

Antoine Godinot  
27, rue de l'Arquebuse 51 100 Reims  
note de lecture commentée, mai 2002

## "Energie et climat"

Actes de la conférence-débat du 23 avril 2001 à l'Académie des Sciences :

C.R.A.S., série IIa, 2001, t. 333, n°12

→ à l'attention des géologues,  
ou comment deux articles de cette revue géologique veulent convaincre de  
l'impérieuse nécessité de décider de donner le coup d'envoi à la création  
d'un centre de stockage des déchets nucléaires en 2006...

### I. Les prévisions du GIEC, Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2001 :

- Le climat s'est réchauffé tout dernièrement, les modèles donnent l'humanité responsable;
- on modélise pour 2100 une montée de la température de 2-3°C, de la mer de 30cm;
- c'est la faute aux énergies fossiles;
- Il faut faire quelque chose au sein de l'Académie !

(J.C. Duplessy, M. Petit, C. Lorius)

### II. Energie - première partie, et à l'échelle du monde :

les énergies qui n'ont aucun soucis à se faire parce qu'on en redemande :

- a) Pétrole-gaz (60+% de l'énergie primaire mondiale commercialisée) : La demande est forte et le restera. On devrait pouvoir y répondre pour le XXI<sup>e</sup> siècle.
- b) Les énergies renouvelables

(B. Tissot, D. Decroocq, J.L. Bal et B. Chabot)

### III. Energie - deuxième partie, et pour la France seulement :

le nucléaire français (1% de l'énergie primaire mondiale commercialisée) : des histoires de poisons, des justifications tordues, des espoirs "attrapés couillons"...

Il faut vite supprimer les déchets comme un problème aux yeux de l'opinion publique. 2006 est une date fondamentale. Pourquoi ? mais pour le bien de l'humanité ! : le climat..., le danger ben laden..., pour construire de nouveaux réacteurs... ! Regardez comme on sait bien faire : les "géologues compétents", la forteresse de Bure, le miracle de "Soulaines", La Hague qui nous débarrasse de la moitié des déchets, et tout ce qu'on pourrait faire dans 2-3 siècles pour la multiplication de l'atome fissile et réduire ces sales déchets en poussière !

(R. Dautray, J.C. André)

# COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

## SCIENCES DE LA TERRE ET DES PLANÈTES *EARTH & PLANETARY SCIENCES*

2001 — Tome 333 — Série II a — N° 12

*Énergies et climat* – Actes de la conférence-débat du 23 avril 2001 à l'Académie des sciences

*Energies and climate* – Proceedings of the Conference held on 23 April 2001 at the Academy of Sciences

- Préface / Foreword  
**Jean Dercourt** ..... 757
- Les perspectives de l'énergie nucléaire dans le cadre des changements climatiques  
**Robert Dautray** ..... 811
- Présentation du contenu de ce numéro thématique / Presentation of this thematic issue  
**Claude Lorius, Bernard Tissot** ..... 761
- Les énergies renouvelables. État de l'art et perspectives de développement  
**Jean-Louis Bal, Bernard Chabot** ..... 827
- Géophysique externe, climat et environnement**
- État des connaissances et incertitudes sur le changement climatique induit par les activités humaines  
**Jean-Claude Duplessy** ..... 765
- Géophysique externe, climat et environnement**
- Réflexions sur le calendrier du débat *Énergies et climat*  
**Jean-Claude André** ..... 835
- L'humanité face à l'effet de serre additionnel qu'elle crée  
**Michel Petit** ..... 775
- Énergies et climat : quels enseignements pour le futur ?  
**Claude Lorius** ..... 841
- Géomatériaux**
- Quel avenir pour les combustibles fossiles ? Les avancées scientifiques et technologiques permettront-elles la poursuite d'un développement soutenable avec les énergies carbonées ?  
**Bernard Tissot** ..... 787
- Tables, tome 333**
- Sommaire / Contents ..... III
- Auteurs / Authors ..... VII
- Mots clés ..... XIII
- Keywords ..... XVII
- Rubrique / Scientific fields ..... XXI
- Experts / Referees ..... XXII
- Économies d'énergie et émission de CO<sub>2</sub> dans le traitement-utilisation des hydrocarbures  
**Daniel Decroocq** ..... 797

<b>I. Les prévisions du GIEC sur l'évolution du climat</b> .....	4
<b>I.A</b> Les communications de J. C. Duplessy, M. Petit et Cl. Lorius .....	4
<b>I.B</b> Commentaires : .....	6
Physique de l' "Effet de serre" .....	6
Quelle est la part des combustibles fossiles dans "l'effet de serre" ? .....	6
Modèles du GIEC : il y a du serpent qui se mord la queue .....	9
Les conclusions médiatisées du GIEC n'impressionnent pas tous les scientifiques du climat .....	11
<b>I.C.</b> Les risques dévastateurs pour notre société ne sont pas là où les situent ces articles .....	12
<b>II. Energie - première partie, et à l'échelle du monde :</b> .....	15
Pétrole-gaz : B. Tissot, D. Decroocq .....	15
Energies renouvelables : J.L. Bal et B. Chabot .....	15
<b>III. Energie - deuxième partie : le nucléaire français :</b> .....	16
<b>III.A</b> L'académicien Robert Dautray .....	16
Plan du texte de R. Dautray .....	17
Géologie : compétence technique versus compétence administrative .....	18
une petite clause du secret pour les "géologues compétents" .....	18
David et Goliath .....	19
Bure voué à rester seul ? .....	19
Bure, le laboratoire fantôme .....	19
Les aquifères = futures zones de stockage des radionucléides "mobiles" .....	20
Bure et le critère de mobilité des quelques 10 000 à 100 000 ans .....	21
La définition actuelle de la réversibilité .....	22
Les embêtants fûts "B" .....	22
Les déchets les plus dangereux .....	22
"Soulaines sur sables verts" et ses milliSieverts .....	23
L'aquifère des "sables verts" .....	23
Modéliser l'interdit certain .....	24
Les milliSieverts de "Soulaines" .....	25
Le retraitement permet de mettre en application "le principe de dilution" .....	29
La solution marine .....	29
Radionucléides majeurs .....	30
L'excès de leucémies chez les enfants aux abords des usines de retraitement .....	33
Le Groupe d'étude Radioécologique Nord Cotentin, GRNC .....	34
L'affaire Ruthénium .....	34
Protéger les populations "d'une adversité" qui les menace sur le nucléaire .....	36
Transmutation des déchets : c'était un mythe .....	37
L'innocente demande de la loi Bataille .....	37
Des décennies pour faire une démonstration expérimentale .....	38
La réalisation en elle-même ne serait possible que sur une unité-temps de plusieurs siècles .....	38
Combustibles irradiés MOX : l'addition salée du retraitement .....	39
Commande de l'EPR : Framatome attend... .....	40
Prolifération : la France Sainte-ni-touche .....	41
<b>III.B</b> Jean-Claude André .....	42
La "perception" du changement climatique .....	42
Les besoins énergétiques .....	42
Le calendrier de la filière nucléaire française .....	43
Références .....	46
ANNEXE I : Le professeur de médecine Académicien Maurice Tubiana et ses amis .....	47
Petit rappel de culture générale : la norme 1mSv pour le public .....	49
En cas d'accident majeur, chacun a le droit à 1000 mSv/vie .....	51
ANNEXE II : Arrêter rapidement 70% du nucléaire français avec le thermique classique aurait un impact totalement négligeable sur l'effet de serre .....	54
ANNEXE III : Un vieux rêve devenu mythe : Une industrie nucléaire qui aurait fonctionné des siècles .....	55
ANNEXE IV : Hydrogène : tout est bon pour avoir des sous pour lancer une filière HTR .....	59
Les Piles à combustible .....	60
ANNEXE V : "Soulaines sur sables verts" dans 330 ans : activité massique des déchets .....	62

## I. Les prévisions du GIEC, Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2001 :

- Le climat s'est réchauffé tout dernièrement, les modèles donnent l'humanité responsable,
- on modélise pour 2100 une montée de la température de 2-3°C, de la mer de 30cm;
- c'est la faute aux énergies fossiles;
- Il faut faire quelque chose au sein de l'Académie !

(J.C. Duplessy, M. Petit, C. Lorius) : 22,5p.

### I.A Les communications de J.C Duplessy, M. Petit et Cl. Lorius

#### • Jean Claude Duplessy (8p.)

Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, laboratoire mixte CEA-CNRS; Parc du CNRS 91198 Giff-sur-Yvette; désigné membre de la CNE (**Bure**) sur proposition de l'Office parlementaire des choix technologiques en 1994.

#### • Michel Petit (12p),

CGTI, 20, avenue de Ségur, 75353 Paris SP 07

Michel Petit est ou était directeur des recherches de l'Ecole polytechnique. Il est le rédacteur en chef (avec deux soutiens à l'étranger) des C.R. Geoscience qui remplacent depuis janvier 2002 le traditionnel CRAS série IIa. Il est aussi dans le Comité éditorial, dans les Rédacteurs associés et dans le Comité de rédaction toujours des C.R. Geoscience. C'est Le représentant français au groupe II du GIEC (évaluation des impacts éventuels du réchauffement) et son article est rédigé à l'invitation du comité de lecture des C.R.A.S.IIa.

#### • Claude Lorius (2,5p)

Laboratoire de glaciologie et de physique de l'environnement, UPR CNRS 5151, université Joseph-Fourier. 5, rue Molière. BP 96 38 402 Saint-Martin-d'Hères cedex

L'article rappelle qu'il importe de relever les défis du développement de notre société, précise-t-il, "**notamment au sein des Académies**" (p. 841).

Le GIEC [IPCC en anglais : Intergovernmental Panel on Climate Change], a été créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale [WMO en anglais] et le Programme des Nations Unies pour l'environnement [UNEP en anglais]. Parmi les membres français qui contribuent aux rapports, Jean Jouzel directeur du laboratoire de modélisation du CEA et Michel Petit. Le GIEC constate que la fin du 20<sup>e</sup> siècle est la plus chaude du dernier millénaire. Cela se voit sur les glaciers de montagne, étendues neigeuses et temps de gel des lacs et rivières. Au cours du XX<sup>e</sup> siècle les températures moyennes au niveau du sol ont augmentées de 0,6°C (avec grande variabilité). Les marégraphes indiquent une élévation du niveau de la mer de 10 à 20 cm. L'Antarctique lui ne montre aucun signe de réchauffement. Il n'y a pas d'augmentation de la fréquence des cyclones ni des orages.

Michel Petit écrit que c'est un "*changement climatique*" (titre de son 2<sup>e</sup> chapitre). Quelles en sont "*les conséquences déjà observées*" ? : "*il existe un grand nombre d'études, (...) Dans la plupart des cas, les changements allaient dans la direction attendue sur la base des mécanismes connus, la cohérence de l'ensemble ne pouvant être due au hasard (...) L'influence des précipitations existe vraisemblablement, mais n'a pas fait l'objet d'études aussi précises, par manque de jeux de données cohérents, concernant à la fois les précipitations et les phénomènes biophysique qui en dépendent.*" (M. P, p. 777).

En dehors de ce travail de rassemblement de données, le GIEC a structuré des recherches sur les climats anciens et sur les modèles climatiques. Ces derniers "ont bénéficiés des progrès de l'informatique et d'un effort vigoureux de recherche fondamentale." (p. 767). C'est uniquement sur l'aspect modèles que porte les articles de J.C. Duplessy et M. Petit.

#### Que donnent les modèles sur le connu ?

□ J.C. D "*Le réalisme de la simulation de situations climatiques bien documentées (El Nino, oscillation nord-atlantique, mousson, dernier maximum glaciaire datant de 21 000 ans, optimum climatique datant de 6000 ans) est un résultat encourageant.*" (p. 769).

□ Des résultats de la simulation de l'époque historique du début de l'industrialisation à aujourd'hui sont donnés en figure 5, p. 770. Le GIEC "*attribue aux activités humaines l'essentiel du changement climatique de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle (avec un seuil de confiance estimé à plus de 0,66). Cette attribution repose sur les nouvelles données acquises, sur la modélisation de l'évolution du climat postérieure à 1850 (fig. 5) et sur la mise en œuvre de nouvelles méthodes d'analyse statistiques des données météorologiques, comparées aux simulations issues des modèles.*" (J.C. D, p. 771).

### Application des modèles au XXI<sup>e</sup> siècle

Le GIEC estime que la teneur de tous les gaz à effet de serre augmentera (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O, substituants CFC...). Il note que *"La production de gaz carbonique, entre 1990 et 1998, a crû de 1,4% par an, à un rythme très inférieur à celui observé entre 1970 et 1980, qui était de 2,3% par an."* (M. P., p. 781). Cette baisse n'est pas due au "pays industrialisés". Elle est due aux "pays à économie en transition". Le GIEC pousse donc au développement de la modélisation du futur. Pour un modèle à 2100, il faut définir un scénario d'évolution de l'humanité pour le siècle : croissance de la population, croissance de l'économie, égalité ou non entre zones géographiques, niveau technologique, usage massif ou modéré de combustible fossiles etc. Il est obligatoire de faire des choix arbitraires sur de nombreux paramètres.

- Résultats des modèles pour 2100. Le GIEC présente 7 modèles et prend l'enveloppe qui inclut les 7 résultats :
  - la température devrait avoir monté de 1,4 à 6°C (dans 5 modèles sur 7, l'accroissement est compris entre 2 et 3°C; fig.5, p. 782).
  - La mer devrait monter de 20 à 90 cm (dans 6 modèles sur 7 la montée est comprise entre 28 et 38 centimètres).
  - Dans ces modèles, la réponse de la température à un changement d'émission des gaz à effet de serre est de quelques décennies, celle des océans de quelques siècles (J.C. D, p. 771)
- Conséquences d'après modèles :
  - davantage de vagues de chaleurs, réduction de la saison froide
  - pour l'eau : accroissement de la vapeur d'eau de plusieurs pour-cents. Des zones en pâtiraient, d'autres en bénéficieraient. Il est possible qu'il y ait plus d'inondations.
  - pour l'agriculture : les facteurs impliqués sont multiples (la concentration de CO<sub>2</sub> accroît la photosynthèse mais parasites, etc.), *"modèles dont la crédibilité reste sujette à débats..."* (M. P, p. 779) : meilleurs rendements ici, baisse des rendements là.
  - écosystème : des espèces menacées pourraient disparaître, meilleurs rendement des forêts.
  - Europe : la moitié des glaciers pourraient disparaître; *"le tourisme d'hiver sera gêné par la diminution d'enneigement."* (M. P, p. 781).

Michel Petit n'a pas hésité à écrire dans Le monde du 21/02/01 (p. 2) que l'executive summary (le rapport aux décideurs) de son groupe II du GIEC est *"comme une sorte de bible de l'état des connaissances."* (cité dans Y. Lenoir, 2001, p. 196). J.C. Duplessy finit son article en donnant les résultats de modèles qui sont que, pour un réchauffement supérieur à 3°C pendant plusieurs millénaires, les eaux pourraient monter de 6 à 7 mètres. Dans son résumé M. Petit conclut : *"L'efficacité à long terme des mesures envisagées dépend de façon cruciale de leur généralisation à l'ensemble de tous les pays."* Le contenu de cette phrase sonne étrangement. Car le diagramme de la fig. 7 (M. P, p. 783), montre que pour ce qui est de la consommation d'énergie, la gloutonnerie n'est due qu'aux "pays industrialisés". On y lit qu'ils ont consommé plus de la moitié de l'énergie primaire mondiale. Or un petit coup d'oeil dans un atlas rappelle que les "pays développés" représentent à peine 20% de la population mondiale ("L'état du monde 1999" La Découverte, edit. p. 583).

### Présentation des modèles par les auteurs

#### □ Points forts :

- *"Ceux-ci sont maintenant capables de simuler le comportement du système couplé océan-atmosphère-glace-continent."* (J.C. D, p. 767).
- *"Enfin l'impact des mécanismes naturels imputables au soleil et aux volcans est de mieux en mieux quantifié, grâce aux observations satellitaires. Il est modeste : + 0,3 W m<sup>-2</sup> pour le soleil depuis 1750 (...), soit un effet négatif de courte durée associé aux éruptions volcaniques susceptibles d'introduire des aérosols de sulfate dans la stratosphère"* (J.C. D, p. 769)

#### □ Points faibles :

- a) *"...la physique des nuages reste un point dur, qui devra faire l'objet de recherches fondamentales intensives."* (J.C D, p. 769).
- b) *"L'effet indirect des aérosols, dû à la perturbation de la couverture nuageuse du fait de la modification du spectre des noyaux de condensation, reste toujours très mal connu et entaché d'une large incertitude."* (J.C. D, p. 769)
- c) *Ils "ne montrent pas de manière satisfaisante l'évolution du contraste thermique entre le niveau du sol et la troposphère."* (J.C. D, p. 769).
- d) *"... un effort majeur reste à accomplir pour comprendre et représenter le couplage entre les variations climatiques, celles de la biosphère et celle des cycles biogéochimiques. Ces études n'en sont qu'à leur tout début et elles font déjà apparaître l'existence de rétroactions fortes qui doivent être documentées. A titre*

*d'exemple (fig.6), deux simulations indépendantes des bilans de gaz carbonique montrent des variations considérables. Alors que, dans la simulation obtenue à l'aide du modèle de l'IPSI, les forêts continuent à absorber des quantités importantes de gaz carbonique, les sols et la biosphère continentale deviennent des émetteurs de gaz carbonique dans le modèle du Hadley Center, en raison d'une augmentation de l'activité bactérienne liée au réchauffement. Il en résulte la disparition du puits biosphérique continental après l'an 2080 (...). L'accroissement de gaz carbonique dans l'air simulé pour la fin du prochain siècle varie cependant de 50 à 200 ppm entre les deux modèles, ce qui illustre l'ampleur de l'effort de recherche à consentir pour obtenir une évaluation fiable. (...) Les interactions existant entre le climat, la biosphère, les cycles biogéochimiques et l'utilisation des sols constituent donc une source majeure d'incertitude pour la simulation des climats des prochains siècles. " (J.C. P, p. 770).*

## **I.B Commentaire : responsabilité des combustibles fossiles, Validité des modèles;**

### **Physique de l' "Effet de serre"**

il n'y a pas de miracle accumulatif, ni d'effet de couvercle. Les molécules qui ont plus de deux atomes interagissent avec des rayonnements électromagnétiques de longueur d'onde bien définie appelées raie d'absorption ("bandes noires", "raies telluriques"). Pour la vapeur d'eau, ces raies sont de 4 à 8 et de 11 à 30  $\mu\text{m}$ . Pour le  $\text{CO}_2$  elles sont : 2,7, 4,5 et autour de 15  $\mu\text{m}$ . Or le spectre du soleil au niveau de l'orbite terrestre comprend peu d'infra-rouge en dessous de 5  $\mu\text{m}$  et pratiquement pas au delà de 5  $\mu\text{m}$ . Seules les raies les plus courtes de la vapeur d'eau et du  $\text{CO}_2$  peuvent absorber de l'énergie solaire. Le rôle de la vapeur d'eau est capital, elle peut absorber  $1/10^6$  de la radiation solaire totale. Par contre, par leurs raies longues (11 à 30  $\mu\text{m}$ ) ces molécules interagissent bien avec le rayonnement de la terre (infra-rouge long). Dans les deux cas, le  $\text{CO}_2$  est concurrencé par la vapeur d'eau. Mais ces molécules vont chercher à dissiper leur énergie interne et elles ne savent rayonner que comme elles absorbent, selon les mêmes raies spectrales qui correspondent à leur mode vibratoire. La puissance de rayonnement est très dépendante de la température (courbe de radiance spectrale du "corps noir" ou "radiateur intégral", loi Kirchhoff). La puissance émissive est donnée par la surface définie par les raies émissives sur l'axe des  $x$  et la hauteur de la courbe de radiance à la température donnée sur l'axe des  $y$  (Lenoir, Y. fig. 2, p. 48). Aux températures terrestres, vers 15°C, seules les raies infra-rouge longues peuvent émettre (11 à 30  $\mu\text{m}$ ). Un gaz à effet de serre n'est donc qu'un simple transformateur d'énergie radiative. Il résulte du jeu des raies d'absorption/émission que, globalement, vis à vis du rayonnement solaire reçu, l'effet de serre refroidit l'atmosphère actuelle. En effet si une énergie est bien captée des rayonnements solaires par ce biais, l'équilibre se stabiliserait à une température qui est inférieure à celle de la température moyenne de la surface de la terre actuelle. Le déficit est comblé notamment par l'énergie cédée au sol sous forme de chaleur sensible, et de chaleur latente pour l'eau. Par contre l'interaction avec le rayonnement de la terre (infra-rouge long) est équilibrée, et la vapeur d'eau qui absorbe 90% de la chaleur obscure émise par le sol, joue de rôle de valve. Elle empêche ainsi la déperdition de chaleur vers l'espace. Seules les radiations du sol comprises entre 9,5 et 11  $\mu\text{m}$  (bande transparente) peuvent s'échapper en partie. Il est donc plus approprié d'appeler les gaz à effet de serre des gaz émissifs (On a résumé ici : Pédelaborde, P. 1982, p. 54; Lenoir, Y. 2001, chap. I.3)

### **Quelle est la part des combustibles fossiles dans "l'effet de serre" ?**

C'est quelque chose qu'aucun des auteurs n'a pensé à définir. Dans l' executive summary adopté en 1991 par le GIEC, les informations concernant les gaz autres que le  $\text{CO}_2$  ne sont plus intégrés dans les courbes d'émission. Mais il est mentionné que les simulations en tiennent compte (Lenoir, Y. 2001, p. 179). Vu le caractère très polémique donné à ces gaz par le GIEC, il est dommage que J.C Duplessy n'est pas rectifié cela dans son article. Les courbes de l'augmentation historique des concentrations dans l'air de tous ces gaz-traces sont spectaculaires mais doivent être traduites en valeurs ayant trait au climat.

Le flux d'énergie radiative émis par l'atmosphère vers le sol est de l'ordre de 327  $\text{W}/\text{m}^2$ . **La valeur moyenne calculée du forçage radiatif anthropique à ce jour est égale à environ 2,6  $\text{W}/\text{m}^2$  soit moins de 1%** (J.C. D, p. 769, Sadourny, R. 2001, Lenoir, Y 2001, etc.). **C'est donc un forçage doux.** Très dépendant de la température, le forçage n'est pas homogène, il est maximal sous les latitudes inférieures à 30°C et minimal au delà des cercles polaires.

Gaz par gaz, rapportées à la résultante de 2,6  $\text{W}/\text{m}^2$  sur le cumul anthropique à ce jour, les contributions sont (Sadourny, R. 2001, p. 335; Lenoir, Y. 2001, p. 54) :

- gaz carbonique : 55 à 60%
- méthane : 18%,
- CFC et substituts : 12-13%,

- protoxyde d'azote : 6%,
- autres sources : 4 à 8 % (Ozone...)

Il existe naturellement des mécanismes modérateurs : à mesure qu'un gaz émissif s'accumule, ses bandes d'absorption tendent à se saturer et l'effet d'accumulation supplémentaire va diminuant. Par exemple, le forçage radiatif naturel du CO<sub>2</sub> est évalué à 50 W/m<sup>2</sup>; en ajoutant 30% de CO<sub>2</sub>, nous n'avons accru ce forçage que de 1,4 W/m<sup>2</sup>. Entre les années 1850 et 1950, alors que le cumul était encore faible, la part relative du CO<sub>2</sub> était dominante. Au niveau actuel d'ajout, le CO<sub>2</sub> ne participe qu'à environ 45% du forçage radiatif (IEA/OCDE 1991, fig. 4; Sadourny 2001, p. 337; Lenoir, Y. 2001, p. 54).

**Le CO<sub>2</sub> rajouté est donc responsable d'environ la moitié de l'effet de serre d'origine anthropique.**

Mais c'est la vapeur d'eau qui est le vecteur essentiel du processus climatique. Il y a 13 000 km<sup>3</sup> d'eau-vapeur dans la troposphère, qui est responsable de 90 % des échanges d'énergie via absorption/émission (60% de l'"effet de serre") et chaleur latente, dont les interactions sont extrêmement complexes, avec les propriétés des nuages qui sont très importantes (Pélaborde, P. 1982, p. 59; Lenoir, Y. 2001, chap. I.4 et p. 166). L'eau répond relativement rapidement puisque son cycle ne dépasse guère huit jours (Lenoir, Y. p. 34).

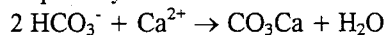
On a cité plus haut J.C. Duplessy qui avertit qu'on ne maîtrise pas les flux du carbone qui transitent par les processus du climat.

Cycle du carbone (en Gt)		
	flux annuels	stocks
stock de carbone dans l'océan		37 000 à 40 000 <sup>(1),(5)</sup>
dont carbone organique dissous		700 <sup>(1)</sup>
stock carbone dans les 100 premiers mètres		840 <sup>(5)</sup>
stock carbone profond		36 000 <sup>(5)</sup>
flux apporté par le volcanisme sous-marin	0,2 <sup>(5)</sup>	
flux apporté aux océans par l'altération continentale	0,2 à 0,25 <sup>(5)</sup>	
carbone piégé en sédiments marins	0,2 à 0,25 <sup>(5)</sup>	
carbone qui transite dans les deux sens, à travers la surface de la mer	30 <sup>(4)</sup> à 70 <sup>(5)</sup>	
stock actuel de carbone dans l'atmosphère		660 <sup>(5)</sup> 770-780 <sup>(1),(3)</sup>
stock qu'il y avait en période interglaciaire		450 <sup>(5)</sup>
flux apporté par le volcanisme aérien	0,05 <sup>(5)</sup>	
stock de carbone dans la biosphère (forêts, prairie, humus)		2000-2300 <sup>(1),(3)</sup>
échange atmosphère-biosphère (photosynthèse) dans les 2 sens	85 <sup>(5)</sup> à 200 <sup>(3)</sup>	
terrestre	50 <sup>(5)</sup> à 100 <sup>(3)</sup>	
océanique	35 <sup>(5)</sup> à 100 <sup>(3)</sup>	
émissions anthropiques actuelles	6 à 7 <sup>(1),(2),(3)</sup>	
dont combustibles fossiles		5 <sup>(2)</sup>
dont déforestation		2 <sup>(2)</sup>
estimation de la part anthropique absorbée par l'océan	2 ± 0,6 <sup>(1)</sup>	
résidu dans l'air des émissions anthropiques	3,2 <sup>(1),(2)</sup>	
Pour passer de masse de carbone à masse de CO <sub>2</sub> multiplier les chiffres par 3,7		
<sup>(1)</sup> Dandonneau, Y., 1998; <sup>(2)</sup> Mr. Ciais, GIEC, 1998, reproduit dans Gazette nucléaire 173/174, p. 7; <sup>(3)</sup> Lenoir, Y. 2001, p. 159; <sup>(4)</sup> Labeyrie, J., La Recherche n° 73, p. 1040; <sup>(5)</sup> Javoy, M. 2001		

Les chiffres varient beaucoup. Tout n'est pas cohérent dès lors qu'on puise chez différents auteurs. Mais deux choses frappent : l'océan est le grand lieu de stockage, la biosphère est le grand moteur des flux. Mais il apparaît que le cycle n'est plus capable d'absorber toutes les émissions anthropiques. En tout cas tout se passe comme si. Parce qu'on comprend au regard d'un tel tableau que la disparition d'un pourcentage de la flore à cause de poisons qu'on rejeterait dans l'environnement pourrait avoir des conséquences sur le cycle du carbone plus importantes que les rejets de carbone fossile. Cela est aussi évoqué pour l'action des UV à l'aplomb du "trou d'ozone" stratosphérique.

- L'IEA/OCDE (1991, p. 17) rapporte que la déforestation a 3 conséquences : i) la matière organique contenue dans le sol s'oxyde assez rapidement en CO<sub>2</sub>, ii) le bois et les matières organiques de la forêt partent en CO<sub>2</sub> par combustion ou par phénomènes biochimiques, iii) cela supprime un lieu de stockage par photosynthèse. Il est estimé que 200Gt ont ainsi été relâchés entre 1860 et 1980, dont 2,4 Gt en 1980.

- La fabrication du ciment a produit 0,136 Gt de carbone en 1986 (contre 0,018 Gt en 1950), en accroissement (IEA/OCDE 1991).
- Les circulations océaniques profondes restituent (upwellings) à l'atmosphère une grande partie du gaz carbonique produit par oxydation du carbone organique issu du plancton dans l'océan profond (Dandonneau, Y. 1998; Lenoir, Y. 2001, p. 83).
- L'extraction de CO<sub>2</sub> du circuit climatique par les coccolithophoridés (dépôts crayeux) ou les massifs coralliens est un exemple des difficultés que l'on peut rencontrer pour reconnaître les échanges (également carbonatogénèse bactérienne, thèse Castanier, Nantes, 1987 présentée dans Géochronique de fév. 89). La fabrication de CaCO<sub>3</sub> qui accompagne la photosynthèse :



fait disparaître deux charges négatives donc augmente l'acidité de l'eau. Cette dernière est alors moins disposée à dissoudre le CO<sub>2</sub> qui est un acide faible (Dandonneau, Y. 1998). Un développement des coccolithophoridés (ou des coraux) a pour conséquence contre-intuitive un flux de CO<sub>2</sub> des eaux de surface vers l'atmosphère. Ce qui n'empêche pas que en même temps il soustrait du carbone sous forme insoluble de carbonate vers les profondeurs. Ce dernier sera stocké en dépôt sédimentaire sur les plates-formes continentales ou sera dissous dans les eaux profondes abyssales. Cette chute continue de débris organiques et les coquilles calcaires du plancton prend environ 1 mois (Javoy, M. 2001, p. 321). Le plancton se renouvelle totalement tous les uns à deux mois (temps de résidence moyenne; Javoy, M. 2001, p. 314). Les facteurs limitants ultimes de la production du phytoplancton marin sont les sel nutritifs, essentiellement phosphates et nitrates (mais certaines cyanophycées marines comme *Trichodesmium* transforment directement l'azote de l'air). Un apport de silice aura aussi une influence sur les flux de CO<sub>2</sub> parce qu'il favorisera le développement des diatomées au dépens des coccolithophoridés (Treguer, P. 2002, C.R. Geoscience 334, 3-11). Le résultat un peu paradoxal est que, vu de l'atmosphère, le bilan de la prise de CO<sub>2</sub> par l'océan est plus élevé qu'avec les coccolithophoridés. Cependant cette dernière situation est celle des périodes glaciaire ou l'érosion libère plus de silice, nous sommes actuellement en phase inverse. L'espèce de coccolithophoridés *Emiliana Huxleyi* prolifère chaque année au point de modifier la couleur de l'océan vu de l'espace (Dandonneau, Y. 1998).

