



LIMULE ET NOMBRIL



Avant propos

Il pleut. Il pleut comme il semble avoir toujours plu sur cette lande bretonne. En fait cela ne fait que trois jours mais cette humidité convient si bien à ces vieux bocages que la pluie paraît faire union avec la terre depuis mille fois mille ans.

C'est une pluie salée, engendrée par la mer qui n'est jamais bien loin. Et si l'on vous dit qu'elle tombe des nuages, c'est que la mer, au-dessus des terres, se métamorphose en nuages. Mais c'est toujours la mer. La terre vit une sorte d'osmose avec la pluie ou le crachin. Eponge saturée, elle n'en finit pas de se transformer en tourbière acide. Même le granit est mouillé à cœur. Les mousses sont reines et tapissent d'un vert profond tout ce qui peut l'être. Elles recouvrent la première éponge d'une deuxième tout aussi gorgée d'eau, mais vivante cette fois.

C'est le royaume des mousses et des lichens qui recouvrent chaque pierre, chaque mur, chaque toit, chaque arbre. Sortant de ce tissu humide, on rencontre partout des genêts et des ajoncs dont le bois rhumatisant semble avoir toujours été vieux. Les forêts aussi sont habitées par des arbres aux essences indéfinissables et qui ne semblent jamais avoir eu de jeunesse. Sont-ce les fougères qui poussent à leur ombre qui représentent la forme naissante de ces troncs sans âge, tordus et noueux ? Tout est vieux mais semble toujours avoir été vieux et devoir rester éternellement vieux. On ne rencontre que rarement de jeunes plants, de nouvelles pousses. On ne rencontre pas non plus d'arbres morts. Ils sont nés vieux, vivent vieux et demeureront éternellement vieux. S'il arrivait à l'un d'eux de devoir mourir, vaincu par le vent sans doute, il serait aussitôt phagocyté par la mousse et les lichens récupérant ainsi instantanément sur son vieux tronc abattu, une apparence de vert feuillage.

Tout en Bretagne respire l'Histoire et le passé. Ce qui donne sa densité au granit, c'est l'Histoire qui l'imprègne. Sous chaque pierre, dans chaque forêt, dans chaque chemin, sur chaque mur on rencontre le mystère de légendes inconnues. Tout sent la vieille civilisation, la vieille fée, le vieux druide ou la vieille romance. Ce grand âge inspire le respect. On n'ose pas déplacer une pierre de peur que, de sous le granit poli et arrondi par le temps, ne s'échappe un feu follet qui ne serait que la réincarnation d'on ne sait quelle âme ensorcelée jadis.

Le pétrole

Ce matin, le grand sujet qui domine l'actualité concerne une fois de plus le conflit avec les pays producteurs de pétrole et donc, surtout, la hausse attendue du cours du baril de pétrole. Et bien sûr, la polémique va bon train sur les répercussions de cette hausse sur le prix dès demain plus élevé à la pompe à essence pour faire rouler nos indispensables voitures.

Peut-être serait-il temps de se poser les véritables questions ? Les questions de fond.

Je vais essayer d'apporter mes propres réponses à ces questions non posées.

Le pétrole n'est pas une source d'énergie. Le pétrole est une source de matière première.

Actuellement, nous exploitons le pétrole pour ses deux qualités : source d'énergie et source de matière première. Mais en fait, il s'agit d'une source de matière première riche en carbone, facilement exploitable. La forme énergie n'est qu'une forme fossile d'énergie facilement et modiquement utilisable mais épuisable. C'est la forme stockée de longs processus de transformation de la matière par l'énergie solaire. Il a fallu des millions et des millions d'années pour que la terre génère ces stocks. Les tourbières de Bretagne n'en sont qu'une étape très lente, récente et insuffisante. Ce n'est pas demain la veille du jour où les bretons pourront exploiter un pétrole nouveau, fraîchement généré dans leur sol.

Même si l'on n'a pas totalement quantifié l'intégralité des stocks potentiels de pétrole présents sur la terre, on comprend aisément que ce stock est limité et donc épuisable. Cela ne veut pas dire que l'on doit arrêter l'exploitation de ce précieux pétrole mais cela oblige à ne l'utiliser que comme source de matière première.

Toute notre chimie est fondée sur deux sciences : la chimie minérale et la chimie organique. La chimie organique est la chimie du carbone. Cette chimie du carbone, c'est la chimie de toute matière vivante, c'est la

chimie des médicaments, des matières plastiques synthétiques etc. En résumé de tout ce qui n'est ni pierre ni métal. Regardez autour de vous, tout ce qui est ni pierre ni métal, c'est la chimie du carbone.

Les chimistes n'ont à leur disposition comme source de carbone que les végétaux, le charbon, le pétrole ou le gaz carbonique. Seul parmi ces sources, le pétrole est économiquement exploitable à l'heure actuelle et avec les connaissances physico-chimiques actuelles. Il est souhaitable qu'un jour on sache utiliser le gaz carbonique ou les végétaux comme source de carbone mais aujourd'hui le prix du pétrole (denrée oh combien rare et précieuse) est trop faible pour envisager des pistes de recherche qui conduiraient à un coût de revient fabuleux au regard du coût d'exploitation, j'ose le dire, ridiculement faible du pétrole.

Alors, oui, continuons de synthétiser nos matières premières à partir du pétrole. Mais arrêtons d'exploiter ce même pétrole comme source d'énergie. Arrêtons de brûler (parce que ce n'est pas cher) cette matière première irremplaçable, si précieuse et non renouvelable. Il faudrait aligner le prix du pétrole sur celui du diamant (qui est du carbone pur) car encore une fois c'est actuellement notre seule source d'approvisionnement de base exploitable pour faire tous les objets, substances, médicaments et matériaux que nous fabriquons en dehors des métaux et des minéraux (pierre, brique, ciment, verre) et des végétaux.

*

Mais, contrairement à ce que vous pouvez peut-être penser, je ne suis pas pessimiste du tout sur notre avenir. Il existe des solutions de rechange et l'homme saura toujours nous surprendre par son génie de l'adaptation.

Nous verrons plus loin comment et par quoi remplacer cette source d'énergie. Vous serez surpris car je ne pense pas du tout à toutes ces sources d'énergie à la mode écologiste dites renouvelables type solaires ou éoliennes.

