

## Quelques réflexions à propos des centrales électriques

MICHEL KARATCHENTZEFF

(Physicien, membre T.O.S.)

### Avertissement, copyright

Michel Karatchentzeff © 2002

Ce document est publié en l'état dans le seul espoir qu'il sera lu et il est placé sous la *Public General License*, version 2.0 ou ultérieure, dont l'ensemble<sup>1</sup> des caractéristiques se trouve à l'adresse

<http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>

La seule version réputée valable de ce document est celle que l'on trouve sur le site

<http://MichelKaratchentzeff.free.fr>

et peut-être modifiée sans préavis.

*(Ce texte a été publié dans T.O.S., la revue de l'Association Nationale pour la Protection des Eaux et Rivières à l'occasion du quarantième anniversaire de cette association.)*

TEX est une marque déposée de l'*American Mathematical Society*.

---

<sup>1</sup> Dans les grandes lignes, ce document peut être librement redistribué et modifié, sans réserve, tant que cette licence ne change pas, mais l'original doit être cité ainsi que ses auteurs. De plus, il n'est apporté **aucune** garantie, d'aucune sorte et pour tout usage, quant aux conséquences d'une utilisation malheureuse du présent document, ce qui veut dire en particulier que rien ne peut être réclamé à l'auteur ou à ses collaborateurs, quelque soit le résultat obtenu en l'utilisant.

Ces dernières années ont vu, un petit peu partout en France, des demandes de renouvellement de concessions de barrages par l'Électricité de France. Des demandes de mise en fonctionnement de réacteurs dans des centrales nucléaires ont été également formulées et l'arrêt de Superphenix a été décidé par le gouvernement.

Ces deux types d'événements sont-ils significativement liés dans l'esprit de nos contemporains ? Apparemment non, si l'on en croit la grande presse qui passe sous silence le premier et préfère parler (mal) du dixième anniversaire de l'accident de Tchernobyl plutôt que de célébrer le centième anniversaire de la découverte de la radioactivité. Le moins que l'on puisse dire est que dans les deux cas, elle n'informe pas.

Mon propos n'est pas de prendre la place d'un journaliste, ce n'est pas mon métier, mais d'essayer simplement d'exposer quelques réflexions parmi bien d'autres auxquelles, en tant que physicien, ces types d'événements me font penser.

### **De la notion d'énergie et de sa dégradation.**

Du point de vue de la physique, le problème posé dans les deux cas (barrages – centrales nucléaires) est celui de la transformation de l'énergie<sup>2</sup>. D'un côté, on transforme l'énergie potentiellement accumulée dans un barrage en énergie électrique, de l'autre, c'est l'énergie calorifique dégagée au cours d'une réaction nucléaire qui est transformée en électricité ; j'ai bien dit "la transformation de l'énergie" et non de la création, car on ne sait pas créer de l'énergie comme on l'entend dire souvent, on ne sait que la transformer ; et la racine du problème est là : on est incapable (c'est le second principe de la Thermodynamique ou principe de la dégradation de l'énergie) d'effectuer cette transformation complètement ; dans le résidu, c'est-à-dire dans ce qu'on n'a pas réussi à transformer, se trouve *en particulier* ce qu'on appelle la pollution.

J'essaie de m'expliquer sur ce point où l'on trouve bien des contre-vérités. Trop souvent les gens raisonnent comme si l'énergie totale dont les hommes disposent était une quantité que l'on appelle *conservée*, et donc dans leur esprit indéfiniment disponible ; c'est une erreur<sup>3</sup>. Ce que nous apprend la thermodynamique, c'est qu'au contraire,

---

<sup>2</sup> En physique, la notion d'énergie n'est pas simple à définir compte tenu des multiples facettes qu'elle recouvre. Pour la compréhension de ces quelques lignes, il suffit que le lecteur la rattache à la notion intuitive de "travail" : l'énergie sera alors ce qui a été nécessaire de faire intervenir pour la réalisation d'une transformation bien définie. Par exemple, pour faire tourner les pales d'un moulin, il faudra que le vent souffle avec un minimum de vitesse ; on dit alors que le vent transporte l'énergie suffisante pour faire fonctionner le mécanisme du moulin ; la farine provenant du broyage du grain est le résultat du travail obtenu à partir de l'énergie disponible dans le vent. Il est à noter que, comme le vent ne s'arrête pas de l'autre côté des pales du moulin, on n'a utilisé qu'une fraction de l'énergie disponible dans le vent.

<sup>3</sup> La confusion provient de ce qu'il existe, dans le langage des physiciens, un principe appelé le "principe de la conservation de l'énergie" que d'aucuns rattachent trop rapidement à la fameuse citation attribuée à Lavoisier : «Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. »

Cette phrase, trop souvent citée hors de son contexte, accroît la tendance que l'on trouve fréquemment et qui consiste à penser que la quantité d'énergie totale disponible sur notre planète est constante. C'est faux.

En réalité, Lavoisier avait déduit de ses expériences que la masse d'un corps isolé devait être égale à la masse de ses constituants. C'est en généralisant cette propriété en loi (c'est-

cette énergie va se dégrader petit à petit jusqu'à disparaître. D'après nos connaissances actuelles de l'évolution du monde, il est cependant plus que probable qu'avant que ceci n'arrive, le soleil sera passé par une phase d'expansion au cours de laquelle il absorbera les planètes de son système en les consommant ; il terminera ensuite son existence sans éclat en se concentrant sur lui-même après avoir "brûlé" toute l'énergie propre dont il disposait.