□ Pour ce qui est du méthane, CH<sub>4</sub>, une grande part présent dans l'atmosphère résulte de la fermentation intestinales (insectes herbivores, termites...), de la décomposition anaérobie de matières organiques (tourbières, marécages), des rejets du à la biosynthèse (forêts à feuilles caduques). Les mesures fournies par les carottes de glace montrent un parallélisme parfait entre température et concentration du méthane (J.C. D, fig. 5, p. 770; Lenoir, Y. 2001, p. 68). L'accroissement actuel du méthane (0,7 à 1,75 ppmv) est principalement lié aux aspects alimentaires de l'explosion démographique. Les sources sont surtout les rizières puis les panses de ruminants, aussi la combustion de biomasse (décharges...) (Sadourny, R. 2001, p. 333). Les fuites de gaz naturel et dues à l'extraction du charbon sont proportionnellement faibles (<15%, IEA/OCDE 1991, tabl. 1.2).

□ La teneur de l'atmosphère en protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O augmente (27 à 31 ppmv) à cause du développement de l'agriculture et de son recours massif aux engrais (Sadourny, R. 2001, p. 333) aussi des combustions (IEA/OCDE 1991, p. 20). Les rejets naturels qui font partie du cycle de l'azote sont dus aux processus microbiens (océans, estuaires, sols).

□ CFC (interdits à partir de 2005) et substituts HCFC et HFC : Ces gaz inertes non toxiques sont en très petite quantité mais leur émissivité est 1000 à 10 000 fois celle du CO<sub>2</sub>. Ils sont utilisés dans l'industrie du froid, comme solvants, pour les mousses plastiques expansées et comme propulsants pour aérosols. Ils absorbent aussi dans des longueurs d'onde où ne se produisait aucune absorption jusque là. On s'attend à des croissances rapides de production dans l'avenir (sadourny, R. 2001, p. 334, Lenoir, Y. 2001, p. 66 et 203).

□ L'origine de l'ozone troposphérique, O<sub>3</sub>, est complexe. Il semble résulter de l'action des UV sur les vapeurs d'hydrocarbure naturels (terpènes émis par feuilles) ou artificiels (imbrûlés). On trouve l'ozone au dessus des forêts équatoriales, des feux de brousses et dans les villes polluées. A noter que c'est un toxique pour gens et plantes (Lenoir, Y. 2001, p.66-67).

□ Par ailleurs l'agriculture, par l'irrigation, a augmenté singulièrement l'évaporation d'eau continentale jusque là piégée. C'est aussi une composante anthropique qui interagit avec le climat (au moins en terme d'énergie), non prise en compte actuellement (Lenoir, Y. 2001, chap. II.4).

En regard de cette phrase de C. Lorius dans l'article de conclusion (p. 842) :

*"Les émissions de gaz à effet de serre, notamment du CO<sub>2</sub> sont essentiellement liées à la combustion des carburants fossiles..."*,

on peut résumer qu'en terme d'effet de forçage radiatif, le CO<sub>2</sub> rajouté est responsable de la moitié de la part anthropique, qu'environ 70% de ce CO<sub>2</sub> provient de la combustion des combustibles fossiles, que donc ce dernier est responsable de forcément moins de la moitié du forçage radiatif anthropique. Et sur l'ensemble des gaz effet de serre anthropiques, la combustion des combustibles fossiles n'est pas responsable de plus de



**moitié de l'effet de forçage anthropique.** Et l'ensemble de ce forçage est lui même de moins de 1% du flux d'énergie radiative émis par l'atmosphère vers le sol. N'était-il pas important de rappeler ces proportions dans un numéro spécial intitulé "Energie et climat" afin de savoir de quoi on parle ?

#### Validité des modèles du GIEC : il y a un peu du serpent qui se mord la queue

Le GIEC insiste surtout sur les résultats des modèles de l'évolution de la température moyenne du globe. Cette notion de température moyennée mondiale est la seule sur laquelle les modélisations s'accordent à peu près (Y. Lenoir 2001). Il y a un accroissement des gaz "à effet de serre" (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC, O<sub>3</sub>...) anthropique dont on calcule qu'elle conduit à une légère augmentation du flux infrarouge moyen de la troposphère vers le sol. Dans un autre registre, les mesures de température, elles, aboutissent à un bilan d'augmentation de la température moyenne globale de 0,6°C pour la même période.

Regardons les résultats du modèle du Hadley center reproduits en fig. 5 de J.C. Duplessy (p. 770; aussi Lenoir, Y. fig. 6, p. 64). C'est celui là que le GIEC a décidé de montrer. Un scénario appelé "Natural" simule le bilan radiatif d'activité solaire et les éruptions volcaniques les "gaz à effet de serre" gardés constants. Un autre scénario appelé "Anthropogenic" simule une augmentation des "gaz à effet de serre" et sulfate (aérosols). Un troisième scénario appelé "All forcing" simule les changements simultanés des 4 paramètres ci-dessus. "Anthropogenic" donne des valeurs, calées sur celles de départ, qui ne varient guère avant 1970 donc n'expliquant pas les variations antérieures. Mais à partir de 1970, il fait comme la température moyenne observée. "Natural" simule des écarts importants (de +0,3 à -0,2°C) entre 1860 et 1920. Les mesures n'ont pas montré ces écarts et font même l'inverse du simulé entre 1900-1920. Par contre "Natural" produit une augmentation entre 1910-1945 puis une baisse au delà qui peuvent être comparées aux variations observées. Puis il simule une continuation de baisse jusqu'à l'actuel. On retrouve tout cela dans "All forcing": certaines variations comme celles observées sont trouvées via les données de "Natural", d'autres de celle d' "Anthropic" et des variations prévues par le modèle n'ont pas été observées. En 1995 le GIEC avait publié un éclaté de modèle "Anthropogenic". La simulation des "gaz à effet de serre" donnait une augmentation trop élevée de la température moyenne parce qu'elle ne peut simuler la baisse/stagnation de 1945 à 1970. On ne comprenait pas (La Recherche n°283; Y. Lenoir, p. 64). Alors on avait introduit le paramètre à effet inverse, les aérosols sulfatés (il apparaît dans les scénarios du GIEC entre 1990 et 96). Et on tombait pile sur la valeur mesurée à l'an 1990. Quelle fiabilité faut-il donner à ce récent paramétrage alors que J.C. Duplessy écrit que cet effet (aérosols) "*reste toujours très mal connu et entaché d'une large incertitude.*" (p. 769) ? Cela veut dire que le ou les paramétrages (en fonction des pratiques industrielles et des époques) retenus sont arbitraires.

On a le droit de se poser des questions. Dans les années 1990, on nous montrait un effet de serre qui simulait bien l'augmentation de température entre 1915 et 1945, aujourd'hui c'est au scénario "Natural" qu'est dévolue cette tâche. Donc dans les années 90 on ne tenait pas compte du naturel ou on évitait de nous montrer le cumul des deux ?

La climatologie étant l'une des sciences les plus complexes qui soit, on en est presque réduit à juger d'après des résultats de modèles qui appréhendent cette complexité. Or que fait-on. On "règle" les modèles jusqu'à ce qu'ils produisent des valeurs comparables à celles observées. Dès lors que l'on a à faire à des paramètres non maîtrisés, et ils sont fondamentaux, comme l'eau (on "fait pleuvoir" via une formulation empirique réglée à la main pour le contexte local : pôles, équateur, reliefs...; Lenoir, Y. 2001, p. 135), le biogéochimique (voir plus haut ce qu'en dit J.C. D), la circulation des océans ou encore les aérosols, on se guide sur les résultats obtenus qui doivent être de l'ordre de l'attendu. Normal. Puis ensuite, on :

*"attribue aux activités humaines l'essentiel du changement climatique de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle (avec un seuil de confiance estimé à plus de 0,66). Cette attribution repose sur les nouvelles données acquises, sur la modélisation de l'évolution du climat postérieure à 1850 (fig. 5) et sur la mise en œuvre de nouvelles méthodes d'analyse statistiques des données météorologiques, comparées aux simulations issues des modèles.."* (J.C. D, p. 771).

Donc on déduit de cette correspondance que l'on a réussi à reproduire les faits, donc à expliquer ce qui se passe... Il y a un peu du serpent qui se mord la queue. Pourtant au début des années 90, les modèles laissés à eux mêmes (sans rectifications par paramétrages arbitraires) arrivaient à "évaporation de l'océan"... (rapport CEA, 1993, par P. Rouvillois, sur les modèles du Livermore National Laboratory; cité dans Lenoir, Y., 2001, p. 86).

Ces modèles numériques sont des objets artificiels, des outils pour essayer de comprendre. Ils arrivent désormais à rendre compte des grandes lignes de la circulation atmosphérique et des ses variations saisonnières. Mais ils n'ont pas de modèles dynamiques descriptifs de référence ni pour l'atmosphère (cellules de Hadley ? Anticyclones mobiles polaires ?), ni pour les océans (devenir du Gulf stream au nord, de son retour profond vers l'Antarctique, etc.). Comment juger de leur pertinence ? A plus petite échelle, de très nombreux phénomènes échappent au découpage standard de la maille de 300 km × 300 km (couloirs dépressionnaires,

détails des basses couches où circule l'air froid, "équateur météorologique incliné", nuages, cyclones, etc.; Lenoir, Y., p. 134). Les résultats utilisables sont des moyennes.

Au XX<sup>e</sup> siècle, en terme de moyenne globale, il y a eu deux épisodes séparés d'augmentation de la température d'environ 0,5°C, séparés par un épisode de descente stagnation. L' "effet de serre" des modèles avec leurs réglages ne simule, à la date 2001, qu'une situation semblable au deuxième soit, au mieux, pour tout crédit, une période historique de 30 ans sur 140. Il n'explique plus l'autre. Encore faut-il préciser que ce sont les aérosols sulfatés qui sont devenus le modulateur majeur de ce scénario, sans quoi on a une courbe ascendante continue qu'on ne peut pas comparer à grand chose (courbe éclatée du GIEP 1996, reproduite dans Lenoir, Y. 2001, p. 64). Par ailleurs, il est dangereux de prendre comme référentiel de raisonnement à l'an 2000, un autre modèle : "Natural", puisque ses résultats sont fort fluctuants par rapport aux référentiel de mesure, voir inverse, pour tout le premier tiers de la période historique modélisée, puis sont "cachés" pour le dernier quart si l'on accorde crédit aux agents du scénario "Anthropogenic". Là encore, si la période pendant laquelle les résultats correspondants à ceux observés est due (ou en partie) aux agents modélisés par ce scénario, son crédit historique ne reste que de 40 à 50 ans sur 140.

C'est n'est pas énorme. Donc finalement, sur quelles certitudes se base-t-on pour affirmer qu'il y a un effet de retenue "de plusieurs décennies, jusqu'à ce que l'océan et l'atmosphère aient atteint un état d'équilibre thermique." (J.C. D, p. 771) ? Cela a beaucoup été utilisé par des modélistes en vue au GIEP pour expliquer pourquoi on observe pas le réchauffement prévu par les calculs. Or en juin 91 eut lieu une violente éruption au Pinatubo qui éjecta très haut des millions de tonnes d'aérosols. On pouvait estimer qu'il en résultait une réduction du flux solaire de 3W/m<sup>2</sup>, valeur supérieure à celle du forçage anthropique, et un spécialiste annonça avec son modèle un refroidissement. Celui ci se produisit, et même tout de suite en 1991 et 1992 (-0,5°C). Ce qui fait écrire à Y. Lenoir (2001, p. 153) : "*Pourquoi diable la variabilité climatique s'acharnerait-elle avec constance depuis plus d'un demi siècle à dérober à nos regards les conséquences prédites d'une augmentation de 2,5W/m<sup>2</sup> du forçage radiatif de l'atmosphère vers la surface, mais s'effacerait-elle miraculeusement pour laisser s'exprimer sans entrave, instantanément et partout l'effet d'une diminution du même ordre du flux solaire pénétrant dans l'atmosphère ?*"

Plutôt que d'avoir établi des certitudes, on semble surtout progresser à tâtons. Il est évident que l'avenir nous réservera encore quelques surprises.

L'une de ces surprises est arrivée par un article de Kahl & al. dans Nature 28 jan. 93. Avec la fin de la guerre froide, la déclassification soudaine de grandes quantités de données météorologiques militaires américaines et soviétiques sur l'Arctique révèle que cette région s'est refroidie entre 1950 et 1990 (en moyenne de -1,5°C). Or tous les résultats des modèles numériques de l'effet de serre prédisent surtout un réchauffement aux pôles. Le résultat est doublement contradictoire parce qu'un réchauffement en altitude a été observé en parallèle au refroidissement de surface ("inversion de température"). Or c'est justement contraire aussi aux résultats des modèles (Lenoir, Y. 2001, p. 146). Est-ce pour cela que J.C. Duplessy a écrit que les modèles "*ne montrent pas de manière satisfaisante l'évolution du contraste thermique entre le niveau du sol et la troposphère.*" (p. 769) ? Les hivers de l'Amérique, Sibérie, Mongolie et Corée du nord ont atteint des records de froid depuis 1990. En février 2001, Mongolie et Corée du Nord avaient de très grandes pertes agricoles à la suite de deux hivers particulièrement froids et périodes sèches (Lenoir, Y., p. 33). Or les modèles numériques prédisent tous une élévation maximale de température en hiver dans les régions continentales situées aux latitudes élevées.

Sur un plan tout autre, celui de la circulation océanique nord Atlantique, J.C. Duplessy n'a-t-il pas écrit dans La Recherche (n°295, fév. 97) que les changements induits par l'effet de serre "*pourraient entraîner un refroidissement rapide de l'Europe occidentale.*" ? (cité dans Lenoir, Y., p. 84).

Il y a donc de grosses incertitudes et des problèmes par rapports aux prédictions. On ne maîtrise pas tout. On utilise pourtant ces modèles sans état d'âme pour prédire le futur, et c'est d'ailleurs ces résultats là et seulement eux, qui bénéficient d'une très large médiatisation. Il est vrai qu'ils sont intrinsèquement indiscutables puisque invérifiables.

Les thèses prévisionnistes soutenues par le GIEC (IPCC) ont eu une consécration historique puisque c'est là l'origine des traités internationaux et leur contenu : la Convention Climat (Rio 1992) et le protocole de Kyoto (1997). En réponse au contenu de ces traités, les américains ont choisi de planter massivement des arbres (1 milliard/an) sans modifier leur consommation en combustibles fossiles et leur agriculture. Depuis 1996, la société norvégienne Statoil réinjecte le gaz carbonique récupéré de l'épuration/séparation d'un gisement de gaz naturel de la mer du nord, en réservoir géologique sous la mer, pour un prix qui est dans la fourchette de celui des taxes sur le carbone imposées dans ce pays. Le "coal and Power system" des Etats-unis est prêt à faire la même chose et réclame même de son gouvernement qu'il fixe simplement les règles du jeu. Si on lui fixe les règles, l'industrie piégera et stockera le CO<sub>2</sub>, les capacités de séquestration dans la biosphère, en formations géologiques ou dans l'océan sont énormes (Lenoir, Y. 2001, p. 206-209). Mais c'est l'état français et ses X-

mines qui paraissent les plus "accro" à ces traités internationaux. Christian Pierret, Secrétaire d'Etat à l'Industrie a déclaré lors du colloque à huis clos de Ch. Bataille à l'assemblée nationale "Energie et nucléaire: sortie ou relance ?" (06/11/01) qu'une sortie du nucléaire "mettrait la France dans l'impossibilité de répondre à ses engagements en matière de lutte contre le réchauffement climatique. (...) le nucléaire demeurera la composante majeure de la production d'électricité en France..." (cité dans Acronique du nucléaire n°56, p. 30). **C'est l'effet de serre qui est devenu le seul argument en France pour justifier le recours au nucléaire.** Et on a remarqué plus haut que les gens du CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) sont bien présents dans la modélisation sur le climat et au sein du GIEC : P. Rouvillois, J. Jouzel. L'unité CEA/CNRS à laquelle appartient J.C Duplessy a pour Directeur quelqu'un qui vient tout droit du CEA. Philippe Ciais qui est ou était aussi membre français du GIEC est de la même unité. C'est que le climat est aussi une donnée stratégique militaire, notamment pour les vecteurs nucléaires. La confidentialité des données climatiques de l'arctique pendant toute la guerre froide le montre bien. "L'alerte climatique" a été lancée en 1985 à Villach en Autriche (s'en suivra la création du GIEP, Rio, etc.). Le nucléaire était bien présent. W.C. Clark d'un institut ultranucléaire y a fait une déclaration remarquable : le réchauffement prévu à l'an 2100 étant alors de 9 à 15°C, le risque encouru déclara-t-il était de l'ordre de la rupture de plusieurs grands barrages pour le premier chiffre, de dix fois celle d'un accident nucléaire majeur pour le deuxième (Lenoir, Y. 2001, p. 193, Tchernobyl surviendra 7 mois après cette déclaration).

La politique de communication du CEA qui est si bien placée dans ce groupe modélisation est sans ambages : "Les climatologues sont pourtant catégoriques : si rien n'est fait, l'augmentation de la température de 1,4°C à 5,8°C prévue d'ici 2100 pourrait avoir de graves conséquences pour la planète." ("Climat et décisions", in "Les défis du CEA", avril 2000; reproduit dans Gazette Nucléaire 195/196, p. 19).

Lorsqu'il écrit au début de l'article de conclusion :

*"Même s'il existe certaines incertitudes liées à la complexité du système climatique, les émissions de gaz à effet de serre, et notamment de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), expliquent la hausse de température observée à l'échelle du globe au cours des dernières décennies."* (p. 842),

Claude Lorius n'emploie donc pas le conditionnel non plus. Et il ne laisse même pas de place à un ou des autre(s) facteur(s) contributif(s).

#### Les conclusions médiatisées du GIEC n'impressionnent pas tous les scientifiques du climat...

Les modèles du GIEP tendent à expliquer les variations connues du climat avec le bilan radiatif du soleil (la "constante solaire"), les volcans et surtout les émissions anthropogéniques dues aux combustibles fossiles, à l'agriculture et aux CFC. Il existe d'autres recherches initiées par des scientifiques danois. Elles sont basées sur des liens frappants entre des paramètres liés à l'activité solaire, le flux cosmique, et le climat historique.

Au départ ils ont trouvé un lien troublant entre la variation de température moyenne de l'hémisphère nord et la durée des cycles solaires sur la période 1860-1985 (Friis-Christensen & Lassen 1991, reproduit dans Lenoir, Y. 2001, p. 122). En même temps l'équipe danoise constate que le bilan radiatif (celui pris en compte dans les modèles du GIEP) n'est pas le paramètre essentiel, il varie peu (0,3W/m<sup>2</sup> pendant le dernier cycle solaire, aussi cité dans J.C. D, p. 769). L'étape suivante établit une corrélation entre le rayonnement cosmique mesurée au sol et la couverture nuageuse (filtrée sur 12 mois) fournie par plusieurs satellites entre 1980 et 1995 (un cycle solaire). Les variations se suivent très fidèlement (Svensmark & Friis-Cristensen 1997; reproduit dans Lenoir, Y., fig. 20). Plus le flux cosmique est intense, plus la couverture nuageuse est importante. Le flux de rayons cosmiques est formé de particules très énergétiques d'origine galactique et extra galactique. Sa variation avec les cycles solaires et la relation mesurée avec la couverture nuageuse amène à proposer l'**hypothèse que le magnétisme solaire** associé au vent solaire (qui va au delà de l'orbite de Pluton) **module les rayons cosmiques, qui contrôlent les nuages**. Sur la base de la fourchette des forçages radiatifs nets moyens de la couverture nuageuse globale, les auteurs évaluent celle de la variation du forçage correspondant à l'influence présumé des rayons cosmiques; ils la situent entre 0,8 et 1,7 W/m<sup>2</sup>, à comparer avec le forçage de 2,6 W/m<sup>2</sup> attribué aux émissions anthropiques (combustibles fossile + agriculture + CFC) (Svensmark & Friis-Cristensen 1997; cité dans Lenoir, Y, p. 124). L'hypothèse est testée sur le paléoclimat via les variations avec le temps des carbone 14 (piégé dans les végétaux, exemple cernes de vieux arbres) et béryllium 10 (rapidement piégé dans les glaciers). Ceux ci sont formés dans la basse stratosphère vers 15-20 km d'altitude par de violentes réactions nucléaires provoquées par ces rayons cosmiques de grande énergie (La Recherche n°323, p. 53). C'est donc un moyen de mesurer les arrivées de ce flux donc aussi la protection magnétique apportée à la terre par l'activité solaire (couplé au champs magnétique terrestre qui est lui même variable). Les résultats sur la période 1000 à 2000 renforcent l'hypothèse, avec des valeurs hautes de ces radio-isotopes aux trois périodes froides (famines 1316-19; le petit Age de glace sur la période 1450-1550 puis le "minimum de Maunder" vers 1700, fin du règne de Louis XIV; Lenoir, Y., 2001 p. 127 et p. 22-23; E. Bard, La Recherche n°323, p.56 : ces variations obligent à

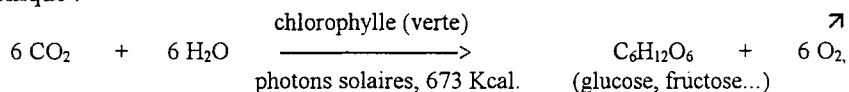
beaucoup corriger les anciennes datations au carbone 14). De même on mesure une valeur basse à l'optimum climatique du Moyen-âge (900 à 1250) (E. Bard, La Recherche n° 322, p.56; Svensmark 1999, cité dans Lenoir, Y., fig. 24). Par ailleurs il a été montré que le flux magnétique solaire (protecteur) atteint actuellement un maximum historique (Lockwood 1999 cité dans Y. Lenoir, fig. 23; ne pas confondre avec le bilan radiatif du soleil). Il reste à préciser le mode d'action des rayons cosmiques sur la formation des nuages qui sont dans cette hypothèse, le facteur modulant le climat. Marsh & Svensmark (2000; cité dans Lenoir, Y., p. 127) établissent qu'en pratique seule la densité des nuages situés en dessous de 3200 mètres d'altitude répond au signal cosmique.

Ainsi, le magnétisme solaire pourrait être le ou un facteur explicatif extérieur manquant. Variable avec le temps, ce facteur l'est aussi dans l'espace parce que l'ultime bouclier constitué par les lignes du champ magnétique terrestre laisse deux entonnoirs au dessus des hautes latitudes. Un travail sur la localisation de la variation de la couverture nuageuse, qui confirme les résultats des danois, a établi une très belle corrélation avec l'index de l'oscillation climatique australe El Nino (Farrar 2000; cité par Lenoir, Y., p. 128). Marsh & Svensmark ont montré aussi que la présence de noyaux de condensation accroît à la fois l'épaisseur des nuages bas et la température de leur couche supérieure, les deux facteurs agissant cumulativement pour refroidir la surface terrestre. Il faut donc absolument approfondir les connaissances sur la microphysique de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. Cette voie de recherche vient d'être concrétisée par le projet international CLOUD (Cosmic Leaving Outdoor Droplets) du CERN (17 institutions de 9 pays sont sur ce projet là) pour préciser le rôle des rayons cosmiques sur la formation des différents types de nuages et sur leur propriétés optiques. Seuls les milieux du GIEP paraît-il, minimisent, sinon ignorent l'intérêt de la piste explorée (Lenoir, Y. 2001, p. 128).

Rappelons pourtant la phrase de J.C. Duplessy: "...la physique des nuages reste un point dur, qui devra faire l'objet de recherches fondamentales intensives." (p. 769). L'hypothèse du lien magnétisme Solaire-climat aussi documentée soit-elle oblige à se poser la question d'un test numérique puisque jusqu'à maintenant on a surtout constaté que des variations se répondent. Quel effet quantitatif cela a-t-il sur le climat ? Mais la couverture nuageuse est justement ce qu'on sait le moins modéliser... (Lenoir, Y. 2001, p. 129).

### I.C. Les risques dévastateurs pour notre société ne sont pas là où les situent ces articles

La photosynthèse sur laquelle repose le vivant "supérieur" requiert de la lumière, de la chaleur, de l'eau et du gaz carbonique :



Une augmentation de la température, de la vapeur d'eau et du CO<sub>2</sub> devrait correspondre à une extension maximale de la biosphère (et en production et en extension), ce qui est d'ailleurs rentré au moins en partie dans les modèles (J.C. D, fig. 6). Peut-être aussi, lorsqu'il y a plus de "fertilisation" en CO<sub>2</sub>, les plantes ont moins besoin d'ouvrir leurs stomates par lesquels elles perdent du coup moins d'eau, facteur souvent limitant, et arrivent à gagner des écosystèmes plus secs (Lenoir, Y. 2001, p. 161). Ainsi quand M. Petit écrit par exemple que cela nuirait aux sports d'hiver (p. 781), il aurait du ajouter pour être complet que cela bénéficierait en contre partie à l'agriculture de montagne. Y. Lenoir (p. 119) fait remarquer qu'un refroidissement aurait des conséquences autrement plus redoutables comme la Mongolie-Corée du nord viennent de le montrer. D'autant plus que le signal astronomique est favorable à un retour d'expansion glaciaire : le paramètre en jeux est cette fois de subtiles variations orbitales terrestre, d'où il résulte une variation d'ensoleillement aux hautes latitudes de ± 10%. C'est quand cette variation décroît et devient négative qu'ont commencé les dernières grandes glaciations, or on est dans cette situation aujourd'hui.

Si l'on admet les prévisions du GIEC : plus de vagues de chaleur en 2100, "le secteur de l'assurance" serait touché (p.780), il faudrait faire des couloirs de migration pour espèces protégées (p.779), etc., même si cela ne veut pas dire qu'il faut continuer cette énorme consommation d'énergie, il n'apparaît pas d'obstacles complètement insurmontables au moins pour un siècle et plus. D'après les mesures anglaises, la température moyenne de la décennies 1729-1738 n'a-t-elle pas été supérieure de 1,79°C à celle de la décennie 1691-1700 ? (La Recherche n° 321, juin 99, cité par Lenoir Y. 2001, p. 127). Et durant l'optimum climatique holocène (-9000 à -6000) pendant laquelle le Sahara et ses gravures rupestres de grand gibier comporte des lacs, la température moyenne supposée n'était-elle pas supérieure de 2°C à l'actuelle ? (Lenoir, Y., p. 105, mais la configuration orbitale de la terre n'était pas la même qu'actuellement).

Dans l'avant dernier article, J.C. André écrit que continuer ou non à utiliser les combustibles carbonés fossiles, c'est décider de la "préservation ou non de conditions d'habitabilité satisfaisante pour toute la planète." (p. 839). M. Petit emploie souvent les termes "risques" et "menace". On dépense une étonnante énergie à prédire d'hypothétiques malheurs dus au réchauffement autour de chiffres qui ne sont pas exceptionnels.

**Or, il y a des situations actuelles dans lesquelles les victimes, obligées de subir jusqu'à l'altération de leur patrimoine génétique familial, ne peuvent plus que regarder comme un lointain rêve utopique la remarque : "ah, s'ils avaient continués à utiliser les énergies fossiles, nos familles auraient continué à vivre heureuses !"**

Les conséquences de l'emploi même passé du nucléaire sur le futur ne peuvent pas être totalement connues (fort rejets aériens des bombes au début des années 60 que nous avons tous subis, aujourd'hui des usines, rejets marins des usines, sites de déchets, d'explosions militaires souterraines et résidus de minerai condamnés pour au bas mots des millénaires avec les nappes phréatiques environnantes... Comme n'importe qu'elle activité, son emploi a donné et donnera lieu à des accidents (Pharabod et Schapira 1988). En cas d'accident, les énergies fossiles tuent sur le champs dans l'environnement immédiat, alors que l'énergie nucléaire empoisonne sur de vastes distances et pour très longtemps.

Le glaciologue C. Lorius a tort d'ignorer l'avertissement de R. Daustray :

*"...un risque potentiel pour la santé publique en cas d'adversité, bien plus grave que tous ceux survenus depuis la fin de la seconde guerre mondiale..."* (p. 826)

et encore :

*"solution garantissant la santé publique d'un danger potentiel majeur"* (résumé)

Majeur et immédiat. Potentiel en France mais concret à Kychtym/ Chelyabinsk (Medvetev, Z. A. 1988; Pharabod & Schapira) et à Tchernobyl, et cela sans qu'il n'y ait eu le moindre événement "d'adversité". C'était en plein fonctionnement normal. Prenons ce simple village (évidemment parmi une foule autres) de 1300 habitants dont 400 jeunes de moins de 17 ans, **Olmany** contre la frontière polonaise **250 km à l'ouest de Tchernobyl**. Je découvre dans des documents pas forcement faciles d'accès, qu'en 1996, 10 ans après le passage quelques jours d'une simple masse d'air justement, un petit projet européen d'une durée de 3 ans (Ethos) "...s'est donné pour objectif d'améliorer la qualité radiologique de la viande produite par ce circuit privé à Olmany, notamment en vue de pouvoir de nouveau commercialiser celle-ci..." (Annales des Mines, 04/99: 5-11 et revue Risque & Prévention, CEPN, oct. 1998). "Au regard des autres territoires contaminés dans le pays, le niveau de contamination du village d'Olmany est généralement considéré comme relativement faible par les experts". Ce village dont les revenus provenaient de son agriculture ne peut plus commercialiser la part privée de sa viande, depuis 13 ans ! (car c'est toujours et encore le cas en 1999 malgré le petit projet). Pour les premiers mois d'été (1997), 5% seulement de son lait est sous la norme bélarus de 111 Bq/l. Le kolkhoze est hors projet mais certaines remarques laissent entendre que la situation n'y est pas brillante non plus. Non seulement l'activité privée de tous ces villages s'est vue du jour au lendemain être obligée de survivre en autarcie, au sens économique littéral du terme, mais ils ne peuvent que nourrir leurs enfants avec leurs produits, auparavant achetés par d'autres, mais maintenant invendables car dangereux (un tableau montre que tout est radioactif surtout le lait, 10 à 2000 Bq/kg, et la confiture, 100 à 2000 Bq/kg, mais aussi le porc, les lapins, le beurre, le pain...). Une certaine comparaison, entre la conséquence de ce que serait un dérèglement du climat à cause des combustibles fossiles et l'utilisation du nucléaire a donc été osée par Claude Lorius :

*"Pour citer deux exemples, liés à des événements qui se sont produits ces dernières années, l'accident nucléaire de Tchernobyl et les inondations ayant touché récemment notre pays ont eu une influence certaines, en tout cas dans l'immédiat, sur la perception des risques liés au climat ou au choix des sources d'énergies. Cette prise de conscience, plus émotionnelle que rationnelle, ne va cependant pas de pair avec l'acceptation de mesures que pourraient prendre les décideurs..."* (p. 843)

Je prend note que C. Lorius place sur le même plan des inondations récentes dans des vallées (qui, par définition géologique...) et les conséquences de l'explosion du réacteur. J'observe d'ailleurs que ce colloque "Energie et Climat" à l'Académie des sciences s'est tenu à 3 jours près, au 15<sup>e</sup> anniversaire de cet accident. La vie des habitants d'Olmany, prise comme exemple, a basculé à tout jamais le 26 avril 1986. C'est très profondément émotionnel et imparablement rationnel depuis ce jour précis. C'est «plus rien dans le porte-monnaie» et c'est un "marquage" mesurable par des matières artificielles toxiques de ses propres enfants (mesurable pour les émetteurs  $\gamma$  en tout cas). Même pour les enfants nés bien après l'accident, dans les zones fortement contaminées a été établi une relation proportionnelle entre leur taux d'arythmie cardiaque et leur "marquage" personnel en Cs137 (article V.B. Nestorenko dans "Trait d'union" CriiRad, n°20, p.8-17, et fig.1). Sur le seul intervalle 1990-1998, parmi les enfants qui ont connu le nuage dans les zones les plus contaminées, 1800 cancers de la thyroïde sont reconnus, même par nos experts. Alors qu'on pouvait attendre qu'il n'eussent pas été plus de 40, sur une période de 8 ans, si la centrale de Tchernobyl avait produit de l'électricité à partir de

combustibles fossiles. Vu le temps de latence de cette maladie, la multiplication des cancer, ceux là et tous les d'autres, ne fait évidemment que commencer (quant aux chiffres ils ne nous arrivent qu'avec bien des années de retard). L'ablation chirurgicale de la thyroïde dans des conditions précaires dans le centre de Minsk est très émotionnelle et rationnellement inoubliable pour ces milliers d'enfants. La prise de médicaments substitutifs pour le reste de leur vie aussi. Il s'agit de cancer multifocaux très agressifs, de l'histotype papillaire mais avec une variante "solide-vésiculaire" très invasive, tant par voie lymphatique que sanguine. En 1995, nos experts reconnaissaient 3 morts (IPSN dans Gazette Nucléaire n° 163/164), mais les médecins européens en contact avec les médecins locaux de là-bas rapportaient déjà alors 10 morts parmi ces enfants atteints du cancers de la thyroïde (TPP, 1996, p. 217). Un long article de la Gazette Nucléaire de 1997 (n°157/158, p. 19-31) avait fait le point sur les publications existantes montrant les problèmes innombrables et absolument redoutables de santé qui se posent depuis longtemps, 1989, dans les zones contaminées, ou bien parmi les maintenant 800 000 liquidateurs dispersés dans l'ancienne URSS (et leurs enfants) et autres perspectives génétiques sombres, par observation directe de l'altérations des gènes, sur animaux et gens. La quantification de l'ampleur du ravage doit être établie par des études épidémiologiques à caractère universel (comme pour Hiroshima-Nagasaki, voir "la norme 1mSV" dans l'annexe I du présent document, p. 49). Et **c'est la plus incroyable leçon d'aujourd'hui**, sur un événement bien plus immense que Hiroshima-Nagasaki en terme de radioactivité et de nombre de personnes concernées, tout est fait au niveau des instances internationales, OMS, UNSCEAR, AIEA etc. pour que, **surtout, aucune étude épidémiologiques à caractère international ne soit lancée**. Les résultats pourraient être troublants. Sur place, il y a peu de danger que ce soit fait. Il n'y a plus un sous, c'est la survie. Et l'un des médecins qui faisait un travail sur les plus contaminés en Biélorussie, le Pr. Bandajevsky, vient d'être envoyé à huit ans de redressement à régime renforcé par un tribunal militaire avec confiscation de ses biens (Gazette Nucléaire n°179/180; p. 18-19, lettre du comité Stop-Nogent n° 87; trait d'union CriRad, n°20; Belbeoch, R. 2001...). Le ministère de la santé du Bélarus, qui met tous les obstacles qu'il peut face aux Pr. Y. Bandajevsky et V. Nesterenko, est soutenu par les experts de l'AIEA (Association "Enfants de Tchernobyl Bélarus" dans Gazette Nucléaire n°195/196, p. 2). Y. Bandajevsky est considéré par Amnesty International comme prisonnier de conscience. L'enjeu de cette connaissance des effets est si grand. Les experts se contentent de répéter aux media qu'ils "savent" qu'il n'y a rien. Il est vrai que pour être cohérent avec lui-même, ce milieu d'experts qui a établi les normes de la CIPR-63 (présente annexe I, p. 51) ne peut que considérer la situation à Tchernobyl comme étant réglée correctement.

Puisque le GIEC donne beaucoup d'importance aux aspects financiers, on observe que le désastre nucléaire (qui résulte de petits gestes banals de la vie quotidienne) dépasse "le secteur de l'assurance sera touché" en 2100 que nous rapporte Michel Petit. Et pour comparer aux "inondations ayant touché récemment notre pays" de C. Lorius :

*"Selon les calculs scientifiques, le préjudice économique porté à notre pays par cet accident est équivalent à 32 budgets annuels du Bélarus de l'année 1986, soit 235 milliards de dollars américains nécessaires pour en surmonter les conséquence pendant une période de 30 ans."* (V. Tsalko, Président de l'officiel Comité ...Tchernobyl, République Bélarus, décembre 2001, lette publiée dans Gazette Nucléaire 187/188, p. 25)

Ou bien encore, on lit ici qu'en Ukraine, le financement des aides à la population des zones fortement contaminées est assuré par une taxe généralisée de 12% sur les salaires (1992; Acronique du nucléaire, n° 33 p.10). Les pays industrialisés n'aident pas financièrement ces victimes d'une catastrophe générée par une technologie de pointe dont ils préconisent l'usage massif.

S'il y a un risque qui est vraiment insurmontable, hier, tout de suite et demain, c'est l'accident nucléaire grave. Manifestement cette industrie est incapable d'assumer les responsabilités civiles des risques qu'elle fait courir à la société (présente annexe I, CIPR-63, p. 51). Ce constat est tellement écrasant que la seule réponse de notre société cultivée est le silence et "l'oubli". C'est un refoulement nécessaire, car comment vivre si l'on se dit sous la menace, un incident qui dégénère, n'importe quand, de la destruction définitive de tout son milieu, économique, affectif, sa santé, but de la vie, etc. (Belbéoch, R. 2001). Il est frappant dans ce n° spécial des CRAS IIa que, alors que tous les intervenants parlent des déchets nucléaires qui est un problème qu'il faut résoudre, aucun, sauf pour la phrase ci-dessus de C. Lorius, ne dit mot de l'accident nucléaire grave. On constate via les grands media français qu'un peu de révisionnisme scientifique peut être utile pour maintenir cet "oubli actif".

Claude Lorius exprime le besoin d'être actif "*au sein des Académies*" sur la prévisions des risques que court l'humanité en 2100, tels que modélisés au sein du GIEC. Aussi je me permet de rapporter en annexe I que certains à l'académie sont particulièrement actifs depuis plusieurs années lorsqu'il s'agit de minimiser certains risques, même, et surtout, s'ils sont prouvés. Et l'Académie laisse faire. Il y a visiblement pas mal de "M. Chasles" dans les rangs de l'Académie d'aujourd'hui (Poirier, J.P. 2001).

## II. Energie - première partie, et à l'échelle du monde :

les énergies qui n'ont aucun soucis à se faire parce qu'on en redemande :

- a) Pétrole-gaz (60+% de l'énergie primaire mondiale commercialisée) : La demande est forte et le restera. On devrait pouvoir répondre à la demande pour le XXI<sup>e</sup> siècle.
- b) Les énergies renouvelables

(B. Tissot, D. Decroocq, J.L. Bal et B. Chabot) : 32p.

### • Bernard Tissot (10p),

ancien directeur de la recherche et développement à l'Institut Français du Pétrole (IFP), membre du Comité de rédaction des C.R. Geoscience, nommé membre et Président de la CNE (**Bure**) par le gouvernement sur proposition de l'Office Parlementaire d'évaluation des choix technologiques en 1994.

La demande pour les produits pétroliers est forte et va le rester. Les réserves sont importantes mais limitées. On pourra satisfaire la demande jusqu'à la fin du siècle si elle se stabilise et qu'un effort de recherche beaucoup plus important que maintenant soit démarré avant 2020 au sein du monde pétrolier.

### • Daniel Decroocq (14p),

Institut Français du Pétrole :

technologies envisageables sur les produits pétroliers pour un certain contrôle des flux de CO<sub>2</sub> fossile : à la production, et à l'utilisation.

### • Jean-Louis Bal et Bernard Chabot (8p)

Ademe, 27, rue Louis-Vicat 75 737 Paris cedex 15

Sous le titre d'énergies renouvelables se trouve tout un tas de choses fort différentes.

Certaines énergies renouvelables ne sont pas encore pleinement compétitives sur le plan économique même si les ressources sont souvent "gratuites". Alors que d'autres sont de grosses filières traditionnelles : la grande hydroélectricité et le bois énergie.

Il y a : bois; valorisation de la partie organique des déchets; énergie solaire (surfaces vitrées isolantes, chauffe-eau, planchers via capteurs); bioélectricité (à partir de la biomasse de multiples façons); La grande hydroélectricité "18,7% de la production d'électricité mondiale. Cela correspond à environ 10% du potentiel techniquement et économiquement exploitable."; la petite hydraulique peut être développée même en France (potentiel 1000 MW). Eolienne en plein développement : grande (terre ou mer), ou petite (1 ou 2 éolienne moderne de 1 à 2 MW pour agriculteur). La géothermie de bassin sédimentaire peut fournir aujourd'hui de la chaleur à des conditions tout à fait compétitives (ex. dans le bassin de Paris : 12,04 euros/MWh contre 26,069 pour le gaz naturel et 33,844 pour le fioul domestique; pour la France métropolitaine : potentiel 200 Mtep). Géothermie haute température à cycle binaire : régions volcaniques du globe ou à magmatisme récent. Perspective de la géothermie "roches sèches" (un ex. en l'Europe, expérience de Soultz en Alsace qui devrait être industriellement exploitable dans les années 2010). Le photovoltaïque est cher mais doit être comparé aux solutions alternatives (groupe électrogène, piles...) "*Pour les besoins vitaux de plus de deux milliards de personnes, les générateurs photovoltaïques couplés à des appareils performants du point de vue énergétique sont souvent la solution la plus pertinente.*". Bien que la filière la plus chère, c'est aussi celle dont le potentiel est le plus élevé. Le marché mondial est passé de... 3 MW en 1980 à 250 MW en 2000 et la CEE prévoit une diminution d'un facteur 7 des coûts entre 1999 et 2010.

L'exploitation rationnelle des énergies renouvelables doit se concevoir comme le couronnement d'une démarche globale de maîtrise de l'énergie basée sur les **principe de la sobriété**, de l'efficacité, du respect de l'environnement (p. 832).

Au niveau des moyens, les auteurs rapportent que pour 2001 un supplément de 250MF a été rajouté aux "500MF/an supplémentaires" (p. 834) qui ont été attribués aux projets d'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables. Cette décision (des 500MF) a été prise en 1999 donc dans les 3 dernières années. On peut préciser d'où l'on partait. Le rapport Souviron (déc. 1994, Débat national Energie & Environnement, Ministères de l'industrie, recherche et environnement; Gazette Nucléaire n° 141/142, p. 9 et 17) rapporte que le budget 1993 de R & D publique pour les énergies renouvelables (ADEME, CNRS, CEA, BRGM) était de 8 MF... Ce qui lui avait fait écrire :



"Les dépenses publiques de recherche et développement dans le domaine de l'énergie sont importantes, mais très inégalement réparties. De manière simplifiée, on peut estimer que la fission nucléaire bénéficie des deux tiers de l'effort public [66%], le pétrole du cinquième [20%], la fusion nucléaire du vingtième [5%], tous les autres secteurs de l'énergie, maîtrise de la demande incluse, se partagent le reste [soit 9%]. Il n'est pas établi que cette répartition soit cohérente avec la vision du système énergétique que l'on prévoit, ou que l'on espère."

### III. Energie - deuxième partie, et pour la France seulement :

le nucléaire français (1% de l'énergie primaire mondiale commercialisée) : des histoires de poisons, des justifications tordues, des espoirs "attrapes couillons"...

Il faut vite supprimer ces déchets comme un problème aux yeux de l'opinion publique. 2006 est une date fondamentale. Pourquoi ? mais pour le bien de l'humanité ! : le climat... , le danger ben laden... , pour construire de nouveaux réacteurs... ! Regardez comme on sait bien faire : les "géologues compétents", la forteresse de Bure, le miracle de "Soulaines", La Hague qui nous débarrasse de la moitié des déchets, et tout ce qu'on pourrait faire dans 2-3 siècles pour la multiplication de l'atome fissile et réduire ces sales déchets en poussière !

(R. Dautray, J.C. André) : 21p.

#### III.A L'académicien Robert Dautray (16p),

du CEA dont il a été Haut-commissaire (c'est une fonction de conseil scientifique) de 1993 à 1999; Membre de l'Académie des Sciences (Physique); désigné membre de la CNE (**Bure**) pour l'exécution de la loi Bataille sur proposition de l'Académie des Sciences en 1994; Chargé par le gouvernement "de prendre contact avec nos partenaires habituels dans le domaine du nucléaire pour améliorer la coopération internationale sur l'aval du cycle." (conf. de Presse ministérielle du 02/02/98); récipiendaire en 1998 de la Grande Médaille de la Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN), médaille qui a pour objectif d'honorer des personnalité qui ont apporté une contribution déterminante au développement et aux succès du programme nucléaire français (Revue Générale Nucléaire, n° 6, déc. 98, p. 104). Il rejoint dans ce club des médaillés : Marcel Boiteux (Pdg EDF), un autre académicien Maurice Tubiana (voir annexe I), André Giraud (Administrateur CEA, ministr Industrie et armée, conseiller rémunéré EDF), Jean-Claude Leny (Pdg Framatome), Rémy Carle (Dir. adj. EDF)...

Si l'article de J.C. Duplessy cite 42 références (différentes), 36 renvois souvent insistants de l'article de R. Dautray convergent vers une et même référence : un rapport de l'Académie des sciences, écrit par le même Académicien R. Dautray, rapport déjà cité dans l'introduction de Jean Dercourt. Certains renvois ne laissent aucun doute qu'il s'agit de La référence de base incontournable qu'il faut lire :

[1] Dautray, R. 2001 "L'énergie nucléaire civile dans le cadre temporel des changements climatiques" Rapport de l'Académie des Sciences, 330p., 130 illustrations.

Merci donc à l'Académie des sciences d'avoir bien voulu se substituer au CEA pour l'édition.

L'académicien commence son article par :

"Parler du nucléaire dans le cadre des changements climatiques futurs actuellement étudiés, c'est déjà savoir où se placer parmi plusieurs échelles de temps."

et il termine par :

"Le message principal à retenir de ce texte est le suivant. Tout retard à l'enfouissement profond de quasiment tous les déchets nucléaires (B et C, produits ultimes du plutonium et de ses descendants compris) constitue un risque potentiel pour la santé publique en cas d'adversité, bien plus grave que tous ceux survenus depuis la fin de la seconde guerre mondiale. A cette condition, le nucléaire peut fournir une énergie sans conséquences sur l'effet de serre." (point final, p. 826).

dans le résumé :

"La seule solution garantissant la santé publique d'un danger potentiel majeur consiste à enfouir le plus vite possible tous les déchets ultimes, en tenant compte de toutes les contraintes, comme par exemple la



*puissance résiduelle de ces déchets, leur mobilité dans les couches géologiques confinées et ensuite par les aquifères." (p. 812, dans toutes ces citations, c'est moi qui mets certains passages en gras).*

La conclusion de R. Dautray est donc la suivante : Si l'on ne peut pas enfouir profondément quasiment tous les déchets "B" et "C" sans retard, alors le nucléaire ne peut pas fournir une énergie sans conséquences sur l'effet de serre.

Pourquoi ?

Après une catastrophe majeure maintenant redoutée chez nous, comme avant cette potentielle catastrophe, le nucléaire restant ne produirait pas plus de carbone fossile qu'avant. Il n'est donc pas question de masse de CO<sub>2</sub> mais d'énergie. C'est donc implicitement de son arrêt que résulterait cette impossibilité de fournir de l'énergie. Et d'ailleurs la phrase ne dit pas que la catastrophe se produira mais que c'est la présence au milieu de nous de ces déchets, le risque étant un révélateur parmi d'autres de leur présence, qui menace le nucléaire d'arrêt.

Pourquoi ?

La réponse est donnée dans le "Communiqué de presse - bilan" (19/11/01) du colloque de Ch. Bataille "Energie nucléaire : sortie ou relance ?" qui s'est tenu à huis clos à l'assemblée le 06/11/01 :

*"L'avenir du nucléaire sera assuré à la condition (...) que des solutions pour la gestion des déchets radioactifs soient trouvées." (Gazette nucléaire n°195/196, p. 21)*

dit autrement :

*"Le renouvellement éventuel du parc électronucléaire (...) ne pourra être accepté par la population que si les autorités sont capables de faire la démonstration qu'elles ont une solution acceptable pour les déchets." (Les cahiers de l'ACRO n°1, avril 2000).*

Le calcul très simple de l'annexe II du présent document donne une autre raison pour laquelle le nucléaire français n'aura pas de conséquences sur l'effet de serre.

## Plan du texte de R. Dautray

Contrairement à l'impression laissée par les premières phrases de l'article (donc du premier chapitre), R. Dautray n'y parle que du nucléaire actuel.

1) Dans le premier chapitre donc, il situe le nucléaire d'aujourd'hui dans le temps. Ce qui l'amène à parler, il commence par ça, du nucléaire de demain que sont les RNR, les réacteurs à neutrons rapides. Ceux-ci permettraient d'utiliser les 99,274% d'uranium 238 que contient l'uranium naturel au lieu des seuls 0,72% d'U235. Avec les RNR, il *"est possible"* *"d'éviter les gaz à effets de serre pendant les futurs siècles à venir"*. Cette petite phrase, brillante comme un diamant nous en met plein les yeux. Elle est fondamentale psychologiquement pour l'article, parce que, d'abord et d'entrée de jeux, elle nous remplit le cœur (ou la vue) d'un immense espoir et cela change complètement notre perception sur ce qui suit : **une hélas très longue énumération des problèmes complexes que l'on a sur les bras**. Le mythe (que je me suis permis de qualifier d' "attrape couillons") de la transformation des 99,27% d'U238 est traité dans la présente annexe III. Une autre phrase "attrape-couillons" : *"le couple vraiment apparié nucléaire-hydrogène"* est elle traitée en annexe IV.

2) Mais notre nucléaire actuel est donc le seul traité dans l'article et cela via *"les cinq problèmes majeurs qu'il pose"*, énumérés dans le deuxième chapitre p. 813-814. Ces cinq problèmes sont ensuite développés respectivement dans les chapitres suivants :

3) le traitement des déchets, 7 pages (814 à 820), [description, transmutation-retraitement, enfouissement]

4) l'accumulation de plutonium, 3 pages (820 à 823), [MOX-transmutation]

5) la sûreté nucléaire, 1/2 page (823-24),

6) la radioprotection, 1 paragraphe (824),

7) la prolifération, 1/3 de page (824)

8) Ce qui le fait arriver à des "Recommandations" (chap. 8, p. 824, environ 1/2 page). Tout d'abord il établit une liste assez longue des problèmes spécifiques à l'enfouissement, puis, dit que la transmutation est à étudier. *"Tout cela constitue ... un travail scientifique couplé d'une ampleur et d'une difficulté rare."* Mais *"je ne vois pas d'obstacles scientifiques, parmi ceux que j'ai cités, qui ne puisse être franchi par leur travaux."*

9) Enfin, chapitre 9, "il va de soi que tant de travaux entraînent" des priorités, et là on ne peut se tromper, il n'en cite qu'une :

*"Il faut traiter vite les problèmes des grands volumes de déchets B (...) les premiers hôtes d'un éventuel stockage souterrain."*

Puis il dit que cela entraîne aussi "des hiérarchisations". En premier cité est la protection contre les déchets, pour cela il faut *"mettre d'abord tous les déchets en situation sûre .... disposer d'entrepôts, de*

conditionnements et de conteneurs". La deuxième des hiérarchisations citée est : "Faut-il privilégier implicitement l'argilite en cours d'étude ? Les deux et dernières hiérarchisations suivantes sont : "repérer les points durs par exemple la migration des radionucléides" et "il faudrait un réacteur d'essai des matériaux avec des flux de neutrons rapides à l'échelle européenne."

Chacune des phrases de l'article de R. Dautray est une perle et vaut le coup d'être décortiquée. Dans ce qui suit, on analyse les problèmes posés sujet par sujet en hésitant pas à l'occasion de bien les développer pour situer les options défendues par R. Dautray, c'est à dire le Commissariat à l'Energie Atomique (dont fait partie la COGEMA).

### **Géologie : compétence technique versus compétence administrative**

A plusieurs reprises R. Dautray s'en remet à "des géologues compétents". Chance, la section IIa des C.R.A.S. s'adresse à des géologues. Cette "remise à" est même un aspect fondamental de l'article, puisque R. Dautray écrit qu'il faut absolument enfouir, et vite, tout en se déclarant lui-même à plusieurs reprises incompetent (techniquement).

La solution aux déchets nucléaires aurait-elle changé de mains ? serait-elle passée dans celles des "géologues compétents" ?

Tout de même pas.

C'est à titre purement personnel que R. Dautray nous parle de ces "géologues compétents". La loi "Bataille", article 4, stipule elle, que les rapports de recherche, les seuls qui doivent être rendus publics, qui sont de nature gouvernementale, et sont adressés au parlement, sont établis par la CNE.

Or Robert Dautray lui, en est, un des actuels 11 membres de la CNE. Il s'y trouve même avec quatre autres membres qu'il connaît bien : J. Lefèvre, J. Lafuma, J.M. Kindelan et C. Thegerström :

- J. Lefèvre est le Directeur des effluents et déchets radioactifs du CEA de au moins 1981 à 1987, déchets qu'il faut enfouir aujourd'hui. C'est quand il est à ce poste que le CEA se débarrasse de déchets (trop) riches en plutonium sur le stockage de La Hague juste avant le passage à une norme réactualisée plus "sévère". Cela a fait écrire à la Commission Turpin dans son rapport avalisé par le gouvernement : (1996, p. 32) : "Cette pratique est d'autant plus regrettable qu'elle est le fait des centres du CEA, organisme qui par ailleurs effectuait et effectue encore les études fondamentales servant de base à ces réglementations.". Pour cette raison parmi d'autres, ce rapport avalisé par le gouvernement conclut que le centre de stockage de La Hague n'est pas banalisable pour au bas mot des millénaires (Commission Turpin, p. 17).
- J. Lafuma était en 1976 chef de la section pathologie et de toxicologie expérimentales du CEA (aussi expert CIPR et UNSCEAR qui font les normes pour le monde entier, voir la présente annexe I). En 1987, il est élu Président de la SFRP, Société Française de RadioProtection (voir encore annexe I). Au cours de la réunion du 22 juin 1988 du Comité Central d'Hygiène et de Sécurité du CEA, et même si concrètement lui n'aura jamais à tenter l'expérience alors qu'en cas d'accidents certains devront le faire, il déclarait "je suis prêt à prendre 200 rems pour sauver quelqu'un car je sais que l'on pourra me sauver, il y a pas de risque." (Gazette Nucléaire n° 105/106 p.31, qui précise que pour les 200 rems, le risque de cancer mortel radioinduit serait de 35%). On doit à J. Lafuma (et d'autres) aussi la rétention depuis 1985 des résultats de suivi des mineurs d'uranium en souterrain en France (outre la silicose des mineurs, on observe un excès déjà spectaculaire des cancers du larynx, poumon, os et cerveau, voir dossier Gazette Nucléaire n°129/130, p.10-15).
- Enfin il y a J.M. Kindelan de la "DSIN espagnol" et C. Thegerström, directeur de la compagnie nucléaire + "ANDRA suédois" : la SKB.

Il faut bien remettre chacun à sa place. La compétence administrative, la seule qui va compter, elle est dans les mains entre 11, des 5 personnes ci-dessus.

Un exemple va nous permettre de bien concrétiser cela :

#### **une petite clause du secret pour les "géologues compétents"**

Une association haut-marnaise (CEDRA-52 B.P. 17, 52101 St Dizier cedex) a réussi à avoir par voie de tribunal administratif un contrat ANDRA-BRGM ("L'Affranchi de Chaumont", 15/09/00; "Journal de la Haute Marne" 21/09/00).

Il s'agit du contrat n°AIH 00 AA0 établi l'été 98 pour 5 ans entre les deux parties. Il est signé d'une part par Yves Le Bars actuel Président de l'ANDRA, quand il a été de passage deux ans au BRGM comme Directeur, d'autre part par l'X-Mines Yves Kaluzny, ancien de l'Autorité de Sûreté puis ancien du nucléaire au Ministère de l'industrie, et qui était alors Directeur de l'ANDRA. Le budget de l'ordre de 40 MF-98 est fourni à part

égales par l'ANDRA et le BRGM. Il est spécifié d'entrée que ce contrat est établi pour mener à bien la mission donnée à l'ANDRA par la loi Bataille.

En effet, bien que 9 sur 15 articles de cet loi concernent l'enfouissement de poisons, l'existence du BRGM dont l'enfouissement des toxiques est une des missions officielle spécifique, n'y est pourtant pas mentionnée. Avec sa loi, Ch. Bataille a désigné l'ANDRA comme le seul expert géologique légal pour l'enfouissement des déchets nucléaires. Comme au niveau national, les géologues du BRGM sont non seulement reconnus mais déclarés comme compétents (leur mission officielle pour le stockage des toxiques), on peut donc admettre leur compétence technique. Cependant pour les déchets nucléaires, de par la loi Bataille, ils ne sont pas compétents administrativement.

Le contrat dont il est question ici est en plein dans ce cadre, et son article 10, intitulé "secret" stipule ceci :

*"L'ANDRA d'une part, le BRGM d'autre part, s'engagent à conserver secrètes les CONNAISSANCES [art.1 = informations, données et résultats de toute nature .... issus du savoir-faire écrits, graphiques, verbaux ou autres...] non brevetées de l'autre Partie, ainsi que celles réputées leur appartenir en copropriété conformément à l'ACCORD, et à ne les utiliser que dans le cadre de l'exécution de l'ACCORD. A cet effet, les Parties s'engagent à prendre toutes mesures et précautions utiles pour éviter que lesdites CONNAISSANCES, ainsi que les conditions de l'ACCORD :*

*- soit mises à la portée de tiers non autorisés par l'ACCORD (...)  
- soient publiées ou exploitées par des tiers, à l'exception des extraits de l'ACCORD et/ou partie des CONNAISSANCES qui devraient être communiqués aux autorités gouvernementales françaises, après avis des Parties.*

*Chacune des parties fera tout son possible pour obtenir le secret le plus absolu des ses agents qui auront, de par leur fonction, accès à tout ou partie des dites CONNAISSANCES. Cette obligation subsiste même après expiration du présent ACCORD ou rupture pour un motif quelconque du lien contractuel entre l'ANDRA et le BRGM."*

Pour toute publication-communication-divulgateion :

art. 10.5 : *"(...) la partie en cause devra obtenir l'accord de l'autre partie qui ne délivrera l'autorisation demandée que dans la mesure où la publication ou communication envisagée ne constituerait pas une atteinte aux droits de l'une quelconque des Parties tels que découlant de l'ACCORD."*

## David et Goliath

Il est maintenant de nouveau officiel qu'il n'y a pas de solution pour les déchets nucléaires, autre que "géologique". Avant la loi Bataille en effet "l'évacuation géologique", comme on l'appelait alors, était la seule issue considérée.

Au niveau des prévisions nationales, on constate une certaine malchance, ou incohérence, puisque la géologie et ses diverses applications est gardée depuis une quinzaine d'années en période de vaches vraiment très maigres. Les ressources de l'Etat français sont évidemment limitées.

a) Par exemple, la dotation 1999 du ministère de la recherche pour le **BRGM** est de **286 MF** (Rapport annuel 99, p. 3). Outre le travail de connaissance géologique générale qu'il assume et l'expertise de sites contaminés, le BRGM est un partenaire majeur de projets énergétiques : géothermie des bassins sédimentaires, géothermie en "roches sèches", géothermie haute température. Avec les moyens dont il dispose donc.

b) Le budget alloué chaque année au **CEA civil** est de l'ordre **8 milliards de francs pour la seule recherche en électro nucléaire** (rapport du député du Val d'Oise Y. Cochet au Premier ministre le 14 sept. 00). Le CEA militaire de son coté reçoit une allocation annuelle de 7,5 milliards de francs (Investigation Plutonium nov. 2000; le budget total du CEA avec toutes ses activités était de 18,6 milliards de francs en 1999). Et il a été re-annoncé par le CEA le 25/01/2001 que *"l'Etat maintiendra pour les quatre ans à venir son niveau de subventions aux programmes de recherche civiles du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), qui devra notamment relever le défi de l'acceptabilité du nucléaire"* lui garantissant un "minimum" de 6 milliards en provenance des ministères de la recherche et de l'industrie pour cela (l'Acronique du nucléaire n°53, p. 30).

## Bure voué à rester seul ?

*"Faut-il privilégier implicitement l'argilite en cours d'étude ? Sinon que voudrions-nous, du seul point de vue scientifique, faire de plus dans un autre type de roche ?" (p. 825).*

## Bure, le laboratoire fantôme

Le nom de Bure n'apparaît pas dans l'article. Comme ci-dessus, des allusions nous le laisse percevoir... :

On apprend ici que "Les temps d'arrivée en surface de ces corps les plus mobiles venant du stockage nous disent aussi que la traversée de la couche géologique protectrice en argile (par diffusion moléculaire) se fait déjà en moins de 100 000 ans pour certains corps les plus mobiles (50 000 ans, me disent certains spécialistes pour la seule diffusion moléculaire, dont on considère qu'elle est à l'origine du transport le plus rapide, pour certains corps, avec les connaissances d'aujourd'hui pour ce qui concerne l'argile étudiée dans le laboratoire souterrain)."