Avant, je voudrais vous amener à réfléchir sur d'autres possibilités de remplacement du pétrole en tant que matière première, source de carbone.

Le silicium

Le carbone n'est pas l'élément le plus répandu sur terre. C'est le silicium. Et pourtant tout le système vivant (microbes, plantes, animaux ...) utilise le carbone comme élément de base (cellulose, protéines, chromosomes ...). Or, si l'on se réfère au tableau de la classification périodique des éléments de Mendeleïev, le silicium a des propriétés très proches du carbone. L'atome de carbone et l'atome de silicium sont tous les deux tétravalents et répondent donc à peu près au même mécanisme chimique de synthèse et de transformation. Il ne me paraît donc pas utopiste d'envisager un jour de pouvoir synthétiser les matériaux dont nous avons besoin à partir de silicium et non plus de carbone.

On verrait petit à petit l'usage des matières plastiques actuelles céder la place aux matériaux siliconés. Il faut s'attendre dans le demi-siècle qui vient à voir naître des grands groupes "silicochimiques" très puissants à l'instar des groupes pétrochimiques actuels. D'ailleurs l'usage des silicones a déjà débuté mais on n'en est qu'aux balbutiements. La ménagère apprécie beaucoup les nouvelles qualités des plats à pâtisserie en silicone qui n'attachent pas et résistent au four. C'est un emploi basique de ce nouveau matériau en silicone. L'utilisation des fibres de verre (donc de silicium) est également en plein essor. Mais tout reste à découvrir. Les chimistes sauront créer autant et même plus de matériaux nouveaux qu'ils ont su en inventer avec les matières plastiques à base de pétrole. La recherche est encore timide car le coût très faible du pétrole est dissuasif pour une alternative de recherche sur le silicium. Mais plus le pétrole deviendra rare et cher, plus le silicium deviendra exploitable.

*

A ce stade de ma réflexion, je vous propose de faire un peu de science fiction (peut-être pas si fiction que cela).

Je l'ai déjà dit, sur terre, tout le système vivant animal et végétal est construit sur les lois de la chimie organique, c'est à dire de molécules carbonées. Pourquoi ne pas imaginer que sur une planète d'une autre étoile que la notre se soit mis en place tout un système vivant organisé autour de l'atome de silicium et non pas de carbone ? Ce n'est pas utopiste que de l'imaginer. Et pour preuve qu'il puisse exister des races vivantes fonctionnant avec une chimie inhabituelle, je vais vous citer l'exemple des limules.

Les limules

Quand un laboratoire pharmaceutique fabrique des solutions injectables il doit, bien sûr, vérifier la stérilité du produit préparé mais aussi l'apyrogénicité c'est à dire la certitude que le produit injecté n'entraîne pas de hausse de la température corporelle. La seule méthode légale utilisable pour ces tests consiste à administrer des échantillons de produit à tester à des lapines puis à mesurer leur température corporelle à différentes périodes. Cette méthode est, on le comprend, longue et coûteuse. Mais les laboratoires peuvent heureusement procéder à un pré-test de pyrogénicité grâce au test au sérum de limules.

Quand j'étais étudiant en pharmacie notre professeur nous disait que ce test était élaboré avec du sérum d'un animal dont on n'avait jamais entendu parler : la limule. Animal tellement inconnu qu'on ne sait toujours pas si l'on doit dire un ou une limule ! Notre professeur nous expliquait vaguement qu'il s'agit d'une sorte de crabe vivant en Amérique.

En fait cette bestiole que l'on connaît très mal n'a rien d'un crabe et ne se rattache à aucune famille animale connue. Bien que vivant dans l'eau et possédant une carapace, ce n'est pas un crustacé mais un animal que l'on classe plutôt dans la famille des araignées et des scorpions. On pourrait la décrire comme une sorte de crustacé marin ayant fauté avec un tortue qui aurait elle même fauté avec un scarabée. Cet animal un peu plus grand qu'une feuille de papier existe depuis 350 millions d'années et semble n'avoir jamais subi la moindre évolution jusqu'à nos jours.

L'homme n'était pas encore apparu (-2 millions d'années) et les dinosaures non plus (-100 millions d'années). C'était l'ère primaire, celle du carbonifère, l'ère où se formait le pétrole (juste histoire de vous rappeler que je ne me suis pas trop éloigné de mon sujet d'origine : le pétrole !). Il y a soixante millions d'années, une météorite géante tombait dans le golfe du Mexique et anéantissait près de 90% des espèces animales présentes dont les dinosaures mais pas les limules qui survécurent.

La limule vit, semble-t-il dans les grandes profondeurs des océans et ne remonte à la surface qu'une fois par an, à la pleine lune de mars, aux grandes marées. A cette période, elle envahit quelques plages très précises d'Amérique centrale (toujours les mêmes) puis retourne quelque part au fond de l'océan. Les femelles pondent sur la plage des milliers d'œufs qui seront fécondés par les mâles. L'éclosion des bébés limules se fera à la grande marée suivante, un mois après. Traditionnellement les indigènes de ces lieux de ponte les ramassaient pour leur carapace qui, une fois séchée, était pulvérisée puis vendue comme engrais. Mais un jour, un chercheur a découvert que leur sang contenait un antigène capable de réagir aux pyrogènes. Depuis, l'industrie pharmaceutique ramasse les limules pour leur prélever un peu de leur sang, en extraire le précieux sérum, puis les limules sont remises à l'eau.

Mais ce qui est passionnant chez ces animaux inoffensifs, qui ne connaissent pas d'autres prédateurs que l'homme, c'est que leur sang est non pas rouge, comme le sang de tous les animaux de la terre, mais bleu ! Le sang doit sa couleur rouge à la présence d'hémoglobine. C'est une molécule capitale pour le transport de l'oxygène dans les cellules. L'hémoglobine est une grosse protéine assemblée autour d'un atome de fer, atome de fer qui confère au sang la couleur rouge que nous connaissons dans l'ensemble du règne animal.

Chimiquement, l'hémoglobine est très voisine de la molécule de chlorophylle qui assure les mêmes fonctions chez les végétaux et qui, au lieu d'un atome de fer, s'organise autour d'un atome de magnésium, lui conférant une couleur verte bien connue dans l'ensemble du règne végétal. Or chez la limule, si son sang est bleu, c'est parce que son hémoglobine ne comporte pas un atome de fer mais un atome de cuivre. Là encore, le tableau de la classification périodique des éléments de Mendeleïev nous montre bien que fer, magnésium et cuivre sont tous trois bivalents et ont des propriétés chimiques très voisines.

La limule est donc un exemple troublant d'une possibilité de diversification des canons du vivant. La vie animale s'est risquée à toutes sortes d'essais pour ne retenir que le système hémoglobine à noyau de fer mais par une sorte de raté exceptionnel elle a aussi créé une variété totalement atypique mais tout aussi viable avec une hémoglobine cuivrée. Peut-être sur d'autres planètes des êtres vivants sont-ils majoritairement pourvus d'hémoglobine cuivrée et exceptionnellement ferrique.

*

Toute cette parenthèse sur la limule pour prouver que la nature est capable d'une imagination débordante et que créer des êtres de silicone et non pas de carbone ne doit pas paraître inenvisageable.

Autre preuve du génie de la nature pour s'adapter à des conditions de vie qui nous paraissent impossibles : les animaux qui vivent à plus de quatre mille mètres de profondeur dans les fosses abyssales de l'Atlantique. Il ne reçoivent jamais la lumière et vivent à des températures de deux à quatre degrés au voisinage de geysers sous-marins sulfureux d'où se dégagent des gaz considérés pour nous comme extrêmement toxiques. Eh bien ces êtres ont su tirer parti de leur environnement pour assimiler une biochimie originale exploitant

l'hydrogène sulfuré comme source d'énergie. Un autre exemple nous est donné par ces bactéries qui vivent à plus de cent degrés dans les sources thermales des volcans des îles éoliennes. Nous qui pensions qu'à cent degrés toute vie était détruite ! D'autres animalcules vivent enfermés dans les glaces du Groenland avec un sang contenant une sorte d'antigel !

*

Soyons optimistes. La vie sera toujours plus inventive et adaptative que toutes les pollutions que nous pourrons générer. Seulement il ne faut pas être passéiste. Les formes de vie changeront, des espèces disparaîtront, d'autres émergeront. Nos forêts n'ont jamais aussi bien poussé que depuis que le taux de gaz carbonique dans l'atmosphère a crû. Je comprends les écologistes qui déplorent ces changements. Mais ils raisonnent à une ou deux générations, guère plus. Si l'on arrête de se regarder le nombril et que l'on prend beaucoup de recul pour observer la vie sous de très longues périodes on s'aperçoit que des espèces entières d'animaux et de végétaux ont disparu et que d'autres ont émergé. C'est ce mécanisme qui fait que nous sommes là aujourd'hui sur terre. Mais soyons bien conscients que l'homme n'est pas l'aboutissement. Nous ne sommes qu'une race animale parmi d'autres qui est apparue et qui disparaîtra. D'autres races avec des mécanismes biologiques différents nous succéderont.

Ne soyons pas nombrilistes. L'Homme n'est pas le centre du monde.

Tchernobyl

Les changements se font de façon très lente à la faveur de mutations souvent chromosomales et aléatoires qui conduisent souvent à une stérilité dans la descendance et qui parfois donnent naissance à un être porteur d'un nouveau gène viable qui sera peut-être à l'origine d'une nouvelle lignée. Je vais choquer en prenant un exemple extrême, celui de Tchernobyl. Cet épouvantable drame nucléaire est appréhendé à juste titre comme une catastrophe qui a brisé la vie de nombreux êtres humains. Mais sachons malgré tout dégager un côté peut-être positif de cette effroyable tragédie.

On peut supposer que parmi les personnes irradiées il y en ait une qui a vu un de ses gènes muter silencieusement, sans conséquences immédiates apparentes. Si c'est le cas, on peut se dire que, peut-être, la descendance de cette personne est dotée d'un gène qui un jour fera qu'elle aura en elle les moyens de défense envers une agression inconnue aujourd'hui et qui affectera l'ensemble de sa race non porteuse de ce gène. Je ne dis pas que Tchernobyl est un bienfait pour l'humanité mais j'essaye par un exemple choquant de montrer qu'il peut y avoir du bon en tout et que la vie sera toujours plus inventive que ce que nous imaginons.

Mais qu'est-ce que la vie ?

A ma connaissance, il n'existe pas de définition satisfaisante de la vie. Ou du moins de définition scientifique. La vie est un concept que nous appréhendons tous assez bien mais par opposition à ce qui est inerte, inanimé. On imagine des êtres humains, des animaux, des plantes, des bactéries etc. Souvent on pense qu'est vivant un organisme capable de se reproduire. Mais les chimistes savent très bien faire en éprouvette des réactions de synthèse de molécules auto-entretenuës par des catalyseurs.

Quand on a découvert la cellule et son noyau, on a cru toucher l'élément de base de la vie. Puis on a découvert le chromosome du noyau de la cellule, puis l'ADN du chromosome. Là, on a vraiment cru avoir isolé l'élément essentiel qui caractérise la vie. Mais l'ADN n'est qu'une grosse protéine composée d'acides aminés (carbone et azote) certes remarquables par leurs propriétés, mais ne cachant plus aucun mystère. Le merveilleux de la vie s'est résumé à des composants banaux.

Je pense que la meilleure définition que l'on puisse donner de la vie est : "Tout système s'opposant à la deuxième loi de la thermodynamique". Cette deuxième loi de la thermodynamique pose le principe de l'entropie de l'univers c'est à dire l'évolution vers le chaos. A l'origine, juste après le big-bang, l'univers n'était composé que de particules simples, protons, neutrons, électrons. Puis sont apparus les premiers atomes, puis les premières molécules. Très vite, l'univers s'est enrichi de molécules de plus en plus complexes, de galaxies, de planètes etc. La matière livrée à elle-même tend toujours à se complexer. C'est l'entropie. Par opposition, un système vivant va rassembler des éléments présents dans son milieu pour élaborer un catalogue fini, plus ou moins riche, de composants et va transformer le surplus en molécules simples (eau, gaz carbonique, urée...). L'être vivant tend à se conserver et il le fait en maintenant son ordre. Pour lutter contre le désordre, un organisme vivant doit constamment absorber de l'énergie. Ce concept de la vie est très large et peut choquer. En effet une roche qui se forme par cristallisation peut, à mon sens, entrer dans le concept du vivant.

C'est toujours cette difficulté à sortir de l'échelle de notre nombril qui nous limite dans l'appellation du vivant. On peut arriver à se représenter un arbre vivant âgé de deux mille ans mais une roche vivante de cent millions d'années ce n'est plus dans notre échelle de temps encadrée par une naissance et une mort.

Il ne nous est possible de concevoir l'univers que par rapport à notre nombril. Il nous est intellectuellement difficile d'imaginer qu'il puisse y avoir d'autres êtres vivants dans l'univers. Et pourtant, vu les milliards d'étoiles qui existent et vu la formidable capacité de la vie à s'adapter aux environnements les plus variés, je pense qu'il est plus raisonnable d'affirmer que la vie existe aussi ailleurs. Oui, d'après moi, il existe d'autres planètes autour des autres étoiles. Oui, d'après moi, il y a de l'eau sur la planète Mars. Oui, d'après moi, la vie existe sur Mars. Oh bien sûr pas sous la forme de petits bonshommes verts, mais elle ne peut qu'exister. L'idée que l'univers soit resté stérile à l'exception de la Terre n'est pas acceptable.

L'infini de l'univers

A-t-on conscience du nombre de galaxies, d'étoiles et donc de planètes présentes dans l'univers ? Notre système de mesure ayant naturellement tendance à prendre notre nombril comme étalon, il nous est impossible de nous représenter de telles multitudes. On peut lire dans la bible que la descendance d'Abraham lui fut annoncée aussi nombreuse que les étoiles dans le ciel ou les grains de sable sur la plage. Quand j'étais enfant, je trouvais que les deux images n'étaient pas comparables. Pour moi, les grains de sable représentaient une quantité de très loin supérieure au nombre d'étoiles, même en ne se limitant pas, bien sûr, à celles visibles. Et pourtant le nombre des astres est infiniment plus grand que celui de tous les grains de sable de toutes les plages de la Terre ! A la louche, on peut estimer que notre galaxie est composée de cent milliards d'étoiles et qu'il y aurait environ cent milliards de galaxies.

Toujours quand j'étais enfant, j'essayais de trouver des modélisations ou des concepts qui pourraient me faire entrevoir l'infini. Je me souviens d'une de ces idées : regardez un métallurgiste en train de meuler une pièce d'acier. De son disque il s'échappe une merveilleuse gerbe d'étincelles, chaque étincelle terminant sa trajectoire comme un feu d'artifice. Imaginez que dans chacune des étincelles il y ait eu la naissance et la mort d'un univers entier comme le notre mais que, observateur géant, nous pouvons observer de l'extérieur, et avec une compression du temps extraordinaire.

Poussons encore le rêve. Peut-être que le métallurgiste fait lui même partie d'une planète située dans une étincelle qu'un autre métallurgiste est en train de produire ! La durée de notre vie humaine nous conditionne trop pour qu'il nous soit possible de concevoir une telle dimension du temps où, à l'intérieur de chaque étincelle un univers comme le notre avec ses évolutions et ses transformations ait pu avoir lieu. Mais on comprend bien que, face à l'infini, notre Terre n'est pas le centre de l'univers et ne peut pas être unique. J'ose aller plus loin : il n'est pas raisonnable de penser que nous sommes les seuls êtres vivants et pensants de l'univers. Oui, la vie existe sûrement aussi ailleurs et oui, d'autres êtres humains y vivent. Christophe Colomb n'imaginait sans doute pas l'existence d'autres hommes en dehors du vieux continent. Et si l'on s'abstient de se prendre pour le nombril du monde, il est raisonnable de penser que sûrement nos frères d'ailleurs connaissent pour partie un stade d'évolution plus avancé que le notre.

Pour moi c'est une certitude et comme je mourrai avant d'en avoir la preuve, je me plais à le penser. La seule question que mon éducation religieuse me pose est de savoir si le Christ est venu physiquement sur notre Terre pour sauver tous les hommes. Si la réponse est oui, nous ne pouvons pas imaginer l'honneur extrême que nous a fait Dieu en choisissant notre planète. Encore une pensée résultant de notre nombrilisme ! Il y a bien eu un peuple élu par le Christ. Pourquoi pas une planète élue ?

*

Comme promis au début, je n'oublierai pas de vous exposer mes idées sur la nécessité et la façon de remplacer le pétrole par une autre source d'énergie. Mais comme pour y parvenir, en passant par les limules, j'en suis arrivé à évoquer Dieu, je me permets encore une parenthèse pour essayer d'exposer ma conception très chardiniste de Dieu.

Qui est Dieu ?

Dieu est Amour (ce n'est pas de moi !). Einstein a écrit une remarquable équation $E=mc^2$. Cette équation prouve tout simplement que toute la matière n'est qu'énergie (et inversement). Tous les cinq cents ans environ l'humanité donne naissance à un génie qui révolutionne nos façons (nombrilistes) de penser. Le dernier c'était Einstein et avant lui, Galilée. (Il ne faut vraiment pas être nombriliste pour pouvoir imaginer que le soleil ne

tourne pas autour de la terre mais l'inverse !) Je pense donc que dans cinq cents ans un nouveau génie sera capable d'écrire une nouvelle équation mettant en relation l'amour et la matière. Je pense, qu'à l'origine tout n'est qu'amour. L'univers entier n'est qu'un grand bain d'amour dans lequel, à certains endroits cet amour se cristallise en matière.

Vu sous cet angle, il est plus facile de comprendre que l'univers est infini. Si l'on oublie les galaxies et que l'on se représente l'univers comme un vaste bain d'amour, il est aisé de concevoir l'aspect infini de l'univers, sans limites, sans début ni fin. Pour les hommes, je pense qu'il en est de même. Il n'y a ni naissance ni mort. Nous étions amour, nous recevons une enveloppe matérielle de chair pour générer de l'amour puis nous quittons ce corps pour redevenir amour pur. La félicité du Paradis c'est de vibrer en phase avec tous les actes d'amour aussi petits soient ils qui sont générés ici ou là. Le mal correspond à des discordances dans ces harmoniques d'amour. Tant qu'on n'est pas conscient du mal, le mal n'existe pas. Un mélomane qui ne reconnaîtrait pas les fausses notes serait heureux dans une cacophonie.

Au tout début de la Genèse, la Bible nous explique qu' "Adam et Eve croquèrent du fruit de l'arbre de la connaissance du bien et du mal" et ajoute aussitôt "ils reconnurent qu'ils étaient nus". Tout est dit. Jusqu'à deux ans, un enfant n'a pas conscience de ce qui est bien ou mal. Il n'est qu'amour. Un indien d'Amazonie au fond de sa forêt vierge est heureux dans sa pauvreté jusqu'à ce qu'il découvre notre civilisation qui va créer en lui des besoins et lui faire connaître qu'il est nu.

Bien sûr toutes ces élucubrations sont strictement personnelles et en aucun cas je ne désire imposer ma façon penser à qui que se soit.

*

Mais revenons au pétrole. Pétrole matière première indispensable et irremplaçable oui, mais pétrole source d'énergie non. Il ne viendrait pas à l'idée du conservateur du musée du Louvre de brûler une partie de ses toiles pour chauffer ses locaux ! C'est pourtant ce que nous faisons en utilisant le pétrole comme source d'énergie. C'est compréhensible puisque c'est actuellement la source d'énergie la plus facilement exploitable pour un prix acceptable. On pourrait donc continuer mais les stocks s'épuisant, le prix de cette énergie va grimper de plus en plus vite. Cette augmentation du prix serait la bienvenue car elle rendrait les autres sources d'énergie compétitives. Mais le problème est, qu'une fois enfin abandonné le pétrole comme énergie, le peu qui restera sera toujours, comme je l'ai expliqué au début, indispensable et irremplaçable comme source de matière première. Ce n'est même plus une question de coût, c'est que, pour l'instant, techniquement, nous ne savons pas utiliser autre chose que le carbone et que ce carbone, pour l'instant, techniquement, nous ne savons l'exploiter qu'à partir de sa forme pétrole.

Alors notre civilisation va-t-elle être condamnée à régresser ? Sûrement pas. La solution existe. Solution qui va forcément prendre forme au cours de ce XXI^{ème} siècle.

L'énergie presque gratuite

Les historiens ont l'habitude d'associer un qualificatif à chaque siècle. Par exemple le siècle des lumières ou le siècle des grandes inventions industrielles. Pour le XX^{ème} siècle, je pense que les historiens retiendront le qualificatif de siècle de la communication. C'est en effet durant ce dernier siècle qu'ont été découverts ou largement exploités la TSF, la télévision, le train, l'automobile, les fusées, les satellites, le téléphone, l'ordinateur, internet, etc . On l'a oublié mais en 1990, le commun des mortels ignorait les termes internet et téléphone mobile. Aujourd'hui, il ne se passe pas une seule journée sans que nous ayons prononcé ces mots. Tout va très vite et de plus en plus vite.

Au milieu du XX^{ème} siècle, tous les auteurs de science fiction nous décrivaient les villes de l'an 2000 parcourues par des véhicules volants. Nous savons qu'il n'en est rien.

Il est donc très difficile de mettre un qualificatif sur un siècle sans un certain recul. Et pourtant je me hasarde à prédire que le XXI^{ème} siècle sera retenu plus tard comme étant le siècle de la découverte et de l'usage de l'énergie gratuite (ou presque).

En attendant cette énergie gratuite, on va voir, bien sûr, se développer toutes sortes d'énergie palliatives devenues compétitives comme la géothermie, les éoliennes, la biomasse, les capteurs solaires etc. Mais la solution définitive ne se trouve pas là.

Le 28 juin 2005, il s'est passé, à mes yeux, l'événement le plus important depuis l'invention du feu (rien que ça !), il y a 500 000 ans. Et pourtant, dans aucun média, cet événement n'a fait la une. En 2005 la communauté scientifique internationale a décidé le lancement du projet ITER. En plus (cocorico) il a été décidé que ce lancement aurait lieu en France, à Cadarache.

ITER

Alors qu'est-ce que c'est que ITER ? Toute l'énergie disponible sur la terre, sous forme fossile ou non, provient directement ou indirectement du soleil. Alors pourquoi ne pas essayer de créer un petit soleil sur la terre ? C'est l'ambition très schématisée du projet ITER. Autrement dit, maîtriser la fusion nucléaire. Rien à voir avec la fission nucléaire que nous connaissons. Les centrales nucléaires actuelles exploitent cette fission des atomes pour produire de l'énergie. Et c'est tant mieux car c'est toujours ça d'économisé sur les stocks de pétrole. Mais, en gros, ces centrales nucléaires ne sont que des petites bombes atomiques que l'on tente de maîtriser à coup de barres de graphite, d'eau lourde, d'écrans de plomb, et de confinement. La chaleur dégagée par cette mini-bombe atomique réchauffe de l'eau de rivière pour la transformer en vapeur qui fait tourner une turbine (merci Denis Papin). C'est très lourd, coûteux, polluant et potentiellement dangereux.

Dans la pile à fusion nucléaire, on lance deux atomes l'un contre l'autre, non pas pour casser leur noyau comme dans la fission, mais pour les fusionner, comme dans le soleil. Cette fusion s'accompagne aussi d'un énorme dégagement de chaleur mais surtout, elle n'utilise ni ne génère de produits radioactifs à vie longue ni de gaz à effet de serre. On utilise comme source et en très petite quantité de l'hydrogène, donc de l'eau. Souvenons nous de la formule $E=mc^2$. On voit que l'énergie est proportionnelle à la masse avec un facteur multiplicateur qui n'est rien moins que le carré de la vitesse de la lumière (300 000 km/seconde au carré !). Quel potentiel d'énergie dans peu de masse ! Pour mémoire c'est l'occasion de rappeler qu'une trop méconnue jeune et jolie physicienne française à la vie passionnante, Emilie du Châtelet (1706-1749), avait déjà énoncé que l'énergie cinétique était proportionnelle au produit de la masse par le carré de la vitesse ($E=\frac{1}{2}mv^2$).

La fusion nucléaire est LE moyen utilisé partout dans l'univers (les étoiles et donc notre soleil) pour transformer la matière en énergie. Alors pourquoi chercher autre chose ? Tous les systèmes que nous utilisons jusqu'à aujourd'hui sur terre pour obtenir de l'énergie ne sont que des exploitations plus ou moins directes de l'énergie que nous fournit le soleil. Le pétrole, par exemple, n'est que de l'énergie solaire fossile de la synthèse chlorophyllienne ancienne des plantes du carbonifère.

Vouloir recréer un petit soleil sur terre, c'est-à-dire construire une pile à fusion nucléaire peut paraître utopique. Mais cela ne l'est pas. Le 9 novembre 1991 à 19h44, les anglais ont déjà réussi un tel exploit dans le JET européen et ont produit un mégawatt pendant deux secondes. Donc la technique est connue et la faisabilité prouvée. Mais la pile anglaise a nécessité plus d'énergie pour fonctionner qu'elle n'en a produit. Le projet ITER s'est donné pour mission de porter cette production à au moins dix minutes et une production d'énergie dix fois supérieure à celle consommée. Il ne s'agira toujours que d'une pile expérimentale. Les moyens techniques à mettre en oeuvre sont tellement colossaux qu'aucun état, à lui seul, n'a les moyens de cette recherche. ITER est un projet international dans lequel tous les grands pays s'engagent.

Le site de construction prévu était initialement au Japon mais en 2005, c'est la France qui a été définitivement retenue comme pays hôte. Il faudra dix ans pour mener à bien la construction du prototype expérimental puis encore environ dix ans pour les essais, la mise au point et l'exploitation des résultats, et commencer à construire une première pile commercialement et économiquement exploitable. On espère alors maîtriser suffisamment la technologie afin d'élaborer des réacteurs de taille beaucoup plus réduite, avec un rendement satisfaisant et une production continue.

Dans une pile à fusion on fusionne un atome de deutérium avec un atome de tritium pour obtenir un noyau d'hélium plus un noyau libre. Les atomes de deutérium et de tritium sont des isotopes de l'hydrogène. Il suffit de trois cents litres d'eau de mer pour obtenir un gramme de deutérium. Avec une douzaine de mètres cubes d'eau de mer on pourra produire un gigawatt d'électricité pendant un an c'est-à-dire la production d'une centrale nucléaire actuelle. Tout cela doit se faire à des températures extrêmement élevées (100 millions de degrés). A cette température la matière est à l'état de plasma comme dans notre soleil. A l'école on continue d'apprendre les trois états de la matière : solide, liquide, gazeux. On ne parle jamais du quatrième qui est pourtant l'état, de loin, le plus répandu dans l'univers (99%), celui des étoiles, le plasma.

*

En très schématisé, le principe d'un réacteur à fusion consiste en un gros anneau creux (tore) dans le quel on fait tourner des atomes à très grande vitesse. Pour y parvenir, il faut que cet anneau soit cerclé de gigantesques électro-aimants pour créer un champ magnétique très élevé. Cette intensité du champ magnétique est telle que de simples bobinages électriques, même refroidis, ne suffisent pas. Il faut faire appel aux matériaux supraconducteurs. Ces matériaux supraconducteurs sont des alliages spéciaux qui, à des températures négatives très basses manifestent différentes propriétés étonnantes dont celle de n'offrir quasiment aucune résistance au

passage du courant électrique et donc pas d'échauffement. Mais il faut des températures vraiment très basses. On emploie l'hélium liquide à -269°C . Pour mémoire le zéro absolu est à -273°C . Le zéro absolu est la température la plus basse que l'on puisse mathématiquement envisager. On ne pourra jamais descendre en dessous, ni même l'atteindre.

On voit que pour faire fonctionner un réacteur à fusion il faut beaucoup d'énergie pour produire parallèlement et paradoxalement beaucoup de chaleur et beaucoup de froid. Tout l'art consiste à faire cohabiter, au sein d'une même machine, un froid extrême, celui de l'espace intersidéral, et une température colossale, supérieure à celle de la surface du soleil. Un générateur à fusion nucléaire est un gros silo d'hélium liquide à -268° à l'intérieur duquel se trouve une "grosse boîte" contenant un plasma à cent millions de degrés.

Ce type de pile peut s'auto-alimenter, et si tout va bien on peut envisager une construction généralisée d'ici une cinquantaine d'années dans tous les pays de la terre. La France, en offrant le site de Cadarache s'est engagée à rendre public auprès de toutes les nations le fruit de ses recherches.

Peut-être même que la technologie galopante nous permettra de construire des piles miniatures individuelles par maison, voire portables pouvant équiper une voiture par exemple. C'est complètement utopique aujourd'hui mais il faut tenir compte des nouvelles découvertes inévitables qui vont se faire en un siècle. On peut penser à de nouveaux alliages supraconducteurs à des températures plus proches de nos températures habituelles.

Si sous Napoléon on avait dit qu'au siècle suivant on pourrait voir et entendre en France un américain, les plus imaginatifs des scientifiques de l'époque n'auraient pu que se représenter un système complexe de chaînes de ballons équipés de gigantesques porte-voix et miroirs, disposés tout au long de l'Atlantique. Aucune autre solution ne pouvait être envisageable. Et pourtant, la télévision est apparue. Alors des technologies que nous ne pouvons pas soupçonner aujourd'hui verront certainement le jour demain. Il était aussi inconcevable d'imaginer la "télé-vision" sans se faire expliquer le principe de réalisation que, pour nous aujourd'hui, est inconcevable l'idée que l'on puisse par exemple, un jour, effectuer une "télé-portation" ou lire les pensées de quelqu'un.

En attendant la généralisation de l'utilisation de l'énergie de fusion nucléaire, il faudra bien que l'on développe rapidement l'exploitation de la biomasse c'est-à-dire, pour la France, transformer une partie des productions agricoles ou forestières en éthanol. C'est moins cher que le pétrole et surtout moins polluant et cela économise les stocks de pétrole restants.

*

L'énergie quasiment gratuite partout. Génial ! Pas si sûr. Je vous laisse envisager toutes les conséquences et changements d'habitudes de vie qui en découleront. Bien sûr je pense que très vite on éclairera les cités et les routes toute la nuit mais pourquoi pas aussi les champs dans les campagnes pour augmenter la productivité. Pourquoi ne pas aussi climatiser le Sahara ? Drôle de vie qui nous attend où il fera jour 24 heures sur 24. Ce n'est pas inconcevable si l'on réalise qu'aujourd'hui nous sommes parfaitement satisfaits de pouvoir continuer à nous éclairer et à rester actifs après le coucher du soleil. On s'habitue à tout et on ne fait que rarement machine arrière.

Cette technologie et cette abondance d'énergie ne seront pas réservées aux pays industrialisés. Elle sera à la disposition de tous les pays de la Terre. Le sous-développement devrait enfin cesser. Mais un autre problème va faire son apparition simultanément : le problème de l'eau potable.

Réchauffement climatique



Le réchauffement climatique est une évidence. Mais ce réchauffement n'a rien à voir avec l'alternance historique des périodes de glaciation et de réchauffement de la planète. Ne pas confondre le réchauffement de la

planète dû à une suractivité industrielle et à l'émission de gaz carbonique (effet de serre), avec un réchauffement ou un refroidissement cyclique de la Terre, type périodes glaciaires, non mesurable à notre échelle humaine.

Cette montée inhabituelle de la température moyenne de l'atmosphère est, à l'évidence, due au fait qu'en un siècle, nous avons brûlé la presque totalité de l'énergie fossile stockée sur la terre au cours des trois ou quatre derniers milliards d'années ! Depuis la fin du XIXème siècle l'homme a brûlé la quasi-totalité du charbon, du gaz et du pétrole. Ca fait quand même un beau feu surtout si l'on rajoute l'effet de serre. Pas étonnant que la température ait grimpé. Mais ne prolongeons pas la courbe de cette hausse. Le feu va bientôt s'éteindre faute de combustible. Avant l'exploitation du pétrole, nous ne disposions que de la graisse de baleine comme combustible industriel. Et comme pour le pétrole aujourd'hui, les baleines ont été menacées de disparition.

Si actuellement les pays riches sont ceux qui détiennent ou peuvent acquérir du pétrole, je pense que plus tard les pays riches seront ceux qui auront accès aux réserves d'eau potable. Et ce ne seront pas les mêmes régions qu'aujourd'hui. Réchauffement climatique dû à la suractivité oblige. A mon avis les conséquences seront autrement plus importantes que celles des conflits pétroliers. Car si l'on peut vivre sans pétrole, on ne peut pas vivre sans eau. Mais restons optimistes.

Je profite de l'évocation du problème du réchauffement climatique pour préciser que les deux pôles de la Terre sont gelés mais ne sont pas du tout de même nature. Le pôle nord est une banquise, c'est à dire de l'eau de mer salée gelée sans continent en dessous alors que le pôle sud est un continent recouvert de glaciers, donc d'eau douce. Si l'on fait fondre la banquise, le niveau de l'eau des océans ne s'élèvera pas d'un centimètre mais si les glaciers du pôle sud fondent, c'est différent. Faites une expérience : Prenez un verre de pastis avec un glaçon. Marquez sur le verre le niveau du liquide. Vous verrez, quand le glaçon aura fondu, que le niveau dans le verre est resté le même.

Cataclysmes

Il faut savoir rester lucide face à toutes les prévisions alarmistes que l'on entend. Il faut réfléchir et se faire son propre jugement de bon sens. La hausse du niveau des océans ne sera jamais un phénomène brutal et catastrophique. Les dommages seront surtout sévères dans les îles des atolls coralliens qui seront englouties.

Par contre, il est évident, qu'avant la fin de ce siècle, des villes très peuplées comme Los Angeles ou Istanbul seront détruites par des tremblements de terre. Des villes comme Naples ou Clermont-Ferrand seront rasées par des éruptions volcaniques. Des villes comme Nice seront submergées par un tsunami. Tout cela est connu, prévisible, mais on continue de jouer les cartes de l'ignorance, de l'impuissance et de la fatalité.

Cette attitude n'est sans doute pas critiquable car une vie hantée par la peur ne serait plus une vie mais une paralysie angoissante. On connaît tous les dangers de la route mais on continue à être des automobilistes et c'est tant mieux.

Eoliennes

Nous devons absolument dénoncer l'arnaque phénoménale qu'est la mise en place en France de plus de 15 000 éoliennes dans le but mensonger de produire de l'électricité à pas cher et sans émission de gaz à effet de serre. La France produit le KWh d'électricité le moins cher du monde et comme 77% de cette électricité est produite par des centrales nucléaires, la production de CO2 est très minime. Les éoliennes ne peuvent fournir de l'électricité qu'en présence de vent. Cette production n'étant pas stockable, les périodes (nombreuses) de sous-production devront être compensées par des productions venant de centrales thermiques, très émettrices de CO2 et voraces en pétrole. Par contrat, EDF est tenu d'acheter la production électrique des éoliennes. Le problème est qu'EDF achète ces KW très cher, beaucoup plus cher que sa propre production. Au final, c'est nous, les consommateurs qui payons ce surcoût. Regardez la ligne vicieuse de vos factures EDF "autres prestations" ! Ce montant est appelé à croître. Sans parler de la dégradation évidente du paysage et de l'absence totale de prévision ou d'engagement sérieux pour le démantèlement des éoliennes dans quinze ans. Le coût sera insupportable. Et d'ailleurs, qui devra payer ? le propriétaire du terrain, la commune, la région, l'état ?

Pêche

Ne nous culpabilisons pas trop dans le cadre des campagnes de préservation des ressources de la planète. Il faut relativiser. Rien ne sera jamais catastrophique. C'est une évolution, un changement voire une perturbation mais il y aura toujours adaptation. Par contre, si l'on ne veut pas d'une mer stérile trop tôt, il faudrait réduire, dès maintenant et de façon très significative, les quotas de pêche en mer. Actuellement, avec

nos chalutiers, il faut environ une tonne de gaz-oil pour pêcher une tonne de poisson ! Le moindre banc de poisson dans tous les océans est repéré, traqué et capturé où qu'il soit. Et que dire des filets dérivants de plus de 200 Km de long. Sans parler du littoral qui est dragué en permanence de long en large, se trouvant vidé de tout herbier et flore marine propice à la vie aquatique. Il faudrait n'autoriser la pêche, même au large, qu'à la ligne et à la voile. On en est arrivé à aller pêcher le poisson dans les grandes profondeurs (plus de 400 mètres) comme le sabre noir et le grenadier, poissons qui étaient encore inconnus il y a vingt ans. Cessons de dilapider les trésors des océans. Oui, mais le poisson c'est bon et il faut bien manger, me direz-vous. Et bien tournons nos efforts vers l'aquaculture. L'essentiel de notre consommation de viande vient bien d'élevage (vaches, porcs, volailles...) et très accessoirement de la chasse. Faisons pareil pour le poisson. On économisera du fuel et la biodiversité des espèces marines sera peut-être préservée.

Avec la raréfaction des poissons dans la mer, il faut s'attendre à observer, à court terme, une prolifération des méduses et du plancton qui n'auront plus de prédateurs. La mer va devenir un immense cloaque croupissant. Les cadavres de cette biomasse tomberont au fond des océans où des animaux marins des grandes profondeurs pourront bénéficier de cette source protéinée providentielle pour vivre. Ce sont ces nouveaux animaux qui pourraient, dans plusieurs millénaires, avoir échappé à des cataclysmes et réensemencer la vie sur terre. En effet ils ne seraient pas incommodés par le froid et l'obscurité qui pourraient envahir la terre en cas de collision avec une météorite ou d'irradiations nucléaires par exemple. Comme quoi, sur le long terme, il faut rester optimiste.

Synthèse

J'arrive à la fin de mon développement. C'est le moment de faire une synthèse de tout ce que j'ai raconté.

La seule source utilisable de matière première est le carbone. Aujourd'hui nous ne savons exploiter le carbone qu'à partir de la forme pétrole. Les stocks possibles de pétrole seront bientôt épuisés. Mais restons optimistes car d'autres voies seront sûrement exploitées un jour, comme le silicium par exemple, mais dans très longtemps.

- Dans l'immédiat la consommation actuelle du pétrole va forcément ralentir du fait de coût d'exploitation de plus en plus élevé au fur et à mesure de sa rareté. On pourra donc conserver le peu de pétrole restant pour les synthèses de matériaux et produits chimiques. En effet la principale et aberrante utilisation du pétrole comme source d'énergie va petit à petit disparaître au profit de bioénergie dans un premier temps puis dans un deuxième temps de la fabrication d'énergie inépuisable grâce à la fusion nucléaire. En attendant, suite aux canicules et aux hivers rigoureux il faudra bien envisager de construire des habitations, collectives, réellement thermo-isolées comme de véritables thermos sans chauffage ni climatisation.

- Essayons de dépasser la vision que nous avons par rapport à notre nombril pour comprendre que nous ne sommes pas le centre du monde. D'autres êtres vivants et pensants existent dans l'univers et l'Homme n'est pas l'espèce définitive et l'aboutissement de la création. Il existe bien des limules au sang bleu.

- Le réchauffement climatique dû à l'émission de gaz à effets de serre est inévitable. N'essayons pas de croire que l'on pourra le réduire. Mais soyons optimistes là encore car des adaptations surviendront et la vie continuera envers et contre tout. Regardons notre passé, regardons d'où nous venons. On sait bien que la Terre a subi de profondes mutations géologiques et climatiques, et pourtant nous sommes là et heureux d'y être.

- Commençons à nous préoccuper des problèmes de ressources en eau potable sur la planète et de leur répartition. Le pétrole n'est pas indispensable à la vie mais l'eau oui.

- Cessons la pêche industrielle et développons l'aquaculture.

Prisons

J'ajoute un dernier souhait qui n'a rien à voir avec tout ce qui précède mais qui me tient à cœur : supprimons les prisons. Nous avons enfin supprimé la torture, l'esclavage et la peine de mort, il est temps maintenant de considérer comme inconcevable qu'une société puisse incarcérer un homme. Surtout dans les conditions inadmissibles, que nous ne voulons pas connaître, de détention. Celui qui a commis une faute envers la société ne doit pas être banni mais soutenu par cette société. Il est concevable de mettre à l'isolement une personne qui se montre dangereuse pour les autres mais sa prison doit être dorée. On hospitalise un malade si il est contagieux ou pour lui apporter un maximum de soins. Il est alors entouré d'un plateau technique maximum et d'une équipe soignante serviable. Je ne veux pas dire que ceux qui sont emprisonnés sont des malades mais leurs conditions de détention ne doivent plus présenter ce caractère inhumain, dégradant et avilissant. Le juge qui prononce une peine d'emprisonnement prononce une peine de privation de liberté. Il ne souhaite pas en plus

une torture morale et physique. Il est normal qu'il existe un code pénal au sein d'une société pour que, à titre préventif, chacun sache à quoi il s'expose en enfreignant les lois. Mais il n'y a pas que la prison. Les amendes, les travaux d'intérêt général, la rééducation existent. N'oublions pas que la majorité des détenus sont des défavorisés de la société ou de la naissance. Ils réclament donc de notre part plus d'indulgence et d'attention. Prison ne doit plus vouloir dire cachot de torture.

Dans le même ordre d'idée, je suis convaincu que rien, absolument rien, ne peut justifier une guerre.

Epilogue

Tout ce que je viens d'écrire ne représente que mes idées personnelles qui me tiennent à cœur depuis toujours et que je désire faire partager. Mais elles n'engagent que moi. Je comprendrais tout à fait qu'un scientifique ou un théologien critique ma façon de voir les choses. Je ne demande à personne d'adhérer à mes idées mais vous invite à mener votre propre réflexion. Il m'est d'autant plus facile d'avancer dans toutes ces élucubrations que ni vous ni moi ne serons encore là pour vérifier si mes prédictions se sont réalisées.

Vive la vie et ce que nous y mettons.
Restons optimistes.

"Un jour, quand nous aurons maîtrisé les vents, les vagues et la pesanteur, nous exploiterons l'énergie de l'amour.

Alors pour la seconde fois dans l'histoire du monde, l'homme aura découvert le feu."

Pierre Teilhard de Chardin

François AUBERT

Quiberon
Septembre 2006

Merci à Martine Allard pour les deux illustrations issues de son site :
<http://www.martineallard.com/toiles.html>

Texte visible sur :
<http://aubert.canalblog.com>