Que ce soit pour l'homme, la Terre ou notre système solaire, la mort est au bout du chemin. Pour les deux derniers simplement, ce n'est pas pour demain : l'échelle de temps n'est pas la même, il s'en faut de beaucoup et l'anéantissement, théoriquement prévu, de notre système planétaire n'a pas à être actuellement pris en compte dans nos préoccupations.

L'énergie *disponible* va donc en décroissant ; mais ce n'est pas tout : ce que nous disent également les lois de la physique, c'est que l'énergie ne peut se transformer qu'en partie, la part non utilisée étant perdue à jamais. Cette propriété n'est pas évidente, et, pour tenter de me faire comprendre, je prendrai un exemple tiré de la vie courante ou qui pourrait l'être.

Supposons que vous deviez remplacer les tuiles de votre toit. Vous vous faites livrer les palettes supportant les nouvelles tuiles et vous installez une poulie pour les monter sur votre toit. Le décor est posé, le problème aussi : comme tous les problèmes de classement, il est simple à exposer (remplacer les anciennes tuiles par les nouvelles), il est souvent beaucoup plus subtil à résoudre.

Une première méthode consiste à monter sur le toit, ôter les tuiles, puis utiliser la gravitation en les jetant au sol avant de se servir de la poulie pour monter celles qui vont les remplacer, et enfin de disposer ces dernières sur le toit. A-t-on utilisé au mieux l'énergie disponible au cours de ce "travail" ? Non, comme le montre la méthode qui consiste, au lieu de rejeter les tuiles, à les disposer sur un plateau contrebalancé par un autre qui supporte une palette (ou une partie) de tuiles neuves. Lorsque le poids des tuiles anciennes dépassera légèrement celui des tuiles neuves, le système des deux plateaux se mettra en mouvement tout doucement et les tuiles neuves arriveront sans effort sur le toit où il n'y aura plus qu'à les disposer<sup>4</sup>.

---

à-dire en l'admettant pour vraie) que l'on a édifié la chimie. Il faut maintenant bien avoir présents à l'esprit deux faits :

- la loi stipule que le corps doit être isolé, c'est-à-dire sans la moindre interaction possible avec tout ce qui n'est pas le corps ; actuellement, on n'en connaît pas d'exemple ; la Terre, pour ne citer qu'elle, n'est pas isolée dans l'espace puisqu'elle reçoit, entre autres énergies, l'énergie lumineuse du soleil.
- on a montré depuis que cette loi n'était exacte qu'à l'approximation des mesures de l'époque : un siècle après l'assassinat de Lavoisier par les politiques du temps (*la République n'a pas besoin de savants*), on découvrait l'énergie nucléaire et la relation entre masse et énergie (la fameuse formule  $E = mc^2$  que tant de personnes écrivent sans en connaître la signification) ; le principe de la conservation de la masse était alors remplacé par celui de la conservation de l'énergie, mot introduit *en physique* pour la circonstance.

<sup>4</sup> Ce système, bien connu des anciens couvreurs, a presque complètement disparu dans notre

Ce qu'il faut bien voir dans cet exemple, c'est que, si l'on utilise la première méthode, l'énergie dont on dispose avec les tuiles sur le toit est à jamais perdue lorsqu'on les rejette. Si l'on veut à nouveau disposer d'une énergie équivalente, il faudra remonter les anciennes tuiles sur le toit<sup>5</sup> et de ce fait dépenser un travail supplémentaire (et inutile).

Cela étant, ce que disent également les lois de la physique, c'est que, quoiqu'il arrive, du fait des frottements sur la poulie, l'énergie nécessaire pour remonter les tuiles sera toujours supérieure à l'énergie que l'on pourra tirer des tuiles une fois qu'elles sont sur le toit.

On voit donc bien sur cet exemple apparaître les lois citées : pour obtenir un travail donné, il est possible d'utiliser différentes méthodes ; le résultat sera le même, mais la consommation en énergie (donc le bilan) différera. Et si l'on veut revenir aux conditions initiales, le coût en énergie sera supérieur à celui de l'énergie que l'on pourra recueillir ultérieurement<sup>6</sup>.

### **Du royaume nucléaire et de son énergie.**

Si pour l'humanité, la connaissance de l'existence de la radioactivité date d'environ cent ans<sup>7</sup>, tout ce que l'on a appris depuis montre que l'énergie nucléaire est essentiellement (au sens strict du mot) liée à notre univers depuis sa création.

---

société, le travail étant fourni par un moteur (amorti par le client) mû par l'électricité (payée par le client). Il n'est pas sûr que cette méthode contribue à développer la compréhension des lois de la nature, il est par contre certain qu'elle augmente le déficit du bilan énergétique.

<sup>5</sup> Le bon sens dit alors que si l'on s'y prend comme cela, on a alors évidemment plus vite fait de monter directement les nouvelles tuiles. C'est pourtant l'une des techniques utilisées par l'Électricité de France pour la régulation du réseau : le trop plein d'électricité produit par le nucléaire sert à remonter de l'eau dans le réservoir des barrages. Cette réflexion n'est pas grossièrement ironique, elle pose le problème de la conservation de l'électricité et la question : «Qu'a-t-on fait comme recherches dans ce sens ? ».

<sup>6</sup> Le lecteur intéressé par la notion d'énergie pourra lire avec intérêt le livre de Brunhes qui a été récemment réédité et dont la référence, comme celles des autres ouvrages cités, est en fin d'article ; s'il est intéressé par l'évolution de l'univers, les divers ouvrages de G. Gamow forment un excellent point de départ ; épuisés, ils ne sont malheureusement disponibles qu'en bibliothèque.

<sup>7</sup> L'article d'Henri Becquerel intitulé *Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents* a été présenté à la séance du 02 mars 1896 de l'académie des sciences de Paris et indique clairement le 1<sup>er</sup> mars comme date de la découverte. Il n'a pas fait sensation sur le moment, l'ensemble de la classe scientifique se passionnant pour les rayons X de Roentgen. Ces radiations furent un temps appelées "rayons Becquerel" avant que Marie Curie n'invente le terme de radio-activité.

Je laisse le lecteur juger du soin tout particulier avec lequel la grande presse a célébré en 1996 le centenaire d'un événement aussi fondamental. J'ajouterai simplement ceci pour sa réflexion personnelle : "la connaissance de l'existence de la radioactivité date de cent ans" veut dire que c'est à partir de 1896 que les physiciens ont cherché à comprendre l'explication du phénomène ; ils ont mis environ quarante ans, d'un travail acharné, pour le faire ; dix ans après (1942), ils inauguraient la première pile atomique et, vingt ans plus tard, la Terre se couvrait de centrales nucléaires. Le public, c'est-à-dire les non-spécialistes, ne découvre donc ces dernières que depuis environ vingt ans ; c'est effroyablement peu pour s'en faire une philosophie.

La situation est donc paradoxale : si Monsieur Jourdain découvrait avec ravissement qu'il faisait de la prose sans le savoir, c'est parce qu'il était devenu conscient de ce qu'était la prose. Les hommes actuellement sont-ils conscients de vivre dans un monde radioactif ? Assurément non. Interrogez les gens autour de vous ; interrogez-vous vous-même. Quand la réponse est "oui", vous constaterez qu'elle est en général liée aux locutions "bombe atomique" ou "centrale nucléaire". Mais alors cela ne fait dater la radioactivité que de cinquante ans, cent ans au plus, alors que comme je l'ai dit plus haut elle accompagne le monde depuis sa création, c'est-à-dire qu'elle existait bien avant l'apparition de l'homme sur la Terre. Autrement dit, actuellement, l'homme vit dans un monde radioactif mais, contrairement à Monsieur Jourdain, il n'en a pas conscience.

Il faut donc que l'homme en prenne conscience ; mais c'est extrêmement difficile pour la simple raison que j'ai donnée plus haut : la radioactivité est intimement liée à l'évolution du monde depuis ses débuts ; on la retrouvera donc partout, dans tout et à propos de tout.

Par exemple combien de personnes savent-elles qu'en avalant un bon plat de frites, elles ingurgitent en même temps des sources radioactives émettant environ 70 radiations par seconde, et ce jusqu'à ce qu'elles aient terminé leur digestion. Elles n'en auront pas pour autant fini avec la radioactivité : l'air qu'elles respirent contient du radon, un sous produit de la désintégration de l'uranium 238 contenu dans les roches ; et ce radon est lui-même radioactif : en plein air, on admet que parmi l'ensemble des atomes de radon, une dizaine se désintègrent par mètre cube toutes les secondes ; dans une maison, ce nombre monte jusqu'à 1000 pour atteindre 10000 dans certaines régions.

Je pourrais continuer comme cela longtemps : dès qu'un corps contient du potassium par exemple<sup>8</sup>, il possède des constituants radioactifs. C'est comme cela depuis le début des temps : l'homme vit dans un environnement radioactif, avec des variations plus ou moins importantes de la radioactivité ambiante, et jusqu'ici, on n'a pas pu détecter d'effets naturels malfaisants de cette cohabitation.

On notera bien que j'ai parlé de radioactivité d'origine naturelle. J'exclus de ce fait les rayonnements dus aux concentrations faites consciemment ou non par les hommes de minerais ou de déchets radioactifs et je ne tiens pas compte, par exemple, du taux de mortalité très important que l'on trouvait chez les mineurs de Sankt Joachimsthal (vallée de Saint-Joachim) en Bohême. Lors de la recherche de veines argentifères, ils rencontraient parfois un minerai noir<sup>9</sup> dont la présence paraissait incompatible avec celle

---

<sup>8</sup> C'est le cas des engrais phosphatés, des briques, du béton, du plâtre, du charbon, de l'eau, de la plupart des aliments, et surtout des cendres qui, soit concentrent, soit dispersent les constituants radioactifs. Je ne peux que vivement conseiller pour développer ce point la lecture de l'excellent petit *Que sais-je ?* de C. Chassard-Bouchaud : *Environnement et radioactivité*.

<sup>9</sup> L'apparition de ce minerai étant de mauvaise augure, les mineurs lui donnèrent le nom de pechblende (de l'allemand *Blende*, minerai et *Pech*, poix ou poisse), soit minerai portant la poisse ou minerai noir comme la poix. En 1789, Martin Klaproth ayant effectué l'analyse de la pechblende, découvrit un nouvel élément et le baptisa *uran*, rendant ainsi hommage à son compatriote William Herschell qui s'était rendu célèbre par la découverte d'une nouvelle planète qu'il avait nommée Uranus en l'honneur d'Uranie, la muse de l'astronomie et de la géométrie. C'est dans l'industrie des colorants que l'uranium trouvera sa première application (fabrication des verres et faïences de Bohême). Puis on utilisera les sels d'uranium dans les débuts de la photographie pour le virage au brun des épreuves et le renforcement des clichés et c'est, comme nous l'avons déjà dit, en 1896 qu'une nouvelle carrière commencera pour l'uranium.

de l'argent et qui pendant des siècles était considéré comme un déchet dont il fallait se débarrasser. Il était connu à l'époque que l'on mourait jeune dans les mines ; mais pas plus à Joachimsthal qu'ailleurs, et personne ne faisait de corrélation entre mortalité et produits extraits. Il a fallu attendre la première moitié du vingtième siècle pour que l'on comprenne que les maladies respiratoires des mineurs de Joachimsthal étaient la plupart du temps des cancers des poumons frappant près de la moitié du personnel du fond et avaient pour origine statistique le rayonnement ambiant.

Il s'agit d'un cas extrême, d'un des rares cas connus de ce type. Et il faut le mettre en parallèle avec les doses d'irradiations proposées comme traitements ou comme cures à la même époque. La découverte, aujourd'hui, d'officines offrant des services analogues serait vraisemblablement la cause d'une série d'infarctus parmi le personnel de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire et devrait conduire immanquablement les responsables de ces sociétés en prison<sup>10</sup>.

Il reste à dire pour calmer toute angoisse chez le lecteur qu'on admet qu'actuellement, et en moyenne, 68% de la radioactivité reçue par l'homme est d'origine naturelle (radon 37%, matériaux 12%, rayons cosmiques 10%, corps humain 9%) et seulement 32% d'origine artificielle (dont 29% dus aux examens radiologiques et 3% aux retombées des essais nucléaires, industries, ...). Il ne s'agit bien entendu que de chiffres moyens, essayant d'estimer l'ensemble des données du problème. On trouvera donc facilement de fortes variations locales, à Tchernobyl par exemple.

### De l'énergie électrique.

En quoi les différents types de centrales se distinguent-ils les uns des autres ? Les centrales hydrauliques se servent d'un flux d'eau (une chute dans le cas des barrages, les marées ou le courant d'une rivière) pour entraîner un alternateur qui fournit de l'énergie

---

<sup>10</sup> Une parenthèse doit être maintenant ouverte sur les mesures de radioactivité. On mesure l'activité d'un corps radioactif par le nombre d'atomes de ce corps qui se désintègre en une seconde. L'unité correspondante est le *becquerel* (Bq) ; un becquerel correspond à une désintégration par seconde.

Le problème commence alors à se compliquer car dans la radioactivité interviennent trois types de rayonnements d'origines distinctes. Si l'on s'en tenait au niveau de l'interaction entre particules, la connaissance des lois correspondantes suffirait à décrire le mécanisme. Mais d'une part cette connaissance est imparfaite, d'autre part le problème qui nous intéresse est celui de l'interaction avec la matière à l'échelle macroscopique, problème qu'il est de toute façon impensable de tenter de décrire en détail.

On a donc introduit une unité, le *gray* (Gy) correspondant à l'énergie cédée à la matière par le rayonnement ionisant. Un gray correspond à une énergie d'un joule absorbée par kilogramme de matière.

Ce n'est pas encore suffisant, car on s'est aperçu que les tissus vivants réagissaient de façon différente pour une même dose de rayonnement reçue selon le type du rayonnement. On a donc créé le sievert (Sv) pour tenter de comparer les effets des rayonnements entre eux.

Les rayonnements et leurs mesures forment une partie très compliquée de la physique ; le lecteur intéressé pourra trouver dans le *Que sais-je ?* de P. Radvanyi *Les rayonnements nucléaires* une approche claire et précise de ce vaste domaine.

électrique. Les centrales dites thermiques (fuel ou charbon) ou nucléaires produisent de la chaleur qu'on utilise pour fabriquer de la vapeur qui permet d'entraîner une turbine reliée à un alternateur qui enfin délivre de l'énergie électrique.

Le but ultime de tous ces différents types de machineries est donc tout simplement de faire tourner un alternateur pour obtenir de l'électricité. Les questions qui viennent naturellement à l'esprit sont : «Est-ce utile ? », «Est-ce nécessaire ? » et plutôt que de répondre par paresse intellectuelle "oui" à cette question qui semble si évidente, demandons-nous ce qui se passait avant que l'on sache produire de l'électricité.

Avant que l'électricité n'apparaisse, les gens développaient leurs activités le long des seules sources d'énergie existantes, à savoir les cours d'eau ou sur le sommet des collines (pour utiliser le vent). La notion d'usine regroupant des hommes sur une même activité n'existait pas pour la simple raison qu'on ne savait pas transporter ou regrouper les sources d'énergie. Quand cet état de fait a-t-il commencé à changer ? Lorsqu'on a su transformer de l'énergie sur place, c'est-à-dire quand Denis Papin, à la suite d'expériences commencées en 1698 et qui durèrent plusieurs années, eut fabriqué la première machine à vapeur<sup>11</sup>.

Dès lors, il devenait possible de regrouper en un même endroit des ressources énergétiques qui auparavant étaient dispersées sur des grandes portions de berges des fleuves. Au lieu de distribuer le travail sur de vastes distances, on rassemblait les ouvriers dans un même lieu. La production y gagnait, mais l'Histoire est là pour nous rappeler que cet immense bouleversement ne s'est pas fait sans heurt ni sans égoïsme, que les profits obtenus n'ont pas toujours été répartis comme il eut fallu, ... ; mais l'Histoire montre également que l'on n'est pas revenu en arrière en dépit des soubresauts créés et que cela a marqué le début, après des siècles de *statu quo*, d'une évolution radicale de notre société.

Cela étant, les machines à vapeur ont deux inconvénients majeurs, et elles les ont, du reste, conservés. Leur rendement dépend, entre autres, de la disponibilité d'une source froide<sup>12</sup>, et elles sont massives donc difficilement déplaçables<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> Cela ne suffisait pas ; il fallait savoir transformer l'énergie et augmenter la sécurité de l'engin. Denis Papin invente donc une soupape pour éviter des accidents, puis fournit le moyen de transformer le mouvement rectiligne du piston en un mouvement rotatoire. Ce n'était pas encore suffisant ; ce sera à Thomas Newcomen que reviendra l'honneur de construire la première pompe à vapeur utilisable industriellement.

<sup>12</sup> C'est aussi le principe de Carnot : une machine à vapeur ne peut fonctionner que si elle échange de l'énergie entre une source chaude (le foyer, par exemple) et une source froide (l'air ambiant, par exemple) ; et le rendement de cette machine (toujours inférieur à 1 puisqu'on ne sait pas transformer intégralement l'énergie) sera d'autant plus grand que la source froide aura une température plus basse. Les sources froides les plus naturelles (c'est-à-dire capables d'absorber la plus grande quantité de chaleur sans changer de température) sont évidemment l'atmosphère et les fleuves. C'est la raison pour laquelle les centrales nucléaires, qui ne sont que de grosses machines thermiques, doivent être situées près de grandes masses d'eau.

<sup>13</sup> C'est pourquoi la plupart des machines à vapeur étaient fixes ou sur des bateaux qui, seuls, étaient capables de supporter leur poids. Lorsqu'on a voulu les rendre mobiles, il a fallu créer des routes spécialement renforcées pour elles, les chemins de fer. Si la maîtrise des techniques électriques avait eu lieu un siècle plus tôt (ce qui est tout à fait concevable) ou si au contraire celle de la vapeur avait été retardée d'un siècle (ce qui n'est pas moins concevable), je ne suis

La compréhension des lois de l'électricité est alors arrivée à point nommé pour permettre de contourner ces difficultés. L'extrême facilité avec laquelle on peut disposer d'une source d'énergie en amenant uniquement et par n'importe quel chemin un câble électrique est beaucoup trop connue de tous pour qu'on s'y attarde ; c'est la principale et la seule raison pour laquelle la Terre s'est trouvée constellée (sic !) de centrales électriques d'un type ou d'un autre. L'électricité a été adoptée par tous : nous y sommes de nos jours parfaitement habitués, mais il ne faudrait pas oublier qu'il y a moins de quatre-vingts ans, lorsque l'électricité a fait son entrée chez les particuliers, on parlait de la "fée électrique". Je ne pense pas que l'on puisse revenir sur nos pas : l'utilisation de l'électricité fait partie de notre vie et je ne connais personne qui la remette en cause. Par conséquent pour l'utiliser, il faut la produire ; la question qui se pose est donc :

### **Quels sont les problèmes posés par nos centrales de production d'électricité ?**

C'est évidemment une question mal posée : pour y répondre il faudrait remplir de nombreux volumes écrits par des spécialistes travaillant dans des domaines qui parfois se recouvrent. Je ne peux donc que me borner à évoquer quelques réflexions dont le choix est évidemment subjectif.

#### DES MICRO-CENTRALES.

Commençons par envisager le cas des micro-centrales : il me paraît particulièrement simple car il n'est pas possible de passer sous silence la prolifération stupide dans notre société de ces installations hydro-électriques qui, tous les chiffres le montrent, sont totalement inutiles pour la production d'énergie et parfaitement nuisibles pour les écosystèmes aquatiques. Il est tout à fait malhonnête<sup>14</sup> et complètement ridicule de prétendre que l'énergie fournie par ces installations peut contrebalancer, si peu que ce soit, l'électricité nucléaire et nous en "protéger". De mon point de vue, ce type d'installation doit être progressivement, mais rapidement, supprimé<sup>15</sup> au nom même de la mauvaise utilisation de l'énergie disponible dont je parlais dans la première partie de ces réflexions : si l'on généralisait à tout un chacun de telles installations, il ne faudrait pas longtemps pour détruire en France toute vie en milieu aquatique autre que les mares ; on ne disposerait pas pour autant d'énergie suffisante pour les industries.

---

pas du tout convaincu qu'on aurait développé autant que nous l'avons fait les chemins de fer : actuellement, dans les pays en voie de développement, dans l'Himalaya indien par exemple, ce ne sont pas des chemins de fer que l'on construit dans les hautes vallées, ce sont des lignes électriques que l'on tire.

<sup>14</sup> Pour illustrer mon propos, il suffit de se reporter aux deux récentes implantations de micro-centrales : les installations d'Olhadoko et du lac des Gaves dans les Pyrénées qui impliquent la SNCF. Les lois de l'environnement y sont bafouées et l'intérêt local l'a emporté sur toutes les autres considérations, écologiques notamment : espèces protégées, qualité des sites, utilité publique non démontrée ...

<sup>15</sup> Il est bien évident qu'il n'est pas dans mon propos de reprocher par exemple au propriétaire d'une maison isolée en montagne de produire sa propre électricité s'il s'arrange pour faire fonctionner son installation sans dommage pour l'environnement. Une turbine d'une quinzaine de kilowatts peut très bien s'installer avec une petite prise d'eau, en tenant compte du débit d'un torrent, en respectant la réglementation en vigueur et en conservant au site sa beauté.



Pour reprendre l'exemple donné plus haut, ce serait rejeter les tuiles directement du toit sans même avoir d'échelle pour monter les remplaçantes.

#### DE L'ARRÊT D'UNE CENTRALE.

Il reste donc à envisager les impacts des différents autres types de centrales. Or la comparaison entre nucléaire, hydraulique et thermique est rendue complexe par les différences entre les principes de fonctionnement et d'utilisation de ces systèmes.

Il est en effet relativement facile d'arrêter l'activité d'une centrale hydraulique ou thermique et de la remettre en fonctionnement ; il est par contre plus difficile de réduire la production d'une centrale nucléaire<sup>16</sup>, puis de la relancer. De façon simpliste, dans un cas il suffit de couper l'arrivée d'eau ou de combustible pour que les alternateurs cessent de tourner tandis que dans l'autre il faut continuer à éliminer la chaleur produite. Bien que ces techniques soient parfaitement maîtrisées, la régulation d'une centrale nucléaire est moins souple que celle des centrales thermiques ou hydrauliques.

Sans aller jusqu'à l'arrêt complet, les centrales hydro-électriques présentent des irrégularités de production liées à la pluviométrie, mais elles sont bien évidemment plus souples dans leur fonctionnement car on peut en moduler la production. Il faut dire cependant que cet argument des hydrauliciens d'EdF a perdu de son poids avec l'amélioration des techniques de modulation de production dans les centrales nucléaires.

#### DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.

Les conséquences sur l'environnement sont également bien différentes suivant les types de centrales (hydrauliques, thermiques, nucléaires). D'un point de vue humain (ou écologiste, ou physique), elles sont essentiellement négatives et ont les déchets (au sens large) et leurs traitements pour objet.

Avant de parler des centrales nucléaires ou des barrages, il n'est peut-être pas mauvais de rappeler qu'une centrale thermique a, elle aussi, une action non négligeable sur l'environnement<sup>17</sup> et en particulier sur la radioactivité ambiante.

Les nuisances dues au fonctionnement des centrales nucléaires se reportent sur les grands fleuves : il s'agit essentiellement du réchauffement de l'eau, de son évaporation

---

<sup>16</sup> Pour éviter tout quiproquo, il est très simple d'arrêter une réaction nucléaire dans une pile atomique : il suffit de laisser tomber les barres du modérateur de la réaction pour que cette dernière cesse. La remise en route nécessite alors d'importantes et longues manipulations pouvant durer plusieurs jours.

<sup>17</sup> Par exemple, une centrale de 600 megawatts produit par an 600 000 tonnes de cendres, cinq millions de tonnes de gaz carbonique, 25 000 tonnes d'anhydride sulfureux, 6 000 tonnes d'oxydes d'azote et 4 000 tonnes de poussières diverses. Il faut de plus savoir, ce qui est souvent ignoré, que l'ensemble de ces déchets contribue aussi à la radioactivité ambiante en proportion de la teneur en uranium du charbon brûlé (Eh oui ! On n'échappe pas à la radioactivité naturelle ; c'est aussi un exemple de ce qui a été expliqué dans la seconde section). À la fin des années 1980, on estimait que la radioactivité induite par les centrales au charbon correspondait à la moitié de celle provenant des centrales nucléaires. Il faut également comparer ces déchets à ceux produits par un réacteur nucléaire de 1000 mégawatts (une tonne par an de radioéléments qui constitueront environ 1 000 tonnes de déchets) et, pour faire bonne mesure, aux deux tonnes et demi par an et par habitant de déchets industriels et domestiques.

et de rejets radioactifs en principe contrôlés. Les grands barrages, eux, détruisent les biotopes en amont et provoquent lors des vidanges périodiques de véritables catastrophes écologiques ; ils ne sont pas exempts, eux non plus, de risques potentiels (Malpasset, par exemple, reste présent dans les mémoires).

Les inconvénients écologiques (ou ceux de la dégradation maximum de l'énergie telle que nous l'avons vue dans la première partie) sont donc difficilement évaluables puisque l'on devra nécessairement faire des extrapolations<sup>18</sup> et il n'est pas possible d'entrer dans le détail de ce grave et délicat problème bien qu'il soit fondamental. Une première approche de la question peut se faire à partir du livre sur l'écotoxicologie de C. Chassard-Bouchaud et de celui sur les déchets radioactifs de J. Teillac dont on trouvera les références en fin de cet article.

Ce n'est qu'en ayant à l'esprit, les différentes données de ces impacts relatifs que l'on peut se poser le problème de la pollution de l'environnement.

#### DE LA DÉMOLITION D'OUVRAGES.

Il est piquant de constater que l'on admet de démolir des centrales nucléaires devenues obsolètes alors qu'on n'envisage pratiquement jamais de supprimer certains barrages dont la production d'électricité ne paraît plus s'imposer.

Pire, bien que les sites les plus productifs aient tous été équipés depuis longtemps, on continue à construire d'autres barrages, petits ou moyens, qui du point de vue énergétique sont totalement inutiles au regard de leur impact sur l'environnement<sup>19</sup>. Ces petits barrages multiplient les inconvénients des grands sans apporter d'augmentation de production significative.

On peut alors se poser la question suivante : l'industrie nucléaire est une industrie jeune (moins de cinquante ans) ; ses responsables font démanteler certaines centrales devenues "trop vieilles", en suivant d'ailleurs une procédure dont le déroulement comporte un certain nombre de phases strictement contrôlées ; pourquoi les responsables des barrages n'en font-ils pas autant ? Seraient-ils, eux, "trop vieux" ou trop habitués à les voir dans nos paysages ?

L'industrie nucléaire a consacré temps et crédits en bien plus grande proportion que n'importe quelle autre industrie aux problèmes de sécurité ; pourquoi les constructeurs de barrages n'en ont-ils pas fait autant ? À quoi ont-ils utilisé leurs bénéfices ?

On devrait très bien pouvoir se passer de quelques ouvrages désuets (à tous points de vue), compte tenu de la surproduction actuelle d'électricité, surproduction qui semble acquise pour une période assez longue, et je pense que la démolition de certains ouvrages devrait en toute logique se poser au même titre que le démantèlement des centrales nucléaires lorsqu'ils ont atteint une certaine durée de vie ; il me paraît même tout à fait certain que, si l'industrie nucléaire avait démarré en 1920, il y aurait à notre époque beaucoup moins de barrages.

---

<sup>18</sup> On sera toujours amené à supposer qu'une situation donnée évoluera d'une certaine manière sans en avoir une preuve absolue.

<sup>19</sup> On peut citer par exemple Puylaurent, sur le haut Chassezac en Lozère (revue TOS n° 157 et 167), où il était de loin préférable de conserver pour nos enfants deux magnifiques petites vallées.

## DES ACCIDENTS.

C'est bien entendu volontairement que je ne les classe pas dans l'impact sur l'environnement parce que ce ne sont que des cas particuliers et qu'il faut tout faire pour qu'ils ne deviennent pas routine.

Là aussi, se pose une question : «Pourquoi ne parle-t-on pratiquement jamais de l'impact d'un marnage, des vidanges et des éclusées d'un barrage ou tout du moins, si l'on en parle, c'est dans proportion sans commune mesure avec ce que l'on dit lors d'un incident<sup>20</sup> nucléaire ? Parce que ce dernier est rare ? ou parce que cela se vend mieux ?

Or toutes les vidanges de barrages, grands ou petits et à une ou deux exceptions près, ont montré depuis dix ans que l'on pouvait provoquer des catastrophes écologiques avec la meilleure bonne conscience<sup>21</sup>. Aucun *mediat*<sup>22</sup> n'en parle, pire l'Électricité de France a réussi l'exploit d'inventer la locution “vidange écologique”, comme à Pareloup, trouvant même quelques scientifiques pour la cautionner . . .

Par contre un accident comme celui de Three Mile Island aux États-Unis, a fait la une des médias pendant longtemps et l'impact auprès du public a été démesuré eu égard à la pollution subie : les conséquences sur la santé et sur l'environnement ont été insignifiantes et bien que des milliers de prélèvements furent analysés, aucune contamination dangereuse n'a été relevée.

Je pense cependant que les enseignements tirés de cet accident et que les réflexions qu'il a provoquées ont été utiles et en font un modèle à suivre ; je regrette simplement que l'on n'applique pas les mêmes méthodes aux vidanges de barrages et que l'on y fasse pas la même publicité.

Venons-en maintenant aux catastrophes où il y a nécessairement un enchaînement incontrôlé de manœuvres qui conduisent inéluctablement à un accident qui ne peut logiquement advenir lors de chaque manœuvre prise séparément.

Ce fut tragiquement le cas à Tchernobyl où une succession d'erreurs accablantes, d'incompétences administratives et d'incapacités de l'équipe qui avait en charge le réacteur ont concouru à une catastrophe où la responsabilité des hommes est évidente à tous les niveaux : c'est enfin et surtout l'absence d'enceinte de confinement qui a permis à la radioactivité provenant du cœur du réacteur de s'échapper dans l'atmosphère. Il faut ajouter de plus que la technologie développée en ex-Union soviétique dans les centrales de type “Tchernobyl” est actuellement désuète et que la réhabilitation des séquelles de cette tragédie est pour l'instant, et malheureusement, un problème politique, dramatique, qui est loin d'être réglé et dont les solutions dépassent elles aussi de loin le cadre de cet article.

---

<sup>20</sup> Je dis bien incident et non pas accident.

<sup>21</sup> Je fais par exemple référence à la désastreuse vidange de l'usine du Luchadou, filiale EdF, qui a eu lieu courant juin 1995 et qui a détruit complètement la Seuge sur 6 km (jusqu'à son confluent avec l'Allier), à celle de Vezins et de la Roche-qui-boit en avril et juin 1993 qui a anéanti la Selune dans la Manche, à celle de Golin hac sur le Lot . . . La liste est longue.

<sup>22</sup> L'usage n'ayant pas encore imposé une autre orthographe, je maintiens le “t” qu'on retrouve dans “médiatiser” ou “immédiat” et qui évite toute confusion avec le pluriel de *medium*, par exemple. D'aucuns me disent que c'est un combat perdu d'avance ; ce sont souvent les mêmes qui disent la même chose à propos de la lutte contre les pollutions.

Une telle situation, dans un système comme le nôtre, en France, où le contrôle des centrales par l'IPSN (Institut de protection et de sûreté nucléaire) s'exerce avec la faculté d'imposer un arrêt immédiat d'un réacteur, n'a (heureusement) presque aucune possibilité de se produire.

Cependant, là comme ailleurs, il n'y a pas de "risque zéro"<sup>23</sup> et le rôle des responsables, à tous les niveaux, est de tout prévoir, continuellement, pour que ce qui pourrait être une catastrophe, soit réduit à un accident, voire un incident.

### **De questions qui restent posées empêchant de conclure.**

Je crois qu'il faut admettre que nos sociétés modernes ne peuvent vivre sans énergie disponible. L'abandon d'un certain pourcentage de nos sources d'énergie, quelles qu'elles soient, équivaut à imposer une diminution correspondante du confort de notre vie ; dans l'ensemble, nos contemporains ne sont pas prêts à l'accepter.

Les énergies de remplacement (solaire, géothermique ou celle du vent) ne seront pas aptes dans un proche avenir à remplacer les sources traditionnelles d'énergies fossiles comme le bois, le charbon, le pétrole, encore moins l'énergie hydro-électrique ou nucléaire ... Il paraît donc utopique de compter sur elles dans l'immédiat.

Il faut être réaliste. Qu'on l'approuve ou non, le choix du nucléaire n'est plus à faire ; il a déjà été fait. Tout au plus pourrait-on décider d'abandonner ce type de transformation d'énergie, ou se demander si, en France, on ne devrait pas diversifier nos sources d'énergie (ne pas mettre tous nos œufs dans le même panier) et utiliser concurremment d'autres sources d'énergie (c'est ce qu'on fait actuellement). Cela ne changerait pas grand-chose à la situation : le problème de l'isolement ou de la transmutation des déchets radioactifs existe et demeurerait ; il faut de toute façon le résoudre, et s'en donner les moyens.

Nous sommes donc partis pour vivre plusieurs décennies (pour ne pas dire plusieurs siècles) en utilisant l'énergie nucléaire ; nous devons assimiler cette situation dans notre vie et en particulier savoir reconnaître l'incidence du nucléaire dans notre vie de tous les jours (air, eau, sols ...). Ce n'est pas si évident, ce sera vraisemblablement long<sup>24</sup>.

Vivre avec le nucléaire n'est possible que si tous les utilisateurs ont une conscience aiguë de leur responsabilité. Est-ce possible dans tous les pays ? Rien n'est moins sûr. Bien des problèmes se posent parmi lesquels on peut citer le nombre de centrales, la fabrication d'armes nucléaires, ainsi que la maîtrise du traitement et du stockage des déchets<sup>25</sup>.

S'il n'est pas rigoureusement surveillé, le nucléaire fait peser une menace terrible. Mais dans les véritables démocraties, en dépit d'un tapage médiatique assez

---

<sup>23</sup> Par exemple, la probabilité pour qu'un volcan s'ouvre sous les pieds d'un promeneur en Auvergne est certes faible ; on l'estime négligeable, mais elle n'est pas nulle.

<sup>24</sup> Il a fallu plus de soixante années pour commencer à assimiler l'automobile dans la vie de tous les jours (je ne parle que de l'outil automobile). Y est-on d'ailleurs véritablement arrivé ?

<sup>25</sup> Compte tenu de la durée de vie de ces derniers, il est tout à fait logique qu'actuellement se développe une angoisse légitime parmi les populations confrontées à la présence d'une usine de retraitement ou d'un site de stockage.

compréhensible autour des moindres incidents, il faut reconnaître que l'exploitation est dans les mains de personnels compétents et que la surveillance est assurée correctement par des inspecteurs qualifiés et indépendants.

Il y a cependant un équilibre raisonné à trouver, petit à petit, car je ne crois pas qu'il existe de solution toute faite. Celles que nous trouverons devront être développées à travers une meilleure connaissance des interactions de notre mode de vie avec les milieux naturels et artificiels – barrages, centrales nucléaires ou thermiques, cultures . . . – que l'on côtoie.

De la même façon qu'on ne conçoit plus une prolifération désordonnée des centrales nucléaires, mais aussi de l'armement, on ne doit pas davantage admettre une multiplication de barrages grands ou petits comme à Puylaurent, à Alhadoko, à Ayodus . . . où les lois protégeant l'environnement auraient dû s'appliquer en toute rigueur.

On doit méditer sur les accidents nucléaires mais on doit également réfléchir sur les origines et les conséquences de la "maladie de la vache folle" ; et bien que cela soit "hors-sujet", je voudrais évoquer un problème dont, peut-être, nous n'avons pas tous conscience, contrairement à celui de la pollution nucléaire : c'est celui des pollutions engendrées par l'agriculture intensive, les élevages hors-sols et les filières de l'agro-alimentaire qui empoisonnent l'eau et les sols. Dans certaines régions, toutes les analyses d'eau montrent que la nappe phréatique est polluée et personne actuellement n'est capable d'apporter une solution à ce problème. C'est un bel exemple d'accumulation de dérives insidieuses portant sur plusieurs générations et qui, actuellement n'a pas de solution.

A-t-on bien mesuré les conséquences de ces pollutions sur la santé et les moyens qu'il faudra mettre en place pour y remédier ? Est-ce même possible ? En tenant compte des échelles de temps relatives, l'humanité ne disparaîtra-t-elle pas bien avant que le problème de la mort par le nucléaire ne se pose ?

La marge d'espoir est-elle donc limitée ? Doit-on être pessimiste ? Je ne le crois pas : l'Histoire montre qu'en dépit des abus, des mauvaises utilisations, la Science et ses applications ont toujours poussé l'évolution de l'humanité dans le sens d'un mieux-être (statistique) de l'homme, d'un meilleur fonctionnement de la société et je crois que cela continuera de même.

Attention ! En disant cela, je ne partage pas le point de vue des optimistes béats qui voudraient que les scientifiques résolvent tous leurs problèmes immédiatement au fur et à mesure qu'ils apparaissent (cf. SIDA, . . .). Je dis simplement que compte tenu de ce qui a déjà été fait, compte tenu de nos connaissances, en jouant un jeu raisonnable (qui n'est pas appliqué actuellement par tous), je parie sur l'avenir, c'est-à-dire sur la Vie, même si je sais que tout ce qui est autour de nous – et nous même – mourra. Mais je dis également qu'il faut que nous retroussions nos manches et nous mettre au travail pour gagner ce pari.

## Références

Brunhes Bernard, *La dégradation de l'énergie*, Flammarion 1909, nouvelle édition 1991.  
Chassard-Bouchaud Colette, *Environnement et radioactivité*, Que sais-je ? n°2797, 1993, Presses Universitaires de France.

Chassard-Bouchaud Colette, *L'écotoxicologie*, Que sais-je ? n°2931, 1995, Presses Universitaires de France.

Gamow George, *La création de l'univers*, 1961, Dunod.

Gamow George, *Une étoile nommée Soleil*, 1966, Dunod.

Gamow George, *Une planète nommée Terre*, 1966, Dunod.

Radvanyi Pierre, *Les rayonnements nucléaires*, Que sais-je ? n°844, 1995, Presses Universitaires de France.

Teillac Jean, *Les déchets nucléaires*, Que sais-je ? n°2385, 1988, Presses Universitaires de France.