pour inventer une vie agréable et durable, tout est fait pour dégoûter la jeunesse de l'étude, de la réflexion, de la recherche, du goût de créer, d'échanger, de réfléchir à des choix collectifs. Le tout économique conduit à gaspiller l'énergie, la matière, l'espace, sans considération pour ceux qui n'accèdent pas à ces loisirs, en dépit de toutes les affirmations sur « le devenir de nos enfants. » Aujourd'hui, le plus important n'est-il pas d'acquérir une culture scientifique, historique, philosophique et citoyenne minimale ? De comprendre l'impact de ses choix personnels, en relation avec le collectif, sur l'avenir, d'apprendre à évaluer ce qui compte dans la vie et ce qui est de l'ordre du loisir dévastateur ?

Toutes les villes sont également polluantes

Une population dense qui désire des consommations « modernes » en biens matériels ou des consommations incessantes de déplacements ne peut l'obtenir des capacités de l'environnement immédiat. Il faut des apports extérieurs. Mais la concentration d'une population dans les villes a des avantages indéniables. Moindres coûts du chauffage des locaux, moindres coûts de déplacements collectifs, plus grande facilité à gérer les flux de consommation et de déchets, limitation de l'emprise totale sur l'environnement. Là où se concentre la cité, l'environnement est dégradé ; mais si la surface est limitée, cette densité permet d'utiliser les technologies au mieux pour que ne rentrent dans la cité, et n'en sortent, que des flux limités. L'hyperbole de Newman et Kenworthy montre une relation entre la consommation d'énergie par personne et la densité de population d'une agglomération. Plus la ville est dense, moindre est la consommation d'énergie par personne. Sur ce sujet, l'Europe est relativement bien placée. Une ville dense est le meilleur candidat à être chauffé par cogénération ou par production de chaleur. En outre, une ville dense peut offrir une vie culturelle et relationnelle intense et variée.

Quand la densité de population devient élevée, une bonne gestion de l'environnement pourrait être une combinaison de villages autonomes et resserrés et de villes denses et hautes, avec l'ouverture de vastes espaces non brisés par des axes autoroutiers destructeurs de l'environnement. Si nous voulons garder des espaces « naturels », nous avons intérêt à nous concentrer dans des villes denses, dont les unités de construction sont larges, hautes et bien isolées... À population égale, il vaudrait mieux des concentrations dans des villes denses dont les transports sont collectifs, que l'étalement de villes desservies par des réseaux autoroutiers gigantesques. Les villes étalées, gangrène foncière supprimant les espaces naturels, sont faites de pavillons loin de tout, mal calorifugés, car offrant quatre murs et un toit pour un seul logement,

nécessitant deux voitures, voire trois, pour le moindre déplacement des membres du foyer. Ce coût environnemental, invisible jadis, va devenir comptable par le coût énergétique à payer.

Mais le pur citoyen finit par ignorer ce qu'est la nature et le vivant. La réponse se situe dans l'instruction, l'éducation, dans la prise de conscience de la fragilité de l'environnement, dans la proximité d'espaces libres et non dans l'étalement de villes dortoirs. Elles ont été possibles par un crédit porté sur l'environnement : l'utilisation d'énergies fossiles polluantes en cours d'épuisement. Le citoyen devra donc, dès son enfance, acquérir une culture biologique et écologique lui permettant de respecter ce monde dont il provient et dont il se nourrit.

La croyance en l'inconvénient de villes denses, rendue possible grâce à une ponction jamais comptabilisée sur l'écosystème, est mortifère. Une comptabilisation sur la base du coût énergétique et écosystémique fera apparaître que les « villes tentaculaires » sont des excroissances cancéreuses, destructrices de leur propre environnement. Paradoxalement les grandes villes doivent se verticaliser.

L'éthique est individuelle

Longtemps nous avons cru que l'éthique est individuelle et ne peut être collective. Ainsi, il n'y avait pas à porter de jugement éthique sur le fait de gaspiller l'alimentation ou l'énergie, d'acheter une voiture ou un appareil photo. Nous ne pouvions avoir une responsabilité collective sur des faits lointains comme la faim dans le monde, loin de chez nous. En référence à Kant, on pouvait affirmer que tant que l'homme n'est pas utilisé uniquement comme moyen, mais toujours aussi comme fin, l'action est morale.

Quand les ressources sont limitées, cette règle est insuffisante. Le droit devient nécessaire pour réglementer l'usage de biens rares qui sont l'objet de la convoitise d'un grand nombre. Habiter au bord de la mer est recherché. Si les personnes capables d'acheter un terrain au bord de l'eau et d'y construire une maison sont nombreuses, par rapport à l'étendue des côtes, malgré un coût très élevé, c'est toute la côte qui devient inaccessible aux autres. Ainsi en est-il du goût de rouler en automobile. Tant que le nombre de ceux qui le souhaitent est limité, cela ne pose pas de problème. Si le nombre augmente trop, il faut construire des routes supplémentaires, briser l'espace au détriment de la biodiversité, de la qualité des paysages, de la qualité de vie de ceux qui habitent à côté. Puis finalement, c'est l'atmosphère ne plus le supporter... L'action dans un espace limité, la Terre, peuplée d'une immense population humaine dont les droits de chacun sont reconnus, change la nature de l'éthique. Chacun agresse le genre de vie de personnes qu'il ne connaît pas, par une consommation anodine, parce que des millions, voire des milliards de

personnes, souhaitent en faire autant.

Cette situation devient banale. Un acte de consommation, de production, d'appropriation d'espace, qui paraît sans valeur éthique ou qui semblerait digne de valeur, peut devenir un acte éthiquement condamnable, collectivement parlant. Rien ne paraît plus sain que de vouloir faire de la randonnée en Vanoise. Pourtant, si le tiers des Européens souhaite y venir marcher une semaine par an, et que cela leur est accordé, le parc est condamné. Depuis que le grand tétra (« coq de bruyère ») est interdit de chasse en Écosse et qu'il est possible de marcher dans les lieux où il habite, sans le chasser, sa survie est menacée. Car les visiteurs abondent et il a besoin de n'être pas dérangé pour vivre sa vie... Heureusement que certaines parties du parc de la Camargue sont fermées, sinon les oiseaux n'y survivraient pas. Nous sommes dans une situation où la multiplication d'actes anodins peut avoir des conséquences néfastes. Prétendre, pour des raisons nutritionnelles, qu'il faut manger du poisson trois fois par semaine, en donnant même les noms courants, comme le thon (sans précision d'espèce), le cabillaud ou la morue (sans précision d'origine), le flétan, le mérou, la raie ou même le carrelet et la sole, est du « pousse au crime ». La mer ne peut plus supporter une telle consommation venant de plusieurs milliards de personnes. Nous devons trouver une solution végétale au besoin en acides gras Oméga 3 et 6.

Ne pas gaspiller la nourriture, car il y a des gens qui n'ont pas assez à manger. Une telle posture individuelle paraît sans portée. Dans une approche globale planétaire, dont les marchés sont interconnectés, pour lesquels la terre et l'énergie sont limitantes, le gaspillage alimentaire des pays les plus riches aggrave les difficultés planétaires que nous rencontrons. Si chacun jette ne serait-ce que 10 % de ce qu'il achète, c'est 10 % de la production globale qui est inutilisée, cela ressemble aux pertes de jadis durant le stockage des denrées. Mais nous gaspillons bien davantage depuis la production agricole d'origine jusqu'à l'assiette du consommateur.

Le champ de l'éthique ne peut plus être limité à une conception individuelle, nous devons acquérir une conception collective de la responsabilité, comprendre et améliorer sans cesse les conséquences de nos actions apparemment individuelles, mais à portée collective. Il ne s'agit pas de créer une culpabilisation collective des populations économiquement les plus avancées, mais de leur faire prendre conscience de leur responsabilité. C'est bien cette nouvelle forme d'éthique que Hans Jonas a voulu décrire dans « *Le principe responsabilité* ». Le nouvel impératif éthique : « Ne fais pas ce qui serait négatif si neuf milliards d'humains voulaient le faire... »

Le modèle collectif de développement techno-économique des Européens est interdit *de facto* aux deux tiers de l'humanité, car les disponibilités énergétiques ne suffisent pas. Est-il une proposition éthique ? Nous, Européens, ne pouvons reprocher aux deux milliards et demi de

Chinois et d'Indiens de prendre le même chemin que nous. Nous devons proposer un autre modèle, en commençant à la mettre en place pour nous, qui permette à chacun de trouver sa place.

Les acquis sont inamovibles

Nous autres, Français, nous sommes attachés à nos acquis. Certains ont été obtenus par des luttes contre la domination. Il nous paraît naturel de ne pas y toucher. Mais nous sommes outrés lorsque nous entendons un président américain dire que le genre de vie américain est non négociable. Pourtant, il s'agit du même concept. C'est le droit affirmé, par ceux qui ont obtenu une prérogative à une époque donnée, de la conserver quelles qu'en soient les conséquences. Or une garantie, même justifiée à un moment donnée, ne peut se référer au droit, qu'il s'agisse de loi ou d'éthique. C'est le résultat d'un rapport de force favorable, à un moment donné, qui a permis à un collectif d'imposer la décision politique d'une appropriation des bénéfices ou d'une part de ceux-ci. Une rétribution, quelle qu'en soit la nature, acquise par un rapport de force favorable, est modifiable lorsque le rapport de force change. Pourtant l'expérience montre que cette modification peut être très difficile, même si le maintien conduit à l'effondrement de la population qui a acquis cet avantage.

Pourquoi ceux qui ont obtenu un avantage veulent-ils le garder lorsque la technologie, la société et l'environnement ont changé au point qu'il n'est plus possible de le conserver ? Se poser la question dans ces termes, c'est y mettre un biais qui ne permet pas de comprendre. Nous avons discuté du problème des références glissantes, lesquelles changent lentement par habitude. L'habitude à une situation confortable, quelle qu'elle soit, devient une référence. Nous avons pris l'habitude de consommer du poisson en France. La hausse de son coût paraît une atteinte à un droit, comme limiter la consommation de poisson cru, au Japon, peut être vécu comme une crise d'un modèle de vie. Pourtant il faudra bien changer. Il n'est facile pour personne de perdre quelque chose de confortable devenu une norme de la vie quotidienne. Les acquis indépendants de l'environnement relèvent de l'éthique individuelle. Mais cette indépendance exige un débat permanent pour la vérifier.

Nous pouvons nous moquer du refus des autres de se passer d'un bien, d'un service ou d'une coutume. Mais nous sommes tous ainsi : personne n'aime perdre ce qui était devenu un cadre de sa vie ou une référence, voire une valeur. Si, sur ce bien, ce service, cette coutume de consommation, les références glissantes peuvent s'appliquer, que seule la loi du marché régule sa valeur, que la population concernée a les moyens de continuer à l'obtenir quel qu'en soit son

prix, alors ce bien disparaîtra. L'attachement à un bien peut conduire une population jusqu'à l'immolation. C'est l'hypothèse de Jared Diamond sur la disparition de la population viking groenlandaise au XIV^e siècle lorsque le climat s'est refroidi : refus de manger du poisson et du phoque, refus de changer d'habitudes et de genre de vie, incapacité à changer leur structure sociale, refus de s'allier aux populations voisines, et ce, jusqu'à la mort. L'attachement à ses valeurs est semblable à l'attachement à ses avantages. On peut imaginer un groupe social tellement attaché à ses coutumes qu'il finisse par faire disparaître sa propre activité. C'est peut-être ce qui s'est passé avec la baisse continue du fret par la SNCF en France durant les quarante dernières années. La disparition d'une activité n'est pas toujours inéluctable, elle peut être le résultat du refus de changer. Mais ceci ne peut non plus être un argument pour imposer un changement injuste. La suppression d'un acquis demande un débat sur les enjeux.

L'attachement à des valeurs, considérées comme intangibles, indépendamment de toute compréhension des limites de chacun, du collectif et de l'environnement dans lequel nous vivons, est un refus de reconsidérer les effets de son genre de vie. Par exemple, avoir de nombreux enfants peut-il être une valeur collective en soi, sur notre planète surpeuplée dont chaque habitant prend toujours davantage dans un environnement limité ? Les Vikings au Groenland ont affronté un refroidissement dont ils n'étaient pas responsables ; ils n'ont pas voulu s'adapter. Nous allons affronter un changement climatique dont nous sommes, collectivement, responsables : saurons-nous trouver les réponses ?

La vieillesse est non inventive

Mythe tenace que celui de la relation entre l'âge et le goût d'entreprendre. Shanghai, la ville la plus âgée de la planète, est là, dans sa croissance flamboyante, pour balayer cette assertion éculée. Verdi composa ses plus grands opéras après soixante ans, Kant avait cinquante -six ans quand il écrivit la *Critique de la raison pure*. Platon, quand il écrivit *Les lois*, était proche des quatre-vingts ans; sa pensée avait évolué. Voltaire publia *Candide* à soixante-cinq ans, le *Traité sur la tolérance* à soixante-neuf ans. Henri Matisse, qui fit sa première exposition à vingt-sept ans, a peint durant toute sa vie. Il réalisa à quatre-vingts ans *La Chapelle du Rosaire de Vence* et *La tristesse du roi* l'année de sa mort. S'il est possible qu'on trouve plus de penseurs écrivant tardivement et longtemps ou des artistes créant jusqu'à leur dernier jour, que des mathématiciens créatifs à ces âges, s'il est probable que l'enthousiasme est davantage le propre de la jeunesse, l'expérience autour de soi montre que la créativité est multiple et peut durer toute la vie.

Entreprendre, ce n'est pas que créer une entreprise, inventer des machines, découvrir des

lois scientifiques ou des méthodes techniques, c'est aussi innover dans les relations sociales, proposer de nouveaux concepts, aider les générations plus jeunes, évoluer dans sa pensée, construire du nouveau, inventer des façons d'être et de vivre. Entreprendre, innover, découvrir, ne sont pas le privilège de la jeunesse. Si tant de vieux perdent la foi en une vie de création, c'est qu'ils ont perdu la foi en la vie, cette foi que l'on peut perdre à tout âge et retrouver à tout âge.

Cicurel défendait l'idée que la génération née après la Deuxième Guerre mondiale est une « génération inoxydable ». Quelle que soit la portée de cette assertion, elle dit que la capacité à rester inventif est d'ordre culturel et non d'ordre biologique. L'expérience montre que la créativité s'évanouit quand elle est empêchée. Sachons faire appel à ceux qui restent des découvreurs jusqu'à la fin de leur vie, car ils ont aussi acquis plus d'expérience, et, espérons-le, plus de culture. Empêcher la créativité d'une population vieillissante, c'est d'abord la conduire à une posture de repli, à la négation des attitudes nouvelles, au refus de la vie. Croire que cette population ne peut être innovante, c'est se priver de la richesse de l'expérience. Mais cela ne signifie pas non plus qu'il est possible de la contraindre à devenir active et inventive.

III

Les limites physiques

Où l'on montre le heurt à des limites physiques : l'espace, l'énergie, l'eau, la terre cultivable, le climat, la diversité du vivant.

L'espace – la limite démographique

Il ne fait plus aucun doute que l'espace est devenu limitant. Il n'existe guère plus de 1600 millions d'hectares disponibles pour l'agriculture productive, en excluant les pâturages, en considérant les surfaces impropres à l'agriculture – montagne, déserts, hauts plateaux –, les surfaces nécessaires au maintien du fonctionnement de la biosphère – marais, lacs et rivières, forêts, landes, prairies naturelles –, et les surfaces urbanisées par l'homme – villes, routes, chemins de fer, aéroports, industrie. Toutes les activités de l'homme consomment les mêmes territoires, le plus souvent en plaine, et souvent proche de la mer. La croissance démographique demande plus de terre agricole, ce qui est désormais globalement impossible, et plus de surface pour les logements et les infrastructures.

Les prises de position sur la démographie diffèrent selon deux points de vue : naturaliste ou bioécologique, et socio-économique. Le premier est appelé malthusien par les économistes. Depuis Darwin, admirateur de Malthus, les biologistes sont majoritairement en accord avec cette approche, même s'ils considèrent que le discours de Malthus est à revoir dans les détails et calculs. Dans une vision biologique, l'expansion humaine du dernier siècle ressemble à un cancer, une pathologie, la prolifération de créatures détruisant leur habitat. Le Commandant Cousteau, par exemple, après des calculs simples, conclut que la Terre ne peut pas porter plus de sept cents à huit cents millions d'habitants au genre de vie moderne, calcul en accord avec la

Deep Ecology, et manifestement biaisé.

Du côté économique, on a cru qu'une nation devait être en forte croissance démographique pour accéder à la croissance économique. On sait maintenant que ce lien n'existe pas. Des peuples en explosion démographique sombre dans la misère, d'autres au renouvellement non assuré des générations connaissent des croissances économiques très fortes. La décroissance démographique angoisse certains. Paul Yonnet, sociologue, parle de la tragédie du peuple russe à cause son évolution démographique actuelle. Certains s'inquiètent pour les Québécois... Sur quels faits se nourrit cette croyance ? La croissance démographique peut être associée à la croissance économique lorsque les limites rencontrées sont dépassées, momentanément, par déplacement. Les Anglais, pendant deux siècles, ont déplacé le problème de la croissance démographique et du besoin d'énergie de deux façons : d'un côté par la révolution industrielle, et d'un autre côté par la conquête de territoires et l'émigration. Les Russes ont utilisé leur croissance démographique, pendant trois siècles, pour la conquête d'espaces peu peuplés, d'abord vers le Nord, puis vers l'Est. Les Allemands ont tenté de déplacer aussi leur problème démographique, d'un côté par l'industrialisation, de l'autre par l'émigration, et en dernier lieu en tentant d'élargir leur espace par la guerre. En France, la relative, mais réelle décroissance démographique, dès le début du XIX^e siècle, n'a pas empêché l'accès au développement industriel.

Les déplacements possibles sont devenus limités : moins d'accès à une énergie concentrée, impossibilité de conquérir des territoires, pas de lieux libres pour l'émigration, absence locale des conditions sociales, culturelles, scientifiques ou technologiques, permettant un déplacement technologique ou organisationnel. Une explosion démographique peut alors conduire à l'écroulement. C'est ce que suggère Jared Diamond dans l'exemple des Anasazi, dans le Sud-Ouest des États-Unis, avant le XII^e siècle.

La croissance démographique africaine a lieu dans un environnement dont les richesses ne seraient accessibles que grâce à une technologie peu maîtrisée sur place, dans un contexte socioculturel bouleversé par leur histoire. Les Indiens répondent à leur croissance démographique par une HANPP (appropriation humaine de la production primaire brute) qui atteint 60 %. Ils frôlent la limite absolue à l'exploitation des terres. Richesse et population sont inversement corrélées. Sur les dix pays les plus peuplés de la Terre, un seul est considéré comme riche. Sur les dix plus riches, un seul fait partie des dix plus peuplés. Cet exemple, donné par Jared Diamond, suggère que ce pays particulier, les États-Unis d'Amérique, est davantage un contre-exemple local que la tendance. La course à la croissance démographique reste pourtant

dans l'imaginaire collectif. Le « non-renouvellement des générations » inquiète, en particulier en Europe, alors que c'est une chance : la possibilité de baisser la pression globale de l'activité humaine sur le territoire européen, même si la baisse la plus importante ne peut venir que de choix socio-technico-économiques : l'innovation accélérée ou la décroissance.

Entre la démographie et le développement, au-delà d'un certain seuil, il faudra choisir, que ce soit un « choix imposé » ou un choix réel. La poursuite du développement sur un territoire densément peuplé ne peut qu'être associée à la décroissance démographique, même combinée à des innovations sociales et technologiques, d'autant que l'espérance de vie s'allonge. Car les surfaces disponibles pour l'agriculture diminuent avec le développement.

La comparaison des pays du continent africain fournit un modèle. En 2002, la population du continent était de huit cent douze millions d'habitants. Elle atteint neuf cent dix-huit millions en 2008, et un milliard cent seize millions en 2014. Le Fnuap (Fonds des Nations Unies pour la Population) prévoyait en 2001 que ce continent abriterait 2 milliards d'habitants en 2050 ; est-ce l'annonce d'une catastrophe ? Les pays africains où la natalité a chuté ont connu une nette amélioration de leur niveau de vie. En 2002, le taux de fécondité en Tunisie était de 2,1 et semble se stabiliser à moins de 2. En Algérie, la baisse est moins prononcée : à 2,8. Le Maroc, de plus de 3 à 2,13, l'Égypte à 2,8. Afrique du Sud et Botswana se rapprochent de 2,2. Le reste du continent affiche la plus forte croissance démographique au monde associé à un appauvrissement, mais les évolutions deviennent très rapides. Là aussi, les différences s'accroissent entre le Cap-Vert au taux de fécondité de 2,3, le Kenya (3,3), la Côte d'Ivoire (3,5), le Cameroun (4,7), le Sénégal et le Gabon (4,4), la République Démocratique du Congo (4,6), l'Ouganda et la Somalie (5,9), le Mali (6). Les pays africains à démographie en désaccélération forte se classent globalement parmi les plus développés du continent. En Afrique, comme ailleurs, le développement commence par l'éducation, surtout des femmes, ce qui conduit à une baisse de la fécondité.

Dire que, pour l'environnement, peu importe la population si elle n'est pas fortement consommatrice d'énergie, de déplacements, de terre, est une erreur de perspective, car tout être humain cherche à satisfaire, dans la durée, sa demande de biens matériels. L'empreinte écologique moyenne d'une personne est définie par la surface dont elle a besoin pour vivre. Les besoins de surface d'un Américain sont environ quarante fois ceux d'un Africain. À terme, le développement des pays africains demandera plus de surface par habitant. Une baisse tendancielle de la population devient un atout, qu'elle soit asiatique, américaine, européenne ou africaine...

Sans entrer dans les visions extrêmes de la *Deep Ecology*, qui souhaite une population planétaire de cinq cents millions d'habitants, une baisse progressive de la population planétaire est une part des solutions aux problèmes de manque d'espace. Ce n'est pas l'objet de ce texte, même si se dessine une convergence entre l'approche socio-économique et l'approche bio-écologique. Au moins, ne crions pas que c'est un désastre si un pays ne renouvelle pas sa population (indice de fécondité inférieur à 2), et encore moins si cela vient d'un changement sociétal et culturel profond d'un pays riche. La pression négative de l'homme sur son environnement existe depuis qu'il existe et une population planétaire trop importante est risquée. L'exemple des Pays-Bas suggérerait l'opposé. Mais ses ressources globales (son empreinte écologique) dépassent largement la surface du pays, ce qui est un déplacement de problème, payé par d'autres.

En 1800, la France comptait un million de naissances par an et une population de vingt-six millions d'habitants, soit un rapport entre population et natalité, décrit par Laplace, égal à vingt-six. Aujourd'hui, il est de soixante-quinze, le nombre de naissances est d'environ huit cent cinquante mille pour une population de soixante-quatre millions d'habitants. L'accroissement de l'espérance de vie augmente la population, toutes choses égales par ailleurs. Le vieillissement est la conséquence d'un accroissement de l'espérance de vie pour une population globalement stabilisée. L'âge moyen augmente puisque les habitants vivent de plus en plus longtemps. Il y a un problème de transition à gérer avec décalage du transfert générationnel des richesses. Malgré ces problèmes secondaires de partage, la baisse de fécondité est nécessaire. Les cent trente-neuf millions de naissances dans le monde de 2014, au ratio français de 1800, donne trois milliards six cent quatorze millions. Hors croissance de l'espérance de vie, la population humaine par génération a été seulement multipliée par 3,6 depuis 1800, et celle de la France a baissé de 15 %.

L'image de la vieillesse change dans un monde où à cinquante ans nous avons devant nous trente années de vie et d'activité. Comment transformer une société dans laquelle « être vieux » a changé de sens ? Travailler plus longtemps implique d'améliorer la qualité sociale et humaine du travail. Pourrions-nous dire comme Hamadou Hampaté Ba : « En Afrique, chaque fois qu'un vieillard meurt, c'est une bibliothèque qui brûle ». Avec le vieillissement de notre population devenons-nous des savoirs vivants ? Créatifs et pleins de questionnements ? Pourquoi se plaindre du vieillissement et vouloir importer des travailleurs à bas prix, à partir de pays disposant de plus d'espace ? Ne déplaçons pas notre problème qui devra toucher toute la planète, apprenons à vivre avec. Nous avons besoin de respect et d'anticipation, car nous atteignons presque tous un âge avancé et nul ne peut prédire comment chacun d'entre nous souhaite alors servir, ou ne pas

servir, le collectif.

En tenant compte des terres cultivables, des besoins de surface pour les villes, les routes, les différentes infrastructures, les espaces naturels, et en partant des possibilités de l'agriculture moderne, Joseph Klatzmann était arrivé, vers 1970, à la conclusion que nourrir dix milliards d'hommes était possible. Élève de Sauvy, il était arrivé à la conclusion que si l'éducation et le développement s'accéléraient, et il appelait de ses vœux l'aide des pays les plus avancés, la « transition démographique » permettrait de ne pas dépasser cette population.

La démographie, perçue comme la catastrophe à venir dans les années 60-70 du vingtième siècle, se combine à un autre obstacle. Les prévisions annonçaient que le poids relatif des nations développées diminuerait de 23 % à 16 %, prévisions maintenues, encore en 1996. Aujourd'hui, on peut « prédire » que la population des pays développés dépassera 50 %, non pas parce que les pays développés connaissent une expansion démesurée, mais parce qu'un continent entier, voire deux, accède(nt) au développement. L'Occident n'est plus seul. Il y a le Japon, Singapour, Taiwan, la Corée du Sud, la Malaisie... La Chine n'est plus un pays en voie de développement. Il est probable que l'Inde suive, différemment, avec dix ans de décalage.

À moins d'un gouvernement « musclé » quelque peu dictatorial, il n'est possible de contrôler une démographie « galopante » qu'en investissant dans l'éducation, des filles en premier lieu. Évitions les discours natalistes et travaillons sur notre propre angoisse de voir d'autres peuples « déferler », nous autres, descendants d'Occidentaux qui avons déferlé il y a peu sur la planète entière... Aidons les peuples dont la croissance démographique est le résultat d'une dérégulation dont nous sommes, collectivement et plus ou moins directement, responsables. Ni le « vieillissement » des populations, ni la baisse lente de la population globale, ne sont un mal, résultats d'un processus de « recul de la mort » recherché par tous et face auquel l'innovation sociale est la seule solution. Agissons pour que partout dans le monde le taux de fécondité moyen se situe au plus vite en dessous de 2, et ce, pendant au moins cinquante ans. Il n'y aura pas de « Demographic Crunch ».

L'énergie

La société moderne demande un flux d'énergie considérable. La construction de l'Union européenne, accompagnée de l'utilisation de complémentarités industrielles transnationales, a demandé un accroissement des mouvements des citoyens ainsi que du transport des biens et services. Cette dynamique a été possible, durant la deuxième moitié du XX^e siècle, grâce à l'énergie bon marché. Cette énergie à bas prix va être une histoire passée. La connaissance des

rythmes de transformation des technologies et des sociétés suggère une course contre la montre. La « fin du pétrole » a été annoncée, à plusieurs reprises, au point de mettre en cause la crédibilité de telles annonces. On a crié au loup, trop tôt. L'angoisse du manque de pétrole a commencé dès le XIX^e siècle, en Pennsylvanie, comme la production industrielle de pétrole commençait... Le dernier cri d'alarme est le fameux rapport du club de Rome (1972). Certains pays (Europe de l'Ouest, Japon) en ont tenu relativement compte. Mais le pétrole est devenu si indispensable dans de nombreux secteurs clefs de notre économie qu'apprendre à s'en passer va demander un effort considérable.

Après les États-Unis, l'Union européenne était le deuxième pôle planétaire de consommation d'énergie. La Chine, beaucoup plus peuplée et visant un genre de vie semblable, devient le premier pôle. Chaque point de croissance a un impact planétaire immédiat. Sa croissance devient autocentrée. Dès fin 2008, elle est le premier pays consommateur d'énergie fossile, et d'abord en charbon.

Chaque citoyen, dans l'Union européenne, a besoin, en moyenne, d'un peu moins de quatre tonnes d'équivalent pétrole (TEP) par an. Ce sont des nombres colossaux, en comparaison aux consommations des Chinois ou des Indiens, mais ils nous rattrapent grâce à leur utilisation massive de charbon... Que les Américains aient besoin de huit tonnes, sans pour autant vivre mieux, est une maigre consolation. La majorité de cette consommation est fondée sur un stock planétaire limité. Le stock planétaire de pétrole utilisable avec les technologies actuelles atteignait à l'origine entre deux mille et deux mille cinq cents milliards de barils de pétrole (selon les experts, certains incluant le pétrole de roche mère fracturée, dit pétrole de schiste). Vers 2012, nous en avons consommé mille milliards. Nous sommes donc comme le conducteur d'un engin qui voyage dans un environnement hostile, qui a consommé la moitié du réservoir, qui est en pleine accélération, et qui se dit « j'espère que la réserve est plus importante que prévue; à ce moment-là, je ferai attention et je réfléchirai à la solution ».

La quantité de pétrole planétaire extrait chaque année dépasse, énergétiquement parlant, la production agricole planétaire. Nous « mangeons » du pétrole à un rythme sans cesse accru alors que c'est une matière première de haute valeur technologique. Dans un pays développé, une bonne part des aliments provient de l'industrie agroalimentaire. Un kilo d'agneau sur notre table demanderait plus de sept litres de pétrole. Un kilo de concombre ou de tomate, produit en serre, qui contient plus de 80 % d'eau, demande quand même 0,6 litre de pétrole, ce qui signifie que sur le plan énergétique, ces aliments coûtent plus qu'ils rapportent. Une tonne de blé français demande près de cent litres de pétrole, tout compris. Pour le pain fini, arrivé sur la table du

consommateur, la proportion d'énergie consommée est multipliée par plus de trois.

Certains prétendent que l'évaluation des réserves est sous-estimée. Les volumes cachés dans les schistes et sables bitumineux seraient bien supérieurs. Le pétrole de l'Arctique va devenir accessible. Les hydrates de méthane (clathrates) suscitent des intérêts. Des suggestions d'exploitation dans le golfe du Mexique ou en mer de Chine sont émises, malgré les risques planétaires de leur exploitation. Mais l'erreur d'analyse est manifeste. On pourrait aussi forer à dix ou cinquante kilomètres de profondeur, récupérer la chaleur du noyau terrestre – un petit million de tels forages suffiraient avec les centrales associées –, ou envoyer dans l'espace des panneaux solaires de plusieurs milliers de kilomètres carrés, qui transmettraient par faisceau laser l'énergie sur des centrales configurées pour la transformer en électricité... Avant d'imaginer des scénarios hypertechnologiques, refus d'accepter les limites énergétiques et climatiques, reconnaissons-les et prenons la mesure de notre responsabilité pour l'avenir. Pourquoi obligerions-nous les générations futures à réaliser des exploits technologiques si nous n'avons pas fait le nécessaire pour qu'ils en soient capables ? Il est faux d'affirmer que sur la limite climatique il y a consensus, et non sur le pic pétrolier. Sur ce dernier, les experts indépendants sont unanimes. Le pétrole vaut de l'argent, et non le climat, et on ne peut faire confiance aux représentants de l'industrie énergétique (pétrole en particulier). Le scénario proposé par la Shell s'avère faux dès 2008.

Les prévisions de l'ASPO (Association for the Study of Peak Oil and Gas), en 2005, donnaient un pic vers 2012–2015. Mais la très forte croissance mondiale du début du XXI^e siècle n'était pas prévue. Parallèlement, la demande continue à s'accroître, sauf crise économique ou transformation du modèle énergétique : croissance de l'Asie, de l'Amérique latine... La pénurie physique de pétrole est une nouveauté dans l'histoire de l'énergie. Pourtant en 2014 puis 2015, le prix du pétrole baisse régulièrement au point d'atteindre des minima historiques. Que se passe-t-il ? Les experts se sont-ils trompés ? Mais, nous l'avons vu, les prix se construisent à partir d'un marché, myope, issus des décisions humaines. Europe, Amérique du Nord et Japon ont entamé une décroissance lente, mais réelle de consommation de pétrole. Les investissements dans les énergies alternatives et l'efficacité énergétique diminuent de quelques pour cent les besoins. L'investissement dans l'éolien et le solaire, dont le taux de charge est faible, conduit à compenser par des centrales thermiques au charbon ou au gaz. De même, si la Chine consomme désormais cinq cent soixante millions de tonnes de pétrole, dont les deux tiers sont importés, elle consomme deux milliards et demi de tonnes équivalent pétrole en charbon, toutes extraites sur place. Les croissances chinoise indienne, indonésienne, vietnamienne se sont bâties ou se

bâtissent d'abord sur le charbon, une source d'énergie mieux répartie que le pétrole. Chaque pays optimise sa consommation d'énergie en réfléchissant indépendance énergétique avant d'analyser les effets planétaires à plus long terme. Ainsi les États-Unis choisissent l'indépendance vis-à-vis de l'OPEP et ils le peuvent grâce aux progrès techniques de la fracturation des roches mères. L'OPEP réagit en ouvrant au maximum les robinets pour empêcher les concurrences, manifestement sans succès, mais ce qui entraîne un effondrement des prix. La géopolitique a plus d'influence que des considérations de réserves ou impact climatique et chacun arbitre en fonction des prix et des choix stratégiques... Selon l'AIE, l'investissement mondial cumulé dans l'extraction et la transformation de nouveaux combustibles fossiles est estimé à 22 870 milliards de dollars entre 2012 et 2035, dont 10 320 milliards dans le pétrole seul. Les investissements dans toute autre forme d'énergie ne dépasseront pas 7 400 milliards de dollars. On se retrouve comme dans les années 1980, avec un contre-choc, dont il est évident qu'il ne durera guère plus de dix ans...

Aux alentours de 2030-2050, ce serait le tour du gaz, y compris « gaz de schiste ». Les producteurs mondiaux sont peu nombreux. Ils peuvent décider de freiner leur offre pour maximiser leur profit, d'autant plus qu'ils auront eu l'exemple du pétrole. En particulier, l'Europe dépend fortement de la Russie, mais la dépendance est réciproque.

Le cas du charbon semble plus confus, car le nombre de pays concernés est plus important, et surtout, mis à part l'Australie, les réserves se situent là où il y a des besoins. Le commerce mondial de charbon est très petit par rapport à celui du pétrole. Il semble que la Chine soit tout proche du maximum. Le pic de charbon, selon les experts, va de 2030 à plus de 2100... Évidemment, si le monde se précipite sur le charbon en remplacement des sources précédentes rendues inaccessibles pour des raisons géopolitiques, le pic se rapprochera, avec une trêve sur les prix de l'énergie ralentissant les recherches alternatives ; c'est ce qui se met en place depuis 2014. Le pic réel du charbon va dépendre des choix et des innovations qui auront lieu dans les pays les plus riches pour limiter les émissions de CO₂ : capture du CO₂, etc...

De nombreux scénarios ont été proposés face à une pénurie d'énergie d'origine pétrolière. Ils sont tous catastrophiques. Depuis le chaos, le retour des grandes famines, les guerres civiles, jusqu'à des conflits mondiaux de grande envergure. D'autres envisagent des effondrements de type biologique.

Ne serait-il pas plus intéressant de proposer des actions à la fois immédiates et dans la durée ? Après 2005, l'insuffisance de l'offre en pétrole faisait (enfin...) monter les prix. Ceci avait rendu les citoyens sensibles à un changement nécessaire de genre de vie. Grâce à des choix

politiques réfléchis, les pays riches auraient pu empêcher que ce prix ne rebaisse, chez eux, à cause des mécanismes aveugles du marché. Au lieu de connaître des fluctuations fortes, il pourrait monter chaque année, progressivement, au niveau de la consommation, par une fiscalité dont les revenus seront affectés à la transformation économique et sociale nécessaire. Les choix actuels, motivés par des considérations stratégiques de pays capables de moduler les équilibres mondiaux, vont plutôt dans l'autre sens.

Face aux enjeux et aux innovations nécessaires, les délais restent courts. Le temps est incompressible pour innover, modifier l'organisation de la production et de la consommation, changer les comportements. Contrairement aux visées officielles européennes, c'est probablement avant 2040 que nous devons être capables de vivre sur la base d'énergies renouvelables ou non carbonées. Gagner dix ans, par les pétroles et gaz dits de schistes ou par le charbon, si cela ralentit les recherches et développements en solutions alternatives (prix de l'énergie bas), est une vision très court-termiste. De plus cela met la problématique climatique (cf plus loin) en première ligne.

Les pays développés industriellement vont se trouver, de manière chaque jour accrue durant les trente années à venir, face à une situation difficile en termes énergétiques. Le flux d'énergie est structurant. On sait depuis la théorie des structures dissipatives (Prigogine), la théorie de l'information (Shannon, Von Newman, Wiener, Brillouin), et celles de l'auto-organisation du vivant (Von Newman, Von Foerster, Zopf, Atlan, Morin...), qu'il faut, au moins initialement, un flux d'énergie important pour construire une structure à la fois régulée et capable de s'adapter loin des états d'équilibre physiques. La construction de l'Europe demande qu'un tel flux, au moins en termes d'efficacité, soit maintenu, sinon, la tendance à l'éclatement risque de prédominer. James Kunstler envisage même la désagrégation des États-Unis.

L'Europe et le Japon sont dans une situation très fragile, puisque la consommation d'énergie fossile, largement importée, représente environ 90 % de l'énergie utilisée. Le peu d'extraction réalisé sur le territoire européen (y compris Allemagne, Pologne, Norvège) commence à décroître. Cette pénurie a lieu quand de grands pays accédant à un mode de vie semblable au nôtre sont demandeurs de toujours plus d'énergie fossile : Chine, Inde, Indonésie.

Si les pays les plus riches maintiennent leur prérogative sur l'énergie fossile mondiale, la « déplétion pétrolière » entraînera les pays les plus pauvres vers le chaos et la famine. Au problème technico-économique s'ajoute des questions éthiques : pouvons-nous empêcher les pays qui ne sont pas encore capables de s'adapter à l'après-pétrole (+charbon+gaz) à accéder au développement ? Nier le problème énergétique, en admettant que nous serons capables de payer

une énergie de plus en plus chère et garder le même genre de vie, c'est acculer les plus pauvres au désastre, avant de nous y acculer nous-mêmes. Environ 50 % des réserves planétaires restent accessibles, à des coûts croissants. Pouvons-nous brûler ces réserves inconsidérément ? Nous avons besoin d'énergie fossile pour apprendre à nous en passer.

Un projet global de transition énergétique fera s'éloigner le début de la déplétion. Plus les solutions alternatives se développeront, plus grand sera le « risque » de se trouver dans une situation de pétrole pléthorique. Dans ces conditions, les majors pétroliers retarderont des investissements colossaux par peur de ne pas être payés de retour, ce qui semble se dessiner en 2015. Ils ont besoin d'une garantie de prix, qu'aucun marché ne peut garantir. Ils retarderont, et retardent déjà, les investissements, ce qui obligera à accélérer l'accès aux énergies alternatives. Le cercle (vertueux) se poursuivra, encore que si les Etats ne s'entendent pas pour réguler les prix, cette situation entraînera des fluctuations « fébriles » des prix, et comme depuis 2014, une baisse momentanée du coût de l'énergie conduisant certains États à des choix périlleux à terme.

L'eau

Peut-on imaginer une grande civilisation sans une source d'eau ? Presque toutes les grandes villes ont été créées au bord d'un fleuve ou d'une rivière, et très souvent au bord d'un estuaire. Aux plus anciennes civilisations nous pouvons toujours associer au moins un fleuve : à l'Égypte, le Nil, à la Mésopotamie, le Tigre et l'Euphrate, à l'ancienne civilisation indienne, l'Indus puis le Gange, le Brahmapoutre. À la Chine, ses deux grands fleuves, le Yangzi Jang et le fleuve Jaune. Lorsqu'un fleuve traverse un désert, il devient pour les hommes une source de vie. L'eau a cette caractéristique de n'être pas un stock, ou très rarement. Nous savons bien que l'eau de bonne qualité, celle en qui nous pouvons avoir confiance, est une eau courante. Elle paraît inépuisable, mais sa quantité est limitée. Elle peut être usée par mésusage, et l'eau que nous buvons est une part infime de l'eau que nous « usons ».

Selon la FAO, le premier facteur de l'allongement de l'espérance de vie est l'amélioration de la qualité de l'eau, suivi du meilleur respect de la chaîne du froid, puis de l'évolution de l'hygiène, et en quatrième viennent la médecine et les nouveaux médicaments. Toute l'eau que nous utilisons provient des pluies ou des neiges, parfois avec le tampon des glaciers, comme dans les Andes ou l'Himalaya, ou des nappes phréatiques. Pour des volumes encore limités, en des lieux spécifiques, elle provient du dessalement de l'eau de mer. L'eau salée représente 98 % de l'eau planétaire. Les deux tiers des 2 % restants sont immobilisés dans les glaces près des pôles. L'eau douce circulante, utilisable, ne représente donc pas plus de 0,6 % de la masse totale

d'eau planétaire. Elle est inégalement répartie, les pays nordiques en possédant une part hors de proportion avec leur population. Sur la totalité de l'eau consommée par l'homme, l'agriculture en prend 70 %, l'industrie environ 20 %. Moins de 10 % sont utilisés dans les circuits d'eau potable. On peut imaginer que les 30 % d'eau circulant dans des réseaux (industrie, habitation) soient entièrement recyclés grâce aux centrales d'épuration. Pour ce faire, il faut de l'énergie et l'acceptation sociale de ce recyclage. Ces chiffres sont des données moyennes planétaires. Dans les pays industriels, la part de l'industrie dépasse 50 %, tandis que celle de l'agriculture diminue à 30 %. Le développement industriel crée une compétition entre demande agricole et demande industrielle.

L'eau, ressource renouvelable essentielle, est donc liée à l'énergie et à l'alimentation. Écologiquement, elle dépend des forêts ou des glaciers en amont des bassins. Sa circulation des montagnes à la mer, sous forme de rivières et de fleuves, permet de fournir de l'énergie. Son utilisation comme ressource exige de l'énergie, même si, dans le passé, il s'agissait de l'énergie humaine, celle des porteurs d'eau. Son traitement, après utilisation industrielle ou individuelle, absorbe de l'énergie, si nous voulons préserver l'environnement. La fermeture des réseaux d'eaux usées n'est pas toujours complète. Réaliser ces réseaux a un coût élevé tant financier qu'énergétique. Quand elles circulent dans des réseaux non fermés, sans station d'épuration, les eaux usées, polluées, porteuses de différents déchets, sont lâchées dans les rivières, s'étendent jusque dans la mer, contaminant peu à peu les terrains traversés, la mer elle-même et tous les êtres vivants qui en dépendent. On sait ce qu'il en est, par exemple, actuellement, en Chine. Chacun connaît l'histoire du stockage du DDT dans la graisse des phoques de l'Antarctique... Nous sommes de plus en plus nombreux, de plus en plus demandeurs d'eau, les flux d'eau deviennent insuffisants sur des surfaces croissantes de la planète.

Certaines productions agricoles ne sont possibles qu'avec irrigation. Dans les climats lumineux et secs, comme les climats méditerranéens, la photosynthèse pourrait être maximale et permettre une multiplicité de cultures différentes, à condition d'apporter l'eau qui n'est fournie par la pluie que durant l'automne et l'hiver, pendant un nombre de jours limité. Environ 40 % de la production mondiale agricole est irriguée. Sans cette irrigation, ce serait la famine, même si l'eau de pluie est la première source d'eau des champs. Il est possible d'utiliser au mieux l'eau pour l'agriculture, mais cela demande un investissement humain, financier, énergétique. Israël est, sur ce plan, un cas extrême qui montre jusqu'où peut aller la maximisation de l'utilisation de l'eau à des fins agricoles. Pourrions-nous utiliser toute l'eau des rivières de la planète avec cette efficacité que les déserts seraient irrigués. Mais ce n'est pas toujours possible, ni souhaitable.

Aujourd'hui tous les pays chauds et secs consomment l'eau des nappes phréatiques (Afrique du Nord et de l'Est, Moyen-Orient, Asie centrale, Inde, Chine, Mexique, Californie...), dont le niveau baisse sans cesse jusqu'à l'épuisement proche. Aucun remplacement n'est prévu. Des fleuves et des mers sont asséchés ou réduits pour les besoins de l'irrigation : mer d'Aral, mer de Galilée, mer Morte, Colorado, fleuve Jaune, Nil, Indus, Gange, Tigre, Euphrate...

L'alimentation des pays riches a changé. Elle demande plus de pétrole et plus d'eau dite « virtuelle », l'eau qu'il a fallu utiliser pour arriver au produit final. La consommation d'eau virtuelle mesure le besoin en termes d'eau. Si six cents litres d'eau virtuelle suffisent pour produire un kilo de pommes, ou mille litres pour un kilo de pommes de terre ou de céréales, cette eau dont la majeure partie vient des pluies, il en faut quinze mille pour produire un kilo de steak, dont trois cents ne viennent pas directement de la pluie. Le kilo de porc et de volaille demandent respectivement près de cinq mille et quatre mille litres. Le café torréfié revendique plus de vingt mille litres... Il faut être prudent sur les calculs d'eau virtuelle, car cela ne signifie pas toujours que l'eau est limitante, ni surtout qu'elle est prise au détriment d'un autre usage possible. L'eau qui nous importe directement, comme citoyens, c'est l'eau potable, à laquelle n'ont pas encore accès plus d'un milliard de personnes, mais nous ne l'utilisons pour boire qu'à raison de 2 %.

L'industrie est aussi consommatrice d'eau, même si elle a su diminuer relativement ses besoins. Par exemple, une rame de papier A4 ne demande plus que cinq mille litres, alors que la fabrication du papier était réputée être grosse demandeuse d'eau. On peut espérer que l'industrie soit, proportionnellement à son activité, de moins en moins consommatrice d'eau, grâce à des innovations techniques.

Comme durant le XX^e siècle, l'énergie n'était pas chère, l'eau était rarement un facteur limitant, cela dépendait des lieux. Elle pouvait être transportée et les réseaux d'eau potable permettent aux habitants des pays riches d'y accéder. Cela a conduit à trop d'eaux usées et nous avons installé des stations d'épuration. Un coût élevé de l'énergie risque de remodeler la donne. Il faudra utiliser au mieux l'eau disponible. Le genre de vie technologique très énergétivore est aussi gros utilisateur d'une eau qui devient de plus en plus coûteuse en énergie, de plus en plus chère à obtenir, de plus en plus rare par rapport à la demande. La rareté de l'énergie et de l'eau conduira peut-être à un meilleur usage, mais elle risque de conduire à la famine des pays entiers.

Comment répartir l'eau en adéquation avec les populations humaines ? Comment réduire les inégalités de consommation ? Le tourisme dans tout le pourtour méditerranéen demande une quantité d'eau accrue, car les touristes consomment davantage d'eau que les autochtones. La Californie, qui a été le premier État important pour lequel l'eau est devenue insuffisante, est

maintenant dépassée par la Chine, et bientôt par tous les pays du Sud et de l'Est méditerranéens jusqu'au Pakistan, et l'Inde. L'eau devient une ressource limitante sur des surfaces très peuplées de la planète, quand l'eau disponible va baisser par épuisement des nappes phréatiques.

Les matériaux

Les **terres rares** (« rare earths » en anglais) sont un groupe de métaux aux propriétés électromagnétiques semblables, dont le terme vient du fait qu'au début des découvertes, le français était la langue de la science, les « terres » étant des oxydes de minéraux. Le premier, l'Yttrium est découvert par un minéralogiste suédois, Carl Axel Arrhenius, en 1787, le deuxième, le Cérium, en 1803, indépendamment en Suède et en Allemagne. Durant le XIX^e siècle, quinze autres furent découvertes, aux noms évoquant un ailleurs mystérieux : Scandium, Lanthane, Cérium, Praséodyme, Néodyme, Prométhium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium, Lutécium. Comme elles ont des propriétés chimiques très voisines, on les trouve en mélange dans un même minerai et il est difficile de les séparer. De là leur nom général ; car le cuivre ou le plomb, par exemple, sont plus rares, mais, là où ils se trouvent, plus concentrés. Le Tantale, l'Indium, le Gallium et le Germanium, ne sont pas recensés dans les terres rares, quoique rares, mais y ressemblent en termes techno-économiques, et sont donc assimilés. C'est le projet Manhattan (Development of Substitute Materials, en 1940), surtout connu pour avoir conduit à la fabrication de la bombe atomique, qui permit de réaliser leur séparation et purification à des fins industrielles.

À partir de 1970 commence la première application industrielle, directement liée au développement de la télévision en couleur. Depuis cette époque, la consommation de terres rares en industrie est en croissance continue. Leurs applications concernent de nombreux lasers, ampoules ou luminophores, LED, condensateurs, supraconducteurs, semi-conducteurs, aimants permanents (éoliennes, moteurs électriques, etc.), fibres optiques, verres spéciaux, batteries, catalyseurs, céramiques spéciales, écrans LCD, écrans tactiles, disques durs, panneaux photovoltaïques. Utilisées en relative faible quantité dans ces nombreuses applications, les terres rares sont souvent présentées comme les « vitamines » indispensables au développement des nouvelles technologies, « vertes » ou pas. Leur usage se concentre donc sur des secteurs économiques récents, toujours liés à l'optoélectronique et l'électricité, et donc souvent stratégiques.

Leur faible concentration dans les minerais conduit à des extractions techniquement difficiles, économiquement coûteuses, et à fort impact environnemental. On ne peut pas les

extraire et les raffiner n'importe où, n'importe comment. Leur prix au kilo est très élevé et croît avec l'augmentation de la demande. Ce sont des Français qui développèrent les techniques de séparation par cristallisation fractionnée au début du XIX^e siècle et, depuis, la recherche en chimie des terres rares a été une tradition française. En conséquence, la France garde une bonne position technologique, entre autres par la société Rhodia qui capitalise les savoirs et savoir-faire de l'ancien Rhone-Poulenc, même si ses principales usines sont aujourd'hui en Chine (Mongolie intérieure et Jiangsu).

Les premières productions ont d'abord eu lieu au Brésil et en Inde, dès 1948, puis aussi en Afrique du Sud. De 1968 à 1990, les États-Unis sont devenus les premiers producteurs, remplacés rapidement par la Chine. Les dirigeants chinois ont eu indéniablement une vision techno-économique anticipatrice. Pour le développement économique de leur pays, ils ont cherché à favoriser le développement de filières complètes. Jusqu'à mettre en place une politique de limitation des exportations, lesquelles ont baissé de plus de 80 % de 2003 à 2012. Ainsi, les capteurs, et même les panneaux, photovoltaïques sont-ils en majorité d'origine chinoise. De fait, la Chine produisait près de 90 % des terres rares. Mais aujourd'hui, la Chine ne veut plus assumer seule l'impact écologique de l'extraction qui devient plus que préoccupant.

On se retrouve aujourd'hui avec deux problèmes différents, mais liés. La dépendance d'une seule source quasi monopolistique d'un côté, mais aussi une raréfaction des ressources dans des délais assez courts allant de quinze ans à quarante ans. Or les conditions environnementales d'extraction et de raffinage sont telles que l'idéal est la mine située dans un quasi désert. Dans les conditions de peuplement européen, des mines de terres rares rentables semblent quasi hors de portée. Les mines prospectées pour une reprise ou amplification de production sont en Afrique du Sud, Canada, Australie, États-Unis, Groenland, Suède. La Russie aurait aussi un fort potentiel. On a trouvé des gisements au fond du Pacifique... On se retrouve dans une situation qui a des points communs avec la recherche pétrolière. Selon le coût à payer et l'évolution technologique, les réserves varient, dès maintenant, d'un à dix. Le recyclage des terres rares est désormais à l'ordre du jour ; recherches, développements et investissements ont déjà commencé dans ce sens en Europe. Il va de soi que le recyclage a un coût au minimum énergétique.

De nombreux **autres métaux** sont également en situation critique. Citons le cuivre, le plomb, le zinc, l'étain, le nickel, ou encore l'argent et l'or dont les consommations dépassent désormais l'extraction minière. Le recyclage est déjà mis en place. L'optimisation du recyclage devient un objectif stratégique ; il se traduit, selon notre point de vue ici, par un coût énergétique,

mais aussi économique.

Le **phosphore**, comme élément chimique fondamental, est décrit en 1669 par un alchimiste allemand, Hennig Brandt, probablement dans le cadre de la recherche de la « pierre philosophale ». Il fait partie des éléments identifiés avant l'apparition de la chimie à la fin du XVIII^e siècle. Son nom lui a été attribué à cause de sa phosphorescence. La recherche scientifique a montré que le phosphore est aussi indispensable à la construction du vivant que le carbone, l'oxygène, l'hydrogène ou l'azote. Mais de ces cinq éléments, il est le seul à ne pas connaître de forme gazeuse durant son cycle. Le « cycle du phosphore » ne passe jamais par l'atmosphère. Biologiquement, le phosphore, sous forme de phosphate de calcium participe à la structure des squelettes de tous les vertébrés, et généralement aux structures dures des êtres vivants. Il joue un rôle fondamental dans la structure de l'ADN et de l'ARN, comme pont entre chaque nucléotide. De plus, en association avec l'adénosine, sous forme de phosphate, il joue le rôle de monnaie énergétique dans tous les échanges du métabolisme. Les phospholipides sont essentiels pour la formation des membranes cellulaires.

Tout animal, y compris l'homme, obtient du phosphore par sa nourriture. En revanche, les plantes le trouvent dans le sol. Si le phosphore est relativement commun, il ne peut être absorbé par les plantes que sous la forme soluble dite orthophosphate qui est minoritaire. On considère aujourd'hui que les pratiques d'incendies réguliers, en Australie, par les aborigènes avaient pour intérêt le recyclage du phosphore végétal et un peu de transformation du phosphate insoluble du sol, dans un continent peu pourvu en phosphore. Les méthodes d'abattis-brûlis, par les premiers agriculteurs européens et africains, avaient probablement le même but. De même, aux époques plus récentes, l'enrichissement du sol par les fumiers et lisiers animaux, ainsi que par les excréments humains, avait pour premier intérêt de recycler le phosphate. Tous les produits organiques apportent du phosphore qui peut se solubiliser. La maintenance de la fertilité d'un sol par l'apport organique pourrait se résumer à l'apport fondamental de phosphates solubles.

Le problème du recyclage du phosphore apparaît avec l'urbanisation, sans retour des produits organiques vers la terre agricole. Les populations citadines deviennent trop importantes ainsi que les distances pour le retour à la terre des déchets organiques. De plus, les épidémies ayant été identifiées, durant le XIX^e siècle, comme causées par des bactéries proliférant dans les déchets, la révolution sanitaire a séparé totalement le flux des déchets citadins d'un possible recyclage vers les champs. Comme de nouvelles sources de phosphates solubles étaient trouvées, tout le système campagne-ville devint un système d'entrée-sortie du phosphore sans retour à la

terre. La rupture devient complète quand la population est largement citadine.

C'est en 1840 que Justus von Liebig, fondateur allemand de la chimie organique, prouva que l'effet de l'humus sur les plantes provenait essentiellement des sels solubles de phosphore, d'azote et de potassium, et non de la matière organique elle-même. Leur circulation entre la matière vivante et la matière inerte permettait la vie et la production agricole. Ce fut le début des amendements des sols à partir de produits importés, qu'il s'agisse d'os broyés ou traités à l'acide, ou du guano du Pérou ou des îles du Pacifique puis des roches riches en phosphates chauffées et broyées. La découverte par Haber et Bosch, au début du XX^e siècle, du procédé de même nom permettait aussi de produire des nitrates directement utilisables par les plantes ; le procédé était coûteux en énergie, mais l'énergie était peu chère. C'est l'avènement des fumures industrielles Nitrate+Phosphate (auxquelles on adjoint du potassium) qui va transformer la production agricole et permettre la révolution verte. Globalement, en Europe occidentale, cela a permis de tripler les rendements, et de nourrir les populations en pleine croissance. Parallèlement les accidents sanitaires accentuèrent le refus du recyclage, et en conséquence la pollution des rivières, des fleuves et de la mer.

Parallèlement, l'amendement des sols par les phosphates et les nitrates provoquèrent une charge accrue de ces éléments dans les eaux de ruissellement, provoquant des processus d'eutrophisation. Le phosphate devenait un polluant qu'il convenait de réduire.

Il s'avère que les ressources en phosphate minéral, davantage qu'en pétrole, sont à la fois limitées et concentrées sur un petit nombre de lieux. Les réserves marocaines, à elles seules, comptent pour environ 80 % du total, le reste se trouvant en Chine, États-Unis, Jordanie et Afrique du sud. Le pic du phosphate, pour reprendre l'expression d'Hubert (pétrole), arriverait avant 2040. Avec une différence : il n'y a pas de substitution au phosphore.

Le recyclage complet du phosphore devient un sujet d'autant plus crucial qu'aussitôt les manques se faisant sentir, c'est la production agricole qui baissera, progressivement, mais constamment. Il faut repenser globalement le cycle du phosphore région par région, pays par pays, éviter tout gaspillage, toute désolubilisation, ou fuite vers les océans. La recherche et les développements sur ce sujet sont très urgents, car la résolution du problème sera complexe.

La production agricole

Dans la frénésie du tout économique / tout technologique, nous oublions que nous avons besoin de manger chaque jour. L'alimentation est la base de la vie. Elle dépend de la terre, de la qualité des sols, de l'équilibre écologique et climatique, des techniques culturelles, de l'eau

disponible, des ressources halieutiques. Notre relation à l'alimentation nous fait oublier les efforts des agriculteurs pour produire ces denrées alimentaires qui assurent notre survie. Protégés par la bulle de l'énergie peu chère, notre alimentation nous paraît un droit, alors qu'elle est depuis huit mille ans, pour les peuples touchés par la révolution néolithique, le « fruit de la terre et du travail des hommes », une combinaison entre les facteurs pédoclimatiques et les facteurs technico-culturels.

Nous apprenions au milieu des années soixante du XX^e siècle, qu'il fallait, par jour, trois mille six cents kilocalories et soixante grammes de protéines pour un adulte actif. Dans le contexte d'une vie citadine moins active, avec deux mille Kilocalories par jour et trente grammes de protéines, on peut atteindre l'équilibre. Après cinquante ans, il est souhaitable de diminuer encore la ration calorique sans trop diminuer les protéines. En contrepartie, la quantité d'énergie nécessaire pour produire, transformer et transporter les aliments s'est accrue. Nous pourrions attendre moins de la terre en termes de production agricole, si les peuples riches mangeaient avec modération, en régulant mieux leur consommation de protéines, mais nous exigeons bien davantage de l'énergie des stocks fossiles.

À temps de travail identique, à condition que la densité de population reste faible (moins d'un habitant au kilomètre carré), l'activité de chasseur-cueilleur est bien plus efficace que celle de l'agriculteur. L'agriculture optimise la surface et non le travail. L'agriculteur travaille plus que le chasseur-cueilleur et il nourrit plus de gens (jusqu'à mille habitants par kilomètre carré). Un agriculteur des pays riches nourrit deux cents personnes, alors que le chasseur-cueilleur ne peut guère dépasser cinq ou six, sauf dans des situations non durables. Le pasteur nomade est une étape intermédiaire. Pour une densité de population trop élevée, il détruit son environnement au point de ne plus pouvoir y vivre.

Les écarts agroalimentaires dépassent tout ce qui a été connu : un milliard d'habitants vivent en surabondance alimentaire au point d'être en surpoids, près de trois milliards vivent sans connaître de disette, deux milliards sont malnutris, et près de huit cents millions sont dans la disette et la faim. En 1975, Joseph Klatzmann avait calculé qu'il fallait près de deux milliards de tonnes d'équivalent pétrole pour généraliser le système agroalimentaire des pays industrialisés. Rien n'a changé. L'agriculture représente encore une fraction modeste de la consommation de pétrole, mais sa dépendance est plus vitale : sans les machines agricoles, les engrais et les pesticides, qui s'appuient sur le pétrole, nous ne pourrions obtenir les rendements agricoles actuels ni nourrir une population aussi nombreuse. Un coût élevé de l'énergie devient un obstacle au développement agricole. Déjà, le coût des intrants, souvent combiné avec un fardeau

de dette qualifiable « d'odieux », limite le développement agricole des pays pauvres. Depuis 2005, le nombre d'affamés s'est remis à croître, parallèlement à l'augmentation du coût du pétrole. Ils dépasseront le milliard dès 2010.

L'industrialisation de l'agriculture a diminué le nombre d'agriculteurs en augmentant la consommation d'énergie. Comme la population a quitté la terre pour vivre dans les villes, il faut de l'énergie pour transporter les produits de la terre jusqu'aux citadins et pour restituer à la terre les composants qui ont été exportés. Abaisser le coût énergétique de la mécanisation et du transport est possible, mais il faut pour cela d'abord modifier les systèmes de cultures, changer de source énergétique, c'est-à-dire de type de motorisation, et mettre sur chaque ferme à la fois des systèmes d'obtention d'énergie renouvelable (biomasse, éolien, solaire), et des systèmes de stockage de cette énergie, car le besoin n'a pas lieu au moment de l'obtention.

Le coût énergétique de l'apport des engrais azotés pourrait être résolu par des rotations de cultures nouvelles et l'utilisation de plantes fixant l'azote de l'air, en l'associant à une modification radicale du système global de culture. L'usage d'engrais azoté, toutes choses intégrées, pourrait être très limité pour certaines terres. Sur d'autres, la production de légumineuses (pois, haricots, fèves, fèverole, lentilles, soja...), plantes fixatrices naturelles de l'azote de l'air en association avec des bactéries du sol, permettrait la production de protéines végétales. Cela conduirait à une modification du régime alimentaire des pays riches. Le retour des engrais de fond (phosphore en particulier) vers les champs sera ~~plus~~ difficile à éviter. Il faut bien rendre au sol ce qu'on lui prend lors de l'exportation vers les villes (ou hors d'un pays), à moins d'entraîner sa dégradation, mais là encore des approches systémiques audacieuses pourraient changer la donne. Quant aux produits de protection des plantes, espérons que les instituts techniques agricoles quittent leur frilosité ou leurs relations privilégiées avec les industriels fournisseurs de ces produits, et qu'ils acceptent de tester toute solution innovante et moins coûteuse pour l'environnement. On sait qu'elles existent, mais qu'elles demandent des approches techniques nouvelles innovantes exigeant une approche systémique. Il est intéressant de constater que les États-Unis ont, en termes de surfaces, à la fois la première agriculture de plantes transgéniques, la première agriculture de conservation et sans labour, la première agriculture biologique, et probablement la première agriculture étroitement associée aux villes (urbaine – périurbaine). Il n'y a quasi plus d'agriculture « conventionnelle ».

Des innovations biotechnologiques permettraient-elles de transformer les caractéristiques des cultures ? C'est possible. On peut penser, entre autres, aux plantes transgéniques. Dans certains cas, elles ont permis d'éliminer le labour et plusieurs passages au champ. À ce jour les

propositions en plantes transgéniques restent très limitées. Et on ne saura pas modifier de manière complexe un génome avant trente ans. La sélection variétale est encore trop focalisée sur un nombre d'espèces limitées. Nous entrevoyons aujourd'hui les principales composantes d'un système nouveau de production : nutrition, santé, goût, protection des sols et de l'environnement, énergie obtenue sur place, gamme de variétés et d'espèces élargie, multiplicité des productions et des espèces utilisées, rotations nouvelles avec cultures intermédiaires, doubles cultures, etc, production de biomasse spécialisée, mais sans pouvoir en construire encore précisément tous les éléments, car une approche systémique à la fois locale et globale demande un réel investissement intellectuel et une autonomie intellectuelle des agriculteurs.

Nous pouvons, en simplifiant, définir trois types de régimes alimentaires. L'un, qualifié d'américain, très carnivore, réclame environ huit cents kilogrammes d'équivalent grains par an et par personne, le deuxième dit méditerranéen n'a besoin que de quatre cents kilogrammes, et le troisième, quasi végétarien, nommé ici indien, se suffit de deux cents kilogrammes. En 2014, exceptionnelle année agricole planétaire, la production de céréales atteint deux mille cinq cent cinquante-quatre millions de tonnes, elle est suivie en 2015 d'une très légère baisse. Celles d'oléoprotéagineux atteignent cinq cent trente-deux millions de tonnes. En complétant par la pomme de terre, le manioc et autres tubercules, betterave et canne à sucre, on obtient un total approchant trois mille huit cents millions de tonnes équivalent céréales. On pourrait donc nourrir environ quatre mille sept cents millions d'habitants au régime américain, neuf mille quatre cents au régime méditerranéen, plus de dix-huit milliards au régime indien. Ces données sont en forte croissance par rapport à dix ans auparavant, mais ne prennent pas en compte les pertes le long des filières. Comme le régime méditerranéen semble correspondre à une sorte d'optimum nutritionnel, peut-on imaginer le prendre comme objectif collectif approximatif ? Pour 9 milliards d'humains, il faudrait augmenter la production mondiale de 30-40 %, pour tenir compte des pertes, les « Américains » acceptant en plus de diminuer leur consommation. Admettons qu'on ne peut pas convertir ceux qui mangent trop. Pour la même production, on pourrait accepter plus de dix milliards d'habitants, à condition que 6 à 7 milliards se limitent au régime « indien ». Il n'y a quasi plus de réserve de croissance de production de riz, 30 % de croissance semblant hors de portée. Le maïs aurait de la marge de croissance, sauf que pour une optimisation du rendement il a besoin d'eau et qu'il est destiné aux animaux et aux carburants. Pour le blé et les autres céréales, 30 % de croissance semble accessible, mais ce n'est pas certain, cela dépendra des choix fondamentaux dans les pratiques culturales et des créations variétales associées. Les réserves de surfaces sont minces, ni l'Asie centrale ni l'Australie n'ont le potentiel

pour y répondre. Ainsi, la butée se situe bien aux alentours de 9 à 10 milliards d'habitants, si les riches font un effort et n'imploront pas trop d'agrocarburants, et si les pertes le long des filières sont diminuées drastiquement.

La création d'un nouveau modèle agricole et alimentaire, révolution qui répondra à celle du néolithique, pourrait nous conduire à résoudre une part de notre problème énergétique, puisque l'alimentation consomme des énergies fossiles pompées chaque année dans le réservoir terrestre, sans compter le phosphore (cf ci-dessus). Il n'advient que dans le contexte d'une révolution globale de notre rapport à l'alimentation et à notre environnement, dans le cadre d'une agriculture dont les surfaces cultivées, au niveau planétaire, ont tendance à diminuer, pendant qu'une part sera mobilisée pour la production de biomasse... La voie est étroite, mais semble possible.

Ce modèle nouveau devra être trouvé dans le contexte de l'évolution climatique, source de risques agricoles, avec, dans certains cas, la nécessité de changement des espèces cultivées selon les lieux. Prenons une culture connue, celle du blé. Le facteur limitant dans les rendements dépend du climat. Pour les zones nordiques européennes, c'est la température. Aussi cherche-t-on des variétés tardives, au point que les plus grands rendements sont atteints dans des régions situées plus au nord que celles qui sont à l'origine du blé (Angleterre, Nord de la France, Belgique...). En région méditerranéenne, c'est le manque d'eau, ce qui explique les plus faibles rendements dans la moitié sud de la France, et le choix obligatoire de variétés précoces. Dans l'Europe moyenne et centrale, le risque c'est le surplus d'humidité en début d'été.

À une époque où l'agriculture et l'industrie agroalimentaire fournissent des produits à une population suralimentée qui mange pour satisfaire des besoins des toutes sortes, elles n'ont ni l'une ni l'autre une bonne image. Mais dans les prochaines années, l'accès au développement de plus de deux milliards de terriens va conduire à un changement de leur alimentation. Même si les Indiens sont culturellement végétariens, on constate qu'une part croissante d'entre eux, s'enrichissant, souhaitent une alimentation plus carnée, évoluant vers un régime « méditerranéen ». Les Chinois, qui n'ont pas ces interdits, changent plus vite. Cela risque d'entraîner un déficit planétaire de la production agricole, et ce malgré l'Ukraine, le Kazakhstan, le Brésil et l'Argentine. La tentation de produire de la biomasse ou des agrocarburants pour pallier le manque d'énergie fossile n'arrangera pas la situation.

Pour l'industrie agroalimentaire, le calcul demande une analyse au cas par cas. Les rendements énergétiques des transformations, dans les usines, sont bien meilleurs que ceux qui ont lieu dans les cuisines, mais certains produits finis imposent trop de déplacements. Un yaourt,

du ketchup, une glace, résultent d'un transport d'ingrédients qui cumulés peuvent dépasser plusieurs milliers de kilomètres. Un jus de fruit exotique (l'orange en étant un) ou des fruits hors saison demandent jusqu'à dix mille kilomètres de transport. L'industrie agroalimentaire mondiale s'est structurée à partir d'un coût énergétique faible qui n'est plus d'actualité. Autant l'anticiper et en mesurer les conséquences. Par ailleurs, l'engouement pour l'agriculture urbaine et périurbaine devrait conduire à repenser le recyclage du phosphore.

Le climat

En 1824, Jean-Baptiste Fourier, mathématicien et physicien français, remarque que l'atmosphère joue le rôle d'une serre, effet sans lequel la vie serait impossible sur Terre. Les rayonnements du soleil traversent l'atmosphère, sont absorbés par le sol qui émet des infrarouges qui s'échappent peu. L'effet est voisin de celui du verre d'une serre, d'où l'analogie employée. John Tyndall, physicien irlandais, découvreur de l'effet du même nom – cause de la couleur bleue du ciel, de l'eau ou des élytres de certains insectes –, mesure en 1860 l'absorption du rayonnement infrarouge et découvre les valeurs élevées du CO₂ (gaz carbonique) et de la vapeur d'eau. Svante Arrhenius, chimiste suédois, calcule, en 1896, l'effet, sur la température planétaire moyenne, d'un doublement du taux de CO₂ dans l'atmosphère, et obtient une hausse de 4°C. Il conclut que l'activité industrielle va conduire au réchauffement. En 1976, Wei-Chung Wang, climatologue américain, montre que le méthane joue aussi un rôle important dans l'effet de serre. C'est en 1979, lors de la première conférence sur le climat, à Genève, qu'est lancé le programme mondial de recherche sur le climat. En 1992, au sommet de la Terre, à Rio de Janeiro, un objectif est affiché. Il aura fallu cent ans entre la première théorie et la mise en place de projets rectificatifs des conséquences de nos actions.

Il s'agit donc de science et non de politique. Une science ardue, complexe, demandant des équipes de recherche chevronnées, lesquelles ont fourni leurs résultats après des années d'études et de confrontations. Les conclusions auxquelles arrivent les équipes de scientifiques conduisent à différents scénarios inquiétants.

L'effet de serre, bénéfique, peut-il devenir négatif s'il est trop fort ? Il semble y avoir une marge de manœuvre avant que le réchauffement climatique ne devienne, dans une vision d'évolution de la vie sur Terre depuis 600 millions d'années, vraiment « catastrophique ». La circulation thermohaline, cet ensemble planétaire qui brasse les eaux maritimes des différents océans, pourrait se modifier avec d'autres effets climatiques en cascade, mais la Terre a déjà connu de tels changements. Pour ce qui est de la vie de l'homme et d'un bon nombre d'êtres

vivants actuels, un réchauffement de 4°C aura des conséquences redoutables, par rapport aux 15°C actuels. Citons : un déplacement des zones vivables et des zones invivables pour l'homme (désertification), une irrégularité du climat accrue, un accroissement des intempéries, tornades, typhons, qui rendront l'agriculture plus difficile, plus irrégulière, et qui provoqueront des dégâts considérables qui pourront se compter en centaines de milliards d'euros par an, une montée des eaux, plus ou moins importante selon des effets en cascade difficilement prévisibles, sachant que les côtes sont les lieux les plus peuplés et que de nombreux ports sont de très grandes villes. De l'ordre de la moitié de la population mondiale vit à moins de 50 km des côtes. Des centaines de millions vivent à moins de 2 mètres d'altitude. La surface de la Terre utilisable par l'homme peut diminuer, avec des conséquences agricoles négatives alors que la population continue à croître. Il semble que la disponibilité d'eau baisserait, ou qu'au mieux elle se déplacerait, certains y gagnant et d'autres y perdant. On peut imaginer des famines et des tentatives de migrations comme nous n'en avons jamais connu, même aux époques les plus mouvementées, en inadéquation avec les infrastructures existantes, à moins d'une intense capacité créative humaine à innover et s'adapter sans cesse à l'évolution climatique...

Car tout continue à croître de manière exponentielle : population mondiale, production industrielle et déforestation, émissions de gaz à effet de serre. De nouveaux venus (Chinois, Indiens, Indonésiens, Brésiliens, Malaisiens, Thaïlandais, Vietnamiens...) veulent eux aussi accéder au train de vie européen, sinon américain. Malgré les déclarations de bonne intention et les protocoles internationaux, se déroule le plus inquiétant des scénarios du GIEC⁴. On ne voit pas comment cela s'arrêterait, sauf crise économique majeure. Il reste encore assez de pétrole, de charbon, de gaz, de forêts, pour déverser au moins un bon millier de milliards de tonnes de CO₂ dans l'atmosphère. De quoi retrouver le climat du carbonifère, il y a 300 millions d'années. Déjà nous serions revenus au taux de CO₂ d'il y a plus de deux millions d'années. À cette époque, *Homo Sapiens* n'existait pas, ses ancêtres vivaient en Afrique. Même si nous arrêtons tout soudain, le climat continuerait à évoluer, car le réchauffement diminue les surfaces blanches (neige, glace), ce qui, ajouté aux surfaces foncées créées par l'homme (routes, constructions), entraîne un processus d'absorption de chaleur (absorption du rayonnement solaire). L'albédo, qui est le rapport de l'énergie solaire réfléchie par une surface sur l'énergie solaire incidente, diminue avec les actions de l'homme et l'échauffement du climat, ce qui accélère le réchauffement, déjà bien mesurable. Et la concentration en CO₂ ne baisserait que très lentement.

Nous pouvons reconstituer les lointains passés, sur des échelles de temps très longs, grâce

4

Groupe international d'étude du climat

aux recherches scientifiques en paléoclimatologie. Le changement d'atmosphère qui ouvrit des possibilités nouvelles à l'évolution du vivant, au précambrien, provient des cyanobactéries qui ont fixé le CO₂ et rejeté de l'oxygène. L'atmosphère est devenue oxydante. Nous ne pourrions pas vivre dans l'atmosphère d'avant le développement des cyanobactéries, qui ressemblait un peu à celle de la planète Vénus. Cependant, pendant le précambrien qui s'est terminé il y a environ 540 millions d'années, trois épisodes glaciaires majeurs eurent lieu, dont le dernier il y a 600 millions d'années. Ces reconstitutions du climat sont à l'échelle des temps géologiques, dont l'unité est de l'ordre du million d'années. La période du Carbonifère, qui s'est écoulée pendant 60 millions d'années, commence sur un pic de chaleur et s'est terminée, il y a 300 millions d'années, sur une glaciation. C'est l'époque qui fabriqua les plus gigantesques réservoirs de matière organique carbonée fossilisée (lignite, houille, anthracite). Le permien qui succède correspond à une remontée de la température sur une durée de 50 millions d'années. Durant l'ère du mésozoïque (-250 à -100 millions d'années) qui comprend le trias, le jurassique et le crétacé, que nous nommions jadis « l'ère secondaire », les températures augmentent avec des variations. Une chute violente et courte a lieu à la fin du crétacé.

Il y a cinq millions d'années a commencé une ère globalement froide caractérisée par des fluctuations relativement rapides qui seraient liées à des modifications des paramètres orbitaux du système Terre-Soleil. Sur les six cent mille dernières années, les données sont plus précises et il est possible de reconstituer la température moyenne quasi année par année. On constate des cycles avec des écarts entre maximum et minimum qui peuvent atteindre 10°C. La dernière ère glaciaire qui a duré 115 000 ans a connu un réchauffement brusque il y a 14 700 ans suivi d'un refroidissement progressif. Durant cette ère, s'écoulaient des glaciers de montagne de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, la température moyenne était inférieure de 5°C à celle d'aujourd'hui. Il y a 11 700 ans, date qui marque le début de l'Holocène, juste avant que l'homme ne commence la domestication des animaux et des plantes, une remontée rapide de température a lieu. Le climat terrestre est entré dans une phase interglaciaire qui, d'après les modèles, pourrait durer encore 20 000 ans. Remarquons néanmoins, qu'une analyse année après année montre que le climat en Europe a beaucoup varié durant le dernier millénaire, indépendamment des activités humaines, et que nous avons connu un mini âge glaciaire, de 1550 à 1860.

Le réchauffement attendu, dû à l'action de l'homme, est compris entre +1,5 à +5,8°C, selon la quantité de CO₂ qui sera libérée. Nous renvoyons dans l'atmosphère le CO₂ qui avait été piégé par les plantes durant le carbonifère (charbon) ou par les algues ou des microorganismes, durant

le silurien, le jurassique et le crétacé (pétrole, gaz). C'est-à-dire durant d'autres périodes de réchauffement climatique produisant une quantité de débris organiques excédant les capacités de recyclage des écosystèmes du moment. Nous modifions le climat par d'autres effets que les gaz à effets de serre issus de la combustion des énergies fossiles : déforestation, surexploitation agricole, expansion des surfaces sombres, modification des écosystèmes terrestres et marins. Il est frappant que, depuis deux ans, des colloques sont organisés pour réfléchir à une adaptation d'un changement de +4°C, le scepticisme s'installant quant à la volonté politique de changer les choses.

Nous renvoyons dans l'atmosphère une proportion importante de gaz à effet de serre, au rythme de plus de douze milliards de tonnes annuelles (en équivalent CO₂). Un tel chambardement, associée à une évolution climatique « naturelle », entraîne des extinctions massives d'espèces vivantes qui n'ont pas le temps de s'adapter, entre autres parce que l'humanité prend toute la place. Aiderons-nous certains individus de ces espèces, tant végétales qu'animales à se déplacer vers les territoires qui leur convient ? Aurons-nous le temps et les moyens de le faire, quand nous devrons nous préoccuper de notre propre changement de vie ? Quoi que nous fassions, aujourd'hui, nous traversons une phase cruciale de l'histoire humaine et de l'histoire du vivant. Nous sommes acteurs, sans l'avoir su à l'origine, mais maintenant nous le savons, du commencement d'une des six plus grandes crises que le vivant ait connues depuis six cents millions d'années. Cette crise va nous atteindre par effet boomerang. Selon la vitesse à laquelle nous serons capables d'innover, nous passerons plus ou moins difficilement cette crise géoclimatique, biologique, sociale, culturelle, probablement spirituelle, et en tout cas économique. Après cette crise, ne serons-nous pas différents ? Nous aurons affronté une transformation de notre environnement planétaire dont nous aurons été la cause et dont les conséquences dureront des millénaires. Nous aurons réalisé une expérience en grandeur nature avec notre planète, sans sécurité, en découvrant et comprenant les processus seulement quelques décennies avant qu'ils ne se déroulent.

La biodiversité

Avant la constatation de l'évolution, Georges Cuvier, grand naturaliste français du XVIII^e siècle, avait pu montrer que des espèces disparues avaient existé dans le passé. Il en avait déduit l'existence de catastrophes. Ces travaux ont suscité une interaction entre la recherche en paléontologie et en géologie. Des âges géologiques ont été identifiés, décrits, nommés, depuis le Cambrien jusqu'à l'Holocène, en passant par le « Jurassique » désormais connu de tous.

Après deux siècles de recherches, l'histoire du vivant qui se dessine n'est pas un « long fleuve tranquille ». Elle ressemble à des successions de convulsions dramatiques. L'analyse de la biodiversité, durant six cents millions d'années, depuis l'apparition des êtres vivants complexes multicellulaires, montre une croissance, mais aussi des crises très fortes, dont cinq principales sont identifiées : fin de l'Ordovicien (-440 millions d'années), fin du Dévonien (-365 millions), fin du Permien (-225 millions), fin du Trias (-210 millions), et enfin, celle où disparurent les dinosaures après 140 millions d'années d'expansion, fin du Crétacé (-65 millions). Après chaque extinction, de nouvelles espèces se développent, prenant la place des précédentes, transformant le scénario évolutif, tout en accroissant la biodiversité et la complexité des écosystèmes.

Les causes invoquées dans les débats scientifiques sur les extinctions de masse diffèrent pour chaque crise. La troisième extinction a vu disparaître 95 % des espèces marines et probablement 90 % des espèces terrestres. Cette extinction coïncide avec la coalescence de tous les continents en un seul (qu'on appelle la « Pangée »), conséquence de la dérive des continents. Cela entraîna à la fois une diminution globale des plateaux continentaux marins et une mise en compétition de toutes les espèces au niveau marin comme terrestre. De plus, le dessèchement des plateaux continentaux a conduit à une oxydation accélérée des composés organiques et probablement à une libération accrue de CO₂, schéma qui nous parle aujourd'hui. La cinquième extinction proviendrait d'un énorme astéroïde qui se serait écrasé dans le Yucatan, au Mexique, créant le cratère de Chicxulub. La poussière projetée dans l'atmosphère plongea la Terre dans une quasi-obscurité pendant au moins une année. Il a fallu vingt ans de recherche et de débats pour que la majorité des scientifiques du domaine finissent par en être convaincus.

La vitesse des rebonds après chaque extinction varie. Il semblerait qu'après l'extinction du Permien, il ait fallu plusieurs millions d'années, alors qu'après celle du Crétacé, quelques dizaines de milliers d'années aient suffi. Qu'en est-il aujourd'hui ? Il y a environ quarante mille ans, la vie était dans une phase de croissance de la biodiversité, elle avait atteint un maximum. Depuis cette période, le nombre d'extinctions s'accélère sans cesse. La coupure entre Pléistocène et Holocène est, dans les faits, corrélée au début de l'action de l'homme. Le début de l'Holocène (commencé il y a moins de douze mille ans) marque, en Amérique, la disparition identifiée d'au moins cinquante-sept grands mammifères. Alfred Wallace, co-inventeur de la théorie de l'évolution dite darwinienne, le premier, en 1911, conclut que ces extinctions avaient été provoquées par l'homme.

Nous ne reviendrons pas sur la longue liste des espèces dont nous savons que leur extermination provient de l'homme. Ce mouvement, qui a démarré il y a environ trente-cinq

mille ans, s'est poursuivi en s'accéléralant au point qu'actuellement l'extinction d'espèces atteint un rythme vertigineux. Elle s'accompagne d'une pression de sélection sur toutes les espèces. Nous vivons dans une ère géologique, l'Holocène, durant laquelle a lieu la sixième extinction. Elle ne fait plus de doute. Les conditions s'accumulent pour l'amplifier : mouvements d'espèces provoquées par l'homme et non par la dérive des continents, échauffement planétaire, montée du niveau de la mer, surexploitation des mers, surexploitation de la terre, fractionnement des espaces, croissance de l'HANPP.

Le changement est tel que les géologues ont souhaité définir une nouvelle ère. L'Anthropocène serait la période à partir de laquelle l'homme est devenu une force géologique majeure décelable au niveau de la lithosphère. Notons que, comme pour le changement climatique ou la biodiversité, l'idée de l'influence de l'homme sur l'ensemble du « système terre » n'est pas nouvelle. Avant la fin du XVIII^e siècle, Buffon l'avait déjà noté ; George P. Marsh, écologue américain, en 1864, tente de décrire l'impact général de l'action humaine sur la géographie physique puis le milanais Antonio Stoppani émet en 1873 le concept d'Anthropozoïque. Ces idées s'associent avec celle de Biosphère (Vernadski en 1922). C'est Paul J. Crutzen, météorologue et chimiste néerlandais de l'atmosphère qui va provoquer des débats scientifiques sur le sujet dès le début du XXI^e siècle. Le groupe de travail international sur l'Anthropocène n'a pas encore statué, car s'il y a une limite, il faut la définir précisément par un événement marquant la lithosphère. La fin de la mégafaune holarctique, déjà mentionnée, pourrait être la date la plus ancienne. Elle remettrait en cause la coupure de l'holocène. Mais la recherche d'un marqueur universel, lié à un événement majeur, pourrait conduire à 1610, marqué par une baisse forte du taux de CO₂, en conséquence de la colonisation de l'Amérique, suivi d'une augmentation constante jusqu'à aujourd'hui.

On peut parier sans grand risque de perdre, hélas, que dans cinquante ans, il restera moins de 80 % des espèces eukaryotes qui existaient il y a trente mille ans. Certains parlent de disparition de quarante mille espèces par an. Cette extinction touche tous les embranchements, ordres, familles, du vivant : plantes et animaux, vertébrés et invertébrés, poissons, batraciens, reptiles, mammifères et oiseaux, insectes, crustacés... Les efforts pour inverser ou ralentir cette tendance paraissent vains, car cet effondrement est la conséquence de l'installation de l'homme partout, de sa croissance démographique « incontrôlée », de l'accroissement des zones cultivées, de son énergie collective à entrer dans une ère industrielle généralisée sur tous les continents, du fractionnement des espaces « sauvages », de la mise en de la production de gaz à effet de serre, de la pêche industrielle...

La question, plus modestement, revient à se demander quelles sont les espèces auxquelles nous tenons, ou que nous devons protéger, ou dont nous devons favoriser l'adaptation à la pression humaine. Nous savons que des espèces sont indispensables pour notre survie, comme les lombrics, sans lesquels les sols se dégraderaient très vite et l'agriculture s'effondrerait. De nombreux hyménoptères en font partie, abeille comprise, car sans eux, combien d'arbres fruitiers ne donneraient plus de fruits ? Pour chaque disparition d'insecte butineur, une espèce de plante risque de s'éteindre, car insectes et plantes à fleurs ont co-évolué depuis le crétacé, c'est-à-dire depuis près de 135 millions d'années. Que dire des bactéries du sol, indispensables à sa formation ? Nous risquons de découvrir l'importance d'un groupe d'êtres vivants trop tard, par manque de connaissances. Mais d'autres ont une valeur symbolique, comme les singes, l'éléphant, le lion, la girafe, l'hippopotame et le rhinocéros, l'ours, le tigre, le zèbre, différentes gazelles et antilopes, les baleines, les dauphins, cachalots, morses, phoques, et tant d'autres animaux comme le renard ou la belette, les tortues et aussi des centaines d'oiseaux, des reptiles, des batraciens, des insectes, des poissons... Déjà pour certains carnassiers terrestres comme le tigre, la population en zoo a probablement dépassé le nombre en liberté...

L'homme est à l'origine de la sixième extinction, d'abord par la chasse préhistorique, détruisant la mégafaune et beaucoup d'oiseaux, puis par l'agriculture et la pêche, puis par l'industrialisation. Peut-être l'homme devient-il une sorte d'arbitre de ce qu'il veut conserver... À condition qu'il s'en donne les moyens. Nous jouons un jeu dangereux. Il est possible que dans certaines régions du monde ce jeu soit mortel pour ceux qui y habitent. Ce risque-là demande des investigations scientifiques lourdes, mais urgentes. Quel type de nature voulons-nous conserver ? Les citadins détestent les mille-pattes, les scorpions, les blattes, les serpents, les orties, les ronces et le chiendent, et tant d'autres animaux ou plantes. Ils ne se sentent pas concernés par une baisse de la biodiversité. Un combat global semble perdu d'avance. Il paraît difficile de garder autrement la faune et la flore sauvage qu'en délimitant des espaces protégés, mais toute protection devient emprise. Est-ce que le Massai Mara au Kenya gardera sa protection si la population kenyane maintient son rythme de croissance démographique ? Dans ce cas, le tourisme serait une protection. En Inde, des parcs sauvages ont été protégés pour sauver le tigre du Bengale. Certains succès récents sont difficilement niables, comme le parc Krugger en Afrique du Sud, le Serengeti, ou encore la protection des Baleines bleues dont la population, estimée à moins de mille individus, vers 1970, atteindrait neuf mille en ce début du XXI^e siècle.

Nous n'avons jamais été les « gardiens de la création », mais des prédateurs et souvent des destructeurs. En cette époque unique de l'histoire du vivant, où nous prenons conscience de notre

rôle, saurons-nous, voudrons-nous, en devenir réellement des gardiens ? Comment, selon quels critères, avec quels moyens ?

IV

Les insuffisances refusées

Où l'on découvre que, contrairement à nos croyances, nous avons des retards, des insuffisances, des manques, à combler de manière urgente.

Des inconnues scientifiques

Même si l'on ne peut nier les stupéfiantes découvertes scientifiques qui jalonnent quatre siècles de recherche, l'étendue de notre inconnnaissance reste immense. C'est en 1996 que les astrophysiciens ont admis que plus de 95 % de la matière de l'univers leur était inconnue. Cela, après la théorie de la relativité, la physique quantique, la théorie de l'expansion de l'univers et du Big Bang. Du côté de la chimie, il apparaît avec les plasmas froids qu'il existe des possibilités de réactions chimiques qui défient les lois actuelles connues. En biologie, le picoplancton n'a été découvert qu'en 1995, les faunes et flores des grands fonds marins n'ont été connues que durant les années 90, ainsi que de nombreuses bactéries extrêmophiles. Quant à la biologie moléculaire, malgré ses progrès immenses, elle continue à aller de surprise en surprise. Du côté de la résistance des matériaux, il ne se passe pas une semaine sans une publication sur des propriétés nouvelles de matériaux nouveaux. Les neurosciences ont incroyablement progressé dans l'étude du cerveau, mais nous sommes encore loin d'être capables de comprendre son fonctionnement. Nous sommes dans une situation nouvelle : nous savons beaucoup, mais nous savons aussi que ce que nous ne savons pas est potentiellement immense.

Notre problème vient de l'étonnante efficacité de la science associée à la technique. Elle accroît davantage notre capacité d'action immédiate que notre capacité à comprendre l'effet de nos actions. Nous nous retrouvons comme l'homme préhistorique qui détruit, partout dans le

monde, des faunes merveilleuses sans comprendre ce qui se passait. La science a un effet que l'on peut regretter : elle poursuit et amplifie le mouvement de l'espèce humaine en augmentant son pouvoir d'action plus vite que ses capacités de compréhension de ce qu'elle engendre. Peut-être devrions-nous plutôt fustiger les non-scientifiques qui veulent utiliser au plus vite les résultats de la science pour augmenter leur pouvoir d'action, leur enrichissement personnel ou leur goût de domination. Il reste que les progrès de la connaissance vont de pair avec les outils de modification et de test. Le génie génétique a d'abord été inventé pour étudier le fonctionnement des gènes. C'est sur ce constat que Haldane avait prédit, il y a quelques dizaines d'années, que les scientifiques seraient capables de créer une cellule artificielle avant de comprendre le fonctionnement des cellules. On constate aussi en physique et dans toutes les sciences que la construction d'outils de plus en plus complexes est nécessaire pour la compréhension elle-même. Ces outils peuvent aussi servir à des actions qui n'ont pas la connaissance pour objet. Et la construction de ces outils demande une technique et une industrie.

Toujours est-il qu'aujourd'hui la science est bien en retard dans les champs qui nous seraient utiles pour résoudre les problèmes qui sont les nôtres. Pourquoi donc préférons-nous agir vite grâce aux nouveaux outils que nous fournit la science, plutôt que de réfléchir aux gigantesques problèmes qui sont les nôtres – comme conséquence de notre précipitation dans l'action – et de nous tourner vers la recherche scientifique pour nous aider à trouver des solutions ? Dans tous les pays développés on constate un recul pour les formations et métiers scientifiques. Depuis le milieu des années 80, les recherches sur les filières énergétiques ont fondu comme neige au soleil au profit des filières permettant des productions immédiates (technologies de l'information, nanosciences, optoélectronique). L'écologie n'est pas mieux lotie. Il est important d'en tirer les conséquences.

Certes la science et la technologie ont eu pour conséquence un développement sans précédent des activités humaines et l'impression qu'il n'y avait plus d'entraves. Mais nous atteignons les limites du possible sur la base des connaissances actuelles. Nous découvrons même que nous les avons franchies, nous utilisons la science comme l'homme de Clovis qui utilisait ses pointes en pierre taillée pour tuer de pauvres mammouths. Ses descendants, n'ayant plus de mégafaune à manger, ont progressivement changé de comportement et leur population a continué à croître, peut-être après une phase transitoire difficile, mais en tout cas en inventant l'agriculture là où c'était possible. On ne voit pas pourquoi, avec les connaissances scientifiques et technologiques d'aujourd'hui, nous n'aurions pas des capacités d'invention supérieures à celles des anciennes populations d'Amérique. Si la science nous permet de bâtir la technologie,

elle est toujours incapable d'expliquer comment nous inventons, parce que l'intentionnalité lui est étrangère. Elle en profite, car c'est bien le moteur de la recherche, mais elle ne travaille pas sur elle. C'est un présupposé implicite sur lequel aucune recherche n'est vraiment engagée.

Aujourd'hui, nous devons en même temps modifier nos comportements, tant individuels que collectifs, analyser les points critiques, résoudre des problèmes qui concernent la gestion des ressources, l'organisation de l'espace, la production et concentration d'énergie, le stockage d'énergie, la conception et fabrication de nouveaux matériaux, la conception de nouveaux moteurs, l'ingénierie environnementale, l'ingénierie biologique. La solution à ces problèmes ne peut qu'être aidée par l'accroissement de nos connaissances scientifiques, mais cela ne suffit pas. Nous avons besoin de la volonté collective de résoudre les problèmes. Nous avons besoin, plus que jamais, de chercheurs, de développeurs, d'inventeurs, d'innovateurs, mais aussi de coordinateurs, de personnes préoccupées à trouver une solution à un problème... Mais pour vouloir résoudre un problème, la première étape est de l'avoir compris.

Jamais dans l'histoire de l'humanité, nous n'avons eu autant besoin de la recherche. Jamais non plus nous n'avons eu autant besoin de comprendre et d'articuler d'un côté la recherche scientifique et les applications des connaissances, et de l'autre côté les questions sociétales, institutionnelles, humaines, le plus généralement parlant. Avec le développement des sciences et des technologies apparaît le besoin de savoir les articuler avec l'humain et le social. Car, à propos de ces articulations, nous avons peu de connaissances et encore moins de savoir-faire. Nous nous sommes consacrés à la production d'objets, continuant l'action incessante de l'homme dès son émergence; fabriquant des outils comme ses ancêtres préhumains, à peine avait-il commencé à parler qu'il partait à la conquête du monde. Phylogenèse que reprend l'enfant à son compte, ontogénétiquement. Avant même qu'il sache parler, il expérimente.

Nous avons un besoin accru de scientifiques, dans les trois grands domaines que sont les sciences de la matière et de la Terre, les sciences du vivant, les sciences humaines. Dans chacun de ces domaines, ce sont de multiples disciplines, des savoirs immenses, des inconnues plus inquiétantes, des articulations qui manquent. Les scientifiques ne suffisent pas. À leurs côtés seront nécessaires des transversaux, des innovateurs, régulés par des visionnaires, des « cassandres », des médiateurs, des cliniciens de l'humain. Dans notre monde économique régulé par l'argent, cela signifie qu'une part croissante de nos moyens devrait être orientée vers l'innovation, certes, mais encore davantage vers la recherche. Cela signifie que les chercheurs devront être suffisamment payés puisque la reconnaissance, dans notre société moderne, est surtout fondée sur l'argent.

Outre ce besoin de scientifiques, nous avons besoin d'une diffusion de l'esprit scientifique dans l'ensemble de la population. Ce que j'entends par « esprit scientifique », ce n'est pas la seule approche objectivante et mécanistique. L'esprit scientifique, c'est, en premier lieu, la curiosité, l'esprit de recherche, le questionnement, la reconnaissance des difficultés et pouvoir dire « je n'en sais rien, mais cherchons. ».

Notre technologie est archaïque par rapport à l'effet qu'elle produit, consommatrice d'énergie à outrance, souvent destructrice de notre environnement. Elle est trop orientée vers les désirs de destruction. Il n'y a pas besoin d'être critique vis-à-vis des « complexes militaro-industriels » pour s'en apercevoir. La technologie nécessaire est une technologie dont les développeurs puissent débattre avec les scientifiques de tous bords et avec les différents acteurs sociaux. Mais pour cela, il faut que les technologues, les scientifiques de la nature, ceux des sciences humaines, s'intéressent les uns aux autres. Il suffit de faire un exposé sur la physique quantique, à des acteurs des sciences humaines, ou même à des artistes, pour voir leurs yeux s'agrandir, découvrant une étrange beauté, jusqu'aux tréfonds de cette matière que ces rustres logiciens leur dévoilent. Les possibilités d'échanges entre le scientifique, le clinicien et l'artiste sont immenses. Encore faudrait-il qu'ils prennent le temps de s'y consacrer. Cela signifie la promotion de la connaissance avant celle de l'action, ce qui n'est certes pas la tendance des sociétés modernes depuis quarante ans.

Nous avons tant d'inconnues à découvrir, tant de technologies à inventer, que nous n'y arriverons qu'en demandant à tous et toutes de s'y investir. Même le plus humble acteur de notre société peut savoir ce qu'un scientifique chevronné ignore, encore faut-il qu'il sache, et qu'il puisse, exposer son savoir. C'est notre survie collective qui est en cause. Nos connaissances, nos savoir-faire, nos savoir-être sont aujourd'hui insuffisants par rapport à l'ampleur des problèmes que nous avons enclenchés comme conséquence de notre tendance prédatrice associée à un développement de nos connaissances orientées à des fins utilitaristes. Il y a urgence, nous n'avons peut-être que trente à cinquante ans, à condition de commencer très vite, pour résoudre le plus grand défi que nous nous soyons jamais lancé à nous-mêmes. L'impossibilité décrite par les limites énergético-environnementales peut être le moyen de nous assumer enfin comme réellement sortis des lois de la nature, non certes en totalité, mais suffisamment pour les utiliser à notre profit et apprendre à suivre de plus près l'effet de nos actions collectives.

Nous avons besoin de nombreuses et différentes compétences dans l'univers scientifico-technique. Des spécialistes, qui sondent un problème, dont les programmes de recherche sont pointus au point qu'ils paraissent dérisoires à celui qui y est étranger. Ceux que j'appellerai des

finalistes, le plus souvent obsédés par le but de l'action, qui devant chaque découverte se demandent : « pour quoi faire ? ». Il y a aussi des personnes plus transversales qui ne sont à l'aise que lorsqu'ils établissent des passerelles, des relations entre mondes différents, qui relient ceux qui sans lui ne se seraient jamais rencontrés. Des prospectifs, qui scrutent le futur et sentent les tendances. Des perspectifs, qui élargissent les horizons et aident à la construction du sens. Des spécialistes en éthique. Ceux qui mixent les compétences, ceux qui changent de compétences au cours de leur vie... Dans les cursus scientifiques, il faudra être capable d'évaluer les profils pluridisciplinaires, ce qui n'est guère le cas aujourd'hui.

Nous aurons besoin de tous, scientifiques, technologues, financiers, juristes, psychologues, sociologues, politologues, médiateurs, vendeurs, communicants, scrutateurs de l'humain et de son devenir, bénévoles en association... Tous, qui ont compris que nous sommes devant un enjeu scientifique, technologique, social, humain... le plus grand que nous ayons jamais rencontré. Car nous touchons du doigt la limite de notre emprise sur la Terre, et nos connaissances de la nature et de nous-mêmes sont insuffisantes.

Si l'espèce humaine a du génie, c'est bien maintenant qu'il va falloir qu'elle le prouve.

Un retard technologique

Nous sommes très fiers de notre avancée technologique, mais nous avons tort. Nous utilisons le plus souvent des technologies adaptées à une énergie que l'on peut gaspiller. Ces temps sont terminés. L'énergie est disponible en quantité finie. Nous devons payer la dette environnementale en acceptant le coût d'une énergie renouvelable. Nous avons accumulé un retard relatif par rapport à l'effet de nos actions. Déplacer un engin d'une tonne sur trois ou quatre kilomètres pour acheter du pain ou le journal, est-ce très avancé ? Nos véhicules sont constitués de matériaux trop lourds, dus au retard technologique dans la production de matériaux légers résistants. Leurs moteurs sont loin d'optimiser l'utilisation de l'énergie qui leur est apportée, jamais plus de 40 %, en moyenne nettement moins, trop souvent surdimensionnés par rapport aux besoins. Ils sont peu polyvalents alors qu'ils devraient pouvoir utiliser la biomasse, voire l'électricité. Les moteurs hybrides sont de pâles préfigurations de ce dont nous avons besoin. Nous sommes en retard par rapport aux limites créées par nos besoins. Ces besoins que nous avons générés par notre développement insatiable. La recherche sur les matériaux n'est assez avancée pour permettre de diviser par deux le poids des véhicules et de multiplier par deux l'efficacité des moteurs. C'est pourtant possible, théoriquement. Il reste à réaliser les travaux de recherche et développement.

Le parc de maisons anciennes n'a pas été réétudié pour optimiser le chauffage ou le rafraîchissement. Depuis vingt ans, en France, la litanie de la transformation des maisons anciennes ne mène à rien, par absence de décisions politiques. D'autres pays sont plus avancés. La transformation de l'habitat est urgente pour que son coût énergétique soit nul. Nous sommes en retard, ce sont les plus pauvres qui vont en payer le prix. Le moindre ordinateur de 2 kg peut contenir l'équivalent de 5 tonnes de papier imprimé. Pourquoi imprimons-nous systématiquement les textes ? Cela demande toujours plus de bois pour produire le papier. Outre les habitudes, c'est parce que les écrans ne sont pas encore conçus pour être lus comme du texte imprimé. Nos ordinateurs, mais aussi nos habitudes, sont décalés par rapport aux exigences d'un environnement qui n'en peut plus. En conséquence, nous inondons la planète de déchets. Nos lampes consomment une quantité d'énergie trop élevée et sont peu durables. Pour produire des ampoules peu gourmandes, nous revenons à des technologies anciennes. À quand la lampe universelle qui éclaire longtemps, mais qui est froide ? Que d'oublis de développement accumulés face à une production et une consommation inconsidérées...

Nous utilisons des camions voraces en énergie, car nous n'avons ni cherché, ni trouvé les technologies adaptées permettant de diminuer la consommation des moteurs et la baisse du poids à vide des camions, ni développé des méthodes de feroutage, ni voulu créer les réseaux de canaux adaptés pour favoriser le transport fluvial, ni cherché à optimiser l'organisation sociale en rapport à des besoins qui n'exigent que rarement le flux tendu. Tout cela parce que nous définissons des règles économiques et comptables à trop court terme qui obligent à tout faire vite, en flux tendu... Alors qu'il faudrait une multitude de petits tampons permettant d'amortir les variations, nous créons un système tendu qui ne peut que casser au moindre choc. L'homme devient la variable d'ajustement, lui qui devrait être la finalité. Nous modifions les pratiques agricoles, rendant les champs dépendant d'apports extérieurs, provoquant leur minéralisation, les rendant de plus en plus dépendants des énergies fossiles qui vont bientôt manquer.

Certes, l'évolution des technologies va dans le bon sens, mais trop lentement par rapport à notre désir de jouissance immédiate. Car nous préférons profiter tout de suite de technologies en cours de développement, au lieu de préparer ce qui serait préférable demain. Regardons autour de nous et observons les objets de la vie quotidienne; ils sont rarement optimisés en termes d'impact sur l'environnement, en termes de coût matière et coût énergétique, ou même en termes d'usage. Cette optimisation évolue trop lentement par rapport à notre gourmandise d'objets et à notre incapacité à nous demander : pourquoi ? Ce retard est imputable à un prix de l'énergie qui fut anormalement bas durant plus de cinquante ans, nous laissant croire aux possibilités sans

restriction. Cela nous a conduits à favoriser la vitesse immédiate et non l'innovation pour préparer un avenir prenant en compte les limites de notre monde.

Le concept de déchet dévoile l'archaïsme des technologies actuelles. Une entreprise se développe généralement grâce à la production d'une gamme de produits à partir de matériaux donnés. Il reste toujours des sous-produits. Comme l'entreprise organise tout son effort technologique et son action commerciale pour les produits qu'elle considère comme centraux pour son activité, elle ne sait pas quoi faire des sous-produits. Elle n'a en son sein aucune personne capable de rechercher que faire de ces sous-produits, ni aucun commercial capable de les vendre, c'est trop compliqué. Pour cela, il faudrait penser de manière globale, ce à quoi les dirigeants d'entreprise ont peu d'inclination. Ils préfèrent penser à leurs actionnaires, à eux-mêmes, puis à leurs marchés, plus rarement à leurs salariés, encore moins aux conséquences de leur activité sur l'environnement sociétal et naturel. Pour les produits vendus, ni leur conception ni l'emballage ne sont conçus en fonction des déchets qui seront générés. Il n'y a qu'en ingénierie que l'on pense à l'entretien et au démontage, parce que le client est un industriel. Quand c'est un consommateur, on laisse aux politiques la gestion du problème, tout en se plaignant quand ils interviennent.

Nous produisons des déchets à tire-larigot, non recyclables naturellement, pour deux principales raisons. La première, c'est que nous extrayons de la nature des produits spécifiques en grande quantité, de manière concentrée et que nous savons utiliser à moindre coût, à condition de ne pas nous occuper des sous-produits et de ne pas payer l'énergie à un prix tenant compte de son non-renouvellement. La deuxième, c'est que les sous-produits d'une activité ne sont pas considérés comme une matière noble utilisable. Ce qui a déjà été utilisé ne peut l'être à nouveau. Nous apprenons que notre eau de boisson au robinet est issue de recyclage ? Nous courrons acheter de l'eau en bouteille... Pourtant nous respirons toutes les molécules de notre Terre, qui ont dépassé leur dix millièmes recyclage. Nous ne savons même pas recycler comme la nature le fait, parce que cela nous dégoûte. Nous sommes, là aussi, en retard technologiquement par rapport à notre envie de consommer, et psychologiquement par rapport à un monde fini.

C'est la relation à la technologie qui est à revoir de fond en comble. Non, la technologie n'est pas faite que pour la guerre, même si cette dernière l'a tant favorisée. Elle peut servir à soigner, à créer, à entourer, à résoudre des problèmes cruciaux. Autant nous détestons qu'on nous en parle lorsqu'il s'agit d'alimentation, autant nous l'exigeons lorsqu'il s'agit de notre santé, preuve s'il en est d'une relation bien ambiguë à notre technologie, laquelle, pourtant issue des connaissances scientifiques, reste marquée par la révolution néolithique, elle-même

continuum d'un comportement vivant basique : prendre, produire et rejeter dans l'environnement. La nouveauté, c'est que nous pesons tant par rapport à l'environnement, qu'il ne peut plus supporter nos déchets, et nous-mêmes non plus... La révolution technologique à entreprendre est celle qui nous permettra de sortir du monde issu du néolithique. Une révolution sociale, psychologique, spirituelle, est nécessaire. Le temps presse, les stocks d'énergie fossiles baissent, l'atmosphère, la mer et les sols s'échauffent, l'eau risque de manquer, les espèces s'éteignent.

Cette révolution, nous aurons à la réaliser en une génération.

Un style de vie devenu inadapté

Plus de 50 % de la population mondiale est citadine et ce taux continu à s'accroître. Il n'est pas possible que la population mondiale vive dans des immenses banlieues où chacun est obligé d'avoir une voiture pour ses moindres déplacements. Il faut retrouver des vies de proximité, même si des voyages restent possibles. Cet aspect de notre mode de vie dit moderne, que certains qualifient d'occidental, encore qu'il soit d'origine américaine, n'a rien de spécifique dans la tendance qu'il exprime. Il montre vers où nous tendons spontanément quand l'énergie est bon marché. À part quelques cas, très isolés, le respect de l'environnement par l'homme de jadis est un mythe, nous l'avons vu. Même lorsque nous croyons être respectueux de l'environnement, nous sommes prédateurs chaque fois que nous prenons dans l'environnement sans nous préoccuper du renouvellement de ce que nous prenons, sans même penser que cela a une valeur. À ce compte, personne ne peut avoir la conscience tranquille.

Ce comportement est très profond, il trahit notre origine animale – que nous nions. C'est la combinaison de notre nombre et de la puissance de nos outils de prédation qui crée la situation actuelle. Nous devons développer une conscience environnementale élargie. Nous avons tous à acquérir une connaissance du monde vivant, un respect quasi religieux pour notre « Mère Nature », laquelle va bientôt montrer sa figure de marâtre. Ce qui ne veut pas dire abdiquer l'esprit scientifique. Nous devons réaliser en une génération la plus grande mutation technologique, sociale, psychologique et spirituelle de tous les temps. Ce n'est pas en diffusant sans cesse dans les médias des informations peu ouvertes à ce qui devrait nous préoccuper, que nous y arriverons. Cette conversion de notre mode de vie, pensé en permanence en interaction avec des préoccupations planétaires, ne peut se réaliser qu'en concertation.

Certains ne croient pas que le problème soit planétaire et restent convaincus qu'il suffit d'agir localement. Pourtant, l'air, la mer, l'eau, l'énergie, sont des biens planétaires. En

conséquence, les modifications en un lieu se répercutent sur toute la planète. La pollution de l'air chinois a des répercussions sur toute la surface de l'Océan Pacifique et atteint l'Amérique. Quant à la production de gaz à effet de serre, où qu'il ait lieu, il se répercute au niveau planétaire, même si le passage de l'hémisphère nord à l'hémisphère sud est plus lent. Peu de pays sont autonomes dans leurs besoins énergétiques. Souvent nous préférons faire faire la dure besogne par d'autres, comme recycler nos déchets...

Soyons plus attentifs à notre comportement prédateur. Percevoir la fragilité de la nature est une grande nouveauté – encore que le philosophe Jonas l'avait déjà remarqué. Elle est toujours comme une mère nourricière, mais nous avons à en prendre soin. C'est un renversement de perspective qui a des incidences psychologiques immenses. Nous ne pouvons tout attendre de la nature et croire ses ressources illimitées, à rebours des hypothèses des économistes du XVIII^e siècle. Nous avons affaibli les capacités de notre environnement. Pourtant nous dépendons de lui.

C'est donc, dans le sens profond du terme, un problème de mode de vie : accepter de considérer si ce que nous pouvons techniquement réaliser, il est utile de le faire, et si ce qui paraît le plus coûteux n'est pas le meilleur choix... Soit nous devenons conscients des limites de l'existence, devenant protecteurs de celle dont historiquement nous provenons, mais dont nous nous sommes détachés. Soit nous continuons à nous comporter comme des enfants exigeants et capricieux, et notre avenir devient bien sombre.

Une accumulation matérielle démesurée

Le modèle d'enrichissement dit « occidental » est toxique. Si les seuls Chinois – mais ils sont 1 300 millions – veulent y accéder, cela dégrade encore l'écosystème que nous avons bousculé. Nous devons proposer une autre approche, car il y a bien d'autres manières de s'enrichir, par le relationnel ou le culturel, dans l'activité artistique, scientifique, technologique avancée, intellectuelle, philosophique, spirituelle. Les champs de développement à bas coût énergétique sont immenses. Nous les avons juste effleurés. Certains développements technologiques sont nécessaires pour abaisser le coût énergétique de l'accès à la culture et pour faire en sorte que le relationnel ne se traduise pas toujours par des kilomètres de conduite automobile. Il est compréhensible que ceux qui n'ont pas notre train de vie souhaitent l'acquérir avant de faire une cure immatérielle puisque nous nous prétendons plus avancés. C'est donc aux plus riches de changer désormais. C'est-à-dire à nous, Européens, avant d'attendre que les Américains le fassent, même si, malgré les pétitions de principe, ils avancent sur ce sujet avec dynamisme. C'est un choix d'innovation technologique, psychosociologique et politique. Notre

devoir, même s'il est difficile à réaliser, est de nous détourner d'un enrichissement strictement matériel, prédateur, ostentatoire, sans souci des conséquences et de prendre une direction nouvelle faite d'invention quotidienne et de transformation.

Le seul choix possible sur une planète surpeuplée et accablée par une humanité prédatrice, c'est la sobriété, la tempérance, l'affectation d'une part croissante de nos revenus dans la recherche, l'innovation, l'invention, la culture, la vie relationnelle, artistique, spirituelle. Cette voie, c'est aux pays riches de l'ouvrir. C'est une invention fondamentale : remplacer une partie du matériel par l'immatériel, et y trouver une satisfaction sublimatoire...

Des inégalités sociales

Grâce à l'Amérique latine, nous disposons d'un modèle de l'impact de l'inégalité sociale sur l'apparition de limites imputées aux possibilités bio-écologiques. Sur cette immense partie du monde comprenant une partie de l'Amérique du Nord, l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud, l'HANPP est bien moindre qu'en Asie ou en Europe occidentale. Sans analyse de type socio-économique, on ne voit pas pourquoi le Mexique, avec un territoire de 1 900 000 km² et une population de cent vingt-cinq millions d'habitants, soit presque quatre fois la surface française et moins du double de sa population, pays disposant à la fois de conditions pédoclimatiques variées, ainsi que de ressources minérales considérables, un PIB (Produit Intérieur Brut) de pays à développement intermédiaire, aurait un environnement plus dégradé que celui de la France. Que dire du Brésil dont la densité de population est de l'ordre de 20 habitants par km², soit presque six fois moindre que celle de la France. Sa population a réalisé sa transition démographique puisque le taux moyen de fécondité ressemble à celui d'un pays développé, et pourtant, le Brésil devient un parangon de dégradation de la terre et des systèmes naturels.

Des comparaisons socio-historiques aident à mieux comprendre. La désertification humaine qui a suivi la conquête de ces immenses régions par les Espagnols et les Portugais, la destruction des civilisations qui existaient, la focalisation sur le rapt de l'or, l'utilisation de la population locale comme esclaves dont la valeur n'était que celle du travail fourni, ont rendu plus fragile le lien des hommes à la terre. L'agriculture n'est pas conçue comme partie intégrante du lien social, elle est l'objet de prédateurs. Il en a été différemment en Amérique anglo-saxonne, même si la population locale a été décimée. Relisons Tocqueville. Les immigrants en Amérique du Nord avaient une relation à la terre qui était celle d'agriculteurs individuels, impliqués démocratiquement dans la vie collective. L'Amérique anglo-saxonne, remarquait Tocqueville,

montrait une différence entre les États du Nord et ceux du Sud. Les derniers avaient un comportement voisin de ce qu'on retrouve en Amérique latine. La guerre de Sécession peut être comprise comme une guerre entre deux visions philosophiques et socio-économiques de l'humanité, aux conséquences très lourdes en termes de relation au territoire. James Howard Kunstler montre que le développement « insensé » des cités américaines atteint son paroxysme dans les États du Sud. Ce développement est fondé sur une idéalisation de la vie à la campagne déracinée de la relation à la production agricole. Si le Nord a gagné dans la lutte démocratique, il a quand même perdu une part de la bataille de la relation au territoire, car celle-ci est locale.

Qu'en est-il des pays de l'ancien « bloc soviétique »? Peu de sociétés ont dégradé à ce point leur environnement avec des densités de population aussi faibles. La distorsion entre l'objectif de libération de l'homme et la pratique réelle a conduit à une relation conflictuelle avec l'environnement. L'environnement et le vivant étaient inexistants dans la vision qui régissait ces sociétés, comme si l'espèce humaine ne provenait pas de l'évolution du vivant. L'environnement était considéré comme modifiable à merci, selon la contradiction philosophique habituelle de l'acteur scientifico-technique : tout dépend de l'environnement, mais je peux néanmoins agir dessus. La capacité d'action de l'homme est de principe considérée comme une résultante, mais de fait elle est affirmée, sans le dire, comme indépendante.

Le bouleversement d'une structure sociale originelle en équilibre approximatif avec son environnement brise la relation de la société à son territoire. Nous avons, nous autres Européens, une responsabilité collective dans ces bouleversements, car ce processus se constate aussi en Afrique. Notre implication dans l'aide aux pays qui en souffrent est un devoir. Cela ne signifie pas que les pays concernés n'ont pas de responsabilité immédiate. Ces difficultés spécifiques suggèrent néanmoins que, dans ces pays, les limites supposées environnementales viennent de déficiences sociales fondées sur des inégalités socio-économiques trop fortes. Les inégalités sociales ont un autre inconvénient : la course mimétique de chacun vers le niveau supérieur, devenu un modèle envié. Dans un contexte égalitaire, cette course à l'ostentation est ralentie, ce qu'avait constaté Tocqueville. Pourquoi chercher à faire plus que son voisin, si, selon les termes de Tocqueville, les conditions sont égales ?

L'homme a un comportement « naturel » de prédateur. Quand, dans son environnement, il rencontre ses semblables et non les autres espèces désormais détruites ou vassalisées, ce comportement s'internalise dans l'espèce humaine. Le conflit mimétique l'amplifie. La prédation des hommes se retourne contre leurs semblables. Apparaissent des idées de races, de classes, d'identité, prolongements conceptuels d'un comportement biologique. Il faudra bien en sortir,

car la planète est trop petite pour ce combat fratricide.

Certes l'innovation crée des inégalités, mais n'est-ce pas le rôle d'une démocratie de les réduire ? Aujourd'hui nous avons un besoin contradictoire. Il faut à la fois augmenter les innovations et diminuer les inégalités. Il faut reconnaître qu'il existe des inégalités sociales acceptables et d'autres qui ne le sont pas. L'innovation doit avoir pour moteur l'avenir de l'humanité et non l'enrichissement personnel. Voilà un énorme défi : favoriser les innovations et pourtant limiter les inégalités qui en résultent. N'en doutons pas, c'est un vrai défi qui s'ajoute au problème énergétique-environnemental, tout en en faisant partie intrinsèquement, mais que nous ne résoudrons pas sans un apport massif des sciences sociales et une prise de conscience collective. Un bon équilibre avec l'environnement, c'est-à-dire la durabilité environnementale, ne peut se construire qu'à partir de conditions socio-économiques qui contre-sélectionnent le comportement prédateur. Le respect de l'environnement ne peut être séparé du respect de l'homme.

Des idées reçues tenaces

Dans un dépôt de brevet, l'inventivité est mesurée, entre autres, par la capacité à aller outre aux idées reçues des gens de métiers. C'est une reconnaissance explicite que l'innovation est un combat contre les idées reçues dont le coût est considérable dans la lutte que nous devons mener durant un temps qui nous est compté, le temps d'une génération.

Parmi les idées reçues, l'image négative de la chimie. Elle a conduit à un reflux des étudiants voulant travailler en chimie, mettant en péril nos capacités futures d'adaptation. Nous utilisons quotidiennement des objets qui font appel au génie chimique. On ne voit pas comment cela changerait... Au contraire, une nouvelle chimie est à inventer.

L'idée que le plastique est mauvais. On ne voit pas pourquoi, s'il est recyclé et réutilisé, le plastique serait mauvais. L'important est qu'il ne soit jamais un rebus, mais un produit réutilisable quasi sans fin. Cela limite les types de plastique et conduit à en concevoir qui puissent être recyclés, ce qui amène à travailler sur sa conception et sur sa réutilisation. Le plastique vient surtout du pétrole, mais s'il n'est pas brûlé, ni jeté dans la nature, il a un coût énergétique moindre que la production de papier ou de verre dont le recyclage reste médiocre et très coûteux en énergie. Le plastique jetable et non recyclé est une monstruosité.

La conception que tous les OGM sont mauvais, l'expérience le montre lors de discussions, est de nature quasi religieuse. On peut démonter un à un les arguments exposés, il en surgira d'autres. Certains anti-OGM croient que le maïs repousse comme une mauvaise herbe, qu'il peut

se croiser avec des plantes européennes, ou que son pollen peut franchir de dizaines de kilomètres. D'autres croient que le transfert d'un gène dans une espèce transforme cette espèce au point de la rendre spécifique. Il a même été écrit dans des grands hebdomadaires français que le gène qualifié avec humour par les scientifiques de « terminator » allait permettre la transmission à toutes les espèces environnantes de l'impossibilité à transmettre... Que dire de la croyance qu'en mangeant un OGM, on devient OGM soi-même ? Comme si en mangeant du mouton, on devient mouton. Heureusement que l'évolution de la vie a empêché cette évolution, sinon, il n'y aurait jamais eu d'animaux ni d'homme. Certains croient que tous OGM se ressemblent alors que chacun est défini par l'espèce réceptrice, le gène transmis, et le lieu d'insertion du gène. Il est aussi défini par l'objectif précis de son invention, mais en cela il ressemble à toute invention. Certains croient qu'un OGM n'est pas naturel, mais le processus de son obtention est déjà présent dans des espèces anciennement domestiquées.

Une autre idée reçue lui est probablement associée : croire qu'un produit naturel est nécessairement meilleur qu'un produit artificiel. Nul besoin de reprendre tout le débat sur la nature et la culture pour savoir qu'il n'est pas possible de porter un jugement de valeur sur ce qui est naturel, pour comprendre que l'artificiel et le virtuel font partie, intrinsèquement, de l'humain. Non, le naturel n'est pas nécessairement meilleur que l'artificiel, nous avons tant de contre-exemples. Nous ne consommons presque rien de naturel. L'homme est un animal anaturel – dénaturé, dirait Vercors – qui vit d'artificiel et de virtuel. En cela, il est une externalité dans son propre environnement qu'il fait évoluer. Il a même créé des espèces maronnes, c'est-à-dire domestiquées et retournées ailleurs à l'état « sauvage », comme le sanglier et le mouflon en Corse.

Une idée tenace et dangereuse est de croire que le vivant est infiniment adaptable. Si c'est relativement exact, dans une vision large et sur des durées longues, parfois très longues à l'échelle humaine, car il s'agit de millions d'années, il n'est pas vrai que tout être vivant puisse s'adapter rapidement à un changement d'environnement. Mettons à part les bactéries. Seules les espèces opportunistes comme l'homme, le chat et le rat, la mouette et la pie, peuvent s'adapter rapidement à une multitude de biotopes. Les espèces spécialisées, végétales ou animales, disparaissent avec l'environnement auquel elles sont inféodées. Dans la durée, des espèces peuvent donner des descendance diverses. Les espèces cultivées et/ou domestiquées s'éloignent peu à peu de leur ancêtre sauvage, le chien étant l'espèce la plus éloignée de son ancêtre originel. Mais cela demande du temps. On pourrait schématiquement décrire l'évolution depuis six cents millions d'années comme des successions de crises qui, à cause de changements rapides de

l'environnement, provoquent l'extinction des espèces trop spécialisées. Entre chaque crise, les espèces survivantes, les moins spécialisées, régénèrent la biodiversité par irradiations adaptatives. Mais aucune évolution adaptative ne peut se faire en moins de quelques centaines de siècles. La création du chien a, demandé plus de cent siècles. L'histoire du blé se raconte sur une durée proche de la centaine de siècles.

Croire que le pétrole, c'est surtout de l'énergie, est une idée reçue dangereuse. S'il est nécessaire d'arrêter de consommer du pétrole le plus vite possible, c'est, entre autres, parce que c'est une matière première qui vaut de l'or, comme l'avait remarqué Mendeleïev. Il serait préférable de fabriquer des matériaux spéciaux à partir de pétrole, ce qui piégera le CO₂, plutôt que de le brûler.

Croire qu'il faille concentrer tous les efforts sur la meilleure solution est une idée reçue qui nie la façon même dont le vivant et nous-mêmes évoluons. Jamais la meilleure solution, quand elle existe, ne s'impose aussitôt. Une innovation n'est jamais immédiatement optimisée. Il suffit d'analyser l'histoire de la motorisation. Tous les moteurs existaient à la fin du XIX^e siècle. Le moteur à vapeur semblait devoir être le grand gagnant, les Stanley furent produites jusqu'en 1927. La *jamais contente*, voiture électrique, dépassa la première les 100 km/h, il y a cent vingt ans. Quant au moteur Diesel, il semblait de peu d'avenir, trop lent, sans accélération et le moteur à explosion que nous connaissons manquait de puissance et d'efficacité énergétique...

La liste est immense des idées reçues qui nous empêchent de chercher des solutions, dont celles qui concernent l'économie : le marché prétendu régulateur, les bienfaits de la concurrence... Pour innover à vitesse accélérée, nous allons devoir travailler sur nos propres idées reçues. En particulier, sur celle qui consiste à croire qu'on ne peut faire travailler et réfléchir, ensemble, des personnes de bords idéologiques différents. Nous avons tous des idées reçues que nous ne remettons pas en cause. Il va falloir entreprendre un effort collectif nouveau, mais indispensable : accepter la remise en cause des idées reçues les plus profondes, celles que nous estimons non discutables. C'est un travail sur le sens même de ce qui nous fait vivre.

Un déficit démocratique

Dans la course innovatrice que nous devons réaliser, collectivement, existe un obstacle que nous percevons mal. Le déficit démocratique, dans les prises de décision, et cela, même dans ces pays qu'il est convenu d'appeler « démocraties ». Une démocratie n'est pas seulement un système d'élection. Offrir à un autre la possibilité de me représenter, c'est me dévêtir de ma propre souveraineté, remarquait Rousseau, c'est être démocrate un jour tous les cinq ans.

Pourtant nous votons chaque jour sans nous en rendre compte. Nous votons pour la dégradation de l'environnement chaque fois que nous brûlons de l'énergie fossile au-delà d'une certaine quantité annuelle. Le choix de la mobilité à tout va est un vote pour l'énergie chère. Le choix d'achat d'une voiture sans considération pour sa consommation est un vote contre l'environnement planétaire. Nous votons pour le dégageant et le cynisme en consommant par ostentation, en regardant les publicités télévisuelles, en nous laissant influencer par les affirmations des marques. Nous votons pour l'abdication de notre liberté en croyant les experts ou les idéologues, sans faire l'effort personnel de comprendre le problème. Nous votons pour la normalisation et l'uniformisation en affirmant notre opinion sur un sujet sans l'avoir étudié, sans y avoir pris de temps d'en comprendre les enjeux. Nous votons pour les inégalités sociales en profitant d'une position privilégiée pour demander un salaire accru. Nous votons avec cynisme, en dépit de la préparation de l'avenir, chaque fois que nous préférons le maintien de nos avantages et le refus de l'investissement dans les économies d'énergies.

Ce vote de dégageant, d'indifférence, de cynisme, est contraire à l'esprit démocratique. Le syndrome NIMBY (Not in my back yard), mot-à-mot « pas dans mon jardin », signifie que chacun est d'accord pour qu'une technologie se développe, mais pas près de chez lui. On cite aussi le syndrome NIMTO (Not in my term of office), c'est-à-dire « pas pendant mon mandat », ce qui est significatif du courage politique. Ce sont des déficits démocratiques. Le « chacun pour soi » l'emporte sur l'action solidaire collective. Une accentuation du premier syndrome est appelée BANANA (Build Absolutely Nothing Anywhere, Near Anyone), laquelle est un oxymore. Ne rien construire dans un espace protégé, considéré comme un parc naturel est une évidence. Mais que des personnes, possédant des constructions, puissent interdire des constructions proches des leurs ressemble à une ploutocratie... Nous ne pouvons pas reprocher à la Chine de polluer; nous avons collectivement accepté d'y transférer nos industries les plus polluantes.

Laisserons-nous des personnes nous imposer des solutions technologiques ou organisationnelles alors que d'autres seraient préférables ? Comment se fait-il qu'en France les logements neufs soient chers alors qu'ils ne sont pas conçus de manière adaptée aux exigences énergétiques modernes ? La Suède fait dix fois mieux que nous, mais dira-t-on, c'est normal, en Suède il fait froid. Alors, pourquoi l'Italie fait-elle aussi mieux que nous ? Quand les experts techniques ou financiers tiennent les leviers de la politique, ce n'est plus une politique, c'est la domination d'une machinerie aveugle. Ce n'est pas parce que le pétrole est cher qu'il devient nécessaire de l'économiser, c'est parce que nous n'avons pas réfléchi aux conséquences de la

consommation abusive d'énergie fossile qu'il finit par devenir indispensable. Par la non-limitation du mouvement pour le mouvement, du chauffage pour le chauffage, de la consommation pour la consommation, nous rencontrons une limite matérielle. Plutôt que de la recevoir avec fatalisme, n'est-ce pas le moment du sursaut, de l'éveil aux choix fondamentaux de l'existence ? Le déficit démocratique actuel nous conduit à subir, à laisser aux plus puissants et aux plus riches – en tentant de faire comme eux – la possibilité de continuer à vivre selon cette non-limitation volontaire qui pèse sur tout le collectif, régional, national, planétaire. Notre planète est à tous. Pourtant nous acceptons la subordination de l'intérêt commun aux intérêts d'une minorité possédée par un besoin inextinguible de profits que nous suivons car nous souhaitons, sans l'avouer, vivre ainsi.

Les organisations écologiques ne sont pas toujours dénuées de ce soupçon. La même organisation va refuser une installation nucléaire pour des raisons d'inconnues sur les déchets (problème technique et de contrôle social), une installation thermique au gaz pour des raisons de production de CO₂ (problème environnemental planétaire), une installation hydro-électrique pour des raisons de modification de l'environnement (problème environnemental local). À ce compte-là, il est clair que toute action a des inconvénients. Mais quels sont les avantages de chacun des projets ? Ce n'est pas dit. Il faut comparer évaluer risques et avantages, de l'action ou de la non-action, et parfois envisager essais partiels, voire reculs... Supposons que vers six ou sept ans, l'enfant ait la possibilité de choisir de devenir adulte ou de rester enfant. Il peut aussi dire qu'il ne veut pas devenir adulte, car il perdrait l'enfance, ni rester enfant, car il ne connaîtrait pas l'état adulte... L'âne de Buridan n'est pas un mythe, nous jouons sa pièce tous les jours...

Le problème énergétique-environnemental moderne est un problème si complexe qu'il ne sera résolu que par une dynamique de démocratie effective, source collective d'apprentissage, avec le souci de progresser davantage que d'imposer une opinion. Chacun, à son niveau, prendrait les décisions qui lui paraissent adaptées, chacun tenterait d'exprimer son point de vue et chercherait à agir au sein d'un collectif. Chacun accepterait le niveau du problème considéré, en reconnaissant ses motivations, en acceptant de mettre à la discussion, autant que possible, l'idéologie à laquelle il adhère.

Deuxième Partie

LE TEMPS DE LA TRANSFORMATION PEUT-IL ADVENIR ?

Voici une chenille

Elle rampe

Elle rampe vers de la nourriture

C'est du moins ce qu'elle croit,

Et d'ailleurs c'est vrai

Mais aussi elle rampe

Vers son avatar

Vers son avatar de papillon,

Et cet objectif

Elle ne le devine pas

[...]

Guillevic

V

Plaidoyer pour un programme européen

Où, pour réussir la transition énergétique, on voit qu'il faut accélérer le rythme de l'innovation et choisir un espace adapté. L'Europe pourrait-elle devenir cet espace ?

Innover est propre à l'espèce humaine

L'homme moderne (*Homo Sapiens*, que nous appelons « homme ») possède une caractéristique fondamentale : la capacité à l'innovation. Sur cet aspect, il diffère de son plus proche cousin, l'homme de Néandertal. Il y a entre cinquante mille et trente-cinq mille ans, quand les deux populations se sont rencontrées, la culture technique des néandertaliens était homogène et indépendante du lieu, alors que celle des hommes modernes était déjà très variable et dépendait des situations. Les objets fabriqués en différents lieux voyageaient déjà par les échanges.

La société a précédé la fin du processus évolutif menant à l'espèce humaine moderne. La nouvelle espèce a généré des cultures et des techniques en évolution constante, corrélées avec l'apparition d'un langage complet, humain, issu de modifications subtiles dans l'appareil vocal proto-humain. Les aptitudes à parler, croire, échanger, innover et détruire ont des liens étroits et nous différencient des lignées d'hominidés qui nous sont antérieures. Grâce à cette aptitude, l'homme est sorti de la biosphère, il la consomme, la domestique, la détruit. L'homme a pu s'engager dans une spéculation sur la vie et son sens, qui a entraîné la révolution planétaire des VI^e-VII^e siècles avant Jésus-Christ, époque de constitution des valeurs qui nous guident encore aujourd'hui (religion, philosophie, démocratie, droit).

Dans chaque région du monde où vit une population, elle crée une culture originale. Mais

certaines cultures ou organisations sociales sont plus innovantes que d'autres. Mon hypothèse est que la capacité d'innovation est une constante de l'espèce humaine, indifférenciée, relevant d'un processus aléatoire dont les composantes déterminées sont les contraintes de son environnement géographique, écologique, social et technologique. Une culture et sa combinaison de croyances, ainsi que l'organisation sociale et les contraintes qu'elle impose aux personnes, sont des limitateurs d'innovation, ce qui provoque un profil propre à la société concernée, non pas par l'innovation qu'elle induit, mais par celle qu'elle empêche. C'est davantage ce que nous réprimons que ce que nous inventons qui décrit la société dans laquelle nous sommes. La civilisation est productrice de frontières. Elle est, partiellement, anti-innovante. Comme il paraît peu raisonnable – ni même concevable – d'innover tous azimuts, sans aucune restriction, le « choix civilisationnel » se définit par ce qu'il restreint. C'est la limitation et ce sur quoi elle s'applique qui décrit les forces motrices d'une société. On pourrait aller plus loin et penser que la capacité perceptive humaine est immense et indéterminée. Elle est limitée justement par le social dans lequel entre le bébé à sa naissance.

La société actuelle est celle du refus des entraves dans l'exploitation des ressources matérielles, l'absence d'autolimitation dans la consommation et l'action matérielle, l'exigence de répondre sans attendre et sans contrainte aux besoins immédiats. On peut faire l'hypothèse que les interdits implicites de cette société, peu conscients comme dans toute société, concernent le développement psychique, humain, par centration, intériorisation, sublimation. Considérons les difficultés à proposer de nouveaux comportements : réflexion sur les buts à long terme de l'action, questionnement éthique, demande de débats approfondis et répétés, réflexion sur l'adéquation entre nos buts et nos moyens, recherche de cohérence personnelle, travail sur l'intériorité, sur ses propres croyances. Les raisons invoquées pour les balayer sont le coût, l'inutilité de la pensée qui est supposée stériliser l'action, l'empêchement de ce que bon semble à chacun, l'amalgame entre autolimitation et répression, entre « relativisme relatif » et nihilisme. Ne seraient-elles pas fondées sur une répression qui cache son nom et qui oblige chacun à se conformer à cette course sans possibilité de critique et de réflexivité ? C'est dans le champ inconnu de ce qui nous fait humains que nous devons aujourd'hui innover en nous imposant une autolimitation quantitative nous libérant pour des champs exploratoires nouveaux.

Cette transformation n'est pas simple. Il s'agit d'élargir le champ de l'exploration intellectuelle et psychique, tout en conservant nos aptitudes scientifiques et technologiques. Il ne s'agit pas de prendre l'un pour perdre l'autre. Si cela conduit déjà à prendre conscience de ce qui est de l'ordre de la projection, de la prédation, de la destruction, de la domination, du

narcissisme, de la perversité, ce sera une évolution qualitative importante.

Nécessité d'innover davantage

Dans une approche technico-économique, innover, c'est s'opposer à la loi des rendements décroissants. Mettre une machine consommatrice de cent fois plus d'énergie que le travail humain est généralement considéré comme une innovation. C'est un déplacement de problème si le rapport du coût global sur l'avantage apporté, non en monnaie, mais en énergie, s'est accru. Nous appelons innovation, ici, ce qui contredit la loi des rendements décroissants, en permettant d'améliorer les rapports entre « input » et « output ». Le savoir, l'intelligence, l'ingéniosité, l'intentionnalité, peuvent renverser la loi des rendements décroissants. La faux, inventée à la fin du XVIII^e siècle, a permis de multiplier par plus de quatre le rendement de la moisson, sans coûter davantage en énergie, tout en diminuant les problèmes de santé que la moisson à la faucille entraînait. La bicyclette, inventée durant le XIX^e siècle et constamment améliorée depuis, offre une liberté accrue et une possibilité de déplacement facile, sans commune mesure avec le coût de sa fabrication et de son entretien. Ces deux inventions, parmi un grand nombre, ont modifié, en des points bien précis, l'apparente inexorabilité de la loi des rendements décroissants. La motocyclette, par rapport à la bicyclette, n'a fait qu'introduire une énergie externe, mal utilisée. Ramené au coût énergétique, passer de la bicyclette à la motocyclette c'est obéir à la loi des rendements décroissants, sauf si cette dernière consomme moins d'un quart de litre d'essence pour cent kilomètres.

Dans tous les scénarios publiés sur la consommation d'énergie et la production de gaz à effet de serre, on peut constater une absence de référence à l'innovation. Dans le document de Philippe Girard, Président du club Ecrin, sur la prospective des carburants, en date de début 2008, de belles courbes nous montrent ce que nous pressentons tous, c'est-à-dire l'augmentation du parc automobile mondial et des kilomètres d'autoroutes. En conclusion : Quelle innovation moteur ? Là... c'est la panne sèche. Autre exemple : le rapport de la Fondation Schumann de 2008 indique qu'il est préférable de garder les deux vecteurs que sont l'électricité et les fluides. Certes, il s'agit d'une contrainte forte, c'est le contexte dans lequel peut avoir lieu l'innovation. Mais la question est : comment innover davantage ? Stocker ? Accroître les rendements ?

Que disent les rapports de la commission européenne, de 2005 à 2007 ? On y parle sans cesse de concurrence pour faire baisser les prix de l'énergie, comme si l'Europe était une productrice importante d'énergie et qu'il s'agirait du problème majeur. En sommes-nous à calculer à 5 % près ? Dans son rapport du 7 décembre 2005, sur la biomasse, elle se réfère à des

prix de pétrole vide de sens (soixante dollars le baril, laborieusement rapporté à quarante-huit euros; trois ans après les prix ont doublé, sept ans plus tard divisés par trois.). Quand un produit se raréfie dans la durée, que son coût dépend de choix géopolitiques et de marchés imparfaits, la théorie économique ne peut donner de solution.

C'est l'aspect « petit bout de la lorgnette » qui est le plus préoccupant. Dans le rapport du 22 juin 2005, sur l'efficacité énergétique, on peut lire : « En effet, sur la base de plusieurs études, il est estimé que cette initiative pourrait potentiellement créer directement et indirectement un million de nouveaux emplois en Europe. En outre, puisque les mesures visées dans cette initiative ne sont que des mesures d'efficacité énergétique présentant un bon rapport coût efficacité (celles qui aboutissent à une économie nette après amortissement de l'investissement nécessaire) un système d'efficacité énergétique réussi signifie qu'une partie des soixante milliards d'euros non dépensés en énergie se transforment en économies nettes, aboutissant à une meilleure compétitivité et à de meilleures conditions de vie pour les citoyens de l'UE ». Justifier l'amélioration de l'efficacité énergétique par l'emploi ou la compétitivité, n'est-il pas décalé ?

Nous devrions bâtir une stratégie d'innovation générale, sans juger *a priori* quelle innovation sera la « gagnante », s'il est concevable qu'une seule technologie le soit... Car l'innovation n'est pas une chose. Elle est de l'ordre de l'inconcevable. Contrairement aux vœux de technocrates ou de théoriciens de l'innovation, il paraît plus sage de conclure, avec Schumpeter, qu'elle ne peut pas s'anticiper, même si on constate que des conditions la favorisent. Cherchons à créer les conditions non défavorables à son émergence. De même que Feyerabend concluait, à propos de la science, que, finalement, tout était bon, on peut affirmer que pour l'innovation, tout est également bon. Encore faut-il que ce qui peut émerger apparaisse. Dans un pays comme la France où une PME en constitution n'a pas le droit de proposer ses services à des institutions publiques ou parapubliques et que les grandes entreprises suivent le mouvement, comment des créations innovantes peuvent-elles être testées ? Si par hasard une « Start-up » avait la chance de plaire, en France, elle doit passer sous les fourches caudines des diplômes reconnus...

Pourtant il y a urgence. Le temps est compté. Rappelons quelques données qualifiables « d'expérience ». Une entreprise a besoin de cinq ans pour déployer un changement de politique technologique et logistique à partir de données accessibles et directement utilisables. Faire pénétrer une innovation technologique dans un tissu industriel demande au moins dix ans, à condition qu'elle apporte un intérêt. Car les financiers attendront l'amortissement des investissements précédents... Sauf si... fait nouveau... les pouvoirs publics changent les règles

pour les adapter à l'urgence. On peut en dire autant de la transformation du parc automobile. Entre dix et quinze ans sont nécessaires pour mettre en œuvre une nouvelle infrastructure ferroviaire, même si toutes les décisions politiques ont été prises. Il peut falloir davantage si les ouvrages d'art (ponts, tunnels) sont nombreux et complexes à construire, et si les territoires à traverser sont largement habités. La lenteur du développement du TGV en France reste cohérente avec les contraintes actuelles. Réaliser des réaménagements durables du territoire, tant urbains que ruraux, ne se fait guère en moins de trente ans. On l'a vu avec le démantèlement du réseau ferroviaire français et le développement du réseau autoroutier. Trente ans sont nécessaires pour réaliser une transformation sociale importante qu'il s'agisse d'imaginaire culturel, de comportement collectif, de structure des villes, du rapport entre territoire urbain et territoire rural ou d'aménagement du territoire. C'est être très optimiste que de croire qu'une telle transformation puisse avoir lieu si vite. On a besoin de vingt à cinquante ans pour passer d'une idée technologique à son utilisation générale. Il s'écoule entre cinquante et soixante-dix ans pour passer d'une découverte scientifique fondamentale à un changement sociétal intégrant cette découverte (par exemple l'électricité, la physique quantique). Le lancement de programmes de recherche aussi importants qu'ITER et HIPER ne donneront pas de résultats avant la fin de la transition énergétique. Il faudra trouver des solutions avant. Le temps pour qu'un changement de paradigme scientifique influe sur les représentations collectives est imprévisible. Quatre-vingts ans après la création de la physique quantique, les représentations collectives de la science, de la nécessité et du hasard, n'ont pas changé. Il est vrai qu'il y a eu peu d'actions dans ce but. On ignore le temps nécessaire pour qu'une découverte imprévisible ait lieu. On sait qu'il faut un découvreur, dans certaines conditions qui ne se révèlent qu'après coup. Qu'il faut un terreau de motivations, de connaissances, de savoir-faire... Conditions nécessaires, mais non suffisantes.

Les échelles de temps connues des processus d'innovation restent, malgré des inconnues non négligeables, en phase avec l'échelle de temps de l'apparition d'une pénurie irréversible d'énergie fossile ou d'un changement climatique majeur. Il faudrait commencer tout de suite la mise en chantier de cette transition énergétique en tenant compte des différents temps incompressibles. Le changement climatique risque de nous prendre de court, car il dépend de processus physiques à très grande inertie. Ce que le GIEC et les économistes sembleraient n'avoir pas intégré – dans les modèles précédents –, c'est qu'en phase de décollage industriel classique la nécessité d'énergie est la plus grande pour chaque point de PIB augmenté. Une fois passée cette phase les besoins en énergie ne baissent pas. Ils continuent d'augmenter, mais moins vite. Comme l'Inde, puis l'Indonésie, etc., suivent la Chine, la production de CO₂ risque de

suivre, pendant au moins dix ans, le scénario le pire que le GIEC ait imaginé. La baisse relative d'utilisation énergie fossile des pays riches est accentuée par la délocalisation – cynique modèle – , en Asie surtout, des industries consommatrices d'énergie. Dans cette logique-là, plus nous serons vertueux, apparemment, moins ils le seront sans que nous puissions le leur reprocher. La Chine a signé un accord contre le « dumping écologique », mais qui était responsable de ces transferts de production, sinon nous ? Certes l'efficacité énergétique primaire s'améliore plus vite en Chine que dans le reste de du monde, mais cela ne peut compenser le développement industriel lui-même.

Personne, semble-t-il, n'imaginait qu'un tiers de l'humanité s'éveillerait en bloc au développement. « Quand la Chine se réveillera, le monde tremblera » aurait dit Napoléon. Il fallait prendre cette expression au premier niveau, le plus basique. Il aurait pu dire la même parole pour l'Inde. Car le phénomène est physique. Quand le Japon a décollé, Américains et Européens ont eu des crises d'angoisse, mais il ne s'agissait que de cent vingt millions de personnes. Deux milliards et demi, c'est autre chose... Le centre de gravité se déplace.

Pour un programme de transition énergétique européen

Les obstacles que rencontre l'humanité, venus de son développement, sont les limites de son expansion. Les interactions entre les problématiques sont nombreuses. Contrairement à ce que j'ai pensé en 2008, ce n'est plus la disponibilité de l'énergie qui est le facteur limitant ; c'est son impact sur le climat et ce qui s'ensuit. Car les capacités d'innovations pour accéder à des ressources fossiles lointaines se sont accrues énormément, et pour cause, la majorité des investissements en recherche et développement sont allés dans cette direction... Le parti pris ici est la focalisation sur le problème énergétique avec en priorité les Gaz à effet de serre. J'ai lu de nombreuses critiques sur la proposition de l'édition précédente de se focaliser sur un projet européen, l'Europe étant considérée comme incapable de mener une politique cohérente globale. L'autocritique nationale me semble plus judicieuse, et l'échange, la comparaison, voire la complémentarité entre les différents pays seraient plus adaptés. On apprend autant de ses propres erreurs que de celles du voisin. Même si les politiques agricoles, économiques, énergétiques, environnementales, des États Européens et de l'Union européenne sont insuffisantes ou critiquables, elles restent souvent en avance sur ce que fait le reste du monde en général pour éviter la destruction des milieux naturels, dans une mondialisation et une compétition mondiale dans le cadre desquelles, manifestement, l'Europe est insuffisamment unie. Malgré une forte densité moyenne de population, l'Europe, pour le moment, conserve ses sols, ses forêts, ses eaux

et sa diversité animale (l'élimination de la mégafaune est ancienne). Elle n'est pas allée aussi loin dans le modèle américain du « tout banlieue – tout automobile ». Les taxes sur l'essence ont été conservées afin de maintenir une pression contre ce modèle.

C'est une erreur de croire que nos problèmes actuels proviennent de l'Europe. Nos problèmes sont internes à chaque pays, et chaque pays montre une grande autonomie dans des choix cruciaux. Nous pouvons nous appliquer beaucoup des réflexions de la première partie. Et finalement, le plus grand problème de l'Europe est que nous ne la faisons pas réellement. Nous manquons d'un esprit européen créatif, collaboratif et dynamique.

En s'engageant volontairement et par anticipation vers une transition énergétique maîtrisée, en s'engageant réellement dans la lutte contre le changement climatique par l'innovation, l'Union européenne entamerait un processus de libération des énergies fossiles. Elle se préparerait à assumer un rôle majeur technologique, organisationnel, social... Ce défi, l'Union européenne est toujours bien placée pour le relever, parmi les pays développés, pour les raisons ci-après.

Chaque pays européen est dans une situation différente. Pays plats et pays de montagne, pays du Nord ou du Sud, ceux que longent côtes et courants marins et ceux qui sont continentaux, ceux qui disposent de vents et ceux qui disposent de rivières, pays agricoles et ceux qui ont moins de terres arables, ceux qui ont une longue histoire industrielle, ceux qui sont plus ruraux... Il existe aussi des différences sociales, comportementales, des différences de compétences technologiques, d'historique d'exploitation de filières spécifiques. Comme aucun pays européen n'est capable de résoudre seul tous les problèmes, scientifiques, technologiques ou organisationnels, une coopération européenne, qui d'ailleurs se met en place, est indispensable. Historiquement, chaque pays a construit des programmes de recherche différents et souvent complémentaires. Par exemple, la France a davantage misé sur le nucléaire, l'Allemagne sur une gamme de solutions, le Danemark sur l'éolien, le Royaume-Uni s'intéresse à l'hydrolien et l'éolien, mais veut développer le nucléaire ... La complémentarité des potentiels à l'intérieur de l'Union européenne devient un atout, à condition de jouer en équipe.

La variété des choix selon les pays européens crée une situation inédite : presque tous les modèles possibles sont à l'étude sur le territoire de l'Union. Les centralisateurs et partisans des solutions simples et universelles pourraient le regretter. Ceux qui sont familiers du monde du vivant comprennent que c'est un atout véritable. Car la variété des choix est corrélée à des tissus de centres de recherche, d'entreprises, de réseaux de savoir-faire, différents dont il faut accroître les relations. Nous sommes dans les conditions idéales pour favoriser le foisonnement créatif, à condition que chaque acteur puisse apporter sa pierre et que les transversalités soient construites.

Les préoccupations sociales et sociétales restent très fortes dans tous les pays européens, même si certains paraissent plus « en avance » que d'autres. Selon les pays, les voies choisies peuvent diverger; cette richesse d'expériences est une chance. Il existe peu d'ensemble culturel aussi varié, aussi divers dans les choix sociétaux, sociaux et culturels, aussi avancé et aussi vaste. L'Inde, il vrai, peut aussi y prétendre.

L'Europe dispose peu de ressource énergétique fossile, tout en en consommant beaucoup. Elle a donc plus de raison de chercher à s'en passer. Mais, comme le Japon, elle consomme relativement peu d'énergie par rapport à son produit intérieur brut, il est donc plus « facile » de trouver des remplacements, même s'ils sont coûteux en argent et en travail, car cela pèsera moins dans les coûts globaux. Il est intéressant de constater que de chaque côté du Rhin les avis des industriels diffèrent sur ce sujet. Une énergie dont le coût serait de 100 € par équivalent d'un baril de pétrole, gérée collectivement, ne peut mettre en péril ni le genre de vie ni la compétitivité économique ; c'est un choix politique dont il faut tirer des conséquences ; compenser les inégalités, etc. Les États-Unis doivent d'abord diviser par deux leur consommation pour atteindre le niveau de consommation européen, ce qui accroît la difficulté à trouver des technologies de remplacement ; mais par ailleurs ils ont des réserves dans des zones peu peuplées. Chaque pays a des contraintes différentes.

Le concept d' « économie d'énergie » est devenu un concept familier aux peuples européens. La prise de conscience que nous sommes favorisés et gaspilleurs fait son chemin. Comme la majorité de l'énergie consommée l'est par les individus, et que, généralement parlant, l'industrie ressemble presque à un élève modèle, une mobilisation collective est concevable.

L'Europe a une tradition scientifique et technique qui s'enracine jusque dans la culture grecque antique, c'est un des fondements de l'unité culturelle européenne. Il est étonnant que la référence à la science et à l'esprit scientifique, lors de l'écriture du traité constitutionnel, n'ait pas été évoquée, avant celle du christianisme. Depuis cinq siècles, tous les pays européens ont apporté leurs lots de scientifiques importants. L'Europe est à l'origine des deux premières révolutions industrielles. Elle participe à la troisième. À la fin du XIX^e siècle, et jusqu'au milieu du XX^e siècle, la science était majoritairement européenne. États-Unis et Russie sont, à ce niveau, des extensions de l'Europe, même si leur autonomie s'est fortement accrue depuis quatre-vingts ans.

Les choix économiques européens depuis vingt ans ont montré une sagesse par rapport aux dérégulations, dérives financières et dérives commerciales des États-Unis. Par le choix d'une monnaie forte, de l'épargne et du travail, d'une maîtrise des inégalités, elle est capable de

s'investir dans la transformation nécessaire qui nous attend.

Les Européens ont une responsabilité dans l'accès à l'énergie pour les pays les plus pauvres. Ce qu'exigera l'Europe, sur le marché mondial des énergies fossiles, pour maintenir son genre de vie, elle l'enlèvera aux pays les plus pauvres, par le « droit du plus riche ». Mais l'Europe prétend être une puissance « éthique » responsable. Être capable d'émettre un message commun et clair sur l'énergie et le changement climatique, c'est obliger les autres pays riches, et en particulier les États-Unis, à s'aligner sur cette position. L'Europe fait partie des quatre plus grands ensembles économiques importateurs d'énergie fossile et utilisateurs des ressources planétaires. Cumulé dans le temps, peut-être le plus important. C'est-à-dire qu'elle fait partie de ceux qui sont responsables à la fois de l'épuisement des ressources.

La consommation d'énergie fossile a des effets sur le réchauffement planétaire, l'Union européenne en a une part de responsabilité. L'utilisation de l'énergie et de technologies dont la puissance est multipliée par l'utilisation d'énergie est responsable du « pillage » planétaire, tant minéral que végétal ou animal. L'Europe ne peut pas nier son rôle dans la dégradation d'environnements et de forêts dont les arbres ont été abattus sans en payer le juste prix, ni son action prédatrice dans la destruction des ressources maritimes. Par déplacement du problème, elle a été capable de garder un environnement de qualité, mais aux dépens d'autres pays qui, pour se développer, ont accepté ses prédatrices, ses industries polluantes et ses déchets. Inventer des technologies non invasives et les proposer à ces pays ne sera qu'un juste retour.

L'Islande, à elle toute seule, ne développe-t-elle pas une technologie de pile à combustible qui devrait répondre à presque tous ses besoins ? Elle investit au point de se préparer à être exportatrice d'un savoir-faire complet. L'Union européenne, mille fois plus peuplée, peut mener tous ces projets en parallèle.

Il n'existe toujours pas de vrai espace européen de la recherche, malgré des progrès indéniables, malgré la stratégie arrêtée par le conseil de Lisbonne en mars 2000. Les procédures d'appel d'offres mises en place pour les programmes-cadres sont trop lourdes. C'est le moment de le créer concrètement, à partir d'un but global mobilisateur. « Research*eu », le « magazine de l'espace européen de la recherche », dont le nom a été changé pour son numéro de juin 2007, ne met-il pas en titre de ce numéro « Réchauffement, il est trop tard pour attendre » ? L'Europe pourra alors jouer son rôle de responsabilité vis-à-vis des générations à venir. Elle pourrait participer à la construction d'un modèle qui permettra la poursuite de l'expérience de l'espèce humaine selon des fonctionnements à inventer durant la première moitié de ce siècle. Voulons-nous épuiser des ressources qui pourraient avoir un intérêt pour les générations futures ? Ou

voulons-nous pouvoir offrir aux générations futures une planète qui a conservé la plupart de ses ressources et qui déjà en génère de nouvelles ? Leur offrir les moyens de prendre des décisions importantes avant que la moitié du siècle soit passé et que les moyens de réussir s'amenuisent ? C'est à partir de la définition d'un programme européen que l'Europe pourrait proposer au niveau mondial une organisation spécifique (ONUE à la place du PNUE ?) et y jouer son rôle.

Le mot d'ordre serait : agir au plus vite, mais avancer pas à pas, de manière multidirectionnelle. Les innovations nécessaires pour résoudre ce problème majeur de la survie de nos sociétés à moyen terme – le temps d'une génération – se situent à tous les niveaux de la société. Il faudrait les entreprendre en parallèle, tout en tenant compte des délais tels que présentés ci-dessus, pour définir priorité et ordre des actions. La durée de « l'implémentation de l'action », selon les formules européennes, définit l'urgence de l'action. Plus cette durée est longue et l'enjeu important, plus il y a urgence à commencer et à maintenir l'effort longtemps.

L'effet de chaque action est un critère à prendre en compte. Pourquoi produire trop tôt une énergie alternative pour laquelle la recherche et le développement ne sont pas terminés, en termes de risque ou en termes de rendement énergétique, quand on peut gagner davantage et plus vite en innovant dans la réduction du « gaspillage » ? N'est-il pas préférable d'isoler des locaux ou de modifier les choix d'éclairage que d'investir dans une centrale ? De diminuer le poids des automobiles et leur consommation d'énergie, indépendamment des programmes de développement de moteurs au rendement plus élevé – qu'il faut néanmoins soutenir ? De favoriser le covoiturage, la location de voitures, le télétravail ? D'optimiser le solaire photovoltaïque (dont le rendement misérable de 15 % est peu acceptable) par la recherche avant que le développement commercial de produits difficiles à recycler obère le futur ?... En revanche, dès qu'une technologie adaptée est mature, il est important d'en amplifier l'usage autant que possible et de favoriser sa production en Europe.

Que chaque problématique soit centrée sur un pôle, que les différentes approches soient bien différenciées, ne signifie pas qu'une coordination n'est pas nécessaire. Geneviève Férone prétend que climat, énergie, croissance économique, démographie vont se télescoper au même moment, comme par magie, sous l'action d'un « grand coordinateur », juste en 2030. Ceci est un mythe. Il est important qu'arrivent au même moment des innovations complémentaires, où qu'adviennent, au moment voulu, les outils attendus pour résoudre l'avancée d'une filière. Pour cela, il faudra de la coordination, car leur rencontre n'aura pas lieu par hasard. Compter sur les marchés ou la capacité spontanée de l'homme à innover indépendamment d'un contexte qui l'autorise relève de la croyance.

La problématique ne peut pas être que technologique. Imaginons une innovation d'un constructeur automobile proposant une voiture dont la consommation moyenne est diminuée de 1,5 l/100 km et le prix de vente supérieur de 3 000 € à celui de la voiture directement concurrente. Le consommateur rationnel calcule, au prix arbitraire de 1,5 € le litre, qu'il lui faudra rouler plus de 130 000 km pour que ce soit rentable. En absence de sens citoyen, cela favorise le grand utilisateur de voiture et motive celui qui est proche d'une grande utilisation à prendre la voiture plutôt que le train. Un bonus payé par l'État sur l'achat abaisserait ce seuil, sauf qu'il permettrait à l'utilisateur moyen de recalculer à la baisse le seuil kilométrique de la rentabilité et de rouler davantage, ce qui annulerait collectivement l'intérêt, par relance de l'utilisation de la voiture. Si une nouvelle innovation, deux ans plus tard, d'un autre constructeur, fait gagner encore 0,5 l/100 km, les acheteurs précédents ne changeront pas pour autant de voiture. Les nouveaux acheteurs potentiels feront le même calcul que les précédents. Va-t-on définir un nouveau type de bonus-malus, et déclasser les voitures précédemment innovantes, mais dépassées ? Une augmentation fiscalement gérée du prix de l'essence, tenant compte des propositions moyennes des constructeurs, et s'accroissant progressivement avec la baisse de consommation des nouveaux modèles, serait une réponse politique adaptée. Elle risque néanmoins de conduire à une baisse accélérée de la valeur des voitures d'occasion, si l'innovation est régulière, ce qui transformerait encore le comportement du consommateur. Il fera le calcul de l'avantage du remplacement, ce qui dévaluera la voiture dont il est propriétaire. Les moins riches chercheront des voitures d'occasion et payeront leurs déplacements au prix fort. Dans tous les systèmes bonus-malus, il ne faut pas oublier que l'acheteur change son comportement, ce qui déplace l'équilibre initial. Faudra-t-il des rachats publics de voitures d'occasion pour les mettre à la casse ? Cela modifiera le marché de l'occasion, etc. Dans l'achat d'ordinateur, depuis trente ans, il existe l'équivalent d'un bonus incessant, non fiscal, dû à l'innovation technologique. En conséquence, un ordinateur d'occasion ne vaut presque rien. Peut-on concevoir un tel bonus fiscal continu sur vingt ans ? L'écart de coût, s'il s'accroît régulièrement et qu'il est prévisible, va conduire le consommateur à réfléchir à changer de vie, et, par exemple, à habiter à côté de son lieu de travail ou plus près d'une gare. Ce qui va entraîner une évolution du coût de l'immobilier selon les lieux, une saturation des transports publique, et une décrue des achats de voitures.

Ces exemples, on peut en trouver dans chaque domaine, montrent que l'évolution technologique est inséparable de celle des niveaux d'organisation collective et des rigidités existantes (on peut rarement diminuer vite l'utilisation de sa voiture), des comportements

individuels, des communications faites sur le sujet, des choix politiques et fiscaux. Pour un coût donné de l'énergie, toute amélioration de l'efficacité énergétique d'un produit conduit à une augmentation de son utilisation, sauf modification autre (environnement, réglementation, concurrence plus ou moins directe, fiscalité...). C'est ce qu'on appelle l'effet rebond. Il faudrait donc une coordination de l'action avec anticipation des effets des décisions politiques et correctifs incessants, mais selon une ligne politique constante connue de tous. Cette interaction des différents niveaux d'action est importante à prendre en compte, mais ne suffit pas pour définir des projets. Il faut regrouper les actions en projets par finalité et non par technologie. Ceci permettrait de construire les transversalités nécessaires à une accélération des innovations.

Comment mobiliser les Européens

Il existe de nombreuses actions, dans tous les pays européens, les pays scandinaves étant en tête du mouvement. De nombreux programmes de recherche sont liés à la transition énergétique. Mais les travaux sont dispersés. L'enjeu n'est pas expliqué au public. Les visions d'ensemble manquent. La problématique environnementale et alimentaire est peu reliée au contexte énergétique. L'inconvénient est que même les acteurs de projets ne comprennent pas les articulations. Pourquoi se donner comme objectif de multiplier par quatre l'efficacité énergétique globale ? Parce que, dans ce cas, nous avons les moyens d'accéder à l'autonomie et de répondre au problème quantitatif par les énergies alternatives. Sinon, nous risquons le « collapse ». Pourquoi se focaliser sur le logement et les transports ? Parce que s'y trouvent les gisements les plus importants et que l'innovation sur les matériaux ouvrirait de nombreux autres intérêts à tous les niveaux de la vie.

Si l'énergie n'avait pas été si bon marché, durant le XX^e siècle, ni l'expansion démographique planétaire ni notre consommation matérielle n'auraient atteint les niveaux actuels. Insoucieux, nous n'avons pas investi dans la recherche sur l'énergie et son utilisation. Il suffit de suivre les dépenses en recherche et développement dans cette filière, c'est une baisse continue. Certes la microélectronique a contribué à l'augmentation de l'efficacité économique, mais ce n'était pas l'objectif affiché. Certains se réjouissent de la crise énergétique et en même temps ne veulent pas favoriser l'émergence de solutions à la fois sociétales et technologiques. Ils veulent la fin d'un modèle technologique, même si cela conduit à une crise terrible (en période de crise, on le sait, il y a baisse relative des émissions de CO₂). C'est ce à quoi conduit de séparer la solution à la crise énergétique et la protection d'un environnement menacé par notre prolifération, tant démographique qu'énergétique et matérielle.

La majorité des citoyens européens ignorent encore la situation réelle. Ils ne comprennent toujours pas ce que signifie le développement industriel collectif de deux milliards cinq cents millions de personnes. Ils ont peur de la Chine. Les économistes acclamaient le rythme incroyable de la croissance économique planétaire des sept premières années du XXI^e siècle. C'était parce que l'Asie décollait. Comme son poids relatif est devenu important, sa croissance a un effet visible sur la croissance globale ; mais cette dynamique nous demande des adaptations. Pendant ce temps, les peuples européens croient que les solutions de remplacement sont à portée de main. Ignorant les enjeux, la nécessité d'une action collective de grande ampleur ne leur apparaît pas. Le projet global de transition énergétique est un des défis majeurs de l'Europe, c'est probablement le facteur limitant de tous les projets conduisant à son unité. Si nous ne résolvons pas, dans les vingt à trente ans à venir, ce défi, les autres constructions risquent de se disloquer. La transition énergétique est un chemin critique à la construction de l'Union européenne, mais cela ne veut pas dire qu'il ne faut pas affronter les problèmes connexes. Même la démocratie est menacée en cas de manque d'énergie. Mais justement, c'est par la démocratie participative, débattant des enjeux réels, que la transformation peut réussir.

Il faudrait donc un programme européen, dans lequel chaque pays apporte des qualités et compétences spécifiques, et dont les applications seraient aussi plus ou moins spécifiques selon les pays. Ce programme devrait être soutenu, durant sa construction, puis son développement, par une participation incessante, à différents niveaux, tant sur ses enjeux que les moyens mis en œuvre. Or depuis dix ans, ce n'est du tout ce qui se passe. Chaque pays construit en interne sa stratégie, de manière plus ou moins participative, en fonction de débats et de rapports de force politique propres au pays. Dans l'après-coup seulement, ou selon des modalités technocratiques, ont lieu les échanges entre pays. Le parlement européen est certes un lieu de rencontre, mais il n'est pas, aujourd'hui, celui qui permet une coordination des différentes politiques nationales.

Le programme de transition énergétique français s'est appuyé sur un processus global qu'on ne peut que saluer. De plus, il affirme qu'il est ouvert aux initiatives citoyennes, aux correctifs permanents tout en gardant sa ligne directrice. On ne peut là aussi que soutenir cette approche, conforme à notre proposition de l'édition précédente. N'oublions pas qu'en France, entre les souhaits et les applications, il peut y avoir de grandes distances. En effet, nous sommes face à de la nouveauté ; autrement dit, les résistances et la routine peuvent aussi engluier le système. Le cas de la méthanisation agricole est un bon exemple. On ne peut que regretter l'absence (apparente ?) de coopération avec l'Allemagne. Pourquoi, maintenant que la France dispose d'un projet, ne pas dialoguer avec l'Allemagne et travailler sur nos convergences, nos

complémentarités, et éviter les oppositions qui seraient manifestes ? Nous avons besoin d'un projet européen, démocratiquement débattu, affiché et affirmé, demandant et soutenant toute forme d'initiative, qui, aux efforts de recherche pure, techniquement promus et institutionnellement financés, ajouterait la recherche de solutions sociales, collectives, démocratiques, plus ou moins à l'échelle nationale. Peu importe de commencer par une collaboration entre seulement deux pays, c'est la dynamique qui compte.

Il s'agit bien de passer d'une multitude de projets séparés, auxquels seraient ajoutés des projets complémentaires, chacun doté de financement à la hauteur des enjeux, à une vision globale qui concerne l'environnement, l'énergie et les choix de société. Cet enjeu pertinent pour l'Europe, l'est aussi pour les pays non encore développés afin de les aider à court-circuiter la phase classiquement énergétivore, et, de toute façon, pour préparer un développement planétaire respectueux des grands équilibres climatiques et biologiques. Les retombées sociales, mais aussi les exigences sociales, devront être analysées, voire anticipées. La participation collective est nécessaire, ainsi que les recherches en sciences humaines, tant théoriques que cliniques. Elles pourraient être mobilisées pour accompagner un tel changement qui entraînera des modifications structurelles considérables des réseaux de communications, des changements dans les répartitions des populations et dans les organisations des territoires européens.

Élargi au niveau européen, ce vaste projet permettrait de rassembler les citoyens sur un thème mobilisateur. Une pédagogie pourrait être mise en place, telle qu'elle est affichée dans le programme français, incluant des processus d'identification et de correction des erreurs d'orientation. Des indicateurs compréhensibles offriraient un suivi régulier, présentable et discutable à tous les niveaux de la société. Les communes, il y en a déjà de plus en plus qui sont impliquées, pourraient présenter leurs choix, leur façon d'économiser l'énergie. La transition énergétique, qui peut être perçue comme une fatalité, une crise économique terrible, serait transformée en un enjeu collectif. L'Europe deviendrait progressivement, par élargissement des partenariats, un laboratoire de l'avenir, un lieu de décision responsable, respectueux de la planète et des populations sur le chemin du développement économique. Par cette action concertée, même si cela demande de longs débats, elle pourrait acquérir un nouveau savoir technologique. Les solutions qu'elle trouvera, autant techniques qu'organisationnelles, pourront être utilisables dans le monde entier.

Comme les voies de la transition énergétique consistent à s'appuyer sur des savoirs et des savoir-faire internes, cela entraîne une transformation économique « protectionniste » sans mettre en cause le libre-échange par ailleurs. Importer d'Asie, par porte-container, des produits

manufacturés n'est pas très coûteux énergétiquement parlant ; le transport par mer consomme peu d'énergie, et des projets existent pour baisser encore ce coût. Le coût énergétique vient de leur dissémination dans l'espace européen. Là, les programmes de transformation du transport interne prennent tout leur sens.

Si l'Europe se donnait les moyens d'un tel programme, coordonné, flexible, à orientation claire et visible, elle pourrait, par cette transformation, en sortir renforcée. C'est un défi de très longue haleine, de l'ordre d'une trentaine d'années. L'Europe a les moyens financiers et scientifiques, les hommes et femmes de qualité capables de relever le défi, la culture démocratique. Atteindre cet objectif global, c'est redonner à l'Europe son indépendance énergétique. L'Europe ne sera plus importatrice nette d'énergie fossile. Elle pourra compter davantage sur ses propres ressources, matérielles, intellectuelles, morales. Elle libérera de l'énergie pour les pays à développement intermédiaire, tout en leur offrant d'expérimenter un nouveau mode de relation à l'énergie, au niveau social, culturel, technologique. Elle bénéficiera d'une nouvelle industrie et de nouveaux savoir-faire exportables. Elle se construira sur la base des défis communs à tous les Européens.

VI

Les cinq grandes orientations

Où le programme de transition énergétique est décrit en cinq grandes orientations demandant des coordinations, tant au niveau technologique, que dans la relation avec la société civile, et des modifications de nos représentations collectives.

Aucun des projets présentés ici n'est nouveau par lui-même. Ce qui devrait l'être, c'est le positionnement de chaque projet dans une vision d'ensemble qui est davantage une direction qu'un objectif technologique précis. Ce positionnement permettrait de traduire en représentation accessible aux citoyens l'enjeu qu'il représente. Il justifierait les efforts collectifs demandés et la mise en œuvre des moyens adaptés. Une vision globale dont l'orientation serait porteuse de sens, appuyée sur une communication pertinente, unifierait une multitude de projets séparés, auxquels seraient ajoutés des projets complémentaires. Cette organisation fondée sur des enjeux devrait conduire à mettre en œuvre de nouveaux programmes ou à compléter des programmes insuffisants. On voit bien un changement profond en France depuis cinq-dix ans. Maintenant il ne reste plus que l'apprentissage de la mise en œuvre, ce qui n'est pas rien...

La transition est une nécessité incontournable. On ne peut la confier à la myopie des marchés. La gestion de la propriété industrielle deviendra essentielle, dans le respect du droit international. Quel que soit celui qui aurait déposé un brevet européen concernant un outil améliorant la production, le stockage, le transport, l'économie d'énergie, la production d'énergie, la protection de l'environnement, des règles devraient être définies combinant à la fois la licence obligatoire à toutes les entreprises européennes concernées et le maintien d'un avantage

concurrentiel, comme ont su le faire les Japonais dans les domaines où ils sont devenus un pôle d'excellence planétaire. Même si cela paraît iconoclaste, pourquoi ne pas envisager, dans certains cas, l'achat d'un ou de plusieurs brevets par une instance nationale ou européenne, voire mondiale, pour en permettre la diffusion immédiate ? Les droits de préemption et l'expropriation existent bien dans l'immobilier, pourquoi pas dans la propriété industrielle ? Cela a déjà eu lieu, au sortir de la Première Guerre mondiale, dans des conditions, il est vrai, désavantageuses pour les propriétaires (aspirine, production de nitrates, ...). Le plus important est qu'un juste prix négocié reste source d'encouragement pour les inventeurs et ceux qui les ont financés. Un exemple parlant : pour des raisons liées à l'histoire et le mode d'existence de l'agriculture, en France, on ne peut choisir les mêmes types de méthaniseurs en France et en Allemagne. Pourquoi ne pas favoriser ou susciter une entreprise française, en partenariat avec les Allemands ?

Dans une vision globale sur près de trente ans, on pourrait définir cinq grandes orientations que nous détaillons ci-après.

1 – Baisser la demande immédiate en énergie

L'objectif est d'accentuer une tendance qui consiste à baisser la demande d'énergie, en ne diminuant pas les activités nécessaires. Une diminution voisine de 50 % est à notre portée, à condition de créer un élan collectif fondé sur la solidarité et de mettre en place un système à la fois incitatif et régulateur. Baisser la demande globale d'énergie a un effet de levier sur la baisse de l'émission de gaz à effet de serre, quel que soit le type d'énergie économisée. Si le réseau électrique européen est complété, chaque fois qu'une économie d'électricité sera réalisée, cela permettra de limiter l'utilisation d'énergie fossile. Qu'il s'agisse du changement climatique, du manque d'énergie fossile ou même de notre volonté d'anticiper ce manque, les objectifs sont finalement les mêmes. Ne se focaliser que sur le CO₂ pourrait conduire à privilégier, en France particulièrement, le nucléaire. Mais l'interconnexion des réseaux européens rend désormais le calcul compliqué et coûteux. La baisse de la demande d'énergie, à activité économique de même ordre, conduit à être moins sous le choc des fluctuations de prix des énergies importées, et donc à pouvoir mieux prévoir. Dernier avantage, la baisse de la demande rend réaliste l'appel aux énergies alternatives. Tous les calculs, même les plus optimistes, montrent que les énergies alternatives ne sont pas à la hauteur de la consommation actuelle d'énergie, encore moins de celle qui est prévue pour dans vingt ans, alors qu'elles posent des problèmes d'acceptation par les populations ; la mise en place d'éoliennes, ou de méthaniseurs se heurte à des oppositions

types décrites ci-dessus au sous-chapitre « un déficit démocratique ». L'efficacité énergétique immédiatement à notre portée devrait donc être améliorée le plus vite possible et demande à être analysée de manière pragmatique et globale. Nous n'analysons ici que l'efficacité énergétique de l'énergie finale, celle sur laquelle l'utilisateur a une prise, en incluant l'autolimitation, même si toute amélioration, tout gain de rendement, qui va de l'énergie primaire à la distribution, est souhaitable. Encore faut-il que les choix proposés soient compris par les citoyens. Mais c'est bien sur l'énergie finale que le citoyen peut jouer. C'est là que l'effet multiplicateur est le plus fort. Et là, il s'agit surtout d'accompagner les citoyens, tant il existe aujourd'hui d'initiatives à tester, valider, disséminer...

Appelons sobriété énergétique ce qui correspond à un aspect individuel de l'efficacité énergétique globale collective. Il s'agit d'éviter de consommer de l'énergie quand c'est possible, ce qui sera d'autant plus facile à mettre en œuvre que l'énergie sera chère, entre autres grâce au moyen du financement présenté plus loin. Chacun peut baisser sa consommation rien qu'en faisant plus attention. Les incitations fiscales à la sobriété devraient profiter de la baisse actuelle qui va durer quelque temps ; maîtriser les fluctuations par une taxation au niveau de l'utilisation finale est plus facile à mettre en œuvre quand l'énergie est artificiellement bon marché.

L'utilisation des moyens modernes de diminution de la consommation d'énergie pour les logements anciens parallèlement à l'exigence de leur utilisation dans les constructions modernes est à notre portée. On ne peut provoquer un changement en ne misant que sur les logements neufs. Des aides spécifiques sont concevables pour tout investissement mettant les logements anciens aux normes les plus récentes. Il s'agit autant de chauffage proprement dit que d'isolation, d'utilisation active ou passive de l'énergie solaire et géothermique, modification des vitrages, de l'éclairage, de l'électroménager, avec comme but ultime le logement à énergie nulle, voire positive, à condition que tout ceci ait été conçu en partant des usages normaux, et non en imposant un nouveau mode de vie non discuté.

L'utilisation de toutes les technologies disponibles pour diminuer la consommation d'énergie dans les transports (de personnes et de marchandises) peut être aidée. Ce volet concerne la technologie (transfert de connaissances et de savoir-faire), des décisions techniques à conséquence sociale (découplage de la taille du véhicule et de la puissance du moteur, incitation à baisser le poids des véhicules, limitation des vitesses et des puissances, remplacement des véhicules anciens trop consommateurs, et, *last but not least*, réduire encore la vitesse sur autoroute...), des choix d'aménagements urbains (tramways et autres transports collectifs). Des choix d'organisation sociale nouvelle (locations de voiture, covoiturage, vélos électriques...)

dont bon nombre sont encore à trouver peuvent entraîner aussi une baisse importante de consommation énergétique. Que ce soit fiscalement ou autrement, il faudrait imputer de manière équitable tous les coûts externalisés de chaque type de transport, en tenant compte d'une fiscalité fondée sur la consommation d'énergie.

Il reste aussi à favoriser l'utilisation de toutes les technologies disponibles pour diminuer la consommation d'énergie dans l'industrie, même si cette dernière est déjà bien avancée. Ce volet concerne autant la technologie que des décisions à conséquence sociale déplaçant les pondérations des coûts des différents facteurs de production, et tenant compte d'une approche globale filière. Il pourrait être plus intéressant de concentrer des coûts énergétiques locaux, si cela permet une meilleure utilisation globale de l'énergie, au lieu de déplacer le problème. Une entreprise prend des choix de produits finis qui ne sont pas que la minimisation des coûts. Elle prend en compte des marges supplémentaires que certains produits nouveaux apportent. Le coût en énergie d'un « packaging » ne jouera pas s'il permet de vendre à des prix hors de proportion avec le coût. Parfois, dépenser en énergie rapporte en marge, quand cela joue sur l'aspect et le marketing du produit fini. La fiscalité sur le produit final peut-être une solution pour modifier les choix des consommateurs, et donc des entreprises, associée à l'indication de la quantité d'énergie consommée pour l'obtention du produit, plutôt que de se focaliser uniquement sur le CO₂. Là aussi, l'imputation équitable des coûts externalisés pourrait être généralisée. Le coût du traitement d'un déchet devrait être imputé à chaque produit, en tenant compte du coût énergétique.

Un grand projet ferroviaire européen ne serait-il pas souhaitable, même si les délais sont longs et donc l'urgence encore accrue ? Réseau TGV reliant toutes les grandes villes européennes, réseau de transport ferré spécifique sur les grands axes de transport de marchandises. Et aussi, terminer un projet européen de canaux à large gabarit, associés à des aménagements fluviaux, permettant de relier toutes les structures déjà existantes (liaisons Méditerranée – Atlantique – mer du Nord – mer Baltique – mer Noire). Mais cela a aussi comme conséquence de modifier les règles fiscales et comptables afin de ne pas favoriser le flux (trop) tendu, ni le développement excessif du transport routier. Plutôt que le citoyen apprenne isolément les projets de son pays, avoir une vision européenne ne serait-il pas plus judicieux ? En apprenant que bientôt Toulouse et Nice seront reliées, ne serait-il pas souhaitable que soit découvert un projet de maillage européen ? Un projet, au nom de l'Europe, expliquant les objectifs, les raisons, l'implication dans la transition énergétique. Dans ce cas, l'Européen commencera à comprendre où va l'Europe et souhaitera y participer. L'une des conséquences

pourrait être la diminution progressive de l'usage des camions.

C'est dans cette ligne directrice que devrait être repensée l'organisation de l'espace et en particulier des grandes agglomérations. Le prix faible de l'énergie a conduit à privilégier une organisation des villes dont les changements nécessaires seront très coûteux... aux plus pauvres, souvent partis en banlieues, alors que les plus riches en centres-ville en profiteront. Le rôle de l'État serait de rétablir un équilibre social qui sinon conduirait à des ruptures insupportables. Il s'agit du dernier volet de cette ligne directrice, lequel est autant le plus lourd que le plus difficile à réaliser, car il implique toute la complexité de la société : sa relation à l'espace. Mais il n'est plus possible de poursuivre dans l'expansion de la surface des villes au détriment de l'efficacité énergétique, et aussi, reconnaissons-le, de l'esthétique... Enfin, urbanisme et économie sont la main dans la main. C'est le bas coût de l'énergie qui a détruit et banlieusardisé les cités européennes. Que les Américains aient fait bien pire que nous ne peut être une justification. Si des décisions courageuses sont prises, à tous les niveaux politiques de la société, cela pourrait même relancer l'immobilier, mais bien différemment. C'est dans ce cadre qu'il faut repenser le cycle du phosphate qui dépend en grande partie des relations entre ville et agriculture.

2 – Nouveaux procédés pour l'efficacité énergétique

Il s'agit de viser une diminution supplémentaire qui approcherait aussi 50 %, c'est-à-dire une multiplication proche de deux, du PIB par unité d'énergie consommée. C'est un véritable saut technologique qui exige de travailler à différents niveaux scientifiques et technologiques. En moyenne, depuis cinquante ans, la quantité d'énergie par unité industrielle produite baisse d'environ 1,6 % par an, soit presque 55 % sur la période. Le problème vient du fait qu'elle a été compensée par un accroissement plus grand des « besoins ». Une recherche volontariste peut avoir pour objectif de diminuer cette quantité, de près de 50 %, en environ vingt-cinq ans, en plus de la première ligne directrice. Il ne s'agit pas d'utiliser des technologies existantes, mais de mettre en œuvre de projets de recherche et développement divers qui ont pour but d'améliorer tous les facteurs potentiellement limitants dans les vingt-cinq ans à venir, tant au niveau de la production industrielle que pour l'utilisation des appareils ménagers, des transports, du logement... Ce but ne peut être atteint que grâce à la recherche scientifique, en favorisant l'avancée des connaissances sur le front des inconnues scientifiques et technologiques tout en s'accompagnant de l'acceptation collective de contraintes choisies dans le genre de vie.

Malgré l'éventuel coût supplémentaire de transformations successives, les travaux de recherche et développement, pour réaliser la mutation technologique vers un système de

transport individuel à faible consommation énergétique, doivent démarrer en même temps que la ligne directrice 1.

Il paraît trop tôt pour vouloir enterrer les moteurs à combustion interne. On sait que le moteur diesel pourrait utiliser n'importe quelle source de produit organique, et qu'il est possible d'augmenter largement son rendement ; son émission de microparticules peut-elle être diminuée ? Des travaux de recherche et développement urgents sont nécessaires et ne peuvent être la propriété non distribuable d'une entreprise. Il s'agit d'innovations qui concernent autant les matériaux, que la physique de la combustion, car il s'agit, d'augmenter la pression interne. Le taux d'émission de CO_2 d'un moteur à combustion interne dépend de son rendement, c'est-à-dire du taux de transformation de la combustion en énergie mécanique. Moins une voiture consomme et moins elle produit de CO_2 ... L'objectif d'une consommation moyenne de moins de trois litres aux cent kilomètres pour une voiture familiale de cinq places est atteignable, cela porterait le rendement à près de 60 %, ce qui, sans être extraordinaire, est déjà acceptable. C'est d'ailleurs une fois atteint cet objectif que le moteur hybride prend tout son intérêt, ce qui n'empêche pas de le développer et de l'améliorer par anticipation. Il s'agit de développer, grâce aux énergies fossiles, des moteurs à rendements maximisés. C'est la condition de base pour que la biomasse soit utilisable avec des rendements qui la valorisent.

Comme il est bien risqué de miser sur une seule technologie, on pourrait favoriser toute forme d'essai et d'innovation : optimisation de la voiture électrique (stockage de l'électricité en quantité et sur un temps court), recherche et développement sur les moteurs à hydrogène (moteur thermique, pile à combustible), sur les moteurs au gaz ou à air comprimé...

Depuis les années 70, durant lesquelles la consommation des voitures avait baissé, on a constaté un retour des véhicules à fortes consommations. L'une des raisons est connue : l'augmentation du poids des voitures pour des raisons de sécurité, laquelle, entre parenthèses, n'affecte pas du tout les piétons et les cyclistes, au contraire. Nous avons besoin d'un retour aux voitures plus légères tout en conservant le même niveau de sécurité (recherche essentiellement sur les matériaux, qu'ils soient d'origine végétale ou pas), et en particulier pour la circulation dans les cités. La légèreté des voitures favorisera toute forme de motorisation. Mais comme la production de matériaux légers et résistants nécessite, au moins au départ, de l'énergie fossile, il est urgent de commencer... Le coût d'un programme technologique ayant pour but de baisser la consommation des voitures, camions, bus et cars, tracteurs, et autres appareils automobiles, est très faible par rapport à l'enjeu. La première cible pourrait être les bus, les cars et les taxis. Convaincre les citoyens de prendre les transports en commun, c'est aussi les aider à choisir des

moyens qui permettent de construire les liaisons entre réseaux.

Nous avons lancé des projets d'agrocarburants sans réaliser que cela avait peu de valeur tant que l'efficacité énergétique n'est pas optimisée. Si le coût énergétique de la production d'agrocarburants baisse, parce que tous les engins utilisés pour leur production consomment moins, que la productivité s'améliore, que les technologies d'extraction progressent, et si ces agrocarburants sont utilisés par des véhicules consommant deux fois moins, il n'y aura plus besoin de subvention. Autant employer l'argent public à bon escient... Ce n'est pas la hausse du pétrole qui finira par rendre les agrocarburants compétitifs. Quand il faut au moins 0,6 d'énergie pour produire 1, le calcul est vite fait, plus l'énergie coûte cher, moins c'est intéressant, car il y a d'autres charges par ailleurs... Que dire, lorsque ces agrocarburants sont en compétition avec les productions alimentaires ?... Pour rouler, devons-nous risquer d'affamer les autres ?

On connaît l'objectif de la maison à consommation d'énergie externe nulle, voire positive. Nous pourrions travailler par multiplicité d'unités pilotes, comme des quartiers, des villages, des lotissements, lesquels se situeront dans tous les contextes géographiques européens, pour servir de vitrine et de stimulation. Ce projet tiendrait compte des contraintes propres aux cultures et aux conditions géographiques différentes des peuples européens. En particulier, il prendrait en compte les architectures spécifiques à chaque région. Il concerne autant les matériaux que la relation à l'ensoleillement, l'énergie solaire sous toutes ses formes, l'énergie éolienne, la biomasse, l'utilisation des gradients de température du sol, la maîtrise des lois thermiques, le stockage de l'énergie (eau chaude, électricité, hydrogène...), l'utilisation successive de l'eau avant rejet... Comparés aux autres pays de l'Union européenne, en France, nous sommes, souvent en queue de classe, que ce soit pour les logements anciens ou pour les logements neufs. Un tel programme serait générateur d'activités. La recherche et le développement d'un éclairage froid à rendement maximum et usure minimum des ampoules (désormais finalisé) sont un objectif important eu égard à la quantité globale d'électricité dépensée pour l'éclairage. Il ne faudrait pas que cela conduise à des pléthores d'éclairages nocturnes.

La cogénération est bien connue. C'est une technologie qui améliore l'efficacité énergétique de l'offre d'énergie finale. Grâce à elle, on peut réduire les pics de consommation et optimiser l'utilisation des énergies primaires fossiles dans la production d'électricité et de chaleur. C'est une solution qui pourrait s'adapter à toute forme de production d'électricité, à l'utilisation de certaines biomasses utilisables en proximité des grandes villes, encore que l'eau chaude puisse être transportée sur des distances non négligeables... Cela signifie des choix de nature politique dans lesquels l'esthétique industrielle est importante.

Dans l'industrie, le chantier permanent de l'amélioration devrait se poursuivre. Il s'agit de développer, par le génie des procédés et les méthodes de fabrication, des produits primaires utilisables au mieux, des produits finis facilement recyclables après usure, c'est à dire conçus en amont en fonction de leur recyclage. Il y a deux grands volets à ce projet : un volet « fabrication du produit » et un volet « emballage ». On peut lister quelques aspects cruciaux. La recherche et développement sur les matériaux, sur les traitements de surface (plasma ...) qui permettront d'éviter les différentes couches de matériaux d'origine différente, sur le rapport entre automatisation des assemblages et automatisation des désassemblages, sur les matériaux facilement biodégradables tout en étant résistants avant la mise en déchet... Pour la transition énergétique, la recherche sur les matériaux devient un axe transversal fondamental aux quatre orientations technologiques.

Ces travaux de recherche et développement demandent des partenariats entre la recherche publique et les entreprises, sachant qu'il est important d'éviter la « confiscation » d'une innovation par une entreprise. Des innovations sociales, juridiques, financières, seront utiles pour trouver les modalités qui aident les entreprises innovantes et qui permettent à chacune d'accéder aisément aux brevets des autres.

3 – Production d'énergie alternative

C'est un défi autant technologique, scientifique, que social et culturel. Tous les pays européens ne sont pas dans les mêmes conditions. Ce programme est déjà dans les choix européens, mais il n'a de sens qu'associé aux deux précédents, car ce sont ces trois grandes orientations qui, ensemble, permettront de se dégager des énergies fossiles. La part des énergies renouvelables dans le mixe énergétique et le moment de leur mise en service à grande échelle dépendent des deux grandes directions précédentes. Par exemple : les agrocarburants ne sont pas intéressants tant que le coût énergétique agricole global pour leur production n'aura pas été divisé par au moins deux; les sources locales, dispersées et irrégulières, causent plus d'inconvénients que d'avantages si le stockage n'est pas résolu.

L'augmentation des énergies renouvelables a deux grands volets en fonction de l'origine de l'énergie. La première concerne l'utilisation de l'énergie qui ne concerne pas la Production Primaire Nette (NPP) : éolien, solaire, géothermique, hydraulique. La deuxième consiste à utiliser la biomasse. Les énergies alternatives, contrairement à ce que l'on croit, pourraient avoir un effet global négatif sur la biodiversité, si elles sont développées sans précaution. Les pales d'une grande éolienne ont leur extrémité qui tourne à plusieurs centaines de kilomètres à l'heure.

Peu d'oiseau qui passe à proximité n'est équipé des organes sensoriels lui permettant l'anticipation. Certaines chauves-souris capables de cette anticipation ne résistent malheureusement pas aux écarts de pression créés par les pales. Les lieux d'installation d'éoliennes doivent en tenir compte. S'il s'agit d'utiliser la biomasse, le risque est d'accroître l'HANPP, ce qui reste problématique dans une approche de conservation de la biodiversité et demande donc de la prudence ; en particulier, l'associer à des intercultures, doubles cultures, récupération de déchets, permettrait de ne pas augmenter HANPP, puisque la NPP est de fait augmentée. Peut-on abaisser cette pression par ailleurs, puisque tout concourt aujourd'hui à l'augmentation de cette pression, diminuant la biodiversité ?

Les différentes énergies de ce premier volet sont connues : éolienne, solaire, géothermique, maritime (marémotrice, courants marins, vagues, gradients de température), en provenance des déchets, voire hydraulique. La caractéristique commune à toutes ces sources d'énergie est la localisation et la spécificité. Ce sont des énergies utilisables là où elles sont présentes. Un grand projet européen pourrait tenir compte de deux possibilités : fourniture au réseau ou consommation locale par l'intermédiaire de stockage. Cela entraîne un impact social et une réflexion sur l'aménagement du territoire ; certains choix territoriaux ont été pris et peuvent servir de cas d'étude. Il n'est pas évident que la connexion de chaque source à un réseau global soit toujours la meilleure solution. Dans certains cas, cela pourrait être contre-productif (faible potentiel et zone peu peuplée, par exemple). L'éolien sans stockage conduit à accroître la consommation d'énergie fossile ou à abaisser le rendement des centrales nucléaires. Il serait important de prévoir l'alternative, c'est-à-dire l'autonomie de petites entités avec des logiques de stockage à faible échelle, jusqu'à la maison individuelle, ce qui rejoint la ligne directrice précédente. L'hydrogène est le candidat le plus mis en avant, puisque la production d'hydrogène à partir d'énergie éolienne ou de panneaux solaires est déjà une réalité à petite échelle. Un projet global de recherche en amont serait concevable. Il s'agirait de concevoir les installations les plus petites possible, d'améliorer les rendements de transformation, de trouver les produits industrialisables à moindre coût énergétique, de trouver les matériaux adaptés à des conditions difficiles, ainsi que des outils de séparation (physiques, chimiques, biologiques) accroissant la récupération des composants chimiques, de développer un (ou des) système(s) de stockage de l'énergie permettant de transformer une production discontinue pour une utilisation elle aussi discontinue, mais à un autre rythme. La géothermie à grande profondeur pose certes des problèmes technologiques, mais davantage un problème de modèle économique. La technologie semble tenue par des industries de type pétrolier, mais le modèle économique est totalement

différent. Dans ce cas, le rôle de l'État (choix politiques) sera décisif.

Le développement de l'éolien pose un problème d'impact en termes de demande de surface et de visibilité. La région Île-de-France, densément peuplée, n'arrive pas à assurer un développement de l'éolien, alors qu'avoir de l'énergie à proximité pourrait apporter des avantages. C'est un problème technologique, car pour motiver les habitants il faudrait qu'ils en profitent directement, et donc que l'énergie soit stockable. C'est aussi un problème de déficit démocratique d'une région riche qui préfère que son énergie vienne d'ailleurs (syndromes NIMBY, NIMTO, BANANA).

On peut simplifier la description de la biomasse végétale selon ses cinq principaux composants biochimiques : la lignine (le bois, la paille), la cellulose et l'hémicellulose (paille et autres parties du végétal, hors organes de stockage), l'amidon (et autres glucides équivalents surtout dans les graines), les lipides (surtout dans les graines des oléagineux), les protéines (surtout dans les graines, mais parfois dans les feuilles, selon l'espèce). Chaque type de composant demande des procédés différents pour en permettre l'utilisation. De manière générale et simplifiée, la biomasse pourrait être utilisable pour toutes les applications des énergies fossiles à base de carbone, qu'il s'agisse de combustible ou de chimie verte, cette dernière devant être privilégiée, mais représentant au maximum 20 % des disponibilités potentielles. La biomasse bactérienne serait probablement plus adaptée à une production à partir des déchets.

Permettre cette utilisation générale demande la mise en place d'un projet européen de recherche et développement pour la production et l'utilisation de la biomasse. Chaque pays européen est dans une situation différente à cet égard, mais les problématiques scientifiques, technologiques, industrielles, sociales, organisationnelles, culturelles, sont similaires, et il faut rester vigilant à conserver des territoires suffisamment grands avec une HANPP inférieure à 50 %, ou l'associer à une « intensification écologique » (M. Griffon). Vouloir à tout prix convertir la forêt française à la production de chaleur ou à la cogénération est certes une possibilité, mais restons vigilants sur la pression exercée, destructrice de biodiversité, et adaptons ces choix à l'organisation des villes.

Le potentiel de production de biomasse européen est considérable. En estimant que seulement 6 % de la surface européenne y serait affecté, il pourrait couvrir à lui seul une bonne part de la demande en transport, **une fois que les orientations 1 et 2 ont atteint leurs objectifs**, même si les transports ne sont pas le seul but d'un tel programme. Cependant, c'est un projet lourd et complexe qui demande à la fois des travaux de recherche fondamentale, beaucoup de recherche technologique, une longue transformation sociale, sociétale et culturelle. Même si on

peut concevoir, à terme, des améliorations des rendements de production, il reste que les surfaces nécessaires, sur la base des besoins et des technologies d'aujourd'hui, sont trop importantes.

Le but concerne les composts, la « chimie verte » (synthons, ingrédients...), les matériaux, les carburants. Les transformations demandent de coordonner des savoirs de nombreuses origines. Savoir décomposer chaque type de composants et les adapter à différentes cibles en termes d'application. Augmenter la part de la production agricole, que ce soit sous forme de sylviculture, de récolte de produits issus de plantes annuelles, à destination non alimentaire, en choisissant les espèces les mieux adaptées à chaque type d'objectif, et en mettant en œuvre toutes les améliorations nécessaires par sélection classique et/ou par biotechnologie. On peut même concevoir des productions de biomasse en bord de mer, dans des eaux saumâtres, à partir de microalgues poussant seules dans un tel environnement. La production de biomasse étant très dispersée, il apparaît à nouveau que l'amélioration de l'efficacité énergétique, à elle seule, amplifiera son intérêt.

Le choix aux conséquences les plus lourdes sur toute la société serait de diminuer la surface agricole à destination de l'alimentation classique, en diminuant la consommation de protéines et de lipides d'origine animale (diminuer d'un tiers ces dernières ne peut pas avoir de conséquence négative nutritionnellement parlant). La viande deviendrait une source alimentaire de luxe ou festive. Cela conduit à des choix scientifiques et technologiques nouveaux. Par sélection classique et/ou par génie génétique, la production de protéines végétales et de lipides polyinsaturés nutritionnellement adaptés aux besoins des populations européennes pourrait devenir un programme à part entière. Utiliser et améliorer la fixation de l'azote par les légumineuses, choisir des espèces riches en acides gras oméga 3 et 6 (algues ?), développer des méthodes agricoles minimisant les intrants énergétiques tout en conservant des rendements suffisants. Élargir le nombre d'espèces cultivées. Mettre en œuvre de nouveaux procédés de transformation permettant d'utiliser au mieux les productions agricoles en industrie alimentaire dans le but de remplacer une part de la consommation de produits carnés par des produits végétaux nouveaux, transformés et appréciés gustativement par le consommateur et adaptés sur le plan nutritionnel. Une solution partielle pourrait être d'arrêter toute forme de subvention à la pêche et d'affecter ces sommes importantes à effet destructeur au développement de la pisciculture de poissons d'eau douce végétariens, voire omnivores (genre *Cyprinus*, *Ctenopharyngodon*, *Tilapia*, *Colossoma*, *Piaractus*, *Myleus*, *Oreochromis*, ...). Il s'agit d'une multitude de solutions partielles cumulatives qui modifieraient les profils alimentaires. La consommation excessive de lipides, voire de protéines, animales, pourrait enfin être arrêtée,

mettant en accord nutrition et exigence énergétique, et donnant à l'agriculture un rôle nouveau. Car la production pour l'alimentation directe redeviendrait plus locale, plus saisonnière, plus végétale.

Ce programme technologique demande une forte implication collective, surtout des ruraux, et entraînera des conséquences sociales importantes. Cela signifie le renouveau du monde rural, puisque la production et le flux d'énergie sont constitutifs de la société moderne. Que ce soit à partir d'éoliennes, de solaire ou de biomasse, c'est bien le monde rural qui a la surface. La part de la valeur de la production agricole s'accroîtra dans celle des produits finis. La seule solution démocratique est donc d'admettre ce transfert de pouvoir et probablement de population, ce rééquilibrage. Il est possible que des régions excédentaires souhaitent ne pas se brancher sur le réseau ou le faire en discutant le tarif. C'est dans ce contexte qu'une médiation sociale sera de première importance.

Le monde agricole a été terriblement secoué depuis trente ans, au point que beaucoup d'agriculteurs ne savent plus quel est leur rôle dans la société moderne. La mutation agricole à prévoir risque d'être encore plus forte. Car les agriculteurs possèdent la terre et les surfaces. Il y a un peu plus d'un siècle, l'agriculture assurait encore la très grosse majorité des besoins de transport et de chauffage. Elle a été dépossédée de ces deux fonctions qui ont été prises par les énergies fossiles. Elle s'est retrouvée dépendante de l'industrie. Avec les technologies nouvelles de production d'énergie alternative associée à un changement des systèmes de culture, une ferme pourrait acquérir l'indépendance énergétique. Il faudra résoudre le problème du stockage énergétique, et faire marcher des tracteurs au rendement énergétique accru, à partir de biomasse, d'électricité, ou des deux. Aussitôt ces verrous levés, les toits de fermes couverts de capteurs solaires, quelques éoliennes bien situées, voire des installations utilisant la biomasse, pourraient rendre de nombreux agriculteurs producteurs d'énergie et non consommateurs. La rente des pétroliers profitera-t-elle aux agriculteurs ? Si c'est le cas, cela pourrait avoir pour conséquence un arrêt de la diminution du nombre d'agriculteurs, voire une croissance de leur population. Mais la part d'entre eux affectés à l'élevage devrait baisser. L'utilisation de l'eau en agriculture devra aussi être revue à la baisse, non pas partout, mais là où la compétition pour l'eau deviendra importante, entre autres quand l'environnement lui-même est demandeur, par exemple les milieux aquatiques.

Même s'il paraît bien difficile d'affirmer encore le sens que cela aura dans l'imaginaire collectif, les agriculteurs deviendront les producteurs de deux biens précieux, limitant pour la vie de la société elle-même. L'agriculteur, dont le rôle était de produire ce qui était le fondement de

la vie humaine, avait perdu son autonomie, par surproduction. Voici qu'il pourrait la retrouver, partiellement ; moins indépendant, il serait plus autonome et mieux formé. De l'image du pollueur de la terre qu'il représente vis-à-vis de tant de citoyens, il pourrait retrouver celle de pourvoyeur de vie...

Dans ce vaste programme de développement des énergies alternatives, il est possible que la filière hydrogène ait un rôle important. L'hydrogène n'est pas une source d'énergie, c'est un vecteur à destination de l'utilisateur final, comme l'électricité. Comme l'électricité, il est compatible avec toutes les sources primaires d'énergie. Mais, il a un avantage sur l'électricité : il pourrait être plus facilement stockable, bien que ce ne soit pas évident techniquement parlant. La réalisation de la filière hydrogène n'est pas qu'un projet de développement industriel, c'est un projet de recherche et développement qui exige l'implication des pouvoirs publics, tant il existe encore d'inconnues scientifiques et de difficultés technologiques pour arriver à une production, un stockage, une distribution et une utilisation à la fois décentralisables, pratiques et à grande échelle. On peut, sur ce sujet comme tant d'autres, regretter l'absence de coordination actuelle des travaux des différents pays européens.

Notons que ces transformations conduisent à déplacer des activités de type industriel en monde agricole. Cela conduit à une nouvelle gestion du risque et à un nouveau type d'agriculteur.

4 – Faire évoluer nos représentations collectives

Lorsqu'une civilisation en vient à dépenser plus d'énergie à maintenir ses structures qu'à satisfaire la vie de ses habitants, au point qu'il y a compétition entre les deux, on peut douter de sa survie. Travailler sur tous les aspects de l'amélioration de l'efficacité énergétique, en se donnant des objectifs très ambitieux permettraient de nous éloigner de ce point de rupture, lequel est proche si le coût de l'énergie fossile augmente encore et que nous ne diminuons pas nos consommations. On est en droit de se demander si les politiques ont compris ce que signifiait d'efforts, d'investissements, et de travaux de recherche et développement, le facteur 4, tout compris, en accord avec des objectifs européens. À moins qu'ils l'aient compris, mais n'osent pas le dire aux citoyens. Être capable de diviser par quatre, en trente ans, la quantité d'énergie finale consommée est un objectif plus crédible et plus compréhensible que de diviser par quatre la quantité de CO₂ émis, même si c'est un objectif plus ambitieux, en admettant que la croissance du PIB, si elle a lieu, provienne en majeure partie de ce processus de transformation lui-même. Dans ces conditions, les possibilités offertes par les différentes sources d'énergie dites

alternatives permettraient d'acquérir l'autonomie énergétique et de diminuer plus fortement encore la quantité de CO₂.

Le projet global de transition énergétique a cela de nouveau, partagé avec le programme sur la fusion nucléaire, que c'est un projet dont la réussite ne peut pas s'obtenir en un mandat politique, ni en une carrière professionnelle, et peut-être pas avant la fin de la vie de ceux qui le porteront. C'est une transformation de l'imaginaire : travailler pour qu'après soi, ce ne soit pas plus difficile pour ceux qui viennent. La tendance est au contraire de désirer profiter de la situation (« après moi, le déluge... »).

L'aspect humain, dans toutes ses dimensions institutionnelles, sociales, culturelles, affectives, est le fondement de la réussite d'un tel programme. Il serait souhaitable que les travaux à ce niveau pussent commencer dès l'origine de la définition du programme général, tant la culture générale actuelle, et en particulier les cultures technologiques, les cultures politiques, et une bonne part des cultures économiques, sont éloignées autant des sciences sociales que de l'intérêt pour la nature. Les descriptifs précédents seront perçus comme évidents et bien connus, par certains, mais comme à refuser, par d'autres (cf. l'opposition aux éoliennes). C'est bien l'indication que les choix ne pourront pas être uniquement technocratiques et demanderont des débats démocratiques

Les actions nécessaires sont si variées et si nombreuses, qu'il serait vraiment souhaitable que les sciences sociales fussent davantage sollicitées, bien au-delà de ce qui se fait aujourd'hui. Car il faudrait construire des conditions de mise en débat effective : réaliser des rencontres, organiser des colloques et des symposiums pour permettre des discussions ouvertes sur les enjeux et favoriser des prises de conscience collectives ; mettre en place des formations tant technologiques qu'humaines et sociales, viser la responsabilisation individuelle et l'accès à l'autonomie; favoriser la reconnaissance de la multiplicité des solutions, la mesure des contraintes et des limites; permettre l'anticipation et le suivi des changements d'organisation sociale; aider à l'adaptation aux besoins locaux et à l'intégration de la production locale d'énergie; ouvrir les relations entre monde urbain et monde rural... C'est à la fois de la formation, de la recherche, de l'accompagnement. Ces études sociales, psychosociales, cliniques, devraient être entreprises au plus vite, à partir des projets technologiques qui sont conçus, avec les concepteurs et avec la société dite civile. C'est ce que les psychosociologues appellent la recherche-action. Les avancées conceptuelles pourraient servir à approfondir et introduire le débat démocratique.

C'est un champ immense, trop ignoré des technologues et scientifiques des sciences

« dures », et pourtant fondamental pour la réussite d'un projet si associé, par sa nature même, à la recherche pure, au développement technologique, mais aussi à l'innovation sociale et à la complexité de l'humain. Quelques exemples très simples. Aujourd'hui, le prêt qu'un ménage obtient pour l'achat de son logement, ainsi que le taux auquel le prêt est accordé dépend uniquement de critères financiers. Il pourrait dépendre aussi de critères qui favorisent la décroissance des coûts énergétiques et des coûts externalisés. Le taux et les conditions pourraient être d'autant plus favorables que le logement serait plus près du lieu de travail ou serait du télétravail, qu'une liaison collective existe déjà, que des travaux spécifiques seraient réalisés, ou même qu'il s'agirait de projets de logement à énergie positive.... Des entreprises reçoivent bien des subventions, pourquoi pas des particuliers ? La production horticole et maraîchère en bordure de ville se heurte au coût de l'immobilier. On pourrait prévoir dans les plans urbains d'occupation des sols des surfaces libres, inconstructibles, affectées à cette production, en tenant compte des besoins. La conception des cellules photovoltaïques devrait tenir compte des architectures ; son intégration dans les architectures du sud devrait être repensée. Ce n'est pas à l'esthétique à s'adapter à la technologie, mais il reste concevable que l'esthétique change en fonction de la technologie. Il suffit de visiter l'agglomération de Montpellier pour s'en convaincre ou de contempler la pyramide du Louvre...

Pour ce qui concerne la recherche et l'innovation sociale, les limites semblent surtout celles de nos peurs à imaginer vivre autrement : peur du technicien qui voudrait imposer ses vues indépendamment du genre de vie, peurs de ceux qui imaginent des contraintes ou des impossibilités qui n'existent pas. C'est donc bien aux citoyens à devenir créatifs et à inventer des incitations fondées sur la solidarité, incitations que les chercheurs devront prendre en considération. En France, le LIED (Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain), à l'Université Paris VII est certainement une des structures de recherche les plus originales qui aient été créées depuis dix ans. Elle oblige des chercheurs de toutes disciplines à travailler ensemble ; elle fait émerger ce difficile dialogue nécessaire entre scientifiques. Elle offre même aux citoyens de venir à ses conférences – débats. Puisse de telles initiatives s'élargir encore.

Pourquoi la hausse du prix du pétrole durant le début du XXI^e siècle ne provoque-t-elle pas des réactions équivalentes à celles des années 70 ? C'est que nos représentations ont déjà évolué. Cette hausse ne provient pas d'une décision d'un cartel. Les Européens commencent à comprendre que l'Asie est en plein décollage économique. Nous ne sommes plus seuls avec les Américains, puis les Japonais. Dans vingt ans, les Européens ne représenteront que 15 % des peuples à économie développée. Il y a aussi la compréhension de ce que nous faisons à la Terre,

une angoisse réelle commence à sourdre. Néanmoins, il faudrait que ce retour des choses soit lui-même juste. Pour le moment, rien ne dit qu'il va s'accompagner de plus de démocratie. Nous avons vu qu'un rééquilibrage entre territoire urbain et territoire rural sera probablement indispensable. En particulier, le maraîchage devrait revenir près des villes consommatrices. Mais comment sera discutée la question immobilière des terres agricoles au plus près des cités ? De même, certaines décisions qui conduisent à de lourdes rigidités devraient être longuement débattues (réseaux ferrés, réseaux fluviaux et de canaux, organisation générale de l'espace, lieux de production...). Sans débat, il ne peut y avoir d'appropriation collective.

L'imaginaire citoyen est peut-être en train de changer plus vite que celui des politiques, la problématique planétaire est dans toutes les têtes. Le citoyen ne serait-il pas en attente d'un discours clair, expliquant la situation réelle ? Il lui reste à trouver une modalité d'expression et de participation qui lui permettrait de réaliser ces changements collectifs nécessaires dans lesquels son propre comportement sera remis en cause. Pour cela, ne nous étonnons pas qu'il soit demandeur de formation autant que d'information.

5 – Le nucléaire – de la fission à la fusion

Il faudrait sortir de l'opposition entre promouvoir le nucléaire quoique souhaite la population et le refuser quels qu'en soient les avantages technologiques. La France a déjà son programme. Mais l'objectif majeur est la fusion dont nous parlerons plus loin. Pour acquérir à la fois sûreté, flexibilité, utilisation durable, absence de risque pour la paix, l'utilisation du nucléaire de fusion à grande échelle demande un cycle d'au moins cinquante ans de recherche et développement, une stabilisation de la situation internationale, de longs débats démocratiques.

Pour ceux qui analysent la vitesse d'évolution du monde, les demandes croissantes, les exigences de la protection de l'environnement, le problème climatique, les extinctions des espèces, l'impression angoissante c'est que nous allons manquer de temps. Finalement, la récession économique ~~est~~ serait presque bienvenue...

Un investissement massif international dans le nucléaire ne semble plus à l'ordre du jour. En France, sur les dix-neuf centrales, ne sont en production que cinquante-huit réacteurs. Il en existe quatre cent trente-sept en fonctionnement aujourd'hui sur notre planète, répartis sur une trentaine de pays dont 42 % ont plus de trente ans. Selon l'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique), soixante-huit étaient en construction en 2012, et soixante-douze en 2013, Par ailleurs quatre cent quatre-vingts projets sont en cours d'étude. L'industrie nucléaire pourrait avoir doublé sa capacité en 2030, avec un déplacement du centre de gravité en Asie. Ce n'est certes

pas la fin du nucléaire, mais l'énergie nucléaire resterait inférieure à 10 % de la consommation énergétique. Le contexte géopolitique mondial se prête mal à une accélération. Il y a de fortes chances que les refus des citoyens ne le permettraient pas, même avec les améliorations conséquentes prévues pour les réacteurs à venir.

La construction d'un réacteur, en un lieu donné, à un moment donné, est une décision politique importante tant nationale qu'européenne, voire mondiale, mais elle ne semble pas être un projet fédérateur européen qui pourra entraîner l'adhésion et la mobilisation des citoyens. Peut-être faudrait-il concevoir le nucléaire fondé sur la fission comme une variable d'ajustement et d'anticipation par rapport à l'avancée des autres programmes plutôt que comme un programme en soi dont la promotion risque d'avoir comme effet de décourager l'action citoyenne par ailleurs. À moins d'engager, là aussi, des processus démocratiques de débats collectifs ; mais l'expérience montre que c'est très difficile. En ce sens, pour que son effet soit européen, il est souhaitable que le réseau électrique européen soit le plus vaste possible. Cela permettrait une politique focalisée sur l'énergie de manière générale avec effet de levier sur la production de CO₂.

L'histoire énergétique de l'humanité ouvre des perspectives. La révolution néolithique, il y a dix mille ans, peut être décrite comme une révolution énergétique par l'utilisation intensive de l'espace. Avec l'agriculture, la quantité d'énergie par mètres carrés a été multipliée par près de mille. Il y a presque trois siècles, en Europe de l'Ouest, l'agriculture et la forêt ne suffisaient plus. Le charbon est venu transformer l'économie avec l'accès à une énergie encore plus concentrée, guère plus qu'un facteur dix en termes d'énergie au kilogramme, mais facilement d'un facteur mille en termes d'énergie obtenue par heure de travail. Il a été suivi du pétrole qui a changé la donne par sa facilité d'utilisation (c'est un fluide), le gaz étant voisin sur cet aspect, tout en continuant dans la direction de la concentration de l'énergie. La fission nucléaire continue dans cette direction avec une concentration de l'énergie de l'ordre de dix mille. La fusion nucléaire non seulement augmente à nouveau la concentration de plus de cent, mais elle ouvre l'accès à une source quasi illimitée, celle qui alimente le soleil et les étoiles, puisqu'il s'agit de la fusion de deux atomes d'hydrogène. Pour le moment, elle a encore besoin du lithium dont la ressource est limitée. Mais on peut supposer que, la recherche aidant, à terme, c'est à dire vers la fin du XXI^e siècle, ou le début du siècle suivant, il sera possible d'arriver à ce que la limite vienne de nous-mêmes et de notre relation à la Terre.

C'est une trajectoire qui dévoile un sens. De plus, la fusion ressemble à un « terminus », autrement dit la fin ultime en termes énergétiques. Nous n'irons pas plus loin que l'énergie des

étoiles (la fusion nucléaire est la source d'énergie des étoiles). Lorsque nous l'aurons atteinte, c'est toute la relation à la nature qui pourrait changer. Car cela signifierait l'accès à une source énergétique pesant moins sur le vivant. Mais avant d'en arriver là, nous avons besoin de comprendre nos limites, de les ressentir, de les vivre, et de faire en sorte qu'il ne s'agisse plus d'une course incessante empêchant le temps de la réflexion et de la recherche. La transition énergétique prend ici tout son sens, ainsi que l'opposition au nucléaire. Il est d'ailleurs de bon augure que l'accès à la fusion soit si difficile et si long, il aura d'autant plus de valeur. Même si ce n'est pas l'objet de ce livre, n'oublions pas non plus qu'il est peu imaginable de poursuivre la course actuelle en laissant sur le chemin la moitié de l'humanité.

Le développement des énergies renouvelables confirme cette analyse. L'éolien, qui caracole loin devant les autres, est bien l'énergie renouvelable la plus concentrée. Le géothermique se développe dans des pays ou des régions bien précises, là où cette énergie est concentrée. Le solaire se développe davantage dans les villes que dans les campagnes, là où les surfaces utilisables ne concurrencent aucune autre possibilité énergétique et peuvent être facilement denses. Mais, quantitativement, on voit bien qu'elles ne répondront pas à la demande, sauf si l'efficacité énergétique est multipliée par trois ou quatre, et que le rendement des capteurs solaires atteigne au moins 50 %, ce qui sera une prouesse : même le végétal n'y arrive pas.

La fusion, si elle marche, évacue les ambiguïtés paramilitaires. Comme on parle depuis quarante ans de l'énergie de la fusion nucléaire, l'impression troublante qui domine est celle d'une absence de progrès. C'est une erreur qui vient d'un manque de communication. L'avancée du programme de la fusion est conforme aux délais estimés par les scientifiques du domaine en fonction des moyens affectés. Car les opposants les plus durs à cet axe de recherche ont été les scientifiques œuvrant dans d'autres programmes. Depuis vingt ans, les crédits internationaux cumulés affectés à ce programme de recherche ont connu une baisse forte, à l'avantage des recherches sur les technologies de l'information, les nanosciences, voire les biotechnologies. Mais si l'on compare les progrès de la fusion en termes quantitatifs, ils suivent un rythme supérieur à celui des composants électroniques dont la loi de Moore est bien connue. La différence, c'est qu'il n'y a pas d'activité industrielle associée. Par exemple, la progression, de 1975 à 2000, de la puissance libérée par la fusion D-T dans les différents Tokamaks est passée de moins de cent milliwatts à près de cent mégawatts, soit une multiplication par presque un milliard, comme la puissance des lasers ou la puissance pulsée par rayons X, pour la fusion inertielle, connaissait la même évolution. Pendant ce temps, la capacité de mémoire des puces électroniques était multipliée par cinquante mille « seulement ». Le réacteur ITER devrait

procurer cinq cents mégawatts de pendant six minutes, soit encore cinq cents fois plus. La physique du tokamak semble être une voie prometteuse, mais il est douteux que la compétition internationale ait accéléré le progrès. Si tous les pays s'étaient entendus rapidement, la construction d'ITER aurait pu commencer deux ans plus tôt. Quant au coût d'un tel programme, cumulé sur cinquante ans, il est de l'ordre de dix fois inférieur aux profits cumulés des grandes entreprises du pétrole de 2004 à 2008, donc encore moins que leurs investissements globaux ; ce n'est donc pas hors de proportion avec les problématiques énergétiques mondiales. Arriver à un réacteur opérationnel vers 2050 n'est pas de l'utopie, mais cela signifie que la transition énergétique devra avoir réussi avant.

La fusion nucléaire est donc pour après la transition énergétique. Nous aurons eu quarante années de réflexion et d'adaptation à l'idée que l'énergie est coûteuse, qu'il faut savoir l'utiliser avec parcimonie et précaution, reconfigurer nos villes, repenser le transport et les habitations, définir un développement durable... Mais rien ne garantit que nous ayons acquis plus de sagesse... Quant aux capitaux nécessaires disponibles, ne nous leurrons pas, l'Europe et l'Amérique seront, à ce moment-là, loin derrière l'Asie.

Priorités

Le paradoxe, dans ce vaste projet, c'est que tout est prioritaire, ce qui ne signifie pas qu'il faille faire tout à la fois, et surtout à la même vitesse ou à la même intensité. Nous avons vu que la recherche sur les matériaux est prioritaire, car elle concerne autant le stockage de l'énergie, l'optimisation de son utilisation, la fabrication de matériaux légers et résistants, la fabrication de composants recyclables. Le développement applicatif, même s'il peut donner des directions, entre autres sur les contraintes, ne sera optimal qu'après les résultats sur les matériaux. Il y a donc une interaction entre matériaux et applications. Les quatre grandes orientations technologiques sont à mener parallèlement, mais l'intensité de chaque action va dépendre du problème à résoudre. Le dosage de chaque intensité d'effort est donc le résultat d'une expertise complexe et devra être modifié en fonction des résultats. Les priorités d'orientation, elles, sont issues de décisions politiques. Sont prioritaires tout ce qui permet des gains immédiats conséquents en rapport avec l'effort, et tout ce dont le développement complet demandera du temps, car cela signifie commencer très vite pour arriver à temps, même si l'intensité des efforts peut être limitée.

La complexité d'un tel programme collectif provient des interactions incessantes entre recherche et développement. Il convient de prévoir des budgets cumulés supérieurs à ce qui est

fourni par les experts. L'expérience montre que les oublis ou les paris conduisent à réduire l'estimation des coûts, résultat de la tentation inévitable du chercheur/développeur/innovateur d'obtenir du crédit. Les temps sont toujours supérieurs à ce qu'il imagine. Les difficultés ne peuvent jamais être toutes connues. L'essentiel c'est le délai, sachant que pour les actions à court terme l'intensité de l'effort est le facteur limitant, alors que pour les actions dans la durée, c'est la constance de l'effort qui est le facteur limitant. Il faudrait prévoir des budgets pour gérer l'aléatoire. Une volonté trop centralisatrice ne peut qu'inhiber les propositions. Le budget dépendant de ce qui apparaîtra, planifier l'imprévisible est une gageure. Il faudrait accepter de savoir le laisser apparaître et le soutenir lorsqu'il s'avère être une des multiples solutions au problème. Cela relève davantage de l'ouverture psychologique et de l'adaptation que de la planification sur cinq ou vingt ans, à moins de prévoir des budgets globaux suffisants. Cela demande des capacités nouvelles de réactions rapides.

Rêver que nous résoudrons tout avec 1 ou 3 % de PIB, c'est faire des calculs indépendamment de règles d'expérience en recherche et développement. Dans le monde technologique, les fameuses « lois de Murphy » sont bien connues. Le coût final d'un projet est d'autant plus élevé par rapport à l'enveloppe initiale qu'il est ambitieux, c'est-à-dire qu'il comporte des inconnues scientifiques et des embûches technologiques nombreuses. On peut parier, sans prendre beaucoup de risque, qu'il coûtera de l'ordre du double de la somme des différentes parties telles qu'estimées par les experts de chaque domaine. Le chercheur – développeur – innovateur sous-estime d'autant la difficulté qu'elle est plus grande. Personne ne démarre et ne prend la responsabilité d'un projet très ambitieux sans en sous-estimer la complexité. Sinon, il n'arriverait pas à mobiliser l'énergie intérieure dont il aura besoin. Les écueils sont stimulants, mais au-delà d'un certain niveau, la perception qu'on en a est décourageante. On ne peut pas dire que celui qui innove est stimulé par l'adversité, il la sous-estime, d'autant plus que la mission prend des allures de « mission impossible ».

La ténacité et le refus du découragement sont plus importants que la bonne estimation des budgets qu'il est préférable de surestimer. Aussi est-il important de valoriser les succès et non pas de s'appesantir sur les échecs ou les erreurs. Même si la réflexion avant l'action est absolument indispensable, la correction permanente des erreurs inévitables devra être incorporée dans l'organisation elle-même.

On peut compter sur le dynamisme des entreprises aussitôt que les conditions fiscales et réglementaires sont établies. Mais c'est à la fonction politique de définir les conditions favorisant l'orientation des entreprises dans la bonne direction, à tous les niveaux, de l'Europe à la

commune. La priorité des priorités, c'est la mobilisation collective dans la durée... On pourrait parler de « mobilisation générale », car la menace est forte, durable. Elle concerne notre survie. Dans cette optique, la participation de seniors prend une dimension nouvelle. Nous pourrions bénéficier du trop fameux vieillissement de la population européenne. Des projets qui demandent dix ou quinze ans d'investissement focalisé ne peuvent être réalisés que par des acteurs ou chercheurs jeunes. Les seniors sont plus aptes à établir des relations transversales, à positionner les sujets en perspective, à définir les choix stratégiques, à s'investir dans des problématiques sociétales dont les enjeux sont d'ordre politique dans son sens le plus large. Chaque âge de la vie apporte des aptitudes spécifiques qu'il serait judicieux de savoir utiliser au mieux.

Le sujet de ce chapitre ne concerne pas les choix techniques en tant que tels, mais la façon de les choisir. La logique des découvertes scientifiques et technologiques est analysable après coup, mais leur prévision est impossible. Saurons-nous reconnaître la part d'aléatoire dans les processus créatifs ? Avoir des projets finalisés, ne conduit pas à diminuer les recherches scientifiques, au contraire. Peut-être même faut-il accroître les recherches « anecdotiques ». Si une découverte permet de stocker l'électricité sans problème environnemental, une véritable révolution peut s'ensuivre. Mais qui peut prédire d'où viendra la solution ? Les réseaux décentralisés et communicants, où éoliennes et panneaux photovoltaïques produiront l'énergie nécessaire chez les particuliers ou sur leur lieu de travail, sont désormais possibles grâce aux technologies de communication (smart grids), mais sans stockage d'électricité, le gain risque d'être mineur. On ne peut pas doubler les lignes à haute tension pour un usage doublé pendant au maximum 20 % du temps... Comme nul ne peut être certain d'où viendra la solution, la multiplicité des axes de recherche transversalement aux finalités devient une nécessité.

VII

L'économie de la transition énergétique

Où il est montré que la transition aura un coût, mais qui restera difficile à évaluer. Il sera important, tout en demeurant faible par rapport à l'enjeu. Proposition d'un système de financement obéissant à une logique globale et adaptable.

Dérégulation et déréglementation, un modèle anti-vie

Les comportements à l'origine de la crise financière qui a éclaté en 2007-2008 sont décrits dans les deux premiers chapitres. Elle est aussi la première crise due à une limite physique, la limite pétrolière. Les « subprimes » ont provoqué le surendettement de ceux qui avaient parié sur un niveau réduit de leurs dépenses énergétiques (habitations loin de tout et dont le chauffage est coûteux) quand le prix du pétrole a augmenté à cause d'une production devenue incapable de suivre la demande. Par la tritisation, ces prêts devenus spéculatifs ont pu être partagés entre tous les acteurs financiers. Ainsi, l'échafaudage de la sphère financière est posé sur des présupposés qui lui échappent (ici, l'abondance de pétrole). Cette crise est bien la première manifestation du choc contre une limite physique. D'autres chocs vont advenir, de plus en plus violents, si nous laissons les choses se faire... Nous revivons aujourd'hui la contre-crise de 1984. On constate, aussi en France, que les logements neufs dans les agglomérations sont construits à des distances de plus en plus grandes du centre, à l'opposé de la verticalisation qu'il faudrait.

Une « dérégulation financière » a deux aspects qui paraissent irréalistes pour qui étudie les fonctionnements du vivant, dont l'homme fait partie. Il n'existe aucun processus, aussi abstrait soit-il, qui puisse se soustraire totalement du soubassement biologique. La personne qui

prétendrait pouvoir se soustraire entièrement de toute pulsion sera vite dans un état pathologique. La sublimation se fonde, entre autres, sur ce qu'elle sublime. Lorsqu'une telle pathologie survient, le soubassement biologique finit par être atteint. On peut, même si l'analogie paraît osée, supposer qu'il en est de même d'une économie financière qui croirait pouvoir se développer sans fondement sur l'économie dite « réelle », c'est à dire réalisée par des sujets vivants. Cette analogie pourrait avoir une fonction heuristique. La régulation, en tant que telle, est nécessaire au développement de la vie. La création de nouveaux écosystèmes agraires, durables parce que régulés, a permis l'expansion de l'homme, ce que ne pouvait permettre sa seule prédation de chasseur, même si elle se poursuit malheureusement sur la mer, avec un choc en retour attendu pour bientôt. Le cancer est une dérégulation. La volonté de déréguler des activités humaines, ce qui n'est pas la même chose que de lutter contre des corporatismes, crée des espaces sans limites, voire sans loi. Cela rappelle l'*hubris* grecque, tant dénoncée dans les mythes antiques. Peut-on imaginer une société sans réglementation régulatrice ? Une dérégulation ne peut entraîner que des cancers ou, selon le terme consacré, des « bulles ». On sait les conséquences d'un cancer... En dernier lieu, peut-on concevoir une démocratie dans laquelle des domaines importants sont non soumis à régulation et à débat démocratique, et dont le développement a lieu sans mise en place d'une réglementation débattue collectivement ?

Le PIB est une mesure inadaptée à la situation

À ce jour, l'économiste classique nous vient peu en aide. Il est toujours inquiet d'une croissance insuffisante du PIB, lequel ne s'est jamais accru sans croissance de la consommation d'énergie. Pour connaître une augmentation du PIB malgré une baisse de la consommation d'énergie, nous devrions reconsidérer les fondements du calcul du Produit Intérieur Brut en agrégeant ce qui doit l'être, et en déduisant ce qui est souvent additionné. Ceci permettrait de mesurer des taux de croissance plus proches de la réalité. Deux calculs pourraient être faits, ceux du PIB classique, et ceux du « PEB » (Produit Environné Brut), ce dernier intégrant la valeur des « biens » environnementaux selon la dépense pour les conserver en un état collectivement accepté, élargissant de ce fait les recherches menées par la comptabilité verte. Une activité destructrice serait comptée en négatif, selon le coût estimé de la réparation du dégât. Par exemple, le coût réel d'un téléphone portable est bien supérieur à son coût apparent, mais pour le moment, la dette s'accroît, car personne ne paye le recyclage. Il va falloir savoir quantifier l'intégration des valeurs sociales et environnementales, lesquelles ne peuvent être considérées uniquement comme des utilités. Cette comptabilité est une décision politique. En prenant en

compte les coûts réels, et en les intégrant dans la valeur d'un bien produit, on pourrait réorienter les productions. L'approche par les capacités d'Amartya Sen a l'avantage de proposer une évaluation du standard de vie qui ne soit pas uniquement fondée en termes de PIB par habitant. De plus elle considère à la fois la créativité et le débat démocratique. Elle esquisse un embryon d'anti-utilitarisme. Mais elle n'aborde pour le moment ni la question de l'énergie, ni celle de l'environnement, alors qu'il semble qu'elle ait les moyens de le faire.

L'énergie ne peut se réduire ni au capital, ni au travail. Elle est devenue un facteur limitant de la production. Il va bien falloir la prendre en compte comme paramètre essentiel dans les modélisations. Il faut aussi intégrer l'environnement selon ses multiples facettes que sont les différentes ressources rares comme la terre, l'eau, les minerais, les cultures (...), mais aussi selon sa valeur de lieu de vie. De plus, un scientifique qui tente d'aborder l'économie est surpris de constater que la plupart des référents conceptuels économiques datent d'avant les révolutions quantique et évolutionniste, lesquelles ont maintenant un siècle.

On ne peut se satisfaire de calculer sur la base de la valeur actuelle de l'énergie en monnaie courante. On sait qu'elle va augmenter, probablement de manière chaotique à cause de son effet en retour négatif sur la croissance mondiale, ce que Jean-Luc Wingert avait anticipé (cf. ouvrage en bibliographie). Nous n'entrerons pas ici dans les calculs d'apothicaire du rapport Stern qui conclut que le coût de l'action serait de l'ordre de 1 % du PIB, tandis que le coût de la non-action serait de 5 % à 20 %. Ce calcul est fondé sur des hypothèses (taux d'intérêt, taux de croissance, fonction d'utilité, non limite aux disponibilités d'énergie fossile) qui relèvent de décisions qui transcendent l'économie. Il ne se réfère qu'au problème climatique sans envisager l'envol inéluctable du coût, en monnaie, de l'énergie, et de son effet négatif, certes plus de 5 %, sur le PIB futur, sans compter non plus les autres limites physiques.

Qu'importe que le coût de l'action soit même de 5 % du PIB, si le risque peut être estimé majeur et qu'il concerne toute l'humanité. Lors du protocole de Kyoto en 1997, on dit que la délégation américaine était venue avec des modèles macro-économiques montrant que le protocole allait coûter mille milliards de dollars. Onze ans plus tard, la dérégulation financière a coûté, en fin 2008, plus du triple. Et ce n'est pas fini. Ces modèles macro-économiques ont quelque chose de risible, car ils dépendent de variables définies préalablement. N'oublions pas que l'estimation d'un coût d'un changement systémique ne prend en compte que ce qui est utile à l'objectif de celui qui le brandit. La finalité est première, le modèle ne quantifie que l'intention que l'on a. Combien coûte la perte de confiance collective dans les dirigeants ? Comme le suggère la crise actuelle, plus de dix mille milliards de dollars. Le PIB est un outil de mesure

insuffisant, d'autant que la valeur d'une monnaie n'est pas un absolu, mais au contraire le résultat d'un équilibre dynamique. Par de tels calculs, même s'ils procèdent d'une bonne volonté et sont techniquement excellents, on oublie que l'essentiel c'est d'abord l'effet de l'action réfléchie conduite de manière collective, c'est ensuite le temps dont nous avons besoin, incompressible, et c'est la finalité. Les objectifs internationaux fixés en termes d'émission de gaz à effet de serre paraissent quasi impossibles à tenir sans une forte mobilisation et beaucoup d'innovations.

Dans une Union de quatre cent quatre-vingt-quinze millions de personnes parmi les plus qualifiées du monde, on ne voit pas pourquoi il est impossible d'affecter davantage que 1 % du PIB en recherche et développement (R et D). Des dépenses non nécessaires sont couramment effectuées, les États affectant notamment des fonds gigantesques pour résoudre une crise prédite depuis dix ans. Cela donne une idée des marges d'action. C'est seulement une question de finalité et de répartition des ressources. Lorsque l'enjeu est vital, l'action doit rassembler le maximum de forces. Les Pays-Bas montrent l'exemple, depuis cinquante ans, en affectant une part importante de leur effort national à la protection contre la mer. Le pourcentage du PIB affecté à la R et D dépend de l'orientation décidée et des délais correspondants, ce qui conduit à des choix d'allocation de ressources que les marchés, à moitié sourds, myopes et pulsionnels, ne peuvent pas réaliser. Si nous accroissons nos dépenses en R et D, c'est que nous les prenons sur d'autres postes. Il suffit de comparer les budgets des différents pays européens, que chacun arbitre bien différemment, pour déceler les marges de manœuvre au niveau de l'Union.

Lors de la Deuxième Guerre mondiale, l'économie américaine a été complètement réorganisée sous la direction de l'État. La finalité définissait les moyens. C'est donc bien la finalité qui conduit à l'arbitrage. Les calculs basés sur des hypothèses non précisées cachent une finalité qui n'ose – ni ne peut – s'avouer.

Des investissements de « bon père de famille »

Le coût de l'énergie augmentera, malgré des contrecoups de plus en plus limités, dans les années à venir que de nombreuses solutions permettant de l'économiser deviendront rentables. On trouvait, déjà en 2003, des listes de solutions alternatives aux énergies fossiles, pour un pétrole ne coûtant que 55 \$ le baril. En 1978, il atteignait l'équivalent de 80 \$ (d'aujourd'hui) le baril; la mobilisation fut courte, car nous n'étions pas prêts. Le marché, aveugle, nous a endormis, comme il risque de le faire sur des trois prochaines années. Que se passera-t-il s'il coûte 120 \$, ou même 200 \$? Ceux qui auront parié, même pendant 5 ans, sur un baril à moins

de 55 \$, perdront en un an ce qu'ils avaient gagné les cinq années précédentes. En septembre 2008, en pleine crise financière, le pétrole coûte encore plus de 100 \$ le baril. Il tombe à moins de 50 \$, fin novembre 2008, car même si la demande a baissé, les puits continuent de produire sans rétrocontrôle rapide. On devine les sommets possibles en cas de relance économique... Nous sommes coincés entre deux contraintes : un prix du pétrole qui augmente avec la croissance, et le risque d'affaissement économique par manque d'énergie remplaçant le pétrole. Ainsi, nous ne pouvons compter sur une relance économique *stricto sensu* pour financer la transition énergétique. C'est par le financement de la transition à travers des investissements en recherche et développement que la « relance » deviendra moins dépendante du coût de l'énergie, transformant, par cela même, sa nature... Une approche néokeynésienne est inéluctable, mais peut tarder à trouver son chemin.

À partir de 2009, si nous restons soumis au bon vouloir des marchés, le maintien à bas prix du baril sera relié soit à une récession, soit à l'émergence de solutions alternatives à bas coût, soit à un « coup » ressemblant au contre-choc des années 1980. La récession, dans le sens de l'économie classique, est corrélée à l'autolimitation, ce qui, dans ce cas précis, exprimerait un certain succès de la transition. Ainsi, en condition de butée des capacités de production de pétrole, une baisse du prix de ce dernier, selon la logique des marchés aveugles, est un indicateur de succès, même si le consommateur paye un prix croissant en raison de taxes politiquement choisies. Le problème du climat devrait nous interdire une utilisation massive du charbon, même si ce souhait reste encore de l'ordre du vœu pieux à l'échelle planétaire. De leur côté, les industriels pétroliers deviennent frileux dans les investissements, parce qu'ils ont peur que le développement de solutions alternatives ne fasse baisser la demande. Cet exemple montre, une nouvelle fois, que, pour compter sur les entreprises, il faut des orientations politiques bien définies et les réglementations correspondantes. C'est aux instances publiques d'établir cette direction.

Dans un tel contexte, le fait d'investir dans toute forme d'économie ou de production d'énergie sur la base d'un prix du pétrole estimé à quatre-vingts euros (de 2007) le baril est donc gagnant à tous les coups pour une durée du retour sur investissement supérieure à dix ans. Car, à terme, sauf crise économique planétaire majeure ou révolution technologique improbable, il coûtera plus cher. On ne doit plus raisonner sur un pourcentage de PIB qui serait perdu, mais sur un investissement forcément gagnant. Toute forme d'investissement qui fait gagner de l'argent en prenant comme base quatre-vingts euros le baril avec un retour sur investissement de plus de 10 ans est un placement de bon père de famille qui ne se préoccupe plus des fluctuations et des

spéculations à court terme. Toute personne, mais aussi toute institution, collectivité, organisation, entreprise, peut raisonner de cette façon, et investir, dans son contexte, avec ses moyens...

Le coût élevé de l'énergie devient un filon économique et non un poids, surtout si la mesure économique change de nature. Comme il s'agit de remplacer une matière première achetée par des activités – recherche, industrie, commerce, service – cela revient à transformer de la matière en emploi... Ce n'est pas un argument en soi, c'est un outil d'analyse et d'incitation pour aider à faire les bons choix. Ne serait-ce pas là que se trouvent les gisements d'emplois en France, mais aussi dans toute l'Europe ? Ils permettraient d'économiser un bon milliard de tonnes d'équivalent pétrole, pour reconstruire notre monde. Nous deviendrions les acteurs de notre genre de vie. Nous travaillerions à élaborer un modèle utilisable par les milliards de terriens qui n'auront pas eu la possibilité de faire de même, tant ils étaient préoccupés à survivre, à croître selon l'ancienne manière, voire à sauvegarder leur environnement. Cependant rien ne garantit que cela puisse conduire à une hausse globale de l'activité économique comptée en euro, selon l'ancien mode quantitatif.

Innover en finances et analyse économique

L'accroissement de l'innovation générale devra aussi porter sur les finances et l'analyse économique. Les financiers se montrent extrêmement créatifs dans l'invention de produits financiers, sur des bases motivées par l'intérêt personnel immédiat, au point de mettre l'économie mondiale en péril. Les États eux-mêmes s'endettent de manière excessive, sans en profiter pour opérer des transformations profondes. Ne serait-il pas possible d'orienter cette créativité financière pour mettre en œuvre des programmes dont les coûts seront élevés, certes, mais qui auront pour but de diminuer notre « dette » – dont une bonne part n'est pas évaluée – vis-à-vis des générations futures ? Les économistes ne pourraient-ils pas définir de nouvelles méthodes de comptabilité incluant la valeur des dégâts, les coûts externes et la valeur des ressources naturelles qui ne sont pas systématiquement comptabilisées ? Est-il possible d'éliminer la dette vis-à-vis de l'environnement, celle que nous sommes en train d'imposer à nos descendants, par un investissement financier massif réparti équitablement ?

C'est au politique de réglementer l'activité des financiers et de les orienter vers des innovations pour financer un programme sur trente ans. Car il faudra libérer des moyens financiers pour remodeler l'activité économique et l'organisation spatiale de la société. Ce sont des emprunts colossaux, sur plusieurs dizaines d'années, fondés sur une prévision d'un coût

croissant du pétrole et des autres énergies, quoique fluctuant. Pourquoi refuser un tel investissement alors que des centaines – voire des milliers – de milliards de dollars ont été utilisés pour rétablir une situation de déséquilibre associée à une énergie bon marché ?

La crise financière de 2007-2008 est le premier soubresaut indiquant l'atteinte de limites à l'expansion humaine et l'impossibilité de la nier par des bulles virtuelles. Mais aucun financier ne semble l'avoir encore accepté, même ceux que la question taraude⁵. En face des montants qu'acceptaient de mettre les États les plus riches pour sauver le système financier actuel, ceux qui sont nécessaires pour enclencher la transformation qu'exige la transition énergétique restent très raisonnables. Leur objet est adapté aux problèmes réels que nous rencontrons. Il faut aussi inscrire des choix propres à la situation des pays les plus pauvres, car eux aussi ont besoin d'investir. Ils portent sur la charge de la dette et la mise en place de méthodes transparentes d'utilisation des prêts internationaux. De plus, la demande d'un effort collectif passe par une diminution des écarts de revenus et par une réorientation du management des entreprises afin de favoriser les approches technologiques à long terme par rapport aux préoccupations financières de court terme.

Le démarrage de la transition énergétique implique une situation de crise. D'une part, sans crise, nous n'entreprendrons pas les transformations nécessaires ; d'autre part, la transition elle-même crée une situation de crise. On ne peut pas demander à la fois autolimitation et maintien des revenus : si nous ralentissons nos dépenses, nous diminuons la demande et les entreprises s'adapteront comme elles savent le faire : par les licenciements. Ce n'est pas en relançant la consommation qu'on réussira la transition énergétique, mais en augmentant les investissements en R et D, en formation, et selon les programmes décrits précédemment. Il en résultera un changement dans les activités et les équipements industriels. Certaines activités seront condamnées à la récession, d'autres à la transformation, d'autres à l'expansion. Mais le poids des inerties est tel qu'il sera difficile d'éviter une crise économique et sociale. Sans investissements, mais aussi sans protection sociale, la transition n'aura pas lieu. Malheureusement, cet effort devra être fourni en situation de manque d'argent. Dans ce contexte, vouloir baisser les prélèvements obligatoires est irréaliste ; c'est leur équité qui est importante.

Financement du programme par une fiscalité adaptée

Le coût élevé de cette transition, en termes d'investissements matériels et immatériels, a des

⁵

L'ouvrage de Patrick Arthus et Marie-Paule Virard, cité en bibliographie, est symptomatique de ce manque de vision.

implications fiscales. On peut envisager une transformation de la fiscalité en deux temps. D'abord selon un processus d'enclenchement qui prépare les esprits aux nouvelles approches, ensuite selon une transformation profonde des relations entre capital, travail, énergie et environnement. Il serait préférable d'éviter les seules solutions *ad hoc* à chaque problème spécifique et raisonner sur plusieurs décennies, car la situation se prolongera et les raretés porteront sur les ressources naturelles.

Le financement de la transition pourrait provenir d'une fiscalité débattue au niveau européen : *la taxe de transition énergétique (TTE)*. Elle serait fondée sur la consommation d'énergie – directe ou indirecte –, selon une logique de paiement à chaque étape commerciale et récupérable par les entreprises, selon le même principe que pour la TVA. Ce serait une Taxe sur l'Energie Utilisée (TEU). Il faudrait en définir les différents taux en distinguant des consommations d'énergie nécessaires de celles qui le sont moins. Par exemple, des taux différents sur une résidence secondaire ou un logement principal, selon l'énergie consommée par mètre ; sur une deuxième, voire troisième voiture pour un même foyer, en fonction de sa consommation ; pour des produits de première nécessité ou de luxe... La TTE serait définie à partir de la quantité d'énergie contenue dans un bien, et/ou utilisé pour la production du bien, que ce soit le kilo d'équivalent pétrole ou le KiloWattHeure. Elle pourrait être adaptée (c'est-à-dire à taux variable), selon l'utilisation, les conditions d'utilisation, le lieu d'habitation... Cet impôt aurait un effet négatif sur la consommation d'énergie et son montant serait affecté aux projets nécessaires à la maîtrise de la transition énergétique. Il pourrait être annuel (voiture, maison...) ou payé en une fois lors de l'achat. L'énergie pure (essence, électricité...) pourrait avoir des taux spécifiques en remplacement de la TIPP.

Cet impôt devrait s'accroître dans le temps, selon des décisions politiques. On peut imaginer des scénarios plus ou moins serrés, exponentiels ou linéaires, avec des possibilités de modulation et d'accentuation, qui seraient débattus et décidés au moins deux ans à l'avance pour qu'industriels et consommateurs puissent anticiper. Par exemple, l'année de sa mise en place, pour une gamme donnée de produits, il serait de cinquante centimes d'Euro par kilo équivalent pétrole d'énergie utilisée (pétrole, gaz, charbon, nucléaire, éolien...), la deuxième année de soixante-quinze, la troisième de un euro... Les recettes fiscales correspondantes seraient affectées au financement des travaux de recherche et développement conformément aux grandes orientations des programmes de la transition.

Ce pilotage tiendrait compte des effets des choix politiques, tout en maintenant une vision à long terme. Il obéirait aussi au principe de la nécessaire modification d'une politique qui réussit.

Car si elle réussit, elle modifie les conditions de son action, et ceci conduit à réadapter les actions à entreprendre afin d'éviter les effets pervers conséquents à l'adaptation stratégique des acteurs économiques. Une action politique fine exige donc des indicateurs permanents des effets de ses décisions. C'est une politique systémique.

Une TTE globale énergétique, applicable à l'ensemble des énergies, paraît plus judicieuse, dans la durée, qu'une relation spécifique à la production de CO₂ – même si les taux peuvent en tenir compte –, car les différentes formes d'énergie sont, dans la durée, partiellement substituables. Une voiture consommant davantage d'essence est aussi une voiture produisant plus de CO₂ (sauf triche). Pour l'usage d'un agrocarburant, le calcul du CO₂ devient plus complexe. Et pour bâtir une centrale nucléaire ou maintenir le réseau électrique ? Une responsabilisation vis-à-vis de la consommation d'énergie est à la fois plus simple, plus compréhensible, plus contrôlable, et aussi efficace en termes d'émission de CO₂. Le problème n'est pas que celui du changement climatique. Une voiture électrique consomme des terres rares, etc. Comme presque toutes-les voitures ne fonctionnent qu'avec des produits pétroliers, le calcul sur le CO₂ y est adapté. Il est néanmoins important d'envisager une approche globale et mieux adaptée à l'ensemble des situations actuelles et à venir.

La responsabilité vis-à-vis de la consommation d'une énergie aux stocks décroissants, la prise de conscience des limites physiques, l'impact direct environnemental, plaident pour une méthode homogène de taxation pour toute consommation d'énergie, quelle qu'en soit l'origine. Tout consommateur d'énergie devrait être mis sur le même plan pour ce qui concerne sa participation au financement. Ceci ne signifie pas pour autant une homogénéisation du niveau des taxes. On pourrait décider différents taux, selon des approches à débattre qui doivent rester justes et compréhensibles. Cela accroîtra davantage la pression sur les énergies fossiles, puisque ce sera la variable d'ajustement à la baisse de consommation. On sort de la culpabilisation sur le fait d'émettre du CO₂, pour promouvoir la participation responsable au programme de transition énergétique. Les plus gros consommateurs d'énergie deviennent ceux qui financent le plus la transition elle-même.

Définir une taxe répercutable au sein des filières de production, du début de la transformation industrielle jusqu'à la consommation présente un certain nombre d'avantages (comme la TVA). Tout produit importé au sein de l'Union, quel qu'il soit, subirait la même taxe. Les produits exportés ne seraient pas taxés. Il n'y aura ainsi aucune « perturbation de concurrence », ni « dumping écologique ». Au début, l'intégralité de cet impôt pourrait être utilisée à ses débuts pour favoriser des actions visant à réduire la consommation d'énergie :

recherche et développement, aides, etc. Cette taxe augmente les prélèvements obligatoires, ce qui est inéluctable, mais sans que cela pèse sur les entreprises.

Quand il n'existe pas d'alternative à un produit coûteux en énergie, quel qu'il soit, on peut penser que le consommateur, captif, ne pourra pas s'en détourner. Mais pour un consommateur, la compétition entre les produits qu'il peut acheter est toujours plus large que ne le suggèrent les segmentations marketing qui ne considèrent que les substitutions entre produits équivalents. Or, s'il doit choisir, le consommateur actuel peut préférer l'usage de son téléphone portable à la consommation d'aliments coûteux. Ce qui signifie que pour créer des espaces d'innovation, il faut rendre artificiellement chers, au moyen de la taxation, les produits que l'on désire voir remplacés.

La TTE, si son taux est suffisant, permettrait aussi d'amortir les fluctuations mondiales imprévisibles du coût de l'énergie. Cette imprévisibilité va s'accroître pour différentes raisons : le nombre de plateformes offshore va s'accroître, alors que les conditions climatiques vont être plus instables ; les risques géopolitiques s'accroissent dans un contexte d'énergie plus rare ; l'innovation accrue peut entraîner des changements ; les effets spéculatifs accentuent les variations de la demande. Plus importante, globalement, sera la TTE, plus faibles, seront les fluctuations pour le consommateur. C'est l'absence d'un tel régulateur qui a rendu beaucoup plus violent l'effet de la hausse du pétrole sur le budget des ménages aux États-Unis, comparativement aux pays européens.

Un autre intérêt de la TTE tient au fait qu'elle crée une pression de sélection favorisant des programmes répondant aux trois premières orientations. Elle permet de financer toute forme d'innovations au sein de programmes collectifs, lesquelles, si elles ne sont pas adéquates à l'usage, seront contre-sélectionnées par la TTE elle-même. Ainsi, dans un langage darwinien, cela permet à la fois d'amplifier la variabilité (l'innovation) et la sélection (l'orientation politico-économique), par la TTE elle-même. Les niveaux choisis de TTE et leur rapidité d'ajustement, selon les types de produits, ne pourront donc être que le fait de choix politiques.

On peut envisager des défiscalisations spécifiques pour certains investisseurs. Par exemple, pour des entreprises qui innoveront dans la baisse de consommation énergétique (processus de production, contenu énergétique du produit, coût énergétique d'utilisation, baisse du coût du recyclage, baisse globale sur une filière ...). Ou bien des individus qui ont des idées spécifiques, des start-ups qui démarrent à partir d'innovations réduisant la consommation énergétique. Dans ce contexte, l'idée actuelle des « subventaxes » ne répond pas au problème global. Il s'agit d'un impôt *ad hoc* qui oriente les consommations et modifie l'équilibre prévu initialement entre

recettes et dépenses. L'expérience française des bonus/malus sur les voitures a eu pour effet de favoriser la demande de voitures plus petites aux frais de l'État, sans pour autant favoriser l'innovation de la part des entreprises. L'essentiel, c'est que la TTE ne porte ni sur les salaires, ni sur les coûts de production, mais sur l'utilisation finale, ce qui permettrait un système cohérent et modulable défini pour toute production et consommation. De même, il est préférable que les aides à un foyer, pour diminuer la consommation d'énergie, soient une vraie subvention et non une diminution d'impôt qui n'aide que ceux qui en payent suffisamment. Parallèlement, il faut supprimer toute forme d'aide, directe ou indirecte, aux industries productrices d'énergie fossile, ainsi qu'aux industries et activités fortes consommatrices d'énergie ou destructrices de l'environnement. Le cas de la pêche est probablement le plus excessif. En fait, les contribuables européens payent indirectement pour la destruction des réserves de poisson, alors que cet argent devrait être orienté vers la pisciculture.

Ne serait-il pas préférable que les choix des taux de taxation, définis en relation avec les axes stratégiques de développement, soient réalisés au niveau européen, par la concertation et l'accord, sinon de toute l'Union, tout au moins d'un nombre de pays suffisants pour créer un effet d'entraînement ? Il s'agit aussi de créer le mouvement en marchant. S'il n'y a pas d'accord entre pays sur des problèmes aussi graves, pourquoi un pays ne donnerait-il pas l'exemple ? Ce fut le cas de la France lors de l'invention de la TVA que toute l'Europe a adopté par la suite.

La TTE permettrait de provoquer progressivement une baisse du contenu énergétique moyen pour l'ensemble des biens et services. Son poids peut alors être d'autant accru que cette baisse a lieu. Cette croissance relative accentuera les écarts de coût des produits selon leur contenu énergétique, augmentera les financements et permettra une accélération du programme. On qualifie, en biochimie, d'autocatalytique, un tel processus dont le résultat amplifie le fonctionnement. C'est un processus qui entraîne un changement d'état. Quand il s'agit d'une expansion, cela conduit à une bulle qui finit par exploser. Dans le cas où le changement est une diminution, de surface ou de volume, on obtient la convergence vers une limite minimale.

La mise en place d'un système fiscal a un coût de fonctionnement intrinsèque. Les choix d'affectation des recettes ont également un coût. Pour améliorer la proportion de l'affectation des recettes fiscales aux projets de recherche et développement, autant être attentif aux modalités du prélèvement et de la redistribution. Mieux vaut accepter des erreurs que d'imposer des systèmes lourds et coûteux plus chers... C'est un choix d'optimisation qui est de nature probabiliste. Cela conduirait de toute façon à un modèle de taxation, subventions et prêts, qui aurait le mérite de pouvoir être géré de manière cohérente, malgré sa complexité, sans multiplication de taxes

différentes.

En s'appuyant sur cet impôt, on peut envisager une refonte du système fiscal. De manière générale, l'impôt repose sur les revenus du travail et du capital. Si nous reconnaissons la réalité des limites physiques planétaires qui déterminent ce qui devient rare et coûteux, c'est sur l'utilisation des ressources naturelles que l'impôt devrait s'orienter afin de guider leur allocation. Les charges sur le travail devraient disparaître, car celui-ci, en cessant d'être un facteur limitant grâce au progrès technologique, devient une ressource relativement abondante. Les charges sur le capital devraient rester, même à faible niveau, car son abondance sera relative. Celles sur l'utilisation de l'énergie devraient être alourdies au plus vite, tout comme celles sur la dégradation de l'environnement. Dans les deux cas, des systèmes de mesure et d'évaluation devraient être mis en place. Dans ce cadre, les marchés pourront jouer un rôle positif, car ils seront en permanence réorientés par une structure fiscale cohérente et visible.

La refonte du système fiscal pourrait être considérée comme la sixième grande orientation du programme de transition énergétique. Nous avons les outils pour la moduler de façon précise, progressive, sans palier. L'informatique utilisée pour les finances pourrait être appliquée à une taxation souple progressive.

VIII

La nécessité des débats démocratiques

Où l'on montre que, malgré ses difficultés de mise en œuvre, le débat démocratique est essentiel pour la réussite du programme de transition énergétique.

Participation du plus grand nombre

La nécessité d'amplifier recherche fondamentale et appliquée apparaît évidente tant sont nombreuses les inconnues à résoudre. On connaît les grands axes, mais aussitôt qu'on entre dans les détails, ils sont si nombreux que le mieux serait d'accentuer les efforts afin que chaque domaine ait sa masse critique nécessaire. Il paraît difficile de refuser que, dans la définition des choix de recherche, le citoyen n'ait pas aussi son mot à dire. Dans les programmes nouveaux, à définir et bâtir, pour permettre les interactions entre scientifiques, industriels, marketeurs, décisionnaires financiers, acteurs de la société civile, des débats devraient être organisés et maintenus sans cesse. Il ne s'agit pas d'un « Grenelle de l'environnement » momentané, qui entraîne des choix simplificateurs peu mobilisateurs, mais d'un débat permanent... Car ce qu'il manque aux citoyens, ce sont des échanges véritables dans la durée, pas uniquement informatifs. La mise en place de tels débats fait partie de la quatrième ligne directrice et ne peut pas être sous-estimée. Elle aura un coût. Elle demande que les chercheurs s'investissent aussi dans l'explication du sens de leurs recherches. Car le problème des débats actuels, c'est que seuls les militants s'y investissent ; le but d'un débat est de comprendre et non de convaincre.

Un tel programme ne peut fonctionner qu'avec la participation de l'industrie et, de manière générale, des entreprises, même si les objectifs à long terme sont discutés selon une vision de l'avenir qui relève d'une prospective, laquelle ne peut s'affranchir du politique. Nous risquons de manquer de tous ceux qui ont acquis des expériences multiples, dans des domaines différents,

qu'ils proviennent des entreprises, de la recherche scientifique ou du conseil. Ce sont toujours des seniors. Pourquoi ne pas faire appel à eux bien au-delà de l'âge de la retraite officielle ? La mobilisation de tous permettrait ainsi de résoudre une partie du problème du vieillissement de la population.

La recherche et le développement suscitent des questions inédites et des décisions incessantes. Outre des audits continus, nous aurons besoin d'échanges continus, formels et informels. Dans la majorité des cas, les choix précis de recherche ne pourront être figés sur des durées longues, même si les objectifs restent orientés dans le long terme. Cela demande beaucoup de souplesse. Les procédures lourdes d'appels d'offres pourraient être remplacées par la mise en place de maillages interrégionaux. Les initiatives d'élus locaux sont au moins aussi importantes que l'organisation de grands programmes plus ou moins centralisés. La société civile pourrait jouer un rôle accru par ses demandes de solution.

Transferts de technologies

Il y a deux façons principales de réaliser les transferts technologiques, soit qu'ils viennent de la recherche elle-même, par le déplacement des chercheurs vers l'industrie, soit qu'ils viennent des entreprises à la recherche d'une solution. Dans les deux cas, c'est qu'un besoin a été identifié. L'un des avantages du programme de transition énergétique sera de définir et de créer, réglementairement et fiscalement, de tels besoins ou marchés. Les citoyens peuvent aussi, par leurs demandes, provoquer l'émergence d'un marché.

Dans les deux cas, l'existence de pôles de recherche et développement est un facteur essentiel. C'est une bonne façon de constituer un vivier de personnes aptes à passer de la recherche au développement et réciproquement. Cela exige des entreprises acquises à l'innovation technologique. Dans ce but, la première chose à faire est de supprimer les freins à l'innovation, tant psychologiques que culturels ou organisationnels. En particulier, ceci est peut-être une spécificité de la France, la faiblesse d'innovation des PME a des fondements culturels autant que technologiques.

L'organisation en pôles de compétitivité est importante, voire nécessaire, mais elle n'est pas suffisante. L'un des problèmes de la société postmoderne est la dévalorisation des métiers liés à la recherche, à l'innovation et au développement. Ces métiers ont besoin d'une visibilité, mais aussi d'une reconnaissance en termes de revenus. S'il y a une telle désaffectation pour les formations scientifiques, c'est parce qu'elles sont ardues et socialement dévalorisées. Il faut aussi accepter des recherches fondamentales « non finalisées ».

L'équation est difficile, car si nous allons avoir besoin d'une croissance forte des populations d'acteurs techniques et scientifiques, nous aurons aussi besoin d'une valorisation des métiers des sciences humaines. Nous avons besoin de plusieurs types de scientifiques ou d'acteurs professionnels, mais il n'y a aucune raison de valoriser l'un plus que l'autre. Ils sont tous indispensables. Pour cela, nous avons besoin que, dans l'imaginaire collectif, ils soient tous reconnus. Cela devrait les aider à prendre le temps de s'exprimer dans un langage accessible au plus grand nombre.

Ne pas demander un développement spécifique rapide quand les connaissances fondamentales manquent encore, promouvoir les recherches fondamentales nécessaires pour répondre aux demandes, savoir utiliser rapidement des connaissances acquises... Cela demande une fluidité des contacts, des échanges, des débats. Cela ne peut pas être organisé uniquement par des entreprises ou des groupements d'entreprises.

Comment faire débattre les experts entre eux et avec la société civile

En comparant les pays de l'Union européenne, on constate, de fait, des différences de choix collectifs techniques. Par exemple, comment se fait-il que les habitations nouvelles, en France, consomment plus d'énergie au mètre carré que les habitations anciennes en Suède ? Ayant eu l'occasion de changer plusieurs fois de métier technique, je reconnais être très ambivalent vis-à-vis de la science et de la technique. D'un côté, c'est un de mes référents importants, et de l'autre, j'ai appris qu'une bonne méthodologie et l'aptitude à différencier l'habitude du savoir sont souvent plus importantes qu'une longue expertise spécialisée. Une culture scientifique ne libère pas toujours de la pensée magique, en tout cas elle ne vaccine pas contre la maladie du pouvoir et de la domination. C'est ainsi qu'un expert ne remet pas toujours spontanément son savoir en cause. Selon le lieu d'où il parle, il peut être influencé.

Les experts sont nécessaires, car personne ne peut acquérir une compétence intégrée sur un sujet en moins de quatre ou cinq années d'études et de pratique. Dans certains cas, selon le niveau d'intégration, cela peut demander beaucoup plus de temps. Mais l'expert est comme tout spécialiste, il finit par ne plus voir ce qui est devant lui, mais diffère de ses analyses. Il est un peu comme la grenouille qui ne voit pas la mouche immobile et prend pour une mouche un objet qui a les mêmes mouvements erratiques. Dans ce sens-là, nous sommes tous des experts, les politiques compris.

Dans la complexité du monde d'aujourd'hui, l'expertise a une autre limite. Les champs des savoirs sont si vastes et si variés que personne ne peut plus acquérir un savoir encyclopédique tel

qu’avaient réussi à le compiler Diderot et d’Alembert. Contenant dix-huit mille pages de texte et onze volumes de planches, écrite par plus de cent quarante auteurs, que serait-elle aujourd’hui ? Chaque mois, les journaux scientifiques publient plus de quatre-vingt mille publications, de l’ordre du million de pages, qui correspondent au progrès des sciences et non à leur accumulation. Un expert, hors de son champ, devient un « citoyen naïf ». La solution d’un champ d’expertise pouvant venir d’un autre, les échanges et débats entre experts, et entre experts et non-experts (que nous sommes tous, experts compris, selon les domaines), deviennent une nécessité et non un luxe. Un spécialiste en paléontologie, après avoir vu « Jurassic Parc », a reconnu que cela lui avait donné des idées de recherche. Des chercheurs trouvent des idées en lisant « Pour la science » ou « La Recherche », ou même des ouvrages non scientifiques...

La multiplicité des livres sur la fin du pétrole et la crise environnementale a un énorme avantage. Le lecteur découvre que les experts se contredisent, plus ou moins, que les politiques n’écourent pas toujours les avis les plus sensés, que les solutions possibles sont innombrables et peuvent être mises en œuvre à une multiplicité de niveaux. Cela ouvre un nouveau champ à l’espace démocratique. Pourquoi les élus ou les décideurs politiques seraient-ils plus au courant que le citoyen moyen ? Il paraît que 60 % des élus disent ne rien comprendre à l’économie. En climatologie, biologie ou en physique, génie des procédés, électromécanique ou technologie de l’information, ce ne sera pas mieux. Comme ils n’ont pas plus le temps de lire que les autres et qu’ils ont rarement une formation scientifique ou technique, ils ignorent la plupart des possibilités. Ils n’ont souvent pas conscience des enjeux. C’est pourquoi le but de ce livre est de faire percevoir le panorama global, de montrer d’un côté l’urgence et de l’autre côté la nécessaire participation de tous, de proposer des pistes, mais de ne pas entrer dans les détails techniques. Son but est de montrer que ce sur quoi nous devons trancher est d’abord comment nous voulons vivre, sachant que les limites nous contraignent. Son parti pris est qu’une vie démocratique et riche de relations sociales, une vie de recherche et d’invention, une vie en relation avec la nature, vaut mieux que des points de PIB.

D’un certain sens, le questionnement naïf de celui qui ne sait pas, mais se demande, et a le courage de formuler sa question, peut générer des solutions inattendues que n’aurait pas osé proposer le spécialiste chevronné. Ne confondons pas le naïf, l’expert et l’idéologue. Car le problème central est d’abord psychique et peut-être psychosocial. Il n’y a pas de relation entre, d’un côté l’ouverture d’esprit et le goût du questionnement, et de l’autre côté le niveau d’expertise ou l’adhésion à des croyances spécifiques. L’esprit scientifique est différent du savoir encyclopédique. C’est pourquoi le débat est si important, mais pas n’importe quel débat,

celui qui permet à chacun d'écouter et d'exposer ses préférences et ses intérêts, et parfois ses idées, savoirs, savoir-faire et son besoin de comprendre...

Le débat entre experts de domaines différents est déjà un débat difficile, ils ont eux aussi à faire avec des croyances. Le débat entre experts techniques et idéologues paraît voué à l'échec, si aucun des participants ne veut voir ses présupposés et ses intérêts. Un débat entre des experts et des « naïfs », que peut-il donner si chacun reste sur sa position originelle ? Comment mettre en place des dispositifs permettant à des acteurs au sein d'un collectif de développer des aptitudes à exister dans le groupe et face au savoir de l'expert ? Comment permettre, à celui qui croit ne pas savoir, de s'exprimer librement, de développer une autonomie suffisante pour s'engager dans la réalisation de ses droits et devoirs de citoyen ? Mettre en débat un sujet complexe est un art, une discipline à part entière. Il s'agirait de mettre en place un processus selon lequel l'expression collective ne se fait pas aux dépens de l'expression individuelle, mais au service du déploiement de celle-ci. Il deviendrait alors possible aux individus de devenir les acteurs de leur propre développement. C'est dans ce domaine fondamental, qui pourrait permettre à notre société moderne de sortir à la fois de la domination du savoir arrogant et de l'arrogance de la non-pensée agissante, que se situe, probablement, le chemin de la création et de l'innovation.

Dès 2008, des groupes d'entreprises commencent déjà à débattre des problématiques de la transition énergétique (voir par exemple www.agrion.org). On trouve dans un petit livre pourtant bien intentionné (Les entrepreneurs et les dirigeants chrétiens, 2008) : « Face à ce défi environnemental sans précédent, l'entreprise, par sa capacité d'innovation, ses ressources et son indépendance, est la force de changement la plus puissante et la plus rapide ». Pourquoi pas, sauf que l'entreprise est dans la tourmente des marchés. Elle ne peut pas faire des investissements sans retour relativement rapide. Si elle est capable de s'adapter, et souvent les salariés sont sa variable d'ajustement, peut-elle proposer un choix politique ? Les entreprises seront réellement efficaces lorsque des débats entre elles, le politique, les associations de citoyens, auront permis de dégager des orientations et de mettre en œuvre des réglementations stables sur des objectifs durables. S'il devient facile d'obtenir un prêt long à bas taux pour un programme économisant l'énergie, quelle entreprise ne l'analyserait pas attentivement ?

Nous avons besoin de l'aide de ceux qui s'investissent pour que, grâce à l'échange collectif, il émerge des solutions à chaque fois originales et émancipatrices. C'est pourquoi, nous autres, acteurs scientifiques, techniques et économiques, nous avons besoin de l'aide des sciences humaines, sociales, voire politiques, pour redonner un sens à nos actions dominées par un savoir trop mécanique. Nous avons aussi besoin des philosophes pour nous aider à penser notre monde,

à élaborer notre propre représentation de la situation actuelle. La multiplicité des actions contradictoires proposées par les différents auteurs suggère qu'il existe bien plus de solutions possibles que celles qu'ils préconisent, même si les grands axes sont identifiables.

Quelle que soit la technologie, les scientifiques ou ingénieurs parlent souvent de leurs projets dans des termes passionnés et passionnants, même s'il existe une attitude scientifique qui consiste à exposer un résultat selon des termes neutres et objectivants. Il n'y a pas de doute que de nombreuses découvertes et innovations vont jaloner les trente prochaines années. Seront-elles suffisantes ? Irons-nous dans la bonne direction ? Le sceptique a le droit de douter que cela puisse suffire. Il se base sur les trente dernières années d'innovations qui ont conduit d'un côté à baisser la consommation toutes choses égales par ailleurs, et de l'autre à augmenter des consommations globales associée à un accroissement de nombreux risques. L'utilisation à grande échelle d'innovations favorables peut conduire à des effets contraires sur l'environnement. De plus, les exigences environnementales sont parfois comprises par les innovateurs comme des contraintes artificielles.

L'ampleur des menaces conduit, dans une approche constructive du principe de précaution, à agir à tous les niveaux, y compris celle de l'autolimitation. Celle-ci pourrait se conclure par un prix accru des logements, des automobiles, des réfrigérateurs, des ampoules, de l'alimentation..., mais sans que ce soit de l'inflation, parce que tous ces biens seront nouveaux. Cela entraînera une autolimitation collective de certaines consommations. Il nous faudra donc revisiter le concept de gaspillage. Qu'est-ce que gaspiller ? Pourquoi, chaque fois qu'un progrès est obtenu en efficacité énergétique, l'effet est un accroissement de consommation ? Si la réponse est bien dans des taxes de plus en plus lourdes sur l'énergie, il convient aussi de débattre de l'autolimitation. Sur ce débat, ce ne sont pas les experts qui nous aideront.

Les choix qu'il faudrait prendre ne sont pas de nature technologique, même si la technologie a son mot à dire, ni de nature strictement économique dans son sens classique, puisqu'il faudrait revoir certains concepts fondant l'économie et la façon de calculer. Ce sont des choix sociétaux, en consonance avec notre représentation de l'homme dans la nature, c'est à dire, en dernier recours, des choix philosophiques. C'est là-dessus que nous devrions nous mettre d'accord, en même temps que nous avancerions dans le développement de ce vaste chantier.

Conclusion

Même s'il s'agit d'une situation nouvelle, jamais rencontrée par l'humanité dans le cours de son histoire, nous avons les moyens de relever le défi qui s'impose à nous. Nous ne le saurons vraiment qu'après une longue durée d'actions multidisciplinaires, dans un esprit d'échange, de coopération, de débats démocratiques. Nous comprenons mieux notre propre histoire et les limites actuellement atteintes. Nous avons des connaissances scientifiques et des savoir-faire, nous sommes en train d'acquérir un sens éthique collectif. Mais l'effort à fournir reste immense et devrait être maintenu le temps au moins d'une génération.

Même si le problème est planétaire, même si des accords internationaux et des ententes mondiales sont nécessaires et devront être réalisés, la mise en place de la transition énergétique demande une concentration de recherche et développement et des expérimentations sociales nouvelles dans un espace défini. Cet espace est un espace politique. Cela conduit à notre proposition de privilégier l'espace européen comme lieu initial de la mise en place de la transition dans un esprit de coopération avec le reste du monde. L'Europe a un devoir moral. C'est aussi un projet qui peut dynamiser sa construction. Pour cela, nous aurons besoin d'une mobilisation collective. Celle-ci peut aussi commencer par un nombre limité de pays européens, mais l'entraînement de toute l'Union est bien préférable.

Ce centrage proposé sur l'Europe ne supprime pas la nécessité d'aides aux pays moins développés ni celle de supprimer les fardeaux que nous leur imposons. Lors de prêt, plutôt que d'obliger les pays emprunteurs à réduire leurs dépenses sociales, n'est-ce pas l'opposé qu'il faut réaliser ? Par l'instruction et la formation, nous les aiderons à stabiliser leurs populations.

Le fameux facteur 4, présenté comme un objectif allant de soi, est en réalité une énorme ambition, pourtant raisonnable, qui ne pourra être atteinte que par une implication collective. Ce facteur 4 est une valeur absolue, par rapport aux valeurs actuelles, et non relative à une économie qui serait accrue dans trente ans, ce qui conduit à une maîtrise de la « croissance ».

Les choix d'actions ne pourront pas se limiter à des avancées technologiques, car les retombées sociales, mais aussi les exigences sociétales, devront être analysées, voire anticipées. La participation de tous sera indispensable pour provoquer des changements de comportement et permettre des choix sociétaux. Nous sommes aujourd'hui face à deux extrêmes. D'un côté le souhaitable, qui paraît inatteignable, et de l'autre côté le facilement atteignable, mais insuffisant et qui entraînera des conséquences dramatiques.

Il n'y a pas d'autre alternative que l'innovation, dont le surcoût annuel excédera largement 1 % du PIB. L'innovation économique et financière sera nécessaire. Les recherches en sciences humaines, les actions sur le terrain, permettront d'accompagner un tel changement qui peut entraîner des modifications structurelles des réseaux de communications, des changements dans les répartitions des populations, des modifications dans la hiérarchie des coûts des produits, des changements dans les organisations des territoires européens. Les entreprises devront être stimulées, non pas pour accroître leur retour sur investissement à court terme, mais pour agir dans l'intérêt collectif selon des projets à moyen et long terme.

Nous ne pourrions pas dire que nous ne savions pas. Rien qu'en langue française, le nombre d'ouvrages sur le sujet dépasse la centaine. Le temps est compté, mais nous disposons des connaissances pour agir dès maintenant. Ce ne sera pas facile, mais c'est possible. Nous aurons à modifier notre représentation du monde, celle de notre place dans le vivant, accepter l'autolimitation que ce changement suppose. Nous devons entreprendre des travaux longs dont la réalisation demandera au moins trente ans.

Depuis dix ans, nous savons qu'il y a urgence. Pourtant les actions restent timides. Pendant ce temps, notre comportement, nos choix, nos consommations suivent une tendance inverse à celle qui devrait prévaloir. C'est en agissant dans l'objectif de réussir la transition énergétique que nous nous transformerons nous-mêmes et que nous préparerons un monde dans lequel nous pourrions, en tant qu'êtres humains, préciser notre place. Nous avons laissé la logique financière prendre le pas sur la logique industrielle, et celle de l'économie sur celle de l'écologie. Nous devons maintenant introduire la prééminence de la logique de recherche et développement.

Voulons-nous être considérés comme la génération qui a pris ses responsabilités et a œuvré pour les générations à venir, en toute connaissance de cause, où comme celle que les générations

futures maudiront pour son cynisme ? Car nous ne pourrons plus supposer de l'imprévoyance, mais au contraire y voir un refus.

Pourrons-nous partager cette conviction ? Il est possible de sortir du fossé dans lequel nous sommes tombés à cause d'un pétrole trop bon marché et trop facile d'accès. Nous l'avons gaspillé, mais nous en avons quand même fait quelque chose, car nos connaissances se sont accrues entre temps, nous avons découvert que nous avions les moyens de tout détruire, mais aussi les moyens de redresser le cours des choses. Il est encore temps de nous reprendre et d'associer réellement les citoyens à la gouvernance de leur monde dominé par la technologie et la finance, afin de transformer celles-ci en ce qu'elles auraient toujours dû être : des moyens pour vivre ensemble pour une destinée commune.

Bibliographie

- Acot Pascal, 2004, *Histoire du climat – du Big Bang aux catastrophes climatiques*, Perrin, Paris
- Ameisen Jean-Claude, 1999, *La sculpture du vivant*, Seuil, Paris
- Antoine Blandine, Renaud Élodie, 2008, *Le tour du monde des énergies*, Lattès, Paris
- Arendt Hannah, 1958, *Condition de l'homme moderne*, trad. Georges Frapier (ed. de 1993), Press-Pocket, Paris
- Artus Patrick, Virard Marie-Paule, 2008, *Globalisation – Le pire est à venir* ; 2005, *Le capitalisme est en train de s'autodétruire*, La découverte, Paris
- Ashley K., Cordell D., Mavinic D., 2011, *A brief history of phosphorus: From the philosopher's stone to nutrient recovery and reuse*, Chemosphere 84, 737–746
- Ballet Jérôme, Dubois Jean-Luc, Mahieu François-Régis, 2005, *L'autre développement – Le développement socialement soutenable*, L'Harmattan, Paris
- Barré Bertrand, 2007, *Atlas des énergies, Quels choix pour quel développement ?*, Autrement, Paris
- Barbault Robert, 2006, *Un éléphant dans un jeu de quille : l'homme dans la biodiversité*, Seuil, Paris
- Blamont Jacques, 2004, *Introduction au siècle des menaces*, Odile Jacob, Paris
- Bobin Jean-Louis, Nifenecker Hervé, Stéphan Claude, 2007, *L'énergie dans le monde – Bilan et Perspectives*, EDP-Sciences, Paris
- Bonaldi Jérôme, 2007, *La vie (presque) sans pétrole*, Plon, Paris
- Bonis (de), Louis, 1991, *Évolution et extinction dans le règne animal*, Masson, Paris
- Boucher Stephen, 2006, *La révolution de l'hydrogène : vers une énergie propre et performante ?*, Éd. Du Félin, Paris
- Bourguignon André, 1989, *L'homme imprévu – Histoire naturelle de l'homme – 1 ; L'homme fou – Histoire naturelle de l'homme – 2*, Puf, Paris
- Boy de La Tour Xavier, 2004, *Le pétrole – au-delà du mythe*, éditions technip, Paris
- Brown Lester R., 2007, *Le plan B – Pour un pacte écologique mondial*, Calmann-Lévy, Paris
- Cabrol Laurent, 2008, *Climat : et si la terre s'en sortait toute seule ?*, Le cherche midi, Paris
- Calame Mathieu, 2008, *La tourmente alimentaire – pour une politique agricole mondiale*, Charles Leopold Mayer, Paris
- Castoriadis Cornelius, 1999, *L'institution imaginaire de la société*, Seuil, Paris ; 2007, *Postscriptum sur l'insignifiance suivie de dialogue*, L'Aube, Paris
- Chalmin Philippe, Lacoste Élisabeth, 2007, *Du rare à l'infini : panorama mondial des déchets* 2006, Economica, Paris
- Chevalier Jean-Marie, Stanislaw Joseph, Mandil Claude, 2004, *Les grandes batailles de*

l'énergie, Gallimard, Paris

Clover Charles, 2008, *Surpêche – L'océan en voie d'épuisement*, Éd. Demopolis, Paris

Cochet Yves, 2006, *Pétrole apocalypse*, Fayard, Paris

Cohen Daniel, 2004, *La mondialisation et ses ennemis*, Grasset, Paris

Collomb Philippe, 1999, *Une voie étroite pour la sécurité alimentaire d'ici à 2050*, Economica, Paris

Conseil mondial de l'énergie, 2000, *L'énergie pour le monde de demain : le temps de l'action*, Technip, Paris

Coppens Yves et Picq Pascal, 2001, *Aux origines de l'humanité*, 2 tomes, Fayard, Paris

Cury Philippe, Miserey Yves, 2008, *Une mer sans poisson*, Calmann-Lévy, Paris

Cyrulnik Boris et Morin Edgard, 2000, *Dialogue sur la nature humaine*, Paris, L'Aube

Daniel Jean-Marc, 2007, *Le taureau face aux tigres – Entre les États-Unis et la Chine, l'avenir est à l'Europe*, Pearson Education, Paris

Dagognet François, 1988, *La maîtrise du vivant*, Hachette, Paris

Darvil Sylvain, Le Roux Mathieu, 2005, *80 hommes pour changer le monde – entreprendre pour la planète*, Lattès, Paris

Dawkins Richard, 1997, *Qu'est-ce que l'évolution ? – le fleuve de la vie*, trad. Thiên Nga Lê, Hachette, Paris

Destot Michel, Ferrari Achille, Girard Philippe, 2006, *Énergie et climat – Réponses à une crise annoncée*, Plon, Paris

Diamond Jared, 2000, *Le troisième chimpanzé*, trad. franç, Marcel Blanc, Gallimard, Paris

Diamond Jared, 2006, *Effondrement : Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, trad. franç Jean-Luc Fidel, Gallimard, Paris

Diamond Jared, 2007, *De l'inégalité parmi les sociétés*, trad. franç Pierre-Emmanuel Dauzat, Gallimard, Paris

Diel Paul, 1966, *Le symbolisme dans la mythologie grecque*, Payot, Paris

Dubois Jean-Luc, Lachaud Jean-Pierre, Montaud Jean-Marc, Pouille André, 2003, *Pauvreté et développement socialement durable*, Presses Universitaires de Bordeaux, Bordeaux

Dubois Jean-Luc, Brouillet Anne-Sophie, Bakshi Parul, Duray-Soundron, 2008, *Repenser l'action collective – Une approche par les capacités*, L'Harmattan, Paris

Dubois Michel, 2007, *Plaidoyer pour un grand projet mobilisateur de recherche et développement de l'Union européenne*, in *À la recherche des bases culturelles communes pour construire l'Europe*, Confrontations AIC (www.confrontations.fr)

Dubois Michel J.F., *L'estimation des ressources en pétrole ; Des conséquences de l'atteinte du pic pétrolier*, Revue Approches, N°137, Jan 2008

Dubois Michel J.F., Giust-Ollivier Annie-Charlotte, 2008, *Instituting democratic debate – A process for investigating and developing capabilities*, Development and capability association annual conference, New Delhi

Dumont René, 1973, *L'utopie ou la mort !*, Seuil, Paris

Dupuy Jean-Pierre, 2004, *Pour un catastrophisme éclairé – Quand l'impossible est certain*, Seuil, Paris

Ekeland Ivar, 2000, *Au hasard*, Paris, Seuil

Ellul Jacques, 1954, *La technique ou l'enjeu du siècle*, Armand Colin, Paris

Erkman Suren, 2004, *Vers une écologie industrielle*, Charles Leopold Mayer, Genève

Feillet Pierre, 2007, *La nourriture des Français – De la maîtrise du feu... aux années 2030*, Quae, Versailles

Ferone Geneviève, 2008, *2030 Le Krach écologique*, Grasset, Paris

Feyerabend Paul, 1979, *Contre la méthode – Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*, trad. Baudouin Jurdant et Agnès Schlumberger, Seuil, Paris

Flandrin Jean-Louis et Montanari Massimo (dir.), 1996, *Histoire de l'alimentation*, Fayard, Paris

Gallais André, Ricroch Agnès, 2006, *Plantes transgéniques : faits et enjeux*, Quae, Versailles

Girard Philippe, Dubois-Taine Olivier Paul, Vexiau Thierry, 2008, *Prospective sur les carburants*, Ecrin Économie et stratégie.

Gould Stephen Jay, 1997, *L'éventail du vivant*, Seuil, Paris

Gould Stephen Jay, 1991, *La vie est belle*, Seuil, Paris

Guilaine J., Zammit J., 2000, *Le sentier de la guerre. Visages de la violence préhistorique*, Paris, Seuil

Hanson Victor Davis, 2002, *Carnage et Culture – Les grandes batailles qui ont fait l'Occident*, trad. franç Pierre-Emmanuel Dauzat, Flammarion, Paris

Hawken Paul, Amaury et Hunter Loving, 2008, *Natural Capitalism – Comment réconcilier économie et environnement ?*, Scali, Paris

Hulot Nicolas, 2006, *Pour un pacte écologique*, Calmann-Lévy, Paris

Izraelewicz Éric, 2005, *Quand la Chine change le monde*, Grasset, Paris

Jacob François, 1970, *La logique du vivant*, Gallimard, Paris

Jacob François, 1981, *Le jeu des possibles*, Fayard, Paris

Jancovici Jean-Marc, Grandjean Alain, 2006, *Le plein, s'il vous plait – la solution au problème de l'énergie*, Seuil, Paris

Jancovici Jean-Marc, 2002, *L'avenir climatique – Quel temps ferons-nous ?*, Seuil, Paris

Jancovici Jean-Marc, Le Treut Hervé, 2004, *L'effet de serre – Allons-nous changer le climat ?*, Champs, Flammarion, Paris

Jonas Hans, 1995, *Le principe responsabilité*, Cerf, Paris

Justice et Paix - France, 2005, *Notre mode de vie est-il durable ?*, Karthala, Paris

Kempf Hervé, 2007, *Comment les riches détruisent la planète*, Seuil, Paris

Kervasdoué (de) Jean, 2007, *Les prêcheurs de l'apocalypse – Pour en finir avec les délires écologiques et sanitaires*, Plon, Paris

Kuhn Thomas S., 1983, *La structure des révolutions scientifiques*, trad. Laure Meyzer, Flammarion, Paris

Kunstler James Howard, 2005, *La fin du pétrole*, trad. franç Philippe Delamare, Plon, Paris

Kurweil Ray, 2006, *The singularity is near*, Penguin books, London

Laborit Henri, 1976, *Éloge de la fuite*, Laffont, Paris

La Branche Stéphane, Vergara Paulina, 2008, *Le changement climatique dans tous ses états*, Presses Universitaires de Grenoble, collection « Grands Débats », Grenoble

Lafrance Gaëtan, 2007, *Vivre après le pétrole, mission impossible ?*, MultiMondes, Québec

Laroche Jean-Claude, 2006, *Le défi énergétique : De l'épuisement des ressources au développement durable*, Paris-Max Chaleil, Paris

Latouche Serge, 2004, *Survivre au développement : de la décolonisation de l'imaginaire économique à la construction d'une société alternative*, Arthème Fayard, Paris

Laville Jean-Louis, Cattani Antonio David, 2006, *Dictionnaire de l'autre économie*, Gallimard, Folio, Paris

Lebeau André, 2006, *L'engrenage de la technique – essai sur une menace planétaire*, Gallimard, Paris

Le Bras Hervé, 1997, *Les limites de la planète*, Flammarion « Champs », Paris

Le Roy Ladurie Emmanuel, 1993, *Histoire du climat depuis l'an Mil*, Flammarion, Paris

Les entrepreneurs et Dirigeants chrétiens, 2008, *La création que Dieu nous confie – Agir pour maîtriser les émissions de gaz à effets de serre*, Les entrepreneurs et dirigeants chrétiens (www.lesedc.org)

Letreut Hervé, Jancovici, Jean-Marc, 2004, *L'effet de serre – Allons-nous changer le climat ?*, Flammarion, Paris

Leakey Richard, Lewin Roger, 1997, trad. franç, *La sixième extinction – Évolution et catastrophes*, Flammarion, Paris.

Leakey Richard, Lewin Roger, 1998, *Les origines de l'homme*, trad. franç, Flammarion, Paris.

Lebrun Jean-Pierre, 2001, *Un monde sans limite – Essai pour une clinique psychanalytique du social*, Erès, Ramonville-Saint-Agne

Lefèvre-Balleydier, 2006, *L'après-pétrole : Lorsque les puits seront à sec*, Larousse, Paris

Lenoir Didier, 2007, *Énergie changeons de cap ! – Scénario pour une France durable*, Terre vivante, Mens

Lewin Roger, 1991, *L'évolution humaine*, Seuil, Paris

Lorenz Konrad, 1970, *Trois essais sur le comportement animal et humain; les leçons de l'évolution de la théorie du comportement*, Seuil, Paris

Lovelock James, 1993, *La terre est un être vivant – l'hypothèse Gaïa*, Flammarion, Paris (première édition 1979)

Lovelock James, 2007, *La revanche de Gaïa*, trad. Thierry Piélat, Flammarion, Paris

Maris Bernard, 1999, *Lettre ouverte aux gourous de l'économie qui nous prennent pour des imbéciles*, Albin Michel, Paris

Martin Jean-Yves, 2002, *Développement Durable ? – Doctrines, Pratiques, Évaluations*, IRD éditions, Paris

Mazoyer Marcel, Laurence Roudart, 1997, *Histoire des agricultures du monde*, Seuil, Paris

Meadows Donnela, Randers Jorgen, Meadows Denis, 2004, *Limits to growth – The 30-Year Update*, Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, Vermont

Meadows Donnela, Meadows Denis, Randers Jorgen, Behrens William, 1972, *Limits to growth*, trad franç 1973, *Halte à la croissance ? Rapport sur les limites de la croissance*, Fayard, Paris

Méral Philippe, Castellanet Christian, Lapeyre Renaud, 2008, *La gestion concertée des ressources naturelles – L'épreuve du temps*, GRET-Karthala, Paris

Meunier Francis, Meunier-Castelain Christine, 2006, *Adieu pétrole... : Vive les énergies renouvelables !*, Dunod, Paris

Monod Théodore, 2000, *Et si l'aventure humaine devait échouer*, Grasset, Paris

Morin Edgar, Piatelli-Palmarini Massimo, 1974, *L'unité de l'homme 1 – Le primate et l'homme ; L'unité de l'homme 2 – Le cerveau humain ; L'unité de l'homme 3 – Pour une anthropologie fondamentale*, Seuil, Paris

Morin Edgar, 1973, *Le paradigme perdu : la nature humaine*, Seuil, Paris

Morin Edgar, Kern Anne Brigitte, 1993, *Terre Patrie*, Seuil, Paris

Morin Edgar, 2000, *Dialogue sur la nature humaine*, L'Aube, Paris

Morin Edgar, 2007, *L'an I de l'ère écologique – dialogue avec Nicolas Hulot*, Tallandier, Paris

Munck (de) Jean, Zimmermann Bénédicte, 2008, *La liberté au prisme des capacités*, EHESS, Paris

Nicolas Adolphe, 2004, *2050 – Rendez-vous à Risques* ; 2007, *Futur empoisonné, quels défis ? Quels remèdes ?*, Belin, Paris

Nicolino Fabrice, 2007, *La faim, la bagnole le blé et nous*, Fayard, Paris

Ollivier Blaise, 1995, *L'acteur et le sujet – vers un nouvel acteur économique*, Desclée de Brouwer, Paris

Ollivier Blaise et Sainsaulieu Renaud (Eds), 2001, *L'entreprise en débat dans la société démocratique*, Éditions de Sciences-Politiques, Paris.

Orgel Leslie.E., 1976, *Les origines de la vie*, trad. Philippe Sauvage, Elsevier-Sequoia, Paris-Bruxelles

Oparine Alexander, 1967, *L'origine et l'évolution de la vie*, trad. V.Frolov, A.Pereau, I.Sokolov, Éditions de Moscou, Moscou

Orsenna Erik, 2008, *Un monde de ressources rares*, Librairie Académique Perrin, Paris

Parmentier Bruno, 2007, *Nourrir l'humanité – les grands problèmes de l'agriculture mondiale au 21ème siècle*, La découverte, Paris

Pavé Alain, 2007, *La nécessité du hasard, vers une théorie synthétique de la biodiversité*, EDP Science, Paris

Pellion Antoine, 2008, *Renouveler la production d'énergie en Europe : un défi environnemental, industriel et politique*, Fondation Robert Schuman, www.robert-schumann.eu

Petit Michel, 2011, *Pour une agriculture mondiale productive et durable*, Quae, Versailles

Piaget Jean, 1976, *Le comportement, moteur de l'évolution*, Gallimard, Paris

Pichot André, 1993, *Histoire de la notion de vie*, Gallimard, Paris

Picq Pascal et Yves Coppens (dir. Scientifiques), 2001, *Aux origines de l'humanité – Le propre de l'homme*, Fayard, Paris

Prévot Henri, 2007, *Trop de pétrole ! : énergie fossile et réchauffement planétaire*, Seuil, Paris

Prigogine Ilya et Stengers Isabelle, 1979, *La nouvelle alliance – Métamorphose de la science*, Gallimard, Paris

Purves William K., Orians Gordon H., Heller Craig, Sadava David, 2000, *Le Monde du Vivant – trad. et coordination Jacqueline London*, Paris, Flammarion, Paris

Rainelli Pierre, 2007, *L'agriculture de demain – Gagnants et perdants de la mondialisation*, Le Félin, Paris

Reeves Hubert, Lenoir Frédéric, 2003, *Mal de Terre*, Seuil, Paris

Reichholf Joseph, 1991, *L'émergence de l'homme*, trad. franç Jeanne Étoré, Flammarion, Paris

Ricoeur Paul, 2005, *Parcours de la reconnaissance*, Gallimard, Paris

Ricoeur Paul, 1993, *Vers une éthique de la finitude* in Raoul Crespín, *Le christianisme social*, Les bergers et les mages, Paris

Roby François, 2006, *Vers la voiture sans pétrole ?*, EDP Sciences, Paris

Sauvy Alfred, 1971, *Malthus et les deux Marx : le problème de la faim et de la guerre dans le monde*, Denoël, Paris

Sauvy Alfred, 1968, *Les Quatre roues de la fortune – essai sur l'automobile*, Flammarion, Paris

Schumpeter Joseph, 1999 (1^o édition 1935), *Théorie de l'évolution économique*, trad franç Jean-

- Jacques Anstett, Dalloz, Paris
- Semaines sociales de France, 2007, *Vivre autrement – Pour un développement durable solidaire*, Bayard, Paris
- Sen Amartya, 1999, *L'économie est une science morale*, La Découverte, Paris
- Sen Amartya, 1999, *Un nouveau modèle économique*, trad Michel Bessières, O.Jacob, Paris
- Sen Amartya, 1999, *La démocratie des autres*, trad Monique Bégot, Payot, Paris
- Sigogneau-Russell, 1991, *Les mammifères au temps des dinosaures*, Masson, Paris
- Stern Nicholas, 2006, *Stern Review: the economics of climate change*, http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm
- Stiglitz Joseph E., 2002, *La grande désillusion*, trad. Paul Chemla, Arthème Fayard, Paris
- Stiglitz Joseph E., 2003, *Quand le capitalisme perd la tête*, trad. Paul Chemla, Arthème Fayard, Paris
- Tarrier Michel, Tarrier Daisy, 2008, *Faire des enfants tue – éloge de la dénatalité*, Ed du temps, Paris
- Tarrier Michel, 2007, *2050 Sauve qui peut la Terre !*, Ed du temps, Paris
- Tocqueville (de) Alexis, *De la démocratie en Amérique, 1 et 2*, tome 2 des oeuvres complètes, Gallimard, collection de la Pléiade, Paris
- Toffler Alvin, 1975, *Le choc du futur*, Denoël, Paris
- Toffler Alvin, 1984, *La troisième vague*, Denoël, Paris
- Toynbee Arnold, 1997, *La grande aventure de l'humanité*, trad. Guy Bunnens, Gérard Colson et Paul Kinner sous la direction de Jacques Potin et Hervé Douxchamps, Bruxelles, Elsevier Séquoia
- Valéry Paul, 1945, *Regards sur le monde actuel*, Gallimard, Paris
- Vendryès Pierre, 1973, *Vers la théorie de l'homme*, PUF, Paris
- Vernadsky Wladimir, 2002, *La biosphère*, Seuil, Paris (première édition, 1929)
- Vigne Jean-Denis, 2004, *Les débuts de l'élevage*, Le Pommier, Paris
- Wiesenfeld Bernard, 2005, *L'énergie en 2050*, EDP Sciences, Paris
- Wingert Jean-Luc, préface de Laherrère Jean, 2005, *La vie après le pétrole : De la pénurie aux énergies nouvelles*, Autrement, Paris
- Wolpert Lewis, 2006, *Six impossible things before breakfast – The evolutionary origins of belief*, Faber & Faber, Chatham.
- Yonnet Paul, 2006, *Le recul de la mort*, Gallimard, Paris
- Ziegler Jean, 2007, *L'empire de la honte*, LGF, Paris
- L'histoire de la vie – 3 milliards d'années d'évolution*, La Recherche, n°296, mars 1997
- Les humeurs de l'océan*, Pour La Science, dossier n°21, oct 1998
- Les origines de l'humanité*, Pour La Science, dossier n°22, jan 1999
- Nos cousins les grands singes*, Pour La Science, dossier n°86, jan 1015
- Biodiversité – L'homme est-il l'ennemi des autres espèces ?*, La Recherche, n°333, juil 2000
- La valse des espèces*, Pour La Science, dossier n°28, juil 2000
- La mer*, La Recherche, n°335, juil 2002
- La vie au temps des mammoths*, Pour La Science, dossier n°43, avril 2004

L'histoire de la vie – Les grandes étapes de l'évolution, La Recherche, HS n°19, mai 2005
L'histoire de la Terre – 4,5 milliards d'années d'évolution, La Recherche, HS n°25, nov 2006
Climat – Relever le défi du réchauffement, Pour La Science, dossier n°89, oct 2015
L'évolution – Comment les espèces s'adaptent, La Recherche, HS n°27, mai 2007
Biodiversité – Les menaces sur le vivant, La Recherche, Hors Série n°28, août 2007
Sur la trace de nos ancêtres, Pour La Science, dossier n°57, oct 2007
Le train du futur, La Recherche, Cahier Spécial, n°413, nov 2007
L'eau – Attention fragile !, Pour La Science, dossier n°58, jan 2008
Objectif Terre – 2050, La Recherche, Cahier Spécial, n°415, jan 2008
Le défi climatique – Maîtriser le réchauffement, La Recherche, Hors Série n°31, mai 2008
Vers une chimie durable ?, La Recherche, Cahier spécial, n°420, juin 2008
Rome, une civilisation qui se pensait éternelle, Pour La Science, dossier n°88, juil 2015

Terres rares, 2011, Société chimique de France

Livre vert de la Commission Européenne, *Une stratégie européenne pour une énergie sûre, compétitive et durable*, COM(2006) 105 du 8/3/2006.

Livre vert de la Commission européenne, *Sur l'efficacité énergétique ou Comment consommer mieux avec moins*, COM(2005) 265 du 22/6/2005

Communication de la Commission Européenne, *Plan d'action dans le domaine de la biomasse*, COM(2005) 628 du 7/12/2005.

Communication de la commission européenne, 2007, *Un plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (Plan Set). Pour un avenir moins pollué par le carbone*, COM(2007) 723 du 22/11/2007.

Aho Esko, *Report of the independent Expert Group on R&D and innovation appointed following the Hampton Court Summit*, 2006, Creating an innovative Europe, demande de la Com. Eur.

Table

Prologue à la nouvelle édition	5
Préface	7
Introduction	15
Première Partie - LE TEMPS DU MONDE FINI A DÉJÀ COMMENCÉ	21
La stupeur du nénuphar	23
I. Les habitudes ancestrales	25
La propension à déplacer les questions non résolues	25
Le syndrome des références glissantes	27
Le rêve nostalgique du bon sauvage	30
L'imaginaire de l'expansion illimitée	34
La concurrence mimétique	36
Phaéton, Icare, et les autres...	40
II. Des stéréotypes contemporains	43
L'économie permet de tout comprendre	43
Le marché peut réguler l'utilisation des ressources rares	44
La technologie repousse les limites à l'infini	47
La planète est trop grande pour que la technologie la perturbe	49
La nature rend au centuple de nos efforts	51
Le divertissement est sans incidence sur l'environnement	52
Toutes les villes sont également polluantes	54
L'éthique est individuelle	55
Les acquis sont inamovibles	57
La vieillesse est non inventive	58
III. Les limites physiques	61
L'espace – la limite démographique	61
L'énergie	65
L'eau	70
Les matériaux	73
La production agricole	76
Le climat	81
La biodiversité	84
IV. Les insuffisances refusées	89
Des inconnues scientifiques	89
Un retard technologique	93
Un style de vie devenu inadapté	96
Une accumulation matérielle démesurée	97
Des inégalités sociales	98
Des idées reçues tenaces	100
Un déficit démocratique	102
Deuxième Partie - LE TEMPS DE LA TRANSFORMATION PEUT-IL ADVENIR ?	105
V. Plaidoyer pour un programme européen	109
Innover est propre à l'espèce humaine	109
Nécessité d'innover davantage	111
Pour un programme de transition énergétique européen	114
Comment mobiliser les Européens	120
VI. Les cinq grandes orientations	125
1 – Baisser la demande immédiate en énergie	126

2 – Nouveaux procédés pour l’efficacité énergétique	129
3 – Production d’énergie alternative	132
4 – Faire évoluer nos représentations collectives	137
5 – Le nucléaire – de la fission à la fusion	140
Priorités	143
VII. L’économie de la transition énergétique	147
Dérégulation et déréglementation, un modèle anti-vie	147
Le PIB est une mesure inadaptée à la situation	148
Des investissements de « bon père de famille »	150
Innover en finances et analyse économique	152
Financement du programme par une fiscalité adaptée	153
VIII. La nécessité des débats démocratiques	159
Participation du plus grand nombre	159
Transferts de technologies	160
Comment faire débattre les experts entre eux et avec la société civile	161
Conclusion	165
Bibliographie	169