"étudiée dans le laboratoire souterrain" ? mais ? fin avril 2001 quand a lieu ce colloque, le puits d'accès n'est même pas à 50 mètres de profondeur ! et il reste 450 m à creuser pour arriver au niveau désigné ! (et à l'heure où sont écrites ces lignes on en est encore loin). R. Dautray est pourtant dans la CNE.

Ou on apprend là que : "le laboratoire souterrain actuellement étudié [décidément : qui sera étudié] ne semble pas avoir à redouter de problèmes de sismicité, de création de failles ou de mouvements tectoniques, ou encore les conséquences de ceux-ci."

La CLIS de Bar-le-Duc justement discute de cet aspect, les géologue Jacques Muller et géophysicien A. Mourouy ayant fait remarquer que Bure se trouve entre la trajectoire de la grande structure cisaillante senestre active "faille de Metz" et celle plus méridionale de Villefranche. Mais R. Dautray n'adresse-t-il pas là un doux reproche à ceux qui ont choisi et/ou étudié le site du Gard fin 93 à 98, zone à fort risque sismique ? Il s'agit de Ch. Bataille et H. Wallard puis Y. Kaluzny, les X-Mines directeurs successifs de l'ANDRA. Et qui ont aussi choisi Bure...

Mais R. Dautray écrit : "Mais je laisserai cet examen aux géologues compétents."

### **Les aquifères = futures zones de stockage des radionucléides "mobiles"**

R. Dautray :

*"Le troisième critère [de migration des radionucléides] n'est-il pas simplement un effet de la dilution des déchets "mobiles" sur un territoire de plus en plus vaste et un temps de plus en plus long, par le biais des aquifères, des rivières qu'ils alimentent, des sous-sols et sols adjacents ou connectés, en direction de l'Ouest (l'auteur n'a pas les compétences hydrogéologiques pour être précis ou affirmatif), en des temps (comptés après leur sortie de la couche d'argile protectrice) de l'ordre de quelques  $10^4$  à  $10^5$  ans, après avoir laissé des corps absorbés, notamment radioactifs, sur toute la partie du territoire concernée par ces migrations (il faut évidemment préciser cela et au cours du temps) ? Jusqu'où, en fonction du temps ? Quelles sont les profondeurs concernées et les exutoires ? Tout cela dépend de géologues compétents." (p. 819)*

En effet, la Règle Fondamentale de Sûreté pour "le stockage définitif", la RFS III.2.f, elle, dit simplement (§4.5): "L'implantation ... devra se faire (...) à une distance suffisante des aquifères environnants.", et (§4.4.1) "Des mesures hydrogéologiques devront être réalisées sur une zone beaucoup plus large que le site de stockage de façon à bâtir des modèles d'écoulement prenant en compte les flux depuis les zones d'alimentation jusqu'aux exutoires.". Il y a là interdiction de rien du tout et sûrement pas que des "déchets mobiles" soient dilués dans les aquifères.

Cette RFS III.2.f donne le critère : "La limite de 0,25 mSv/an sera retenue pour juger du caractère acceptable des conséquences radiologiques" (§3.2.1.). R. Dautray s'y réfère implicitement, même si de manière un peu curieuse puisque c'est un texte ayant un certain caractère légal :

*"Un critère souvent cité concerne la migration de certains radionucléides (les plus mobiles et les plus toxiques à la fois) vers la surface de la Terre, notamment les rivières, l'agriculture utilisant ces eaux et donc l'alimentation humaine. On évalue alors la "dose" (voir [1]) absorbée par tel individu buvant et mangeant exclusivement ces produits toute sa vie." (p. 819)*

Un exemple pratique de ce type d'évaluation est donné plus bas pour "Soulaines" ("les milliSievverts de..", p. 25-26). Bien sûr, selon les chiffres de R. Dautray, la radioactivité de "Soulaines" ne pourra jamais dépasser le  $1/1660^{\text{ème}}$  de celle du futur site d'enfouissement. Et bien plus, dans 300 ans, elle sera totalement insignifiante (considérée comme nulle comme chacun sait) alors que celle des déchets enfouis restera fort longtemps et cela tout à fait officiellement. Avec Bure, on part "pour des échelles de temps de l'ordre de  $10^5$  à  $10^6$  (et même plus)..." (R. Dautray p. 819).

Il existe bien un décret, le 95-540 (J.O. 06/05/95), Art. 7, qui interdit les écoulements radioactifs liquides des Installations Nucléaires de Base (INB) dans les eaux souterraines (donc au moment où vivent ceux qui produisent ces déchets). Mais un site abandonné n'est plus une INB ? On traite de cet aspect plus bas dans le cas plus concret de "Soulaines" ("Modéliser l'interdit certain", p. 24) mais il est évident qu'il s'appliquera au moins autant à Bure.

## Bure et le critère de mobilité des quelques 10 000 à 100 000 ans

R. Dautray a donc donné un critère de dilution : "*en des temps (comptés après leur sortie de la couche d'argile protectrice) ... de l'ordre de quelques 10<sup>4</sup> à 10<sup>5</sup> ans*".

Nous aimerions discuter ce critère à la lumière de la géologie de Bure.

L'ANDRA a fait réaliser son premier forage à Cirfontaines (HTM 102). Comment a été choisi ce site précis est probablement destiné à rester confidentiel, mais il est certain que l'ANDRA a consulté (racheté etc.) d'abord le rapport du forage pétrolier de Lézeville, le LZV1 situé à 4 km au sud de ce premier forage HTM 102 (et à moins de 7 km de la plate forme de Bure).

Le rapport du forage LZV1 écrit :

*"Les calcaires de l'Oxfordien, forés en "overbalance" (d=1,06 - 1,11 [boue bentonitique] sans pertes jusqu'à 303 m, sont apparemment compacts jusqu'à cette cote. Par contre, l'intervalle 303-351m (plus particulièrement 303-335m ?) foré en perte totale à l'eau claire, comporte des zones fracturées ou fortement fissurées, ayant absorbé au total 220 m<sup>3</sup> environ. Après la traversée de l'Oxfordien, au cours du Logging n°1 [diagraphies], le niveau dans le puits a été trouvé à 77m [niveau piézométrique, h : 389-77=312m]. Les calcaires de l'Oxfordien renferment de l'eau douce et constituent un aquifère utilisé régionalement." (Coparex 1989, Rapport final, forage "Lezeville 1" (LZV1), permis de Biencourt, p. 12).*

Aucune faille n'est mentionnée recoupant ce forage. Fort de ces données, un forage AEP a même été implanté à Lézeville dans l'Oxfordien : le F97 (Syndicat des eaux pour les communes de Lezeville, Harneville et Laneuville-aux-bois).

A Bure, il y a la couche argileuse sensu stricto d'une centaine de mètres d'épaisseur (98m sous la plate forme EST 103), une zone intermédiaire d'alternance argileuse et calcaire de 30 à 40 mètres (zone à chailles-marnes d'Eparges) puis l'Oxfordien calcaire dont il est question ci-dessus, aquifère, même s'il est en général peu productif. Or dans le forage LZV1, "*la perte de fluide de forage étant totale entre 303 et 384 mètres de profondeur*" (Coparex 1989, idem, p. 6), le forage est alors réalisé à l'eau claire (d=1). La base de l'Oxfordien est à 351 m dans ce forage, ce qui signifie que les 33 mètres supérieurs de la zone intermédiaire à chailles-Eparges sont aquifères aussi au droit du LZV1.

L'ANDRA lui, a toujours inclus dans ses 130 mètres "argileux" une grande partie de cette zone intermédiaire (qui est criblée de bancs de calcaires, et dont les valeurs de diagraphies sont intermédiaires entre un calcaire et une argilite). Les données hydrauliques du forage pétrolier LZV1 montrent que l'eau peut pénétrer assez largement dans les "130 mètres" de l'ANDRA.

Il n'y avait pas eu de pertes d'eau en cours de forage dans l'Oxfordien dans les trois premiers forages qu'a fait réaliser l'ANDRA (HTM 102, MSE 101 et EST 103) et la perméabilité mesurée par test en cours ou fin de forage était très faible. Cela ne veut d'une part pas dire qu'il n'y a pas eu de venues d'eau depuis (dans ces forages et ceux postérieurs de la plate-forme EST 103 de Bure; à ma connaissance il n'y a plus aucune donnée publique depuis 1996, bien qu'il y ait des piézomètres dans l'Oxfordien : HTM 107 [sur la plate forme HTM102] et dans certains forages de la plate forme de Bure-EST 103) et ne veut surtout pas dire qu'il n'y a pas d'eau à 200m, ici à gauche, là à droite. Déjà dans les forages très peu distants F97 et LZV1 de Lézeville les niveaux producteurs sont à des horizons très différents de l'Oxfordien (niveau crépiné entre 100 et 150m au F97, à comparer aux pertes totales entre 303 et 384m du LZV1). Ces forages ne mentionnent pas de faille.

On ne voit pas très bien qui peut prédire où est l'eau en dehors des trous de forages et comment elle circule dans cet Oxfordien. Prenons l'aval à partir de la plate forme de Bure (EST103). A défaut complet de carte piézométrique, on définit cette aval en se basant sur le pendage des couches (carte des isobathes). Dans un cône d'ouverture 90° dont la médiane disons NW est grossièrement perpendiculaire aux lignes d'isobathes, il y a : sur le flanc nord de cette surface, à 12 km de "Bure" le MSE 101 dont on a parlé. Celui ci est équipé d'un piézomètre au Dogger, pas à l'Oxfordien. Sur la bordure sud de cette surface, à 17 km de Bure il y a eu un forage à Joinville en 1959 (JV101). Il n'y a pas eu de perte en cours de forage dans l'Oxfordien (il y en a eu dans le kimméridgien). En plein centre de cette surface, à environ 16 et 23 km de Bure il y a les forages (pétroliers) de Bienville, le BV1, et de Chevillon, le CVN1. Dans ces deux forages les Portlandien, Kimméridgien et tout l'Oxfordien calcaire ont été forés à l'eau claire en pertes totales (rapport de fin de forage BV1, nov. 86, Eurafrep et al.; et CVN1, été 89, Eurafrep).

Pour tout le reste de la surface délimitée par ce cône, c'est le **vide total d'information**.

On a à faire à une couche aquifère "en grand" ("Lorraine-Champagne", guide géologique Masson, 1979, p. 28), et l'eau peut y être exploitée ici et là, maintenant ou plus tard. Dans ce cas, les radionucléides à "*leur sortie de la couche protectrice d'argile*" peuvent être en un intervalle de temps fort bref dans un réservoir en vue de

consommation humaine ou animale ou d'irrigation, **puisque'il est fort possible que le prélèvement peut se faire sub sur place.**

Comme l'étude hydrogéologique régionale de l'Oxfordien reste entièrement à faire à {2005 – 3 ans}, on ne peut pas savoir si ce critère des 10 000 à 100 000 ans donné par R. Dautray sera respecté.

Mais on creuse. Or le fait de creuser signifie qu'on est parti pour dépenser 1,5 à 2 milliards. C'est vraiment "juste pour voir" ? Si (c'était) oui, la branche nucléaire d'EDF, Cogema et le CEA prennent un gros risque financier.

En tout cas, la France n'est pas la Grande Bretagne où, après divulgation d'un document interne révélant que "l'ANDRA anglais" (Nirex) aurait besoin d'au moins dix à cent fois plus de données avant d'implanter un laboratoire, le gouvernement a décidé de refuser le projet (Cahier de l'ACRO, n°1, p. 6). Ce manque de données est au minimum le cas pour Bure, puisque régionalement, presque rien n'a été fait dans une région pratiquement pas revisitée depuis la carte géologique des années 50-60. Si la France donne le feu vert administratif pour Bure en 2006, et c'est ce feu vert là seul qui importe, la communauté des "géologues compétents" aura certainement raté une occasion d'exercer sa responsabilité que lui donne ses compétences. Car après tout, ces compétences, il n'y a pas 36 000 personnes qui les ont, et cette communauté les a acquises parce qu'elle est un service public (Universités, BRGM, CNRS...).

### Oklo

(p. 819) :

*"...critère général de protection et de confiance du public (...) la vérification du respect de ce critère, pour avoir un sens, ne pourra être qu'expérimentale (avec aussi l'aide des observations sur le passé, mais ce passé ne sera peut-être pas complètement suffisant et pertinent pour tous les corps mobiles radioactifs issus du stockage)..."*

### La définition actuelle de la réversibilité

Elle est donnée p. 817 :

*"...pendant le stockage laissé ouvert et donc accessible aux expérimentateurs concernés (appelé aujourd'hui réversibilité), ..."*

### Les embêtants fûts "B"

Au niveau chiffres, pour les déchets "B", R. Dautray donne *"cumulés jusqu'à l'an 2000, leur volume est de 37 200 m<sup>3</sup> (5,48% du volume total des déchets) et 3% de la radioactivité totale (89 millions de curies)"* (p. 815), *"97 500 colis cumulés jusqu'à 2000 inclus"* (p. 825) ou *"plus d'une centaine de milliers de colis"* (p. 817). Il en reste pas mal à venir puisque après l'an 2000 sont en fonctionnement les 58 actuels réacteurs atomiques (le plus grand nombre jamais atteint) + La Hague où se fait la plus grande partie des déchets "B" civils + le militaire + les lointains démantèlements. Les graphites irradiés de la filière UNGG, mis à part, n'ont pas l'air d'être comptés dans ces chiffres. Parlant ailleurs de la quantité de radioactivité produite, il écrit aussi : *"En allant jusqu'au bout de la vie du parc électronucléaire (...) Ils [ces chiffres] seront multipliés au plus par un facteur de l'ordre de 2..."* (p. 814).

Rappelons sa conclusion qui concerne ces déchets "B" : *"Il faut traiter vite les problèmes des grands volumes de déchets B et donc de leurs conteneurs et de leur destination, qui ne peut être, dans un premier temps, que un ou des entreposages et, dans un second temps, les premiers hôtes d'un éventuel stockage souterrain; leur quantité (...) ajoutée à la difficulté de se protéger de tant de déchets divers, ne représente-t-elle pas un danger pour la santé publique ?"* (p. 825). On reviendra sur l'empressement de R. Dautray. Ici, il laisse entrevoir le problème de la diversité des déchets "B" produits par le Séraill nucléaire et de leur conditionnement. La CNE dont il est un des 11 membres parlait dans son 6ème rapport de *"la qualité médiocre des conditionnements, ou même de l'absence de conditionnement."* pour les déchets "B". R. Dautray passe d'autres caractéristiques ailleurs dans son texte : *"...la mécanique des conteneurs corrodés, soumis à la pression interne liées à des dégagements de gaz, avec peut-être des amorces de rupture..."* (p. 824). On trouve ça aussi dans les énumérations de la RFS III.2.f. (§4.3) : *"gaz (hydrogène notamment) produits par radiolyse, corrosion et effets des micro-organismes."* Ces problèmes concernent tous les déchets, "C" et "B".

### Les déchets les plus dangereux

Relisons l'appel de R. Dautray donné dans le résumé :

*"La seule solution garantissant la santé publique d'un danger potentiel majeur consiste à enfouir le plus vite possible tous les déchets ultimes."*

ou dans la conclusion :

*"Tout retard à l'enfouissement profond de quasiment tous les déchets nucléaires (B et C, produits ultimes du plutonium et de ses descendants compris) constitue un risque potentiel pour la santé publique en cas d'adversité, bien plus grave que tous ceux survenus depuis la fin de la seconde guerre mondiale."*

Relisons maintenant ce qu'il dit pour les déchets "B" :

*"Il faut traiter vite les problèmes des grands volumes de déchets B et donc de leurs conteneurs et de leur destination, qui ne peut être, dans un premier temps, que un ou des entreposages et, dans un second temps, les premiers hôtes d'un éventuel stockage souterrain."* (p. 825)

C'est parce qu'ils sont dangereux qu'il faut enfouir au plus vite les déchets nucléaires. Les premiers à enfouir sont les déchets "B". Donc les déchets "B" sont les plus dangereux.

R. Dautray nous indique que 97% de la radioactivité (2,9 milliards de curies) est dans les déchets "C" contre 3% (89 millions de curies) dans les déchets "B". Les déchets "C" sont forcément très dangereux. D'où il ressort qu'à cause de leur diversité, de leurs mauvais conditionnements et de leurs volumes, les déchets "B" sont au moins très dangereux.

### **"Soulaines sur sables verts" et ses milliSieverts.**

La France nucléaire a déjà rempli un centre à block (le CSM à La Hague). "Soulaines" est le deuxième (un troisième, pour les TFA, plus grand encore va se faire à coté de "Soulaines").

Les "déchets A constituent 94,3% du volume des déchets, pour une radioactivité de 1,3 millions de curies." Cumulés jusqu'à l'an 2000, les déchets "A" nous dit R. Dautray "contiennent 0,02% de la radioactivité artificielle totale du pays, dans un volume de 640 000 m<sup>3</sup>" (p. 815).

Dans la demande de déclaration publique de "Soulaines" en 1986 à propos des déchets "A", il était écrit : "cette catégorie de déchets représente.....mais seulement 1% de leur radioactivité totale." (ANDRA/CEA, juin 86, CSA- -Pièce n°9 : Etude d'impact, Int.I, p 5.). Comme on a pas entendu dire que l'inventaire radioactif prévu pour "Soulaines" ai diminué depuis 86 (au moins pas en 92, voir annexe V), on assiste à un gonflement de la radioactivité contenue dans les déchets "B" et "C" ? En se basant sur les chiffres de R. Dautray (1,3 pour les A, 89 pour les B, et 2900 pour les C), les "A" représentent 0,04% de la radioactivité à "stocker".

Quoi qu'il en soit, le "centre de l'Aube, qui fonctionne de manière excellente" nous informe R. Dautray (p. 815). Il "accueille [c'est le mot] de l'ordre de 20 000 m<sup>3</sup> par an en provenance principalement de EDF, COGEMA, CEA,..." ("Informations utiles", CEA 1998, p. 44). Un fût sur quatre en provenance de la branche nucléaire d'EDF résulte d'une électricité vendue aux autres pays européens ({11+4 réacteurs d'exportation}/58). Puisque R. Dautray précise qu'il parle de la radioactivité au départ fabriquée dans les réacteurs atomiques EDF, plus de la moitié des déchets qui arrivent de Cogema ne doit pas y être incluse. En effet plus de la moitié de l'activité de La Hague a toujours été consacrée aux clients étrangers. Or, Cogema n'a pas renvoyé un seul gramme de déchets "B" et "A" à aucun client étranger. Comme son concurrent anglais, l'industriel a choisi le "curie-swap" (échange de radioactivité). On garde les gros volumes des déchets "B" et "A" en France, on renvoie en échange quelque fûts "C" en plus (Investigation Plutonium n°19, p. 4). Ces déchets "A" et "B" sont parfaitement identifiables physiquement puisqu'ils viennent de l'usine UP3 construite pour les clients étrangers. D'un point de vue juridique, cette pratique est contraire à la loi Bataille qui stipule (Art.3) : "Le stockage en France de déchets radioactifs importés, même si leur retraitement a été effectué sur le territoire national, est interdit au-delà des délais techniques imposés par le retraitement." Mais d'un point de vue concret les déchets "A" de retraitement des Allemands, des Japonais et dans une moindre mesure, des Suisses, Belges et des Pays-Bas atterrissent définitivement à "Soulaines".

### **L'aquifère des "sables verts"**

Il faut bien admettre qu'il est soigneusement caché aux visiteurs du centre que les ouvrages de stockage de déchets radioactifs de "Soulaines" sont implantés en zone de recharge du célèbre aquifère des "sables verts" du Bassin parisien (ici sur sables Aptien sup. qui sont "blancs", mais qui forment avec les sables verts Albien inf. un unique aquifère qui va alimenter la maison de la radio sous le 16<sup>ème</sup> arrondissement). L'eau de cet aquifère pourtant "...est très recherchée pour ses qualités hydrochimiques et notamment par une minéralisation très faible, surtout en carbonates. Elle est appréciée aussi bien pour l'alimentation humaine que pour des usages industriels nécessitant des eaux douces." ("Bassin de Paris : Ile de France, Pays de Bray" Coll. guides géologiques régionaux, Masson, p.47). L'aquifère est déjà exploité à 7km en aval du site des déchets nucléaires

du Sérail pour alimenter les 3 gros villages de Longevilles-sur-la-laines, Droyes et Puellemontier. Ce lien déchets-aquifère est indiqué, et la contamination de l'aquasphère est consciencieusement prévue, déjà dans le confidentiel rapport provisoire de Sûreté (ANDRA/DSPE, n° 754 RP 0501, janv. 91-juin 92, vol. II, chap. I, p. 138). La base du niveau d'écoulement des eaux n'est en effet pas recoupée par la topographie (elle l'est juste à l'endroit de, et par "le bassin d'orage"). Cela est dit aussi discrètement dans un livre public : "*un débit de fuite le long de l'aquifère vers le centre du bassin parisien (...) de 10 litres par seconde*", soit 860m<sup>3</sup>/jour (Kaelin, J.L. 1990, "Région de Soulaines" ANDRA, p. 88).

On touche là très concrètement la signification de cette phrase de l'article de R. Dautray :

*"Le troisième critère n'est-il pas simplement un effet de la dilution des déchets "mobiles" sur un territoire de plus en plus vaste et un temps de plus en plus long, par le biais des aquifères, des rivières qu'ils alimentent,"*  
(p. 819)

remarquablement applicable à "Soulaines". Et qu'on peut aussi voir comme une réécriture de cette phrase de la Règle fondamentale de Sûreté des "centres", même ceux "de surface" de déchets radioactifs (RFS 1.2 § 6.5) : "*En outre, les exutoires actuels (et potentiels) devront avoir une capacité de dilution radiologique suffisante.*". Ici "l'exutoire" (drôle de nom pour des nappes phréatiques) est en partie la nappe phréatique alluviale et en partie l'aquifère des "sables verts" du Bassin de Paris. Les deux (sont et) seront utilisés par les habitants dans l'après 300 ans. Est-il préférable de laisser la situation telle quelle ? ou de faire en sorte que l'on envoie tout (pour le "tout", voir inventaire 1992 en annexe V), où dans l'un ou dans l'autre de ces deux aquifères ? Dans lequel serait-il préférable de tout envoyer ?

Le site bénéficie d'un traitement de discrétion. Comme on a beaucoup fait de petits forages dans les sables de "Soulaines", ce "matériel" a visiblement été proposé à un thésard d'une école "sûre" (les Mines de Paris) comme support à ses recherches théoriques. Ensuite, il publie assez en détail ses résultats théoriques. Il serait suspect de ne même pas dire sur quoi il a fait son traitement théorique. Aussi, dans le texte, 7 pages, il est mentionné que cela peut servir pour la modélisation des sites de déchets puis, deux paragraphes loin, il y a ce petit bout de phrase : "*application à la nappe des sables aptiens du Pli de Soulaines (France).*" et c'est tout. Ensuite, les figures géographiques avec comme titre "l'aquifère" ou le "domaine" n'ont ni orientation, ni échelle, ni rivières, ni route, ni noms... On a une forme. Et celle-ci est même déformée d'une même représentation à l'autre (Roth, C. & Chilès, J.P. 1997) : la fig. 1 de présentation, incorrecte, est déformée par rapport à la fig. 8. J'ai reconstitué (fig. 1 et 8) que le stockage est en bas (sud) de la forme, que la pointe en haut à gauche (Nord Ouest) est la limite sud du village d'Epothémont et que le village de La-Ville-aux-bois, juste en dehors du "domaine" est à peu près au milieu de la limite sub-v verticale droite (Est). La rivière "noues d'Armançe" sort au milieu en haut (pointe Nord). La zone traitée fait environ 3 km en Nord-Sud, 2 km en Est-Ouest dans sa partie Nord. Aucun aspect pratique n'est abordé.

### Modéliser l'interdit certain

Dans son livre, la médecin M. Deguillaume (1995, p. 52) constate :

*"L'impensable contradiction liée aux déchets nucléaires est bien là : les générations futures devraient avoir l'éternelle connaissance de leur nocivité, et la génération actuelle l'ignorer jusqu'à l'oubli total."*

Pour "Soulaines", cela peut être démontré assez rigoureusement par les textes légaux.

Le Décret n° 95-540 (J.O. 06/05/95) relatif aux Installations Nucléaires de Base (INB) stipule (Art. 7) : "**Sont interdits les rejets, dans les eaux souterraines, d'effluents liquides radioactifs et d'effluents liquides non radioactifs provenant d'installations nucléaires de base ..**". Le décret (04/09/89; J.O. du 06/09/89) autorisant la création de "Soulaines" (INB répertoriée n° 149) écrit (Art.7.2) : "*... pendant les phases d'exploitation et de surveillance (...) L'installation n'est pas autorisée à rejeter des effluents radioactifs liquides (...) Les éventuelles infiltration .... recueillies .... si ces eaux s'avéraient contaminées (...) atelier de conditionnement ... incorporées dans les déchets.. ou ... évacuées....*". Et, toujours pour ce qui concerne notre génération qui produit les déchets, le même décret stipule (Art. 8) : "*L'exploitant veillera à la qualité architecturale de l'installation et à sa bonne insertion dans le paysage.*".

Bien sûr, il peut y avoir des incidents ou accidents du temps de notre génération. Il est notoire que dans la nappe phréatique à l'aplomb du CSM à La Hague, le "papa de Soulaines", se promènent notamment 600 000 10<sup>9</sup> Bq tritium (Commission Turpin, 1996, p. 49) jusqu'à plus de 146 m de profondeur (donnée OPRJ), tritium que l'on retrouve dans les puits et abreuvoirs du village de Digulleville (500 Bq/l; Acronique du nucléaire n° 28). L'ANDRA a fourni au Groupe Radioécologique Nord Cotentin (GRNC qui sera présenté plus bas) des éléments de ce qui lui permet d'étudier ces épanchements accidentels : le modèle de transfert de la radioactivité à travers la biosphère. Ce modèle AQUABIOS "*traite le cas de rejets accidentels liquides continus.*" (ANDRA, Code AQUABIOS, Manuel de référence, 10/12/96 p.4). Or à quel module de calcul renvoie le Rapport Provisoire de Sûreté de "Soulaines" pour ses scénarios de l'après 300 ans tel que le "H<sub>1</sub>" qui sera



présenté ci-dessous ? : à AQUABIOS ! Ce qui est modélisé pour les générations futures comme raisonnablement scientifiquement certain avant même l'arrivée des premiers déchets, est interdit du temps de notre génération qui produit les déchets. Ces prévisions, traduites dans la RFS 1.2 par la phrase "les exutoires actuels (et potentiels) devront avoir une capacité de dilution radiologique suffisante", ont été avalisées par la DSIN (rebaptisée ASN) et le Groupe permanent déchet. Pour les générations futures, on modélise l'interdit certain. On arrive bien par la voie juridique à la constatation du médecin Martine Deguillaume citée plus avant.

### Les milliSieverts de "Soulaines"

• Introduction. Essayez l'expérience suivante : demander au centre (ANDRA CSA, Centre de l'Aube, B.P. 7, 10 200 Soulaines-Dhuys) une photocopie du "Rapport définitif de Sûreté" (normalement daté de janvier 97; des documents du "Groupe permanent déchets" laissent entendre qu'il sera réactualisé tout les 5 ans). Proposez de payer les photocopies, si cela pouvait aider, juste pour voir ce qu'on va vous répondre. C'est dans ce rapport et uniquement dans ce rapport qu'il est normalement prouvé que dans 300 ans "Soulaines" n'aura plus aucun impact pour la santé. La CriiRad qui est remontée à l'IPSN n'a jamais pu avoir ce type de rapport : confidentiel lui a-t-on répondu. J'ai voulu seulement "le voir" début 97 avec Mr J.M. Harat, alors mon conseiller Général de St Dizier-centre. Mais il a été répondu au conseiller Général, ce que lui me met dans sa lettre du 09/01/97 "au printemps un rapport de sûreté sera publié, nous pourrons nous rendre sur place, et en prendre connaissance.". On ce rapport était du cinq ans après l'arrivée des premiers colis (délais non caché par l'ANDRA, qui a été fixé par le ministère lors de l'approbation d'ouverture du centre selon la demande de l'article 10 du décret de création du 04/09/89, J.O. 06/09/80). Il était donc du le 17/01/97 et non pas "au printemps". Donc premièrement ce rapport n'était pas prêt à échéance, mais la deuxième partie de la phrase signifie de nouveau : pas de photocopie.

J'avais pu "voir" sur place en 1995 le Rapport Provisoire de Sûreté (appelé RPS ci-après), même si cela n'a pas été une simple affaire (demandes incessantes lors des réunions d'information sur Bure...).

Pour mieux apprécier les chiffres qui figurent dans ce RPS confidentiel, revenons un tout petit peu en arrière. En 1986, au moment de l'enquête d'utilité publique, l'agence du CEA écrivait pour l'après 300ans (éco-système aquatique - modification sur le plan radio-écologique) :

*"...dans les conditions les plus pessimistes... la dose annuelle intégrée par un individu vivant en totale autarcie à proximité du site ne donne pas également 4 microSv" c'est à dire 0,004 mSv/an (30/06/86, Demande de déclaration publique, Pièce n°9 : Etude d'impact, II, chap.1, p.7, il n'y a rien d'autre pour l'après 300 ans).*

La limite d'inacceptabilité pour le public étant 1mSv/an (aujourd'hui en France, mais déjà alors au niveau international, voir "Petit rappel de culture générale" en annexe I), la marge paraissait large. En tant que représentant de la population, pourquoi aurait-on refusé l'implantation ? Le 1 mSv concerne l'individu évidemment, pas un radionucléide. C'est le cumul des effets de l'ensemble des radionucléides présents qui ne doit pas dépasser cette valeur de dose pour un individu. Il y a une addition à faire.

Cinq ans plus tard, mais l'enracinement du centre était acquise auprès des élus principaux, s'écrivait quelque part à Fontenay-aux-roses pour le même "après 300 ans" les chiffres suivants (RPS, 1991-92, Vol. I, chap.4, tableau 3.4, p.14 ; Vol. III, chap.3, fig. 2.1 et tableau 2.4) :

• Etude du vecteur eau : Scénario alimentation dit "H<sub>1</sub>" : L'intégrité des ouvrages est supposée perdue. Il modélise la consommation de 1,2 litre d'eau par jour de cette nappe phréatique perchée qu'est le centre. Une contamination vient aussi de l'alimentation végétale et animale produite dans la vallée via l'eau de la rivière/nappe alluviale aussi marquée par l'ancien site.

Résultats donnés (par an) : Iode 129 : 30 mSv à l'époque 365 ans, puis 10mSv à 1000 ans, etc. (vu qu'il migre ailleurs dans les nappes phréatiques); carbone 14 : 0,8 mSv à l'époque 1300 ans, 0,7 mSv à l'époque 2000 ans etc.; Strontium 90 : 1 mSv à l'époque 350-400 ans; Technetium 99 : 0,26 mSv à l'époque 365 ans, mais dans le rapport l'agence propose de doubler la quantité à stocker de cet élément, on aurait donc 0,52 mSv; Molybdène 93 : 0,036 mSv à l'époque 500 ans mais l'agence propose de quadrupler les quantités stockées, cela passerait à 0,2 mSv; nickel 63 : 0,12 mSv à l'époque 340 ans; plutonium 239 : environ 0,5 mSv de l'époque 8000 ans jusqu'à l'époque 50 000 ans (avant 8000 ans en partie retenu par le sol, après 50 000 ans effet de décroissance).

Dans tous les cas de figures, pour ce seul scénario, l'estimation est des milliers de fois supérieure à celle donnée noir sur blanc aux habitants locaux lors de l'enquête publique et qui prétendait en plus traiter les conditions d'autarcie les plus pessimistes.

On ne dispose pas d'autres estimations. Le rapport Castaing (Industrie-CSSIN, 18/03/83, p. 49) qui s'occupait des émetteurs  $\alpha$  a déclaré que n'ayant ni les caractéristiques des déchets, ni les données hydrogéologiques du site, il était incapable de faire une évaluation pour le vecteur eau.

Le site de "Soulaines" est situé sur une partie perchée des sables, situation comparable à celle trouvée dans la zone des villages pas très éloignés de Robert-Magny et Laneuville-à-Remy. La qualité de cette aquifère est excellente (il y a eu un projet pas loin d'exploiter cette eau commercialement en bouteilles d'eau minérale) et bien évidemment ces villages puisent toute leur eau dedans. Dans ce cas on compte en général une consommation moyenne annuelle de 2,6 litres d'eau par jour (et non pas 1,2 litre; Rapport Castaing, CSSIN, 1981-82, annexe 6, p. 73) et tous les chiffres du scénario "H<sub>1</sub>" sont à augmenter (probablement entre  $\times 1,5$  et  $\times 2$  suivant les radionucléides). Avec quelques petites modifications ce scénario est applicable aux gros villages de Longevilles-sur-la-laines, Droyes et Puellemontier puisque ceux-ci, aujourd'hui, prennent toute leur eau dans l'aquifère des "sables verts" (ici Aptien sup.-Albien inf.) 7 km en aval du site et que la nourriture dans le scénario ANDRA vient de la vallée (pour le bétail du scénario : vallée de la Laine 5 km en aval du site, valable aussi pour la pêche) et que la bordure ouest du gros village de Longeville est sur la plaine alluviale en provenance du site nucléaire. En réalité ce scénario un peu modifié a une grande application sur des dizaines de kilomètres de distance en aval hydraulique puisqu'on y trouve et l'aquifère des "sables verts", et la nappe phréatique alluviale.

- Suite au passage de l'information dans la presse locale (Est-Républicain Hte Marne 14/07/95), l'agence répondra par un communiqué de presse (21/07/95 signé M. Dutzer, Dir. du centre; aussi Est-Républicain Hte-Marne 26/08/95) que la DSIN lui a demandé par "prescriptions techniques" de diminuer d'un facteur 10 la quantité de déchets contenant de l'iode 129. J'ai demandé, mais en vain, à voir ces prescriptions ("lettre ouverte" AR 4953 7606 4FR du 07/09/95 restée sans réponse). Comment connaît-on au départ les quantités d'Iode 129 ? (dans le RPS vol. II, chap. 3, p. 21, elle est définie par la fraction  $1/6666^{\text{ème}}$  de celle du Cs 137, le seul à être mesuré ?), quelle est la formulation exacte de la prescription DSIN, quels déchets précisément sont interdits ? comment cela est-il concrètement applicable lors de la fabrication des déchets dans les centrales atomiques EDF et les usines COGEMA de La Hague ? Y aurait-il un lien entre les résultats de ces scénarios pour l'enfouissement profond et pour "Soulaines" (ou l'iode 129 est toujours l'un des embêtants) et ce qui ressemble dans la deuxième partie des années 90 à un refoulement généralisé de l'iode 129 dans la mer à La Hague ("Principe de dilution" de R. Dautray, chap. suivant) ? Mystères.

• Légumes et viande du site. Il n'y a pas de scénario pour la consommation de légumes (potager par exemple) et du bétail que l'on aurait sur le site après 300 ans (le scénario "H<sub>1</sub>" est très trompeur à ce sujet car il y a toute une description de légumes et élevage que les gens font dans... la vallée !). Cela vient de la RFS 1.2 qui ne demande pas qu'on fasse ce calcul du transfert de la zone polluée par voie racinaire. Le rapport Castaing 83 qui se devait de suivre cette RFS ne l'a donc pas abordé. Une estimation que j'avais faite pour les seuls émetteurs alpha (émetteurs bêta à vie longue comme le C14 non inclus donc), pour une terre contenant 5 à 25% de déchets initiaux (eux à 370 000 Bq $\alpha$ /kg) et avec les facteurs de transfert du NRBP, l'autorité sanitaire anglaise (reproduits dans "Le Cri du Rad", n°12/13, p. 48; CriRad, il y a juste à refaire les multiplications), donne de **1 à 8 mSv/an**. Cela est dû à 70% aux légumes racines-tubercules (carottes, pommes de terre). La situation est valable pour des millénaires puisqu'il s'agit des émetteurs alpha (de même pour la dose C14 à calculer). En outre, comme le montre le scénario du puits une dose est à calculer pour le Sr au moins le premier siècle après les 300 ans.

• Irradiation externe. Dans le RPS, pour un adulte vivant sur le site dans 330 ans, et qui passe un peu moins de 5h par jour dehors (20% du temps), enfin en imposant que la terre ne contient que 5% des déchets initiaux, la dose due à la seule irradiation externe est **2,6 ou 2,9 mSv/an** (2,2 du au césium 137, 0,33 du au niobium 94 ou le double pour inventaire niobium majoré, un peu à l'américium) (RPS, Vol. III, chap. 3, p. 18). L'adulte qui reçoit cette dose est donc chez lui 19,2 h/j pour manger, dormir, lire, discuter, regarder la télé, etc. Sa maison dans le scénario comporte un plancher de béton léger de 20 cm d'épaisseur. Or le débit de dose du rayonnement gamma du césium est divisé par 25 grâce à cette dalle (RPS, vol. III, chap. 3, tabl 2.2). Sans cette dalle, le débit d'équivalent dose Cs137 (5% déchets) passe de  $4,4 \cdot 10^{-5}$  à  $1,1 \cdot 10^{-3}$  mSv/h. La dose annuelle Cs 137 reçue à l'intérieur de la maison passe de 0,3 à 7,7 mSv/an (la dose à l'extérieur reste à 1,9 mSv/an). Et si en plus la terre contient par malheur 30 % des déchets initiaux (au lieu de 5%) sous la cabane, alors il faudrait multiplier par  $\{0,3/0,05\}$  pour la dose intérieure (on garde ici 5% de déchets pour l'extérieur) et on arrive à  $(7,7 \times 6) + 1,9 = \mathbf{48,1 \text{ mSv/an}}$ . Qui doit décider s'il faut rejeter ou retenir un tel scénario ? Mais même en ignorant un tel scénario, les inventaires Césium 137, et strontium 90 pour le scénario H<sub>1</sub>, dont on nous dit sans cesse qu'il ne restera rien dans 300ans, sont en fait beaucoup trop élevée dans l'inventaire du RPS 91-92 (présente annexe V).

Toujours avec les débits de dose du RPS (vol. III, tab. 2.2), on calcule pour le scénario ci-dessus sans la dalle de béton une dose de 1,4 mSv/an pour le niobium 94 ou 2,8 mSv/an pour l'inventaire doublé. Si la cabane est une zone à 30% de déchets, ça monte respectivement à 7 et 14 mSv/an. La période du niobium 94 étant de 20 000

ans, c'est pour longtemps. Pour l'américium 241, le scénario sans dalle de béton donne 0,15 mSv et 0,75 mSv/an respectivement pour 5 et 30 % de déchets initiaux.

- Poussières sur site : inhalation des émetteurs  $\alpha$ . La situation est simple : tout dépend de la quantité d'air empoussiéré inhalé sur l'ancien site. On peut la moduler, comme fait le scénario français, en considérant que cela ne se produit qu'une fois dans la vie d'un ouvrier (qui vient d'ailleurs) pour un chantier de 100 heures (chantier routier dans 330 ans). En utilisant le facteur de conversion Pu 239-Am241 de la CIPR 61 (1mSv/15Bq) ce scénario donne une dose engagée de 1,5 à 14,6 mSv/chantier si l'on utilise les paramètres du rapport Castaing (Min. Industrie-CSSIN, mars 83, 53p., tabl. 2) mais seulement 1mSv/chantier avec ceux du RPS ANDRA (vol. III, chap. 3, tabl. 2.1) qui ne cite même pas le rapport Castaing et retourne à d'anciennes valeurs utilisées par l'IPSN/CEA (dans tous les cas, irradiation externe non incluse). L'autorité anglaise, le NRPB, considère, elle, qu'il ne peut être exclu que des gens vivent en zone un peu empoussiérée.

les raisons peuvent être multiples : terrain utilisé en labours, cours de fermes, chemins non goudronnés, enclos de moutons, chevaux, autour de la salle de traite des vaches, grattages, carrière, absence de végétation due à l'homme ou due à la toxicité des déchets ou due au climat etc.

Une nouvelle fois, la RFS 1.2, émise le 02 nov. 1982, ne demande pas qu'on fasse ce calcul en France. Pour le scénario zone un peu empoussiérée, les anglais ont retenu un taux d'empoussiérement inhalable 5 à 8 fois inférieur à celui employé dans le rapport Castaing pour le scénario chantier routier : 0,675 à comparer à 3,6 à 6,0 mg/m<sup>3</sup>. Les chiffres du rapport Castaing viennent du choix d'un empoussiérement total de 18 à 30 mg/m<sup>3</sup> dont 20% est inhalable. Pour fixer les idées, l'empoussiérement dans nos villes sidérurgiques de Lorraine dans les années 70 pouvait être d'une dizaine de mg/m<sup>3</sup> (Chaussin 1974 "Metallurgie", dunod, t.II, p. 116). Comme le scénario NRPB s'applique à des personnes vivant sur place toute l'année (pour 8h/j dehors : 2920 heures par an au lieu des 100h une fois dans la vie du chantier routier...), la quantité d'air empoussiéré inhalée finit à la longue par être plus grande et donc aussi la dose engagée. L'application du scénario NRPB ("Le Cri du Rad", n°12/13, p. 48), considérant les 370 000 Bq $\alpha$ /kg légaux pour les déchets de Soulaines dans 300 ans et une terre contenant 1/3 de déchets initiaux, donne pour une personne dehors 8 heures par jour : environ 15 mSv/an. La situation est établie pour des millénaires puisque c'est du aux émetteurs alpha (émetteurs bêta à vie longue non pris en compte).

Remarque : la limite des 370 000 Bq $\alpha$ /kg (révision du 19/06/84 de la RFS 1.2) repose sur le calcul du rapport Castaing 1983 de un scénario : l'inhalation alpha en zone résidentielle installée à atmosphère (très) propre : empoussiérement inhalable 0,004 mg/m<sup>3</sup> à l'extérieur, 0,005 à l'intérieur, avec jeux d'enfants sur remblais de terre 80h/an (inh. 1mg/m<sup>3</sup>). Avec ces paramètres Castaing (Industrie CSSIN, 18/03/83, annexe III) mais la nouvelle relation dose/sievert de la CIPR 61, le calcul de ce scénario de référence donne 0,15 à 0,56 mSv/an. Rappelons que le CEA utilisait implicitement jusque là une limite de 3 700 000 Bq $\alpha$ /kg pour les déchets "A" et a donc été désavoué par le gouvernement. Mais il avait envoyé sur le site alors en fonctionnement, le CSM, beaucoup de déchets un peu trop riches en plutonium juste avant que ce nouveau critère soit mis en application. Il a fallu attendre 1996, la commission Turpin, pour le découvrir. Jean Lefèvre, membre de notre CNE pour Bure est l'un des seuls à l'avoir toujours su, vu que c'est lui qui était alors Directeur des effluents et déchets radioactifs du CEA.

- Les additions à faire. En cumulant certains de ces scénarios, on voit la dose engagée que pourront recevoir des agriculteurs vivant sur l'ancien "Soulaines". Ce rapport provisoire démontre déjà assez bien que le site n'est absolument pas banalisable avant au bas mot des millénaires. Et cela n'est pas seulement à cause d'un, mais de nombreux radionucléides.

Les émetteurs bêta à vie longue sont considérablement sous-estimés dans ces calculs (non appréhendés dans le rapport Castaing). Des travaux de ces dernières années indiquent que de l'ensemble produits de fissions {vie moyenne + vie longue}, ce sont ceux à vie "longue" (période > 70 000 ans) qui dominent : 59% en masse ! (La Recherche, n°301, tableau p. 66, chiffres 3 ans après déchargement du réacteur).

Vingt radionucléides dit "principaux" (de fission, activation ou alpha) figurent dans le RPS, reproduits en tableau dans la présente annexe V. Pourtant R. Dautray écrit que "*les tables de radionucléides des déchets mettent en œuvre plus de 140 corps...*" (p. 815). Par exemple, le Chlore 36 (émetteur  $\beta$  pur énergétique, période 300 000 ans) ne figure pas dans le RPS, alors que R. Dautray nous parle de son association au graphite (p. 824) et que "Soulaines" a reçu du graphite (Gazette Nucléaire n°191/192, éditorial, d'ailleurs c'est prévu dans le RPS, vol. II, chap. 3.6.2). N'y figurent pas non plus les Se 79 (70 000 ans) et Sn 126 (100 000 ans) dont les quantités produites sont importantes (La Recherche, n°301, tableau p. 66).

- Confidentialité. Sur place, il m'a été interdit de prendre une photocopie de ne soit-ce une seule page du RPS. Toujours en présence de quelqu'un, j'ai pris des notes à la main à coté de la photocopieuse les heures ouvrables sur 3 jours. Une lettre m'avait prévenu :

*"... documents concernant la sûreté du centre de l'Aube (...) Je vous indique par ailleurs que vous ne serez pas autorisé à photocopier les documents qui comportent des informations sur les méthodes de calcul d'impact des différents scénari*

étudiés. Ceux-ci représentent en effet un savoir faire technique et scientifique de l'ANDRA dont nous savons qu'il intéresse soit des organismes étrangers (notamment pour les déchets radioactifs), soit des organismes français, entreprise, voire associations diverses proposant leur services à telles entreprises ou agissant pour leur compte, y compris pour les déchets toxiques industriels. Vous comprendrez bien que ce savoir-faire, qui peut être valorisé, ne saurait être divulgué sans précautions." (lettre que m'a adressée l'ANDRA-Soulaines le 23/02/95; Réf 95/0741. IP)

Le Rapport Desgraupes au Conseil Supérieur d'Information Nucléaire en octobre 1991, recommandation n°3, réclamait pourtant que *"les modèles de transfert utilisés pour évaluer les effets des dépôts de matières radioactives sur l'homme et l'environnement devraient être explicités et publiés dans des conditions appropriées."* (reproduit dans Gazette Nucléaire 113/114, p. 18). Et l'ANDRA ne se flatte-t-il pas d'appliquer les recommandations (certaines...) du rapport Desgraupes dans l'introduction de "L'inventaire national des déchets radioactifs", édition 1996 ? Cela a été de nouveau souligné par La Commission Turpin (1996) sur l'homologue de "Soulaines" à La Hague : *"caractère confidentiel de certains documents comme les études de sûreté"* (p.21) : *"il n'y a pas dans un centre de stockage comme celui de la Manche de points particulièrement sensibles ni de souci de protection de savoir faire....la commission considère que ce document pourrait être rendu public."* (p. 70).

En vain. Ces documents restent parfaitement confidentiels.

- Rejets aériens. Enfin l'agence avouera une fois le centre irréversiblement en fonctionnement que la cheminée du bâtiment de compactage rejette Iode 125, Iode 131, tritium gaz et vapeur tritiée (il est probable que le Carbone 14 n'est pas contrôlé), avec des "anomalies" et des "écarts" (lettre ANDRA, Gazette Nucléaire 179/180, p. 12). Pourtant au moment de l'enquête publique, lorsqu'il s'agissait de faire accepter l'implantation aux habitants locaux, la même agence du CEA écrivait à leur intention : *"Le fonctionnement normal du centre de stockage ne donne lieu à aucune émission d'effluents radioactifs gazeux... l'air extrait est surveillé et passe dans des filtres avant rejet. Ainsi la contamination éventuelle de ces locaux ne peut pas être répandue à l'extérieur."* (Etude d'impact, juin 1986, Int-II-24). C'est pourtant l'exploitant qui a choisi de venir s'implanter en pleine zone laitière AOC "Brie de Meaux". Les villages sous les vents dominants du Sud-Ouest sont La-ville-au-bois, Louze, Sauvage-Magny.

- Un avenir à débattre ? A l'abris de toute connaissance publique des réels problèmes de santé posés par "Soulaines", notamment pour les millénaires de l'après 300 ans, merci à la confidentialité des dossiers, on empile donc 20 000 m<sup>3</sup>/an sur ce site. La vidéo ANDRA "Le centre Aube" (1992) distribuée partout dit : *"alors de ces 100 hectares du Centre de l'Aube, ils pourront en disposer comme ils veulent les hommes du 24<sup>ème</sup> siècle."* Des classes entières de CM2 apprennent en ce moment ces petits mensonges par cœur, parce que c'est ce que la société française, qui produit en ce moment ces déchets radioactifs, veut croire. D'autres classes de CM2 commencent à faire pareil à Bure...

Sur le plan administratif, au vu de ces chiffres confidentiels, ça ne va pas. Le Décret du 04/09/89 (J.O. 06/09/89) autorisant la création de "Soulaines" stipule :

*"L'utilisation normale, sans restrictions de nature radiologique, des terrains occupés par l'installation devra être possible au plus tard 300 ans après la fin de la phase d'exploitation."* (Art. 2.3)

La Règle fondamentale de sûreté dit la même chose (RFS 1.2. §3.2 et §6.1.2.).

Que faire ? Si on ferme "Soulaines" assez vite (on crée un autre centre pour prendre la relève), peut-être alors, vu qu'il y aurait moins de radioactivité que prévu, ces articles du décrets et RFS seraient plus ou moins respectés ? Pour cela il faudrait que l'ANDRA rende public l'inventaire radioactif déjà stocké tout de suite, qu'un bilan public des doses soit fait à partir de ce contenu actuel. On pourrait aussi faire respecter la loi Bataille pour les déchets Cogema issus du retraitement des clients étrangers. Pour ce qui est des contrats d'exportation de la branche nucléaire d'EDF, l'Europe n'est pas en crise énergétique au point de ne pouvoir s'en passer. On pourrait déjà arrêter ces 11 + 4 réacteurs ? Ce serait un gros soulagement pour "Soulaines". R. Dautray ne semble pas l'envisager puisqu'il nous informe que le *"centre de l'Aube, qui fonctionne de manière excellente"* (p. 815).

## Le retraitement permet de mettre en application "le principe de dilution"

Au fil du texte, R. Dautray donne des chiffres d'activité ici regroupés en tableau :

Radioactivité extraite des éléments de combustibles des réacteurs atomiques d'EDF cumulée jusqu'à l'an 2000 inclus en millions de curies (R. Dautray)			
"source primaire"		les déchets résultants dits "sources secondaires"	
<i>"matières radioactives solides les plus radioactives extraites"</i>			
Produit de fission	8600		
plutonium hors 241	78	déchets "C"	2900
plutonium 241	2300	déchets "B"	89
actinides mineurs	94,5		
Remarque : l'usage de l'unité curie est interdit. 1Ci = 3,7 10 <sup>10</sup> Bq			

qu'il commente ainsi :

*"La grande différence entre la radioactivité des corps primaires et des corps secondaires tient au plutonium 241, qui a décru, aux rejets, lors du retraitement, de corps volatiles dans l'atmosphère ou d'eau tritiée en mer, etc."* (p. 815)

le Pu 241 (période 14,7 ans) se transforme en Am 241 (période 433 ans) qui se transforme en Np 237 (période 2,1 millions d'années). L'activité est le nombre de désintégrations par seconde. La période est le temps qu'il faut pour qu'une moitié des atomes présents se désintègrent. Donc un nombre d'atome dont la période est courte a une plus grande activité que le même nombre d'atomes embêtants dont la période est longue. C'est le cas de la filiation Pu 241.

R. Dautray nous rappelle, on a un peu tendance à l'oublier, que cette radioactivité est fabriquée dans les réacteurs atomiques d'EDF (Nogent-sur-Seine, Cattenom, Chooz, Dampierre-en-Burly, etc.). La Hague ne fait que manipuler la radioactivité de la branche nucléaire d'EDF dans l'usine UP2-800. En outre, elle manipule celle des réacteurs allemands et japonais surtout dans l'usine UP3. Une bonne partie de cette radioactivité ne peut pas se retrouver dans les déchets pour deux raisons. La première est que la période de certains radionucléides majeurs est "courte" (le ruthénium 106: 1,02 an) ou "moyenne" (cobalt 60 : 5,26 ans; krypton 85: 10,71 ans; tritium: 12,3 ans...) par comparaison à ceux dont on parle surtout pour les déchets à vie longue "B" et "C. La deuxième est, en effet que a) soit on ne sait pas retenir des radionucléides majeurs, comme le Krypton, b) soit on saurait le faire fort mal parce que c'est particulièrement difficile pour d'autres (tritium), enfin c) on pourrait le faire pour certains (ex. filtre à l'argent pour l'I 129) mais on décide sciemment de ne pas le faire (I 129, C 14).

R. Dautray précise que c'est en partie un choix délibéré du nucléaire français :

*"Une étude allemande, réalisée pour le projet d'usine de Wackersdorf [1], qui n'était pas située le long de la mer, avait développé les moyens scientifiques et techniques permettant de diminuer considérablement ces rejets."* (p. 820)

Mais les allemands, qui avaient commencé la construction de cette usine en Bavière, ont finalement décider d'abandonner le projet, même après avoir dépensé 2,6 milliards de marks. Ils enverront plutôt leurs déchets à La Hague. Aujourd'hui dans ce site de Wackersdorf, on fait des cellules photovoltaïques et des pièces automobiles (Investigation Plutonium n°4-5).

### La solution marine

Les rejets du retraitement dans la mer sont effectués par un tuyau long de 5,4 km qui arrive à une distance de 1,7 km des côtes et à une profondeur de 28 mètres dans un courant marin appelé le Raz Blanchard. Les rejets aériens sortent des cheminées de l'usine hautes de 100 mètres. Par exemple, le débit nominal de la cheminée de l'usine UP2 au début des années 90 était de 7000 000 m<sup>3</sup>/heure (Gazette Nucléaire 163/164, p. 6).

Pour les animaux continentaux que nous sommes, l'eau de mer est une eau très minéralisée, 35 000 (±2000) mg/l à comparer à la norme française d'eau potable de <1000 mg/l de minéralisation totale. Dans la Manche près des côtes, sa radioactivité naturelle due au K40 est de 12 à 14 Bq/l (Acronique du nucléaire n°55, p. 11). Nous, on ne la boit pas. La vie y est née. C'est un grand milieu de croissance, naturelle ou d'élevage-nurseries (ex. les huîtres de St Vaast juste de l'autre coté de la presqu'île du Cotentin). Pour nous, les retours se font par les organismes vivants consommés (poissons et "fruits de mer" : animaux et végétaux), les embruns près des côtes, l'eau de pluie après évaporation pour le tritium. Bien sûr le pouvoir de dilution des étendues marine est immense. A priori car, comme pour le carbone, quel est le devenir exact de cette pollution ?

R. Dautray plus loin :

"La séparation chimique... (...) ... (les corps volatils sont **rejetés dans l'atmosphère**, et certains corps à dilution isotopique jugée insensible sont **rejetés dans la mer**). **C'est ce qu'on appelle retraitement** (effectué à l'usine de La Hague pour la France); c'est une réalité industrielle, de la meilleure qualité technique mondiale." (p. 816)  
Enfin p. 820 :

"Les corps volatils, **rejetés pendant le retraitement**. (...) leur trajet dans la Manche et la mer du Nord, puis jusqu'à la mer des Barents, de leur **dilution**, de plus en plus sensible, ainsi que du calendrier de ces déplacements, dus aux courants. (...) la radioactivité en question reste toujours très inférieur à la radioactivité naturelle de l'eau de mer : la dilution dans la mer de l'iode 129 .... de l'eau tritiée ..... le ruthénium 106..."

R. Dautray ne précise pas que les gouvernements danois, norvégiens et irlandais sont opposés au retraitement, et que la convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord Est a voté le 16/01/01 au 2/3 des membres la proposition danoise de "suspendre le retraitement (...) et ce avec effet immédiat" (des actions en justice sont également en cours par l'Irlande contre Sellafield). Mais la France et l'Angleterre ne l'ont pas voté donc ne sont pas liés (Investigation Plutonim n°20).

R. Dautray n'oublie pas de donner la période des tritium, ruthénium. Il oublie seulement de donner celle de l'élément dont il a pourtant choisi de parler à plusieurs reprises : l'iode 129, qui est de 15,7 millions d'années. Dans une démonstration à propos de l'enfouissement (p. 818-819) :

"migration des radionucléides vers la surface de la terre (...) On évalue alors la "dose" (...) Tout cela désigne en premier lieu, et sans ambiguïté, l'iode 129 (...) Pourtant, dans ces calculs, la source de cet iode 129 dans le stockage représente moins du centième de l'iode 129 extrait au retraitement des produits de fission, le reste, soit plus de 99%, **allant après retraitement dans l'atmosphère (c'est un produit volatil) et dans la mer, ou son mélange avec l'iode naturel (<sup>127</sup>I) le dilue rapidement**. Cela illustre le fait qu'une faible perte (ici, moins de 1%) dans un processus (ici le retraitement) devient la nuisance majeure dans une étape suivante."

Il revient sur cet aspect p. 820 :

"Mais on a vu ci-dessus que le destin des déchets stockés serait aussi, pour ceux qui migrent, **la dilution dans l'espace et le temps**. On retrouve ici, une fois de plus, **la dualité dilution-concentration ... et réciproquement, comme dans les activités humaines, telle qu'elle est aussi présente dans la nature.**"

dualité entre..., mais ? et la transmutation alors ? surtout pour de tel radionucléides éternellement embêtants. C'est que..., on le verra plus bas, ce n'était qu'une vague idée pour les siècles à venir.

**Concrètement**, notre société, nous dit le physicien du CEA R. Dautray, a le choix entre les **deux solutions** : **soit on repousse le problème en enfouissant, soit on jette tout tout de suite dans l'environnement à un endroit "judicieusement" choisi pour enclencher la dilution.**

### Radionucléides majeurs

□ **L'iode 129** est rejeté essentiellement dans la mer. Le rejet gazeux est évalué à 1 % de l'iode total (Gazette nucléaire 153/154, p. 16). En 1995 "l'Etablissement a rejeté 1530 GBq d'iode 129 en mer et 33,3 GBq sous forme gazeuse (déclarés par Cogema en 1996) pour une activité naturelle cumulée de 7 GBq dans les océans et de 400 GBq dispersés à l'échelle de la planète dus aux essais nucléaires atmosphériques..." (A. Guillemette Gazette nucléaire 153/154, p. 17). De 1982 à 1996 les rejets en mer sont passés de 0,11 à 1,62 TBq soit une multiplication par un facteur 14,7 (Gazette Nucléaire 171/172, p. 7). La CSPI (Commission locale d'information) de La Hague indiquait qu'en 1994, 10 à 15% de l'iode 129 était fixé dans les déchets (Acronique du nucléaire n° 39). R. Dautray en 2001 nous dit que plus de 99% est maintenant jeté à la mer (au lieu donc de 85 à 90 % en 1994 ?). Les scénarios théoriques des conséquences de l'enfouissement existent depuis longtemps (par ex. le prof. Castaing les mentionnent dans le rapport Bataille 1990). Depuis longtemps on sait que l'iode 129 est embêtant pour le stockage à terre, qu'il soit enfouis ou en surface. R. Dautray présente bien le dilemme : concentration ou dilution ? Dilution a très clairement été choisi dans le cas de l'I 129.

En 1997 l'Agence de Bassin Seine Normandie a fait réaliser une étude (laboratoire ACRO) sur 640 km de côtes, du Mont St Michel au Tréport. Les mesures ont été faites sur l'algue fucus serratus. L'iode 129 a été mesuré partout sur les 640 km de côtes, de 70 Bq/kg sec dans la Baie d'Ecalgrain proche du tuyau de rejet à quelques Bq/kg sec dans les zones au loin. A terre, dans un rayon de 5 et 7 km autour de l'usine, deux études (CriiRad puis pour la DSIN, l'ACRO) en 95 et 97 ont trouvé le radioélément dans 80% des échantillons de mousse (10,7 à 99 Bq/kgsec). La distribution spatiale des activités présente une bonne concordance avec la rose des vents (L'acronique du nucléaire n°52, Gazette nucléaire 153/154). La même chose avait été mesuré dans les mousses aquatique de la rivière St Hélène sous le complexe nucléaire (ACRO, 46 à 75 Bq/kg sec). Pour 95, sur la base des rejets aériens déclarés, et en suivant les procédures AEN/OCDE 1980, A. Guillemette estime un équivalent de dose théorique à la thyroïde de 0,37 mSv/an (Cogema donne 0,2 mSv/an) pour les individus les plus exposés (ne pas confondre avec dose efficace corps entier; Gazette nucléaire 153/154, p. 16, n°171/172, p. 6-7).

▫ **tritium ( $^3\text{H}$ )**. 30% du tritium présent dans les crayons de combustible EDF était rejeté à La Hague, en mer à plus de 99%. Mais les rejets de tritium par l'usine de retraitement ont augmenté beaucoup plus rapidement que ne l'a été le tonnage traité, de 500 à 8 000 TBq entre 1980 et 1994 ( $\times 16$ ) pour une multiplication du tonnage de  $5 \times$  (Gazette Nucléaire 161/162). En 95 les rejets sont de 9600 TBq liquides, 85 TBq aériens (Radioprotection 32, p. 503). En 1996, les rejets en mer sont de 10 500 TBq ( $\times 21/1980...$ ). L'option choisie a donc été là aussi de rejeter le tritium en mer. Le tritium naturel est complètement masqué par le tritium artificiel. Ceci est une donnée nouvelle de notre environnement depuis les rejets massifs de tritium des bombes thermonucléaires dans les années 60. Actuellement, les rejets tritium des installations nucléaires sont du tiers de la production naturelle (intégrée sur la surface de la planète à plus de 15 km d'altitude). La radioactivité tritium actuelle mesurée au large dans les eaux de surface de l'Atlantique est de 0,2 Bq/l. Dans la Manche elle varie de 0,3 à 23 Bq/l témoignage directe de l'influence des usines de La Hague et Sellafield. Lors d'une étude 1999-2000 autour de la pointe de La Hague, toutes les mesures de l'ACRO étaient entre 15 et 23 Bq/l (Acronique du nucléaire n°55, p. 9). De tous les émetteurs  $\beta$ , c'est celui dont l'énergie de désintégration est la plus faible. En revanche, il est relâché en énormes quantités. Le corps humain est composé à 10% d'hydrogène (dont le tritium est un isotope). Le tritium par l'eau est considéré comme comparativement moins nocif parce que la période biologique chez l'humain (renouvellement de moitié) est estimée entre 2,4 et 18 jours. Cependant ce n'est pas le cas de celui organiquement lié ( $\gamma$  compris dans l'ADN) qui ne peut être quantifié que dans l'eau de combustion ce qui représente des manipulations lourdes (aucunes études de laboratoires indépendants disponibles) et les études sont seulement en cours (IPSN). La toxicité est pressentie être alors de 10 à 1000 fois plus élevée que sous la forme aqueuse. Comme tout rayonnement, les bêta du tritium peuvent aussi induire des cassures et mutations induisant un risque de cancérisation et de mutations génétiques (CriiRad, dossier Hague, 1995, vol. 1, p. 58). Il a par exemple été constaté une multiplication par 13 du taux de cancer de la prostate chez des personnes exposées au tritium dans l'industrie nucléaire britannique (Brit. Med. Journ., 291, 1985, cité dans Gazette Nucléaire n°103/104, p. 11).

▫ **Krypton 85**. R. Dautray mentionne que "*du krypton 85*" est rejeté dans l'atmosphère (p. 820). C'est peu dire. Le Krypton est le radionucléide le plus abondant résultant de la fission au stade du retraitement. Il est deux fois plus abondant que le suivant, le Césium (CEA "informations utiles" 98, p. 41). Or en tant que "gaz rare", il a peu d'affinités chimiques. Il n'y a pas le choix, 100% du Krypton 85 est rejeté, et 100% dans l'atmosphère. L'IPSN a donné les chiffres suivants (Gazette Nucléaire 171/172, p. 3) :

Estimation des rejets cumulés de Krypton 85 en TBq ( $10^{12}$ Bq)	
usines de retraitement sur les seules quatre années 1994-1998	1 500 000
essais nucléaires atmosphériques (années 60)	100 000
Tchernobyl (1986)	33 000
Production naturelle cumulée due au bombardement des protons et hélions cosmiques à 15 km d'altitude intégrée sur la surface de la terre	0,4

Les rejets donnés pour l'année 1996 sont, en TBq : 260 000 pour La Hague, 94 000 pour Sellafield et 16 000 pour Marcoule (même référence). Les rejets de La Hague sont en constante augmentation d'année en année. Ils sont passés de 400 TBq à 300 000 TBq entre 1966 et 1997. Dans l'hémisphère nord, l'activité volumique moyenne de l'atmosphère est passée entre 1959 et 1999 de 0,1 à 1,2 Bq/m<sup>3</sup> (Gazette Nucléaire 171/172, p. 3). L'ionisation de l'air produite par la désintégration du krypton radioactif artificiel est le paramètre atmosphérique que les activités humaines ont le plus modifié. Elle a augmenté de 1% entre 1970 et 1985 au-dessus des océans et dans les régions polaires (Kollert & Butzin 1989; cité dans Lenoir, Y. 2001, p. 129; le phénomène est masqué au dessus des continents à cause des radon et thoron).

La radioactivité totale mesurée des rejets aériens est à une écrasante majorité due au krypton 85. En nov. 98, au moyen d'un cerf-volant conçu pour, Greenpeace fait un prélèvement entre 60 et 120 m de hauteur à 700 m des deux cheminées de l'usine qui donnera une radioactivité de 90 000 Bq/m<sup>3</sup>. L'IPSN a déjà mesuré, au niveau du sol de 0,8 à 4,5 km de l'usine et sous le vent, des activités allant de 47 000 à 230 000 Bq/m<sup>3</sup> (Gazette Nucléaire n°171/172, p. 3). La Cogema dit qu'à la sortie de la cheminée l'activité Krypton est 1 milliard de Bq/m<sup>3</sup> (Gazette nucléaire n° 171/172, p. 6). Le krypton 85 est un émetteur bêta énergétique et émetteur gamma. Parce qu'il a peu d'affinité chimique, il n'est pas retenu par l'organisme. Le risque vient de l'irradiation directe (exposition externe). Le coefficient de dose utilisé est de  $1,1^{13}$  mSv/Bq.s.m<sup>-3</sup>. Selon la COGEMA en 1996, 25% de la dose des habitants locaux due aux rejets aériens vient du Krypton 85. L'exploitant donne pour le krypton une dose efficace corps entier de 0,003 mSv/an en 97, mais l'OPRI dit <0,01 (pour l'exploitant la dose totale

due aux rejets aériens en 95 est 0,0092 mSv; Gazette Nucléaire 171/172, p. 4 et 6). Selon Cogema, la dose à la peau dans le village de Digulleville est d'environ 0,1 mSv/an (ne pas confondre avec dose efficace corps entier).

▣ **Le carbone 14** (période 5730 ans). R. Dautray a oublié d'en parler. Pourtant, comme les tritium, krypton 85 et Iode 129, le C14 est rejeté (maintenant) presque intégralement dans l'environnement. Les rejets atmosphériques sont plus importants que les rejets liquides. Les rejets en mer passent de 0,63 à 9,94 TBq entre 1982 et 1996 soit une multiplication de l'ordre de 15. En 1995 le rejet aérien est de 19,2 TBq (Gazette Nucléaire n°171/172, p.6-7). En 1999, le rejet total est de 28,93 TBq (Investigation plutonium n° 19, p. 3). Alors que les anglais imposent désormais une limite plus stricte des rejets à Sellafield (par contre ils en ont rejeté massivement dans les années 70), les rejets de La Hague sont en constante augmentation (ils sont le double de la limite anglaise en 1996).

C'est un produit d'activation émetteur bêta pur. C'est aussi un radionucléide naturel célèbre par la datation du même nom. Le rejet annuel "local" de C14 des cheminées de La Hague est équivalent à à peu près 1/40<sup>ème</sup> de la production naturelle annuelle intégrée sur la surface de la terre (Gazette Nucléaire n° 169/170, p. 18).

Le C14 est produit par bombardement des protons et hélions cosmiques de grande énergie qui "provoquent des réactions nucléaires violentes qui font éclater des noyaux des composants atmosphériques. Il créent (...) de nombreux neutrons. Ce sont ces neutrons qui entrant en collision avec les atomes d'azote <sup>14</sup>N, donnent naissance à l'isotope <sup>14</sup>C. Le taux maximal de formation du <sup>14</sup>C se produit à des altitudes de l'ordre de 15 à 20 km (basse stratosphère)." (La Recherche n° 323, p. 53).

Au même titre que l'hydrogène, c'est une brique de base du vivant. Les autorités estiment la dose naturelle reçue par le carbone 14 naturel entre 13 et 15 mSv/an (Gazette Nucléaire n°181/182, p. 26). Vu sa longue période, les autorités nucléaires (AEN/OCDE, UNSCEAR...) admettent que, des radionucléides créés artificiellement à La Hague, c'est le plus pénalisant pour la dose efficace aux populations locales. Cogema trouve même qu'il est responsable de 50% de la dose reçue par les enfants de moins de 1 ans dans les villages environnants (rejets gazeux; Gazette Nucléaire 171/172, p. 6). Un kilo de carbone (pur) issu de matière vivante a une activité naturelle de 230 Bq C14. Les données sur la biomasse autour de La Hague n'existent que depuis 1997. Toute la biomasse située dans l'environnement proche de l'usine est affectée, herbe, carottes, persil, lait... Les teneurs totales ramenées au kilo de carbone pur varient de 270 à plus de 2000 Bq/kg (ne pas confondre avec les mesures à l'état frais) donc vont jusqu'à 8 fois la radioactivité naturelle C14. Les résultats sont très dépendants de la situation par rapport à la rose des vents comme pour l'iode. Pour l'herbe (qui est renouvelée) le taux de C14 mesuré ondule avec celui des rejets. Il est d'ailleurs généralement admis que l'activité du carbone tissulaire est assez rapidement en équilibre avec l'activité du C14 dans l'air. Il y a toute les chances du monde que les homo sapiens vivant avec ces plantes, c'est à dire les habitants locaux, et eux là depuis beaucoup plus longtemps, soit affectés eux aussi par ces excès de C14 jusqu'à 8 fois supérieurs (voir plus) à celle que l'on trouvait dans le corps de leurs ancêtres. Pour 1996 et 97, A. Guillemette propose un calcul de dose efficace (rejets gazeux) pour les gens vivant sous les vents dominants (Jobourg, Herquemoulin, Digulleville, Omonville la Petite, Omonville la Hogue, voir Beaumont) qui donne une dose (due à l'excès) de 0,03 et 0,05 mSv/an (Gazette Nucléaire 181/182, p. 25-29). L'exploitant donne 0,004 mSv/an... (Gazette nucléaire n° 171/172). Dans tous les cas il s'agit de calculs théoriques parce qu'il n'y a aucun suivi dosimétrique des populations. On a pas de données sur l'impact sanitaire des rejets liquides. Le facteur de reconcentration dans les poissons est de 5000.

▣ **Le Cobalt 60**. Dans les algues, mais aussi dans les sédiments fins, la contamination au Co 60 (artificiel, période 5,26 ans) est ubiquisque, sur les 640 km de côtes du Mont St Michel au Tréport. Cela va d'une bonne dizaine de Bq/kgsec proche de l'usine à quelques Bq/kgsec au loin. En 1988, on avait 400Bq/kgsec Co60 dans les moules à St Vaast (Acronique du nucléaire n°50).

▣ **L'américium 241** (émetteur artificiel alpha et gamma, voir chaîne Pu 241 en début de ce chapitre retraitement) n'a été mesuré que dans les sédiments, presque partout le long des 640 km de côte, plus du coté du Mont St Michel (Cancale, Granville) avec 3 Bq/kg sec diminuant à 1Bq/kg sec au Tréport. Cependant c'est dans les sédiments fins qu'on le trouve, pas dans le sable même s'ils sont proches du tuyau.

▣ **Le Ruthénium/Rhodium 106**. La contamination au Ru 106, rejeté pratiquement intégralement dans la mer, est plus limitée autour du sommet de la presqu'île du Cotentin (sa période est de 1,02 an, il a une forte tendance à former des complexes). En 97 est mesuré une dizaine de Bq/kgsec pour algues et patelles par exemple. Cependant en 1988, la contamination atteignait quelques centaines de Bq/kgsec Ru 106 de La Hague jusqu'à St Vaast (Acronique du nucléaire n° 50).

R. Dautray estime que la séparation faite à La Hague "de la meilleure qualité technique mondiale." (p. 816) est une "nécessité".



## L'excès de leucémies chez les enfants aux abords des usines de retraitement

□ En 1983 il n'existait aucune étude concluant à des problèmes autour d'une usine de retraitement. En 1984 parviennent d'Angleterre des informations que les cas de cancer (particulièrement les leucémies) chez les enfants vivants à proximité de l'**usine de retraitement de Sellafield** sont plusieurs fois supérieurs à la moyenne nationale (Urqhart et al. Lancet I: 217-218; Gardner et al. Lancet I: 216-217). Une Commission est établie par le gouvernement qui confirme l'incidence statistiquement significative de leucémies mais aussi d'autres types de cancer. Ayant repris les chiffres officiels des rejets, elle a fait des calculs qui donnent que les enfants nés près de l'usine auraient reçu une dose supplémentaire à la moelle osseuse de 3,53 mSv (ne pas confondre avec dose effective corps entier) qui correspond à 13% de la dose due au bruit de fond (naturelle + essais nucléaires aériens + médical) et conclut que cela ne peut pas expliquer l'excès (les chiffres par la suite évolueront, d'une part les relations irradiation-dose seront revue à la hausse par le NRPB, d'autre part sera révélé un incident avec rejets prolongés qui avait été "oublié"). Une étude rétrospective de mortalité conclut à un risque relatif multiplié par 9 de leucémie mortelle si l'on est né d'une mère résidant près de l'usine (Brit. Med. JI, 295, 1987: 819-22). En 1990 une étude "cas-contrôle" trouve comme corrélation positive la plus forte, un risque multiplié par un facteur 6 à 8, la dose que le père a reçu les années avant la conception (100 mSv) ou dans les 6 mois avant la conception (10 mSv) (Gardner et al. Brit. Med. JI, 300: 423-29; Brit. Med. JI, 300: 429-34). Un autre auteur propose que la sur-incidence découle de l'afflux de population nouvelle autour de tel sites. Ces populations pourraient être porteuses de virus contre lesquelles les communautés autochtones n'étaient pas immunisées (Kinlen Lancet II, 1988: 1323-27) [P.S. : trois types d'agents cancérogènes sont connus : des virus, des substances chimiques et les radiations](ces informations sur les leucémies de Sellafield et Dounray viennent d'un dossier publié dans l'Acronique du nucléaire n°13: 9-28). En 96, le surnombre de cancers et de leucémies observé chez les jeunes est confirmé. Le Comité gouvernemental ne pense pas qu'il puisse être expliqué par une exposition professionnelle aux radiations et s'oriente vers une cause d'interaction entre différents facteurs (The Lancet, vol. 347, avril, cité dans Gazette Nucléaire 151/152, p. 28).

□ En 1986 des chercheurs écossais découvraient que durant la période 1979-84, habiter dans un rayon de 25 km autour de **Dounreay**, une plus petite usine pratiquant le retraitement, multipliait par 6 le risque d'être atteint d'une leucémie, comparativement à l'ensemble de l'Ecosse. La controverse est vive. Mais le Comité d'étude mis en place par le gouvernement pour Sellafield confirme un excès significatif des cas de leucémies chez les sujets de moins de 25 ans. Il ajoute que les estimations admises de dose reçue ne peuvent l'expliquer.

□ A **Marcoule** (usine de retraitement UP1), il n'y a jamais eu d'études épidémiologiques. Le député Claude Birraux dans son rapport sur la sûreté nucléaire de 1994 pour l'office parlementaire des choix scientifiques et technologiques a signalé : *"il serait souhaitable de lancer une étude épidémiologique autour de Marcoule car c'est le seul moyen de prouver l'impact réel sur la santé de l'activité nucléaire."* (Le Provençal-grand Avignon 03/02/95 p. 23). Et R. Pelisson, adjoint au maire d'Avignon écrit : *"Une étude épidémiologique autour du site de Marcoule devrait être mise en œuvre, avec toutes les garanties de transparence, afin de suivre la morbidité, les maladies thyroïdiennes par exemple, et la mortalité des populations riveraines."* (Etude radioécologique d'Avignon, Mairie, 1994, p. 2).

□ A **La Hague** (usines UP2 puis UP2-800 et UP3), une étude sur la mortalité par leucémie est réalisée en 1990 (Viel et al., Brit. Med. Journ, 300: 580-81) qui conclue à l'absence de situation anormale. En 1993 est publiée une étude sur la morbidité (s'intéressant à l'incidence des leucémies) de la même population pour la période 78-90 (Cancer Causes and Control, 4). Les auteurs trouvent 3 leucémies dans les moins de 25 ans dans un rayon inférieur à 10km alors que 1,2 cas sont attendus, statistiquement non significatif. Une réévaluation en 1995 donne 4 cas contre 1,4 attendus pour la période 78-92 dans un rayon de 10 km autour de l'usine, la sur-incidence devient statistiquement significative (Viel et al. Statistics in Medicine, 14: 2459-72). En 1997 est publié le résultat d'une étude "cas-contrôle" (sur financement INSERM et Ligue Nationale contre le cancer) faite avec la collaboration de 33 médecins locaux. Les corrélations positives les plus fortes données par les analyses statistiques sont : la fréquentation des plages par les mères enceintes ( $\times 4,5$ ) ou les enfants eux-mêmes ( $\times 2,9$ ), la consommation de produits de la mer ( $\times 3,7$ ). Un déchaînement médiatique bien orchestré (contre les auteurs de l'étude) suivra cette publication (raconté dans Viel, J.F. 1998). La ministre de l'environnement de l'époque révélera dans son livre qu'au moment de cette publication : *"Entre-temps, dans le plus grand secret, le jour de la publication de ce rapport soi-disant absurde, un groupe informel se mettait en place. Il regroupait les sommités du nucléaire : la DSIN, l'OPRI, la COGEMA, le CEA. L'objectif de cette instance de communication stratégique ? Etablir la réponse politiquement correcte à donner à l'étude VIEL."* (Lepage, C. 1998, p. 78).

En 1998 un nouveau cas de leucémie est apparu. La situation tout à fait officielle (A. Schapira du GRNC) pour la période 78-98 est la suivante : rayon d'étude : 35 km, population : 60 000, nombre de malade : 38, nombre de

malades attendus : 36,9/statistiques nationales, donc taux normal. C'est dans un rayon de 10 km à partir de l'usine de retraitement pour les moins de 25 ans qu'on a : 5 cas observés contre 2,3 attendus ce qui est le double (statistiquement significatif). La dernière publication montre que c'est chez les 5-9 ans qu'il y a le plus fort excès : 3 cas observés entre 78 et 98 pour 0,47 cas attendus, soit un ratio de 6,4 (Guizard, A. V. et al. Journal of Epidemiology and Community Health n°55, juillet 2001). Quatre des cinq cas observés sont des leucémies lymphoblastiques aiguës diagnostiquées entre 1 et 6 ans.

### Le Groupe d'étude Radioécologique Nord Cottentin, GRNC

La vive polémique de 97 poussera le gouvernement à créer le GRNC. Sa mission était limitée à déterminer le "risque de leucémie attribuable (aux seules sources de rayonnement ionisants) pour les jeunes (0-24 ans) du canton Beaumont-Hague.". La dose comptabilisée sera seulement celle des radionucléides qui contribuent à une atteinte de la moelle osseuse. Sur la cinquantaine d'experts qui ont participé, 6 venaient du "mouvement associatif", les autres représentaient soit les exploitants du nucléaire, soit les instances de contrôle. La méthode a été d'affronter les rejets connus (exploitant) de l'usine à l'ensemble des mesures disponibles sur l'environnement. Cela donne une bonne idée du comportement moyen pour ce qui est du compartiment mer estime l'ACRO. Pour ce qui est des rejets aériens, le modèle utilisé jusque là par exploitant et autorités s'est révélé peu satisfaisant et des corrections, qui n'ont pu être validés par des mesures, adoptées. L'ACRO trouvait cette situation regrettable parce que les travaux du GRNC montrent que la dose efficace totale moyenne reçue par la population actuelle est due principalement aux rejets aériens.

Les estimations de doses à la moelle osseuse dues aux rejets de routine et aux accidents (hors situations pénalisantes) ont été utilisées par le GRNC pour évaluer un nombre de cas de leucémies. Les résultats obtenus s'expriment en termes de probabilité. Ainsi, le nombre de cas attendus liés aux installations nucléaires (La Hague + réacteurs Flammenville) calculé par le Groupe (rapport 07/07/99) est de 0,0020 et la probabilité (ou le nombre de "chances") d'avoir un cas est de 0,1% (Cahier de l'ACRO, n°2, juin 2001).

D'où Alfred SPIRA, l'épidémiologiste mandaté par le gouvernement pour mener l'enquête conclut qu'avec les résultats du GRNC "aucun lien scientifique n'a pu être établi entre les rayons et les leucémies". Il penche pour une origine virale de la maladie : "Il existe des modèles animaux de leucémies dues à un virus, notamment chez les félins.". Il ajoute que les rayonnements ionisants "pourraient contribuer à affaiblir l'organisme qui serait alors plus sensible au virus." (Guizard, A. V. et al. Journal of Epidemiology and Community Health n°55, juillet 2001).

Les associations scientifiques ont regretté que le calcul ait été fait en "réaliste", démarche qui consiste à estimer le niveau d'exposition (résultat unique) en n'utilisant que les paramètres et des coefficients associés censés refléter le plus justement l'exposition. Seule une démarche "enveloppe" qui consiste à estimer le niveau d'exposition en retenant les valeurs les plus pénalisantes, aurait permis d'être sûr, compte tenu des incertitudes, d'englober les valeurs réelles, estiment-elles.

L'ACRO a fait remarquer qu'en multipliant la dose obtenue par 35, la probabilité d'observer un cas devient supérieure à 5%, ce qui est généralement considéré comme significatif par les statisticiens. Une telle multiplication pourrait apparaître non sérieuse si l'on ne connaît pas le degré d'incertitudes d'un tel exercice, mais n'est pas aberrante ici (Cahier de l'ACRO n°2, juin 2001). L'actualité allait bientôt le montrer.

### L'affaire Ruthénium

R. Dautray écrit que la technique française de vitrification "est reconnue internationalement comme la meilleure du monde." (p. 817). On découvre pourtant que La Hague a des petits problèmes techniques : "Les systèmes de ventilation déjà incriminés dans plusieurs événements" écrit l'autorité de Sûreté Nucléaire (ASN, nouveau nom de la DSIN) dans un communiqué du 04/07/01.

□ 1<sup>er</sup> Incident : Le 18/05/01 a lieu un rejet "accidentel" de l'usine UP2-800 pendant une heure, un problème de vannes et ventilateurs. La Cogema annonce un rejet "jusqu'à 11 MBq" de "spectre complet de radionucléides". L'ACRO fait des prélèvements autour de l'usine. Il s'agit essentiellement de Ru 106/Rd 106 (498 Bq/kg frais pour l'herbe). Vite l'ACRO réalise que :

"Une reconstitution de la quantité totale rejetée (terme source) lors de l'incident, à l'aide de la méthodologie retenue par le GRNC, montre que le rejet aurait été environ 1000 fois supérieur à celui annoncé par l'exploitant, 14 000 MBq pour 11 déclarés." (Acronique n° 54).

Et, après avoir souligné qu'il s'agirait dès lors d'un rejet très important :

"Si le terme source annoncé par l'exploitant a été obtenu à partir de mesures directes lors de l'incident, nous nous interrogeons sur la fiabilité du système de contrôle des rejets aériens, même en fonctionnement normal." Ce calcul des 14 000 MBq n'est pas obtenu en utilisant des valeurs de paramètres pénalisants, au contraire. Et ce résultat va être considéré comme "réaliste" par le GRNC. L'ACRO indique qu'en prenant des valeurs plus

pénalisantes de certains paramètres, on obtiendrait une valeur 5 fois plus élevée (Acronique du nucléaire n°56, p. 11).

L'autorité de sûreté, saisie par le laboratoire répondra à l'ACRO le 31/07/01 :

*"Il reste que ces mesures réalisées dans l'environnement nous amènent aussi, vous et moi, à nous interroger sur les mesures réalisées dans la cheminée de rejet par l'industriel en recoupant les unes et les autres."*  
(reproduit dans Gazette. Nucléaire 191/192, p.24).

Enfin dans une longue lettre du 24/10/01, signée du directeur de l'ASN A. Lacoste, (publiée dans l'acronique du nucléaire n°55) :

*"facteur d'erreur (...) Au vu des mesures réalisées sur les systèmes amont et en supposant de façon conservatoire que l'ensemble du ruthénium émis par les ateliers de vitrification a effectivement atteint l'exutoire des cheminées sans se déposer dans les gaines de ventilation intermédiaires on peut estimer que ce facteur a été au plus égal à six sur la période 1999-2000 et de quatre cents lors de l'incident du 18 mai"*

Ces chiffres viennent directement de l'exploitant. L'ACRO saura que le 400 fois correspond à 4500 MBq mesurés en sortie d'atelier par l'exploitant. Le "au plus 6 fois" vient d'une estimation Cogema (note HAG 0 0050 01 20754) que les rejets "en routine" pourrait être sous-estimés d'un facteur 5 à 10 (Acronique du nucléaire n°56, p. 12). L'IPSN qui a mesuré le rejet à sa station d'Alençon à 200 km au SE de l'usine constate aussi *"...le rejet mesuré par Cogema à la cheminée de l'usine n'apparaît pas cohérent avec les valeurs mesurées dans l'herbe et dans l'air."*

Vu le degré d'incertitude montré par tous ces chiffres, l'ACRO considère alors que son calcul "réaliste" de 14 000 MBq est compatible avec l'activité mesurée en sortie d'atelier (4500 MBq, soit un facteur 3 d'écart) et conclut :

*"Ainsi, est-ce la mesure à la cheminée ou en sortie d'atelier qui doit servir de référence lors du renouvellement des autorisations de rejet ? La question est posée par l'ASN."* (Acronique du nucléaire n° 56, p. 12)

On constate aussi alors que les rejets aériens "normaux", "de routine" (qui représentent le 1 millionième des rejets Ruthénium dans la mer) sont en très forte augmentation entre 1995 et 1999. Ils sont passés de 15 à 150 MBq, alors que parallèlement le tonnage retraité avait diminué de 120t. Ces rejets aériens résultent essentiellement des opérations de vitrification, et c'est l'usine UP3, qui travaille pour les clients étrangers, qui en est responsable à 90% (ruthénium allemand, japonais...).

□ 2<sup>e</sup> incident. Nouveau problème sur un systèmes de ventilation le 31/10/01. Cette fois cela vient de l'usine UP3. COGEMA annonce un rejet "incidentel" de 15MBq à la cheminée et ajoute, vu l'antécédent avec l'ACRO, ou au plus de 210 MBq car c'est ce qui est mesuré à la sortie de l'atelier de vitrification. Nouvelle campagne de mesures de l'ACRO. Le laboratoire mesure jusqu'à 700 Bq/kg Ru106/Rh106 d'herbe fraîche et (communiqué de presse de l'ACRO du 28/01/02) :

*"Ces niveaux de contamination sont incompatibles avec les quantité rejetées annoncées par l'exploitant. En effet, la reconstitution par l'ACRO de la quantité totale rejetée (terme source) lors de l'incident, à l'aide de la méthodologie retenue par le GRNC, montre que le rejet aurait été de l'ordre de 10 milliard de becquerels (10 000 MBq) pour le seul couple ruthénium-rhodium. Cette valeur dépasse largement la future limite de rejet annuel (1000 MBq)."*

L'ACRO utilise la formule du GRNC :  $A = Q \times C_{TA} \times V_D$

où A est l'activité surfacique au centre du panache, Q la quantité rejetée,  $C_{TA}$  le coefficient de transfert atmosphérique et  $V_D$  la vitesse de dépôt par temps sec (ce qui était le cas).

L'ACRO utilise la moyenne arithmétique des valeurs qu'il a mesuré au plus près de l'axe du panache à savoir 160 Bq/m<sup>2</sup>. La valeur de  $C_{TA}$  pour la vitesse de vent du jour et distance inférieure à 5 km qui était donnée par le GRNC en 1999 (rapport GT3)  $1,3 \cdot 10^{-6}$  s/m<sup>3</sup> avait été réévaluée en 2001 à  $3,12 \cdot 10^{-6}$  (IPSN/DPRE), valeur qu'utilise l'ACRO. Enfin la valeur de  $V_D$  (connue à un facteur 10 près) est celle du GRNC et de Cogema dans le dossier d'enquête publique :  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s. Ce calcul donne donc 10 000 MBq comme terme source.

Le GRNC une nouvelle fois considère le calcul de l'ACRO comme "réaliste".

En effet l'ACRO aurait pu utiliser l'activité maximale qu'il a mesuré, et en association avec la pratique de Cogema qui est de considérer que la fraction de captation par l'herbe par temps sec est de 0,25 (dans le calcul ACRO, elle est prise égale à 1). Dans ce cas le calcul donne un terme source de 100 000 MBq... (l'autorisation de rejet annuel pour les aérosols alpha-bêta est de 75 000 MBq).

Une nouvelle fois le rejet est important, et ce n'est pas tout :

*"... le terme source évalué par l'ACRO à partir d'un calcul "réaliste" est 46 fois supérieur à la quantité mesurée en sortie d'atelier, considérée comme majorante par l'exploitant et l'ASN."* (Acronique du nucléaire n°56, p. 10)

Non seulement les mesures à la cheminée, les seules jamais prise en compte jusque là évidemment, ne sont pas fiables (par un facteur de 667 !), ce qui est désormais admis par l'ASN, mais "le calcul effectué met également

en évidence un désaccord entre la contamination relevée dans l'environnement et le terme source mesuré en sortie d'atelier.", et :

"L'ASN confirme que la mesure en sortie d'atelier, supposée majorante, est inférieure au terme source évalué à partir de modèles de dispersion atmosphérique et estime que «cet écart mérite à l'évidence d'être expliqué»"

"L'association a donc interrogé l'autorité de sûreté nucléaire sur la fiabilité de la mesure en sortie d'atelier. Si la mesure se révélait correcte, c'est le modèle de diffusion atmosphérique qui sert de référence pour étudier l'impact des rejets aériens qu'il faudrait remettre en cause. En effet, c'est ce modèle que l'ACRO a utilisé pour faire ses calculs. Dans ce cas, c'est l'impact théorique pour de nombreux radioéléments rejetés par les cheminées qui a probablement été sous-estimé." (communiqué de presse de l'ACRO du 28/01/02).

En effet, cela voudrait dire que pour un rejet donné, le dépôt sur l'environnement est considérablement plus efficace que ne l'a modélisé le GRNC. Ou alors c'est la mesure en sortie d'atelier qui est à revoir, voire les deux éventuellement.

Les conséquences ne sont pas minces :

"Depuis quand la Cogéma se trompe-t-elle dans l'estimation des ses niveaux de rejets aériens ? Depuis le début de la vitrification en 1989 ? Le GRNC, dans son rapport du GT1, indique des rejets aériens significatifs en  $^{106}\text{Ru}$ - $^{106}\text{Rd}$  depuis le démarrage de l'usine en 1966. Comme il ne disposait «de mesures que pour dix années dans les rejets gazeux [il a] reconstitué les activités manquantes à partir de la valeur moyenne de la fonction de transfert de ces dix années» (GRNC, rapport détaillé du GT1, p. 118). Ainsi, une ré-estimation des niveaux de rejets actuels peut avoir des conséquences sur la connaissance que l'on a des niveaux de rejets depuis le démarrage de l'usine. Cela concerne aussi le strontium 90 pour lequel la quantité rejetée annuellement par les cheminées de l'usine a été reconstituée à partir des rejets en  $^{106}\text{Ru}$ - $^{106}\text{Rd}$  (GRNC, rapport détaillé du GT1, p. 117)". (Acronique du nucléaire n° 56, p. 12).

Or le strontium 90 dont on ne sait maintenant plus trop combien en a été rejeté est très radiotoxique (son métabolisme est proche de celui du calcium, qu'il accompagne dans toute la chaîne alimentaire pour se fixer dans le tissu osseux). Comme le GRNC considérait déjà que les rejets atmosphériques sont les responsables essentiels de la dose reçue par les habitants, on voit comme sont grandes les incertitudes et comme la vérité est encore loin d'être connue.

Un nouveau groupe de travail du GRNC vient donc d'être créé pour répondre à ces interrogations que soulève le travail de l'ACRO...

## Protéger les populations "d'une adversité" qui les menace sur le nucléaire

R. Dautray :

"Le message principal à retenir de ce texte est le suivant. Tout retard à l'enfouissement profond de quasiment tous les déchets nucléaires (B et C, produits ultimes du plutonium et de ses descendants compris) constitue un risque potentiel pour la santé publique en cas d'adversité, bien plus grave que tous ceux survenus depuis la fin de la seconde guerre mondiale." (p. 826)

"La seule solution garantissant la santé publique d'un danger potentiel majeur consiste à enfouir le plus vite possible ..." (Résumé)

Le constat n'est pas nouveau. On peut citer par exemple le Général Etienne Copel 1991 : "Le nécessaire et l'inacceptable - Centrales nucléaires, terrorisme..." Balland édit., et : B. et R. Belbeoch 1998 "Sortir du nucléaire, c'est possible avant la catastrophe" l'Esprit Frappeur édit.

Mais on ne l'entendait pas de la bouche des promoteurs du nucléaire, surtout avec une telle insistance sur l'urgence de faire quelque chose ("Tout retard", "La seule solution... le plus vite possible").

Les déchets nucléaires sont incontestablement très dangereux. Pourtant ils sont à l'état solide, c'est déjà ça (plus tard avec la corrosion etc. c'est une autre histoire).

Les concentrats de produits de fission régulièrement produits, et en cours de refroidissement à l'usine de retraitement de La Hague sont eux liquides. Ils contiennent 97 % de la radioactivité nous informe R. Dautray. S'ils avaient "une adversité" ou tout simplement si leur refroidissement est interrompu 1 seul jour pour panne d'électricité, c'est le drame ("délais maximal au bout duquel des moyens de refroidissement pourraient être établis est 24 heures" ; Commission de La Hague du 05 avril 1991; reproduit dans la Gazette Nucléaire 111/112, p.20 à 23). Bien avant ces 24h, vers les 7h d'arrêt de refroidissement, il faudrait "griller" quelques héros pour sauver la situation, bien que l'environnement serait très substantiellement arrosé. L'une des deux

catastrophes nucléaires qui s'est déjà produite, celle de Kychtym/ Chelyabinsk dans l'Oural en 1957, résulte vraisemblablement de l'explosion d'une cuve de ce type (Medvetev, Z.A. 1988; Pharabod & Schapira 1988). Dans cette usine, il y a aussi au total 52 tonnes de plutonium (Investigation plutonium n°19) et le risque d'accident y est très élevé. Il n'est pas très étonnant qu'un article du Monde du 16/09/01 titre (modestement) "Un avion sur La Hague créerait un Tchernobyl, selon une étude pour l'Europe". Cette étude de WISE conclut que si une seule des piscines de combustible en attente de retraitement (qui n'est donc pas à enfouir) perdait son eau, donc son refroidissement d'où une rupture des gaines de combustible, il serait libéré 66,7 fois le relâchement total de Cs 137 de Tchernobyl (cité dans Gazette Nucléaire 193/194, p. 21).

Donc finalement le gouvernement français, qui soutient le retraitement, fait installer des lances missiles autour de l'usine...

Il y a les 58 réacteurs atomiques d'EDF répartis dans un peu tout l'hexagone, là où se fabrique la radioactivité artificielle. C'est l'étude de l'accident de Three Mile Island qui a décidé le général Copel à sonner l'alarme par son livre cité plus haut. La réflexion du général est que, si à partir de petites pannes banales (essentiellement au départ celle d'un voyant indiquant qu'une vanne était fermée alors qu'elle était ouverte; Pharabod & Schapira 1988), on aboutit à une fusion partielle du cœur avec explosions d'hydrogène qui secouent l'enceinte, alors jusqu'où cela ne peut-il pas aller "en cas d'adversité" !

Constatant (en 1991) que certaines actions de sabotage sur des réacteurs français - *serait si facile qu'il faut mieux n'en rien préciser...* (p. 141), le général dont la mission est d'assurer la protection des français, conclut que le nucléaire ne pourrait être acceptable qu'en installations souterraines. Militaire, il nous laisse comprendre que sans cela le nucléaire nous fait courir un risque inacceptable comme le dit le titre de son livre. B. et R. Belbeoch (cité ci-dessus) pensent que l'occurrence d'un tel risque majeur nous pend au nez.

Or, n'est-ce pas exactement la conclusion de R. Dautray, que l'on est bien obligé de déduire de son avertissement insistant sur la dangerosité des déchets en surface ?

Revenons aux déchets. On a été informé récemment que le combustible irradié Mox, que la branche nucléaire d'EDF vient juste de charger dans 20 réacteurs, et ne prévoit pas de retraiter, doit *"être entreposé jusqu'en 2150-2200, avant son stockage définitif."* (Rapport Charpin-Dessus-Pellat au premier ministre, juillet 2000, reproduit dans Investigation Plutonium n°19). Ce combustible échappe donc à l'urgence d'enfouir en profondeur, bien que ce soit celui qui contient, et de loin, le plus d'émetteurs alpha. Il dégage trop de chaleur, on ne peut tout simplement pas l'enfouir avant longtemps. Or c'est le produit d'aboutissement du choix retraitement qui est une *"nécessité"* nous dit par ailleurs R. Dautray (p. 816). Donc, ne-soit-ce que pour les déchets seuls, le retraitement aboutit à cette *"nécessité"* de vivre en permanence avec le *"risque"* *"d'un danger potentiel majeur"*. R. Dautray a bien cette phrase mystérieuse; parlant du temps de refroidissement des Mox :

*"- cela sera-t-il trop long pour que cela ait un sens à l'aune de l'histoire humaine, en particulier pour les MOX ? -"* (p. 820),

Pour les déchets "B", la situation est que des amas de fûts plus ou moins étanches dorment depuis plus d'une décennie sur de nombreux sites nucléaires sans qu'on s'en soit trop soucié jusqu'ici. Il ne semblait donc pas y avoir tant le feu que ça pour le Haut Commissaire du CEA de 1993 à 1999, R. Dautray, ni pour J. Lefèvre, autre membre de la CNE, quand il était responsable des déchets du CEA il y a vingt ans.

## **Transmutation des déchets : c'était un mythe**

### L'innocente demande de la loi Bataille

La loi Bataille impose, la citant en premier : *"la recherche de solutions permettant la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue présents dans ces déchets;"* (Loi 91- 1381, Art. 4). Et elle impose au gouvernement d'adresser au plus tard en 2006, un rapport global des recherches effectuées (via la CNE) donc notamment sur la transmutation. Bon, pourquoi pas. Pourtant, ce futur intéressant rapport rendu au plus tard en 2006 sur ces recherches, sera *"accompagné d'un projet de loi autorisant, le cas échéant, la création d'un centre de stockage..."* (même Art. 4). D'où l'on déduit qu'il n'y a pas de lien direct entre le stockage, qu'il faut essayer de mettre en route à partir de 2006, et l'intéressant sujet de recherche qu'est en soi la transmutation.

Force est pourtant de constater qu'on nous a beaucoup rabattu les oreilles avec cette transmutation en Meuse et Hte Marne en poussant le raisonnement un tout petit peu plus loin qu'il ne l'est dans la loi Bataille : *"En fait deux techniques différentes et complémentaires sont envisageables pour rendre inactifs les déchets radioactifs. L'une est chimique, il s'agit de séparation poussée des éléments, l'autre est physique, il s'agit d'une*

*transmutation en bombardant les noyaux radioactifs avec des neutrons pour les casser en éléments inerte. Ces techniques pourraient bien un jour rendre le stockage inutile.*" (Mr Joly, représentant ANDRA Ht Marne dans "Ligne directe" le journal du conseil général de Haute Marne, n°18, mars-avril 1994; c'est à ma connaissance le seul article "technique" jamais paru dans ce journal à l'année 99, journal distribué à tous les foyers (à leurs frais) du département sollicité justement pour "le stockage" c'est à dire l'enfouissement).

Il est vrai que la loi Bataille prépare tout de même remarquablement le terrain pour ce genre d'affirmation.

Rappelons que R. Dautray a été Haut Commissaire du CEA de 1993 à 1999, qu'il est Académicien en physique, l'un des rares médaillés de la SFEN, et chargé par le gouvernement des contacts avec les instances étrangères pour "l'aval du cycle". Il est parmi les personnes les plus qualifiées pour nous parler de la transmutation.

#### Des décennies pour faire une démonstration expérimentale

Après avoir rappelé le "nécessaire" retraitement fait par COGEMA à La Hague, où uranium et plutonium sont séparés, il dit :

*"On pourrait séparer chimiquement d'autres corps jugés gênants dans un stockage."* Et un paragraphe plus loin : *"Que ferait-on de ces corps ainsi séparés ?"* (p. 816). Il explique alors que a) soit on les met dans des matrices appropriées (sous-entendu mieux que les verres actuels) et puis ? apparemment on les stockerait quelque part, ou que b) soit on transmute les produits de fission et on fissionne les actinides.

Alors vient l'énumération d'une longue suite d'opérations qu'il faudrait faire. Citons quelques passages :

*"... pour la transmutation-fission de certains déchets (précédés de la fabrication de "cibles" contenant les corps à irradier) dans peut-être plusieurs réacteurs nouveaux, dont on peut compter la mise au point industrielle et l'exploitation fiable en décennies, l'extraction des restes des corps irradiés et le nouveau destin de certains de ces corps, souvent très radioactifs, pour lesquels on doit recommencer la liste d'opérations citées ci-dessus pour en détruire une fraction significative."* (p. 815).

ou encore :

*"La France possède une part substantielle des bases scientifiques nécessaires à la démonstration expérimentale du retraitement des déchets radioactifs et de l'utilisation convenable, transitoire, du plutonium produit par les réacteurs à eau. Leur mise en œuvre va s'étaler sur des décennies, pendant lesquelles beaucoup de choses peuvent changer."*

Et :

*"C'est donc ce très vaste système, mettant en œuvre des corps et des installations de constantes de temps souvent très différentes, sa cohérence, son intégration, ses "entrepôts tampons" et tous les transports à l'intérieur de ce parc nucléaire et vers (et aussi depuis) les installations extérieures (usine MELOX?, centrales nucléaires ?, laboratoires chauds spécialement équipés ?, entrepôts "régionaux" ?, etc.) qu'il faut étudier pour établir sa faisabilité scientifique dans un premier temps. Tout l'aspect "système" reste à faire, à ma connaissance, en y incluant l'aspect "pertes", tant pour toutes les installations citées que pour les réacteurs de transmutation-fission, qui ne transformeront jamais 100% des corps (et certainement pas en un seul passage en réacteur) et qui de toute façon créeront des corps radioactifs parasites pas souhaités mais inévitables, comme dans tous les réacteurs nucléaires..."* (p. 816).

Et on retrouve une autre énumération semblable encore moins engageante dans le chapitre plutonium p. 821.

Ainsi un peu plus avant il argue que mettre toutes ces installations en un seul endroit serait :

*"... d'autant plus nécessaire que tous ces procédés de séparation chimique et physico-chimique subiront des pertes qui peuvent induire des conséquences inacceptables."* (p. 816).

#### La réalisation en elle-même ne serait possible que sur une unité-temps de plusieurs siècles

R. Dautray pourrait être plus précis parce que on sait par ailleurs que :

*"Une étude belge de Mol a calculé que pour atteindre l'équilibre [de production-destruction des seuls actinides mineurs, via des réacteurs à neutrons rapides, etc.], il faut faire subir au combustible une dizaine de tours réacteurs-retraitement-recyclage, sachant qu'un tour prend plus d'une dizaine d'année.. Cela induit que tant que l'on n'est pas à l'équilibre, on accumule des actinides dont on ne peut pas se débarrasser et que le jour où l'on veut arrêter la production d'énergie nucléaire, il restera en plus dix années au moins de combustibles irradiés que l'on ne recyclera pas."* (Les cahiers de l'ACRO, n°1, avril 2000)

Le même document fait remarquer que la durée de vie d'une installation nucléaire est de 30 à 40 ans.

Cela nous permet de mieux comprendre cette phrase du début du texte de R. Dautray Parlant de la "source primaire" de l'inventaire radioactif, il écrit :

*"...des techniques dont la faisabilité scientifique est prouvée permettraient d'envisager une diminution [de la radioactivité] d'un facteur de l'ordre de 10 000 ... en environ 300 ans, ou du moins en quelques siècles pour les corps concernés par le stockage..."* (p. 815)

Nous y voilà donc...

Et **R. Dautray**, à 5 ans de l'échéance de la loi Bataille nous laisse finalement sur :

*"J'ai cru nécessaire de citer ces travaux à faire (la liste ci-dessus n'est pas exhaustive) et ce système à créer; n'oublions pas toutefois qu'ils porteront sur un petit nombre de corps, par exemple (en un premier temps ?) <sup>99</sup>Tc, <sup>129</sup>I, <sup>241</sup>Am, <sup>243</sup>Am, <sup>237</sup>Np, Cm (que ferons-nous des Cm ?), etc. Et bien entendu, à cette lointaine échéance que nous serions bien imprudents de prédire, une réflexion nouvelle sur le cycle du plutonium, sur son utilisation et sur le stockage des déchets ultimes qu'elle génère, serait à refaire. (...) De plus, je ne peux que souligner la nécessité d'établir dès que possible, et en interaction avec l'étude de système, un bilan sanitaire de tous ces projets d'opérations sur des corps radioactifs."* (p. 816-17)

Quant à la stratégie présentée par EDF pour jusqu'en 2070 présentée par la CNE en 1999, Mox de monocyclage mis à part, elle n'envisage aucun scénario de la séparation-transmutation découlant de cet "axe 1" de la loi Bataille (Davis, M. 2001, p. 93).

Et l'on comprend d'un coup la structure de l'article 4 de la loi Bataille vu en tête de ce chapitre. Il ne s'agissait là que de recherches. Celles-ci sont d'autant mieux vues par le Séroil nucléaire qu'elles sont en majeure partie prises en charge par le contribuable via la dotation au CEA civil (surtout vu que c'est demandé via une loi). Le fait qu'il faut essayer de donner le coup d'envoi à l'enfouissement en 2006 est tout autre chose. En tant que membre de la CNE, R. Dautray est là pour l'application de ces deux, très différents volets de cette loi.

### **Combustibles irradiés MOX : l'addition salée du retraitement**

La branche nucléaire d'EDF vient de charger 20 réacteurs à 1/3 en Mox (combustible au plutonium de retraitement). La conduite de réacteurs dans lesquels on met du MOX est nettement plus délicate parce que la section efficace d'absorption (attrape des neutrons) des combustibles au plutonium est 2 à 3 fois plus grande quand celle des "freins" (acide borique, grappe de commande) est inchangée (Reuss, P. 1998, p. 102). Ne mettre que ce combustible provoquerait "Une réduction drastique de l'efficacité des moyens de commandes" (id. réf.). La solution appliquée aux réacteurs actuels, est de ne pas mettre trop de combustible Mox par rapport au combustible normal (actuellement le maximum est 30% de Mox à 6-7% de Pu).

Si dans la réaction nucléaire, la fission de l'U235 "rate" statistiquement une fois sur 7 pour donner l'U236, celle du Pu 239 "rate" statistiquement une fois sur 4 pour donner du Pu 240 (P. Reuss, 1998 p. 76). Par ailleurs la situation est compliquée parce que les deux tiers du plutonium de retraitement sont fissile (Pu 239+Pu241) et 20 à 25% de plutonium 240, lui fertile... On est donc amené à enrichir un combustible au plutonium de retraitement à 1,5 à 2,3 fois plus qu'un combustible à U 235. Et l'imparable conséquence et que ce faisant, une partie importante du plutonium qu'on charge va servir à fabriquer des déchets-actinides. Les produits de fissions produits sont peu différents dans les deux filières. La teneur résiduelle en plutonium est plus importante dans les Mox (activité  $\alpha \times 1,28$  à taux de combustion égale). Et la différence majeure concerne les autres actinides.

Caractéristiques radiochimiques des combustibles irradiés à 45 GWj/t, ramenées à la tonne de métaux lourds initiaux (tMLI),			
	UO <sub>2</sub> refroidi 4 ans	MOX refroidi 5 ans	rapport des valeurs MOX/ UO <sub>2</sub>
Am 241 (g/tMLI)	355	2 893	8 ×
Cm 244 (g/tMLI)	82	796	9 ×
activité alpha (Bq/tMLI)	5 550	27 200	≈ 5 ×
activité bêta (Bq/tMLI)	546	4 150	≈ 7,5 ×
puissance thermique (W/tMLI)	505	3870	≈ 7,5 ×
Emission neutronique (n/s/tMLI)	1,1 10 <sup>9</sup>	8,8 10 <sup>9</sup>	8 ×

source : IPSN dans Contrôle n° 138, p. 57

**Le MOX permet de multiplier par 8 à 9 l'ampleur du problème des actinides (avec ses conséquences sur les radioactivités  $\alpha\beta$ , l'émission neutronique et la puissance thermique sur une période beaucoup plus longue)...**

Cela a amené P. Reuss du CEA à écrire (1998 p. 104) :

*"le plutonium a presque été relégué au rang d'un déchet, non seulement par lui même mais aussi et surtout par les éléments transplutoniens se formant s'il est irradié."*

Cela n'empêche pas R. Dautray de plus ou moins demander l'extension de l'usage du MOX :

*"Aucune raison scientifique, technique, industrielle, économique ne s'oppose, à la connaissance de l'auteur, à ce que le nombre des réacteurs « autorisés » à brûler du MOX ..... soit augmenté, afin de brûler tout le plutonium produit annuellement." (p. 821)*

ou en parlant de la prolifération :

*"... ce sujet serait réglé dans le sens poursuivi par la France si tout le plutonium produit était intégré dans les MOX et irradié dans les réacteurs du parc électronucléaire." (p. 824)*

Le rapport gouvernemental Charpin-Dessus-Pellat (2000) a fait le calcul d'un tel scénario d'extension du MOX sur la durée de vie des centrales. L'économie d'uranium naturel serait de 15 milliers de tonnes, soit de seulement 3%, le stock plutonium (mais pas transplutoniens !) serait en fin de course de 514 tonnes au lieu de 667 tonnes, et le surcoût pour une même production électrique de 164 milliards de francs (presque 6% du coût total du parc; Wise dans Contrôle n°138, p. 96).

Dans le scénario EDF jusqu'à 2070 présenté à la CNE en 1999, qui est une perpétuation de la situation actuelle avec MOX, l'inventaire Plutonium dans les réacteurs et dans le cycle serait en 2070 de 600 tonnes (Davis, M. 2001, p. 92). Il n'est pas dit dans quels centres de stockage iront les déchets Mox de ces 70 années d'activité. Pour l'instant EDF vient de signer un contrat avec COGEMA pour le retraitement de 850t/an jusqu'en 2007 (tiens... l'année qui suit le rendez-vous de la loi Bataille pour les déchets nucléaires...).

R. Dautray rappelle qu'il faut entreposer le Mox "80 à 100 ans" pour descendre en dessous de 1KW par assemblage (p. 821). Puis, comme songeur, il écrit qu'il faut étudier tout ça dans son ensemble, "plusieurs solutions qu'il faudrait examiner" (p. 822) et il se pose la question :

*"La durée nécessaire est-elle humainement réalisable ?" (p. 821)*

Puis affirmant "regarder l'électronucléaire en face" :

*"Peut-on avoir une vue d'ensemble positive, dès maintenant, du plutonium et des actinides, c'est à dire les considérer comme gisement d'énergie ?"*

Et un peu plus loin :

*"En un mot, les faits cités ci-dessus, dans cet examen du plutonium, gisement ou déchet, nous montre que nous ne pouvons pas nous passer d'un plan du plutonium et ses descendants." (p. 822).*

Et nous voilà de retour à la case départ : transmutation (vue plus haut) et RNR (annexe III).

#### Qui a choisi le Mox ?

Grâce au retraitement, le stock plutonium séparé d'EDF a atteint 40,3 tonnes en 1998.

Il y a de fort indices qu'une lettre du ministre de l'industrie (alors F. Borotra) de juillet 1996, demandait au Président d'EDF (alors M. Alphandéry), de charger les réacteurs qui pouvaient l'être en Mox pour le maintien des outils industriels de la COGEMA (Davis, M. 2001, p. 88, Wise dans Contrôle n°138, p. 95, où il est précisé que pourtant la CADA avait donné un avis positif pour que cette lettre soit communiquée ce qui n'a jamais été fait).

La filière MOX ne diminuera pas les stocks de plutonium, elle en réduira seulement la croissance. En "justifiant" le retraitement, elle entretient même le problème (Wise dans Contrôle n°138, p. 95). Le processus décisionnel remonte à 1985 lorsque la branche nucléaire d'EDF, le CEA et COGEMA, sans contestation de la tutelle politique, et en l'absence totale de débat public, confirment le choix de construire l'usine UP2-800 de La Hague (celle qui est pour la branche nucléaire d'EDF) et décident de lancer la filière MOX. Bien avant l'arrêt de Superphenix, il était en effet évident que le développement des réacteurs à neutrons rapides pour lesquels la France avait choisi le retraitement ne se ferait pas.

#### Commande de l'EPR : Framatome attend...

Dès le résumé (en anglais et en français) R. Dautray écrit :

*"Le parc électronucléaire français est un grand succès à ce jour. Quand il faudra le remplacer, on pourra s'appuyer sur le projet de European Pressurized Reactor franco-allemand, qui inclut même des protections contre des événements considérés comme très improbables et dont la réalisation ferait effectuer à la sûreté nucléaire un pas substantiel."*

Et dans le texte :

*"... éviter les émissions de gaz à effet de serre en faisant appel au nucléaire (depuis aujourd'hui jusqu'aux alentours du milieu du présent siècle?) ... doit à mon sens être examinée en France avec, comme base, la fin du parc électronucléaire actuel et ce qui le remplacera. Seul les REP (réacteurs à eau pressurisée), avec leurs perfectionnements...sont prêts à être construits ... (EPR : European Pressurized Reactor)." (p. 813)*

plus loin :



"C'est tout cela, en particulier, qu'a réussi à intégrer le **projet de European Pressurized Reactor (EPR) franco-allemand, devenu une référence internationale, dont la démonstration ferait effectuer à la sûreté nucléaire un pas substantiel.**" (p. 924)

Il n'est pas le seul. Rapportant le scénario EDF pour le cas de la continuation d'utilisation massive de l'énergie nucléaire, la CNE rapporte dans son rapport 99 :

Au fur et à mesure du vieillissement des réacteurs, EDF les remplacerait par des réacteurs "de type évolutionnaire de la filière dite REP-2000, qui serait très vraisemblablement constituée de réacteurs EPR." (cité par Davis, M. 2001, p. 92).

Ou encore à la Direction Générale d'Énergie et des Matières Première (DGEMP) au cœur de l'industrie, le plus puissant ministère de notre gouvernement, ce service "relais du lobby nucléaire et le porte parole "naturel" du corps des mines." (Lepage, C. 1998, p. 124) :

"... EPR. C'est un projet industriel de grande importance, exemplaire au niveau européen." (Cl. Mandil, Dir. de la DGEMP, Contrôle n°105, p. 52-54).

ou encore le Président de la Commission de la production et des échanges, André Lajoinie, lors du colloque à huis clos de Ch. Bataille "Énergie nucléaire : sortie ou relance ?" à l'Assemblée (06/11/01) : "Avant le renouvellement du parc français, de nouvelles centrales seront vraisemblablement commandées en Europe et en Asie. L'EPR correspond à priori au futur cahier des charges de ces installations. La construction et l'installation d'un premier exemplaire permettrait de maintenir les compétences indispensables à la crédibilité du maintien de l'option nucléaire ouverte, tant en dotant la France d'une technologie faisant preuve de sa capacité à répondre à des besoins énergétiques massifs." (cité dans Gazette Nucléaire n°195/196, p. 22)

L'EPR est un projet (sur papier), variable, des industriels Framatome (détenu à plus de 50% par le CEA-Industrie et 1/3 par Alcatel) et Siemens auxquels ont aussi été associés la branche nucléaire d'EDF et le CEA. Étant donné la grosse surcapacité du parc nucléaire français (environ 11 réacteurs de trop avant la mise en route des 4 réacteurs prototypes 1450 MWé de Chooz et Civaux...), la construction d'un prototype EPR est surtout défendue en tant que modèle d'exportation par les autorités françaises. Il faudra donc trouver des pays qui voudront acheter et payer un tel réacteur. Pour le rentabiliser il faudrait en vendre une bonne dizaine assez rapidement. Siemens ne semble plus vouloir participer à une telle aventure (lettre Comité Stop Nogent sur Seine, n°89/90).

Ce réacteur est donc le même que les réacteurs actuels avec quelques modifications découlant, avec 20 ans de retard, de l'analyse de l'accident de fusion partielle du cœur de Three Mile Island. Il produirait exactement les mêmes déchets, et même bien pire s'il est en Mox à 50% comme le prévoit ses promoteurs (sauvetage de l'usine Cogema-La Hague).

## **Prolifération : la France Sainte-ni-touche**

R. Dautray s'indigne :

"Le plus grand pays producteur du monde de ces UOX [combustibles irradiés non MOX] à stocker directement (et aussi le plus compétent dans le domaine des armes nucléaires) écrit, de plus, que ce plutonium contenu dans les UOX convient pour fabriquer des armes nucléaires et a élaboré une doctrine pour justifier sa volonté de ne pas retraiter. Ajoutons que les deux tiers du flux mondial de combustibles irradiés seraient destinés par leur gouvernement à ce stockage direct. L'auteur de ces lignes, constatant ces incohérences, ne comprend pas." (p. 818)

Il veut dire que des dictateurs plus tard pourront faire récupérer le plutonium pour faire des bombes atomiques. Mais les combustibles irradiés ne sont-ils pas violemment irradiants ? oui mais écrit-il :

"(ajoutons que le XX<sup>e</sup> siècle n'a pas manqué de dictateurs et de régimes pour sacrifier ceux qu'ils avaient réduits en esclavage à des travaux rapidement mortels pour ces esclaves)" (p. 818).

Les responsables de la branche nucléaire d'EDF qui ont décidé de ne pas retraiter 30% de leurs combustibles irradiés, soit le produit de 15 réacteurs, de quoi faire un joli paquet de bombes, doivent avoir les oreilles qui sifflent !

Cependant pour notre pays :

"La France n'a été impliquée dans aucun des développements sur le chemin de la prolifération dans les pays ayant démontré leur avancement durant la dernière décennie. Que faire du plus ?" (p. 814)

De part son "ayant démontré" et son "dernière décennie" (au singulier), cette phrase semble doublement correcte.

Le 26 août 1976, la France passe un contrat avec l'Irak pour la fourniture d'une pile réacteur de recherche puissante et sophistiqué, Osirak, copie d'Osiris de Saclay. Il fonctionne à l'uranium hautement enrichi (93%). Le réacteur est construit, les ingénieurs irakiens formés pour ses utilisations (normalement l'étude d'échantillons de matériaux de structure). Le 20 juin 1980, la France envoie pour son fonctionnement les premiers 13 kg d'uranium hautement enrichi (par ailleurs utilisable comme explosif nucléaire, le seuil de

criticité dans ce cas est 17Kg). L'Irak avait par ailleurs acheté à l'Italie un ensemble de radiochimie (télémanipulateurs). On connaît la suite, le 23 septembre 1980, les chars de Saddam Hussein entraient en Iran. Le 29 septembre 80 des "phantoms" iraniens bombardent ce "centre d'étude nucléaire" de Tamuz. Le 07 juin 1981, deux avions israéliens détruisent le réacteur. En mettant de l'uranium naturel (le yellow cake n'est même pas une matière contrôlée) en "couverture", et en le changeant souvent, il était possible de fabriquer assez de plutonium pour une bombe atomique par an avec Osirak. En le détruisant les israéliens savaient ce qu'ils faisaient car ils exploitent eux-mêmes depuis 1963 à Dimona un petit réacteur que le CEA-SGN leur a construit sur le type de EL2 de Saclay, et avec un atelier de retraitement (toutes ces informations sont reprises des Gazette Nucléaire n°45, 48/49 et 56/57). Selon un rapport du groupe de travail de la chambre des représentants des USA, 12,3 Kg d'uranium 235 hautement enrichi auraient été transférés de l'Irak au Soudan (Acronique du Nucléaire n° 41).

On voit qu'on ne peut rien reprocher à la phrase citée de Robert Dautray. D'une part, ces deux pays n'ont pas "démontré" leur avancement puisque Osirak a été détruit et que officiellement Israël n'a pas la bombe. D'autre part, c'est antérieur à la dernière décennie (enfin... les contrats, après ?).

### III.B Jean-Claude André (5p),

Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique, Toulouse. Il fait partie du Comité de rédaction des C.R. Geoscience.

Le résumé est un très bon plan de l'article. Pour le XXI<sup>e</sup> siècle, notre responsabilité est engagée sur trois problèmes (p. 835) :

- 1) un danger : le changement climatique
- 2) un besoin : l'énergie
- 3) l'arrêt de l'une de ces énergies, le nucléaire, si on ne prend pas très vite des décisions.

Le bilan est qu'il faut prendre des décisions en 2005-2006

Le texte suit ensuite ce développement.

#### 1) La "perception" du changement climatique

Si le résumé parlait des "effets", c'est de la "perception" de ces effets que traite le texte. L'auteur prédit que l'opinion publique devrait s'alarmer en moins de 10 ans parce qu'elle remarquera dans cette période des changements notables sensibles du climat. Et il nous présente des "sondages d'opinion" des français sur lesquels on peut se baser pour ces prédictions. Mais cela ne sera pas du seulement aux effets eux-mêmes en effet :

*"Conjugué au fait que les négociations post-Kyoto vont s'amplifier au cours de cette période et que la préparation puis l'exploitation des échéances «Rio+10» vont aussi induire une accélération de la médiatisation et des négociations internationales....",*

il y aura une réactivité accrue du milieu politique.

Et donc au niveau "tant politique que technique" (...) "La nécessité ... de prendre des décisions... va devenir pressante au cours des cinq à dix prochaines années." (soit 2006 à 2011).

#### 2) Les besoins énergétiques

"Plusieurs agences et organismes produisent des estimations de besoins en énergie et des hypothèses et scénarios pour les satisfaire.". Sont cités le E-WOG européen, les UNDP, UNDESA et WEC mondiaux et une analyse de Marcel Boiteux. Ainsi le WEC (World Energy Council) prédit une consommation de 15 à 25 Gtep/an en 2050 pour atteindre 20 à 45 Gtep/an vers 2100.

"Comment assurer" la "demande" ?

Les ressources pétrolières ne suffiront pas. Les énergies renouvelables ne "contribueront au bouclage" des besoins mondiaux que vers 2050.

Ces deux énergies "doivent être considérées en priorité pour des raisons qui tiennent à leur popularité." mais dès le milieu du XXI<sup>e</sup> siècle ça ne suffira pas. "Quels sont alors le degré de liberté qui reste disponible ?" :

*"le gaz et le charbon, dont la consommation s'accompagne de l'émission de gaz à effet de serre, particulièrement forte dans le cas du charbon, soit la production nucléaire d'électricité, propre quant à ses conséquences climatiques."*

On déduit immédiatement que la contribution du pétrole aux émissions de CO<sub>2</sub> fossile n'est pas à prendre en compte parce que les gens veulent du pétrole. D'où l'on comprend que ce qui est à prendre en compte pour ces agences dans leurs scénarios, ce n'est pas le climat mais les choix populaires.

Quant aux deux dernières filières citées, gaz et charbon d'un côté, nucléaire de l'autre,

"La .. prochaine....possible mise en place de taxes sur la quantité de carbone émis, va modifier de façon très significative l'équilibre économique entre ces deux filières."

Et c'est en fonction de l'efficacité de ces mécanismes économiques et fiscaux que :

"le charbon, qui reste de facto une source d'énergie largement répandue et disponible, en particulier pour ces pays ["émergents"], représentera ou non une voie admissible, tant économiquement que politiquement, pour combler le déficit énergétique, même si l'on connaît déjà clairement ses effets extrêmement négatifs vis-à-vis du changement climatique. Quoi qu'il en soit, des **décisions** raisonnées, mais relativement **rapides**, quant au calendrier d'évolution de la **filière nucléaire** sont plus que jamais nécessaires."

[Rappel : comme le rapport carbone/hydrogène varie selon les combustibles, les quantités de CO<sub>2</sub> émises lors de la combustion varient pour une même quantité d'énergie produite. En termes relatifs, si l'émission de CO<sub>2</sub> par MJ est de 1 pour le charbon, elle est de 0,82 pour le pétrole et de 0,57 pour le gaz]

L'auteur quitte les besoins énergétiques sur cette phrase et passe à sa 3<sup>e</sup> partie...

Faisons le bilan.

Il y a un constat : il n'y a pas de problème d'alimentation en énergie pour le XXI<sup>e</sup> siècle parce que l'énergie charbon est "*largement répandue et disponible*". Mais prévient J.C. André, il produit fortement un gaz à effet de serre.

Deuxième affirmation : C'est surtout sur l'efficacité ou la non efficacité d'une taxe (sur la quantité de carbone émis) sur les pays "émergents" que va se jouer la partie entre charbon-gaz d'un côté, nucléaire de l'autre. Seulement, si l'auteur introduit le nucléaire juste pour signaler qu'il est "*propre quand à ses conséquences climatiques*", c'est la seule énergie pour laquelle il a complètement oublié de nous donner une estimation de ressources mondiales supposées.

Au niveau mondial, les réserves ultimes de combustibles, rapportées en tonne-équivalent-pétrole par les soins du CEA sont (CEA-"Informations utiles" 1998, p.14) :

Ressources	Gtep (milliards de tonne d'équivalent pétrole)	soit : %
Charbon	3400	74,4
Pétrole et gaz	1000	21,9
uranium	167	3,6

On a vu plus haut que les estimations de consommation rapportées du WEC sont de 15 à 25 Gtep/an en 2050, 20 à 45 Gtep/an vers 2100.

Donc à la question posée par J.C. André au début de ce chapitre : "*Comment assurer*" la "*demande*" ? la réponse première est : déjà pas par l'énergie nucléaire dont la contribution ne peut être que marginale à l'échelle mondiale. Et par conséquent, ce n'est pas sur le nucléaire non plus qu'il faut compter pour changer beaucoup de chose à l'effet de serre. Cela n'a pas empêché J.C. André d'écrire dans son résumé qu'une partie des décisions qui devront être prises relève de "*l'alternative «nucléaire ou changement climatique»*"...

Si l'on parle économie (J.C. André ne le fait pas), le nerf de la guerre, il est certain que gaz (l'énergie actuellement la moins chère) et charbon sont une grave menace pour l'industrie nucléaire française. Seules l'imposition de nouvelles taxes sur les autres énergies pourrait sauver celle-ci.

### 3) Le calendrier de la filière nucléaire

Comme on le constatait dans le résumé-plan, J.C. André change de sujet dans cette partie. Ce qui n'apparaît ni dans le résumé, ni dans le titre de ce chapitre, c'est qu'il parle du nucléaire français, exclusivement.

Trois choses explique t-il interviennent pour établir le calendrier du nucléaire français : a) la durée de vie des centrales, b) le renouvellement (le fait qu'on renouvelle est postulat de départ) et c) "*les produits de fission*".

Dans ce qui suit, J.C. André ne se réfère pas à des "*agences ou organismes*" pour les prévisions et le planning, il parle apparemment en son nom propre (?)

□ a) Omettant de parler de l'impressionnante sur-capacité de production électrique de la France (avant même la mise en service industrielle des quatre 1450 MWé de Chooz et Civaux, l'équivalent 11 réacteurs tournait déjà pour le reste de l'Europe), il déduit des dates de construction que la fourniture d'électricité "*pourrait commencer à diminuer*" en 2010 ou 2020. Que "*compte tenu des délais de mise en œuvre*" "*la décision de renouvellement*" "*doit donc être prise en 2010*". Pourtant, se référant au Etats-Unis, il laisse entrevoir qu'il pourrait y avoir un délai d'une paire de décennies supplémentaires.

□ b) le renouvellement :

"*En revanche, le développement de nouvelles filières comme l'HTR, avec une sécurité intrinsèquement plus forte et un meilleurs confinement pour les déchets* [il cite l'article de R. Dautray], *nécessite de prendre des*

*décisions sensiblement plus tôt, c'est à dire en 2005-2006, étant donné en particulier, la nécessité de tester le prototype de ces nouveaux réacteurs."*

Mais, étant donné que :

*"Seul les REP (réacteurs à eau pressurisée), avec leurs perfectionnements...sont prêts à être construits ... (EPR : European Pressurized Reactor)" (R. Dautray, p. 813 ),*

que l'on fasse ou pas un prototype, on "devrait" de toute façon "prendre la décision" en 2010 de construire des réacteurs qui soient eux fonctionnels. S'il faut décider 4 à 5 ans plus tôt, c'est uniquement pour une nouvelle filière qu'on aimerait bien s'offrir en plus.

Il y a eu un petit mal entendu entre les deux auteurs car R. Dautray ne parle nulle part de HTR. C'est une filière graphite et combustible enrichi à Haute Température Refroidis à l'hélium, dont il existe quelques prototypes. Mais pas en France. Or justement le CEA aimerait bien lui aussi avoir "son" prototype HTR et il œuvre déjà dans ce sens. J.C. André et R. Dautray se comprennent bien sûr. On montre comment dans l'annexe IV.

□ c) *"les produits de fission".*

*La loi "Bataille", qui régit les conditions dans lesquelles doivent être organisés le conditionnement-entreposage, le stockage ou la transmutation des produits de fission, stipule, quant à elle, qu'une décision doit être prise dès 2006 sur le mode de traitement de ces produits. (...)"*

La loi ne stipule pas qu'une décision doit être prise au plus tard en 2006 *"sur le mode de traitement de ces produits"*. L'Art. 4 ordonne deux choses : i) de rendre un rapport sur transmutation, stockage profond et entreposage de longue durée en surface ii) de présenter un projet de loi autorisant *"la création d'un centre de stockage des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue"*. Il n'y a que l'enclenchement de la création d'un stockage qui est ordonné, ce n'est pas la même chose.

Un petit *"le cas échéant"* s'y trouve, sans quoi la loi ne serait probablement pas passée, qui retire le caractère obligatoire. Et c'est ce *"le cas échéant"* qui menace sérieusement la filière nucléaire, écrit-il :

*"Une décision ... qui permettrait la poursuite du développement de la filière nucléaire."*

On comprend bien que J.C. André en est arrivé à la même conclusion que Ch. Bataille et l'ACRO :

*"L'avenir du nucléaire sera assuré à la condition (...) que des solutions pour la gestion des déchets radioactifs soient trouvées."* (Communiqué de presse - bilan du colloque de Ch. Bataille "Energie nucléaire : sortie ou relance ?"; Gazette nucléaire n°195/196, p. 21)

*"Le renouvellement éventuel du parc électronucléaire (...) ne pourra être accepté par la population que si les autorités sont capables de faire la démonstration qu'elles ont une solution acceptable pour les déchets."* (Les cahiers de l'ACRO n°1, avril 2000).

Constatant qu'aucun dossier convainquant ne sera prêt à la date fatidique, pas plus pour le *"stockage géologique"* que pour la transmutation, il propose une solution qui éviterait le blocage de la filière :

*"Une décision, fondée du point de vue technique sur la possibilité de la solution "conditionnement-entreposage", peut donc être prise, qui permettrait la poursuite du développement de la filière nucléaire."*

Il s'agirait donc de convaincre (parlement) par un bon dossier technique qu'on a la toujours "possibilité", de l'entreposage de ces "produits" qu'on conditionnera bien (il n'y a pas un mot sur le retraitement cher à R. Dautray).

J.C. André a sûrement remarqué que la loi Bataille demande, le cas échéant, une nouvelle loi permettant la création d'un "centre de stockage" sans autres précisions. Il n'est nullement ajouté qu'il doit s'agir d'un stockage "profond" ou "géologique".

**A l'inverse de R. Dautray qui demande qu'on prenne la décision d'enfouir le plus vite possible, J.C. André propose que l'on ménage l'opinion publique en ne demandant qu'une décision d'entreposage.**

On relira tout de même cette phrase de R. Dautray pour les déchets "B" dont il veut qu'on s'occupe en premier : *"leur destination, qui ne peut être, dans un premier temps, que un ou des entreposages et, dans un second temps, les premiers hôtes d'un éventuel stockage souterrain."* (p. 825).

Le but poursuivi est le même, éviter un refus par l'opinion publique de la construction de nouveaux réacteurs, bien qu'il ne s'agisse pourtant ici que d'une encore nouvelle filière. En effet, 14 pages plus avant dans ce n° spécial des C.R.A.S. IIa, R. Dautray lui demandait :

*"il faudrait un réacteur d'essai des matériaux avec des flux de neutrons rapides à l'échelle européenne." (p. 825).*

Ce qui fait deux filières.

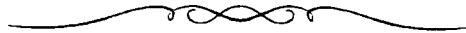
Mais ce n'est pas gagné d'avance :

*"Une telle décision n'en restera pas moins difficile du point de vue social et politique, en particulier si, comme à l'heure actuelle, la sensibilité anti-nucléaire l'emporte encore sur la prise de conscience des risques du changement climatique."*

Dans l'Ouest du pays, on ne peut que le constater, c'est tout de suite les tracteurs au travers de la route (évacuation de l'ANDRA par le moratoire Rocard en février 90; fiasco intégral de la nouvelle mission granite le 13/07/2000). Mais dans l'Est, un sous est un sous. L'implantation à "Soulaines" a-t-elle été si difficile ? L'implantation à Bure a-t-elle été si difficile ? mais bon, sait-on jamais. Il est certain par contre qu'il ne sera pas possible d'amener tout le monde à croire que le nucléaire français nous sauvera du péril climatique. La raison est que le nucléaire français n'a aucun pouvoir sur le changement du climat, même celui prédit par le GIEC, comme le calcule fort simplement l'annexe II du présent document.

La conclusion de J.C. André est que "les décisions" qui seront prises en 2005-2006 seront déterminantes pour la filière nucléaire française d'où s'en suivra des conséquences planétaires pour la deuxième partie du siècle.

Concrètement il faut absolument éviter que, au rendez-vous fixé par la loi Bataille en 2006, "l'opinion publique" considère qu'il n'y a pas de solution acceptable pour les "produits" de la filière nucléaire française.



## Références

- ACRO : 138, rue de l'Eglise, 14200 Hérouville-Saint-Clair 02 31 94 35 34  
Laboratoire d'analyse agréé doublé d'une structure associative qui a une revue : "l'Acronique du nucléaire" où l'on trouve un suivi précis de l'environnement du complexe de La Hague (usine+stockage), abonnement 16 euros. Lecture ou téléchargement sur <http://www.globenet.org/acro>
- Belbéoch, R. 1998 "Comment sommes-nous «protégés» contre les rayonnements ? Les normes internationales de radioprotection. Le rôle de la Commission internationale de protection radiologique." In "Radioprotection et droit nucléaire" Rens, I. - Jakubec, J. (sous la dir. de) Georg Edit., Genève : 43-96.
- Belbéoch, R. 2001 "Tchernobyl : de la servitude volontaire à la nécessité de servitude", L'esprit frappeur Edit., 109p.
- Belbéoch B. & R. (1998) 2002 "Sortir du nucléaire, c'est possible avant la catastrophe" l'esprit Frappeur Edit., 149p.  
CNE : 39-43, quai André Citroën, Tour Mirabeau, 75015 Paris 01 40 58 89 05  
Commission (Nationale d'Evaluation) de 12 membres (il en manque un en 2001) créée dans le cadre et pour l'application de la loi Bataille, donc jusqu'en 2006, et composée d'experts français et étrangers, appartenant ou non à des instances nucléaires. Un rapport annuel, de nature gouvernementale, au printemps.
- Commission Turpin 1996 "Commission d'évaluation de la situation du centre de stockage de la Manche", rendue publique le 16 juillet 1996 : 73p. + synthèse de 3 p, avec un communiqué du gouvernement (2p.) qui annonce qu'il "reprend à son compte les orientations de la Commission".
- Contrôle : 99, rue de Grenelle 75 353 Paris 07 SP 01 43 19 32 16  
revue de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN, ancienne DSIN) publiée par les ministères de l'industrie et de l'environnement. Aussi : [asn.gouv.fr](http://asn.gouv.fr) et : Minitel 3614 Magnuc
- CriiRad : 471, av. Victor Hugo, 26 000 Valence 04 75 81 26 48  
Laboratoire d'analyse agréé doublé d'une structure associative qui a une revue pour ses adhérents et de nombreux dossiers <http://www.criirad.com>
- CriiRad & Paris, A. 2002 "Contaminations radioactives : atlas France et Europe" Michel, Y. Edit., 196p.
- Davis, M. B. 2001 "La France nucléaire : matières et sites : 2002", WISE edit., Paris, 338p.
- Dandonneau, Y. 1998 "Le cycle du carbone dans les océans" in "Les humeurs de l'océans" dossier "Pour la science": 54-57.
- Deguillaume, M. 1995 "La dignité antinucléaire - Essai sur les déchets radioactifs", Lucien Souny Edit., Limoges, 87p.
- Gazette Nucléaire 2, rue François Villon, 91 400 Orsay (abonnement 23 euros; 1 numéro= 5euros)  
Revue du GSIEN, Groupe de Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucléaire. Editée depuis 1976, on y trouve aussi bien des articles des instances du nucléaires que des articles critiques et un suivi dans le temps de tous les aspects importants (normes de radioprotection, données sur l'évolution de l'état de santé dans les zones contaminées, suivi technique des réacteurs français, etc. ). On trouve des articles de la Gazette sur un site privé : <http://www.multimania.com/mat66/>
- GSIEN, voir Gazette Nucléaire
- GSIEN & Cii-Rad (Edit.) 1988 "Santé et rayonnement - Effets cancérogènes des faibles doses de rayonnement" 196p traduction de 10 articles d'épidémiologistes anglais, américains, japonais, un extrait de CIPR, 75F.
- IEA/OCDE 1991 "Les émissions de gaz à effet de serre" (petit livre).
- Investigation Plutonium/WISE 31-33 rue de la Colonie 75 013 Paris  
World Information Service on Energy-Paris, tél. 01 45 65 47 93 [www.pu-investigation.org](http://www.pu-investigation.org)
- Javoy, M. 2001 "Volcanisme et pollution naturelle" in "CO<sub>2</sub> et autres gaz à effet de serre" "Les progrès de la peur", Farouki, N. (sous la dir.), Le Pommier édit. : 311-328.
- Lepage, C 1998 "On ne peut rien faire Madame le Ministre..." Albin-Michel édit., 290p.
- Lenoir, Y. 2001 "Climat de panique", Favre édit., Lausanne, 217p.
- Lettre d'information du Comité Stop Nogent sur Seine, c/o Nature & Progrès 49, rue Raspail, 93 100 Montreuil (abonnement 8 euros) <http://www.multimania.com/stnogent/>
- Medvetev, Z. A. 1988 "Désastre nucléaire en Oural", edit. Isoète, Rouen.
- Morgan, K. Z. 1987 "Les estimations du risque par la CIPR, un autre point de vue - 24 novembre 1986" in "Radiation and health" Jones, R.R. - Southwood, R.; John Wiley and sons edit, 1987; extraits traduits dans GSIEN & Cii-Rad 1988.
- Pédélaborde, P. 1982 "Introduction à l'étude scientifique du climat", SEDES édit., Paris, 352p.
- Pharabod, J.P. - Schapira, J.P. 1988 "Les jeux de l'atome et du hasard" Calman-Lévy ed., 250p.
- Poirier, J. P. 2001 "Mystification à l'Académie des sciences" Le Pommier édit., 139p.
- Reuss, P. (CEA) 1998 "la neutronique", Puf edit., coll. "Que-sais-je", n° 3307, 128p.
- Rivasi, M. - Crié, H. 1998 "Ce nucléaire qu'on nous cache" Albin Michel, 319p
- Roth, C. & Chilès, J.P. 1997 "Modélisation géostatistique des écoulements souterrains : comment prendre en compte les lois physiques" Hydrogéologie n°1 : 23-32. (C. Roth a fait sa thèse à l'école des mines, Doc. BRGM n° 241).
- Sadourny, R. 2001 "Effet de serre, CO<sub>2</sub> et atmosphère" in "CO<sub>2</sub> et autres gaz à effet de serre" "Les progrès de la peur", Farouki, N. (sous la dir.), Le Pommier édit., p. 329-
- TPP 1996 "Tchernobyl - Conséquences sur l'environnement, la santé et les droits de la personne", Tribunal Permanent des Peuples (créé en 1979), session (scientifique) tenue à Vienne dans le prolongement de la conférence AIEA à laquelle plusieurs intervenants au TPP avaient assisté. publié par Ecodif, 107, Bd Parmentier 75 011, Paris, 238p. (72F).
- Viel, J.F. "La santé publique atomisée : Radioactivité et leucémies, le leçons de La Hague", Edit. La Découverte, 218p.

## ANNEXE I

**Membre et Représentant de l'Académie des Sciences, Membre de l'académie de médecine, Maurice Tubiana, Professeur, et amis**

Citons un "Rapport technique" de l'OMS "n° 151", d'un groupe d'études les 21-26 oct. 1957, publié en 1958, titre du rapport :

*"Questions de santé mentale que pose l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques"*  
dans un chapitre intitulé :

*"Les propriétés anxiogènes de l'énergie nucléaire" (p. 41-42) :*

*"Récemment, il s'est répandu dans le public de plusieurs pays des rumeurs concernant le danger auquel l'enfant en gestation peut se trouver exposé pendant la grossesse. Pour toutes les raisons déjà exposées, de telles rumeurs, apparemment basées sur un rapport scientifique préliminaire, peuvent avoir des conséquences déplorables, surtout dans les circonstances actuelles où les données scientifiques établies sont si rares. Il peut même être dangereux, dans ce cas de diffuser des faits tenus pour certains."*

[On reconnaît la première publication de l'étude dite d'Oxford de Alice Stewart et al. (Lancet, 1956, II, 447), étude qui montrera une relation entre les cancers des jeunes enfants et la radioactivité naturelle et avec les examens radiologiques obstétricaux des femmes enceintes lors des 3 premiers mois surtout.]

et page 53 de ce rapport OMS :

*"Il est clair qu'il faudra protéger le public contre des anxiétés et des craintes excessives... Il faudra faire appel à un personnel spécialement entraîné."*

dans la douzaine d'experts qui ont rédigé ce rapport : **Maurice Tubiana**, alors Directeur du laboratoire des isotopes à l'Institut Gustave Roussy de Villejuif (reproduit dans la Gazette Nucléaire n°105/106, p. 32).

[C'est en 1958 qu'arrive dans le personnel de Villejuif un certain Jacques Crozmarie. Avec le déplacement de l'Institut Gustave Villejuif dans de nouveaux locaux, et alors que M. Tubiana devenait le directeur, J. Crozmarie saura vite se rendre indispensable pour ramener des fonds. Il est vite affilié CNRS unité de service 47 et sera même décoré de la légion d'honneur par L. Fabius. D'ailleurs la revue de l'ARC aimait à citer M. Tubiana et H.P. Jammet dans des articles où l'on pouvait lire "...l'explosion de Tchernobyl a ranimé les grandes peurs populaires" et "le remplacement de ces centrales au fuel, par des générateurs d'électricité couplés à des réacteurs nucléaires, serait à l'origine de l'amélioration de la situation." (Fondamental, n°38, mars 1988, p.27 et 30 avec 2 photos repoussantes de fog de pollution industrielle et trois superbes photos de centrales nucléaires sous ciel bleu). Le 03 janvier 1995, à la suite de la sortie du rapport de la cours des comptes accablant pour l'ARC, le conseil d'administration de 31 membres de l'ARC, dont 5 siégeants de droit, essaie encore de se tirer d'affaires en se choisissant lui-même un "Conseil des sages" dont les deux figures de proue étaient **M. Tubiana** et L. Schwarzenberg (l'Est Républicain du 04/01/95). C'était trop tard, le pays entier suivait l'affaire au jour le jour dans les médias et c'est M. Lucas celui qui a dénoncé, qui deviendra Président]

Maurice Tubiana qui avait passé sa thèse chez Frédéric Joliot-Curie, en fait de médecine, ne soignera jamais qu'en irradiant.

Et alors même que des cancérologues, pas des moindres, écrivent (G. Mathé, Le Monde du 04/05/88) :

*"Mais, malgré la victoire de cette bataille [guérison de 75% des cancers d'enfants par chimiothérapie et médicaments «cystostatiques»], celle contre les tumeurs des adultes âgés de plus de cinquante ans doit être, après une quarantaine d'années d'efforts surhumains reconnue perdue. D'ailleurs, la mortalité globale par cancer ne cesse de s'élever."*

Maurice Tubiana reste imperturbable :

*"En France, on compte trente cinq mille nouveaux cancers chaque années. Et un cancer sur trois est guéri par la radiothérapie." (cité dans Rivasi, M. - Crié, H. 1998 p. 136)*

30 ans après le rapport OMS n°151, force est de constater que cet inconditionnel de la radiothérapie a eu une carrière exceptionnelle. Son passé ou présent sont glorieux : à EDF (Président du comité médical + contrats de recherche bien dotés), à l'AIEA (consultant, depuis 1960), à l'OMS (expert depuis 1957); au Circ, Centre International de Recherche sur le Cancer, dépendant de l'OMS (Président du conseil scientifique), à l'UNSCEAR (membre), au CEPN (Président-fondateur), à l'Institut Gustave Roussy (Directeur honoraire), Académie de médecine (membre); Académie des sciences (membre et représentant); Faculté de Médecine de Paris (professeur de radiothérapie "expérimentale"); Président du Comité des Experts européens sur le cancer auprès de la CEE (1994); SFEN (a obtenu la "Grande médaille"), Centre Antoine Béclère (Président); il est Président du Comité Scientifique de la revue "Médecins et rayonnements ionisants" (dont on reparle plus loin); il est Président du Comité scientifique international du "Concile Mondial des Travailleurs du Nucléaire" où l'on trouve notamment R. Masse (OPRI) et Leonid Iline (Rev. Gén. du Nucl., déc 98, p. 102), homme connu de

l'entière URSS car le responsable des critères d'évacuation des zones affectées par Tchernobyl (bien sûr ce "Concile" était en guerre contre les nouvelles normes de la CIPR-60). Le 30/10/90 il est nommé Président du CSSIN, Conseil supérieur de la sûreté et de l'Information Nucléaire, organisme consultatif à la disposition des ministres de l'industrie et de l'environnement à qui il adresse des recommandations. Cela se produit pile au moment où Ch. Bataille finit son rapport qui devient loi l'année suivante. Et il est stipulé dans l'article 4 de cette loi que le CSSIN désigne 2 membres de la CNE pour Bure. M. Tubiana a choisi Jean Lefèvre, ancien directeur des effluents et déchets radioactifs du CEA, et un collègue Professeur de médecine nucléaire (remplacé depuis par O. Pironneau). Il est l'auteur du Qsj "Le cancer" (4<sup>ème</sup> édit. 97) et coauteur, avec Robert Dautray du Qsj "La radioactivité et ses applications" (2<sup>ème</sup> édit. 97). Et il va de soi qu'il a aussi écrit son livre grand public, "La lumière dans l'ombre - le cancer hier et demain" édit. O. Jacob, 1991.

Maurice Tubiana, caché dans l'aile d'un secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, François Gros, est la clé de voûte d'un groupe qui a dépensé beaucoup d'énergie **au sein de l'Académie** pour tenter d'empêcher le gouvernement français d'adopter les nouvelles normes de la CIPR-60 (le "1 mSv pour le public"). Quand bien même elle ne s'applique pas en situation d'accident, la CIPR-60 (qui baisse aussi la dose limite travailleurs de l'énergie nucléaire de 50 à 20 mSv) est jugée un tout petit peu gênante par le Sérail nucléaire français notamment dans les centrales atomiques et les mines d'uranium ("Analysis of the ICPR text" 26/02/90, envoyé par les experts français à la CIPR; Gazette Nucléaire n°117/118, p. 10-13).

Cela a commencé en 1988 par une journée d'étude à l'Académie sur les effets des faibles doses, sous la présidence de l'Académicien Professeur **R. Latarjet**. Il s'agissait de se conforter dans l'idée qu'il fallait surtout ne rien changer (à la baisse) et montrer que cette idée émanait d'une institution aussi sérieuse que l'Académie. Le buffet y était de qualité, entièrement payé par EDF (Gazette Nucléaire n° 88/89 88, éditorial). En 1989, ce groupe répond à un questionnaire du Ministre de la Recherche par un rapport "*Risques des rayonnements ionisants et normes de radioprotection*", expliquant bien sûr qu'il ne faut rien changer, rapport qui n'a pas été largement divulgué, manque de moyens dit-on à l'Académie (La Recherche", n° 219, mars 90). Et, outre des auditions parlementaires, cela aboutira notamment au rapport de l'Académie des sciences n° 34 (oct. 95, Lavoisier Technique et Documentation) sur les "*effets des faibles doses de radiations ionisantes*" où **Maurice Tubiana** est en bonne place bien sûr, avec, tiens !, **Jacques Lafuma** qui est dans la CNE pour Bure ! (et Président de la SFRP, Société Française de RadioProtection) et aussi l'académicien R. Latarjet de l'Institut Curie et membre de la SFEN et de la SFRP... Bien sûr parmi les membres consultants pour ce rapport se trouve **Robert Dautray**, aussi de la CNE pour Bure, et l'auteur du nouveau rapport de l'Académie des sciences sur le nucléaire et climat. Il y a aussi un certain **P. Galle** (du laboratoire de biophysique [=irradiation] SC27 de l'INSERM à Université Paris-Val de Marne, aussi de l'Hôpital H. Mondor et ancien Président de la SFRP) et **R. Masse** de l'OPRI, ancien du CEA. Ce rapport de l'Académie des sciences n° 34 (visiblement les moyens pour imprimer sont revenus), écrit en première page dans l' "Avis" :

*"La majorité du groupe estime qu'il n'est pas nécessaire de suivre les dernières recommandations de la CIPR." [la CIPR-60]*

Bien sûr Maurice Tubiana est intervenu à Bar-le-duc, à l'ILCI de la Meuse, dans le cadre de l'information aux élus locaux de la région de Bure. Il s'est même fait remarquer puisqu'il a demandé, et obtenu de la part de l'ILCI, une rémunération (hors frais) de 10 000F pour son intervention. On lit dans son texte pour aider les élus locaux de Bure à faire leur choix (Préfecture de la Meuse, ILCI, Audition du 5 sept. 94, p. 22) :

*"Pour le public la dose tolérable avait été fixée à 5 mSv/an, la CIPR propose de l'abaisser à 1 mSv sans donner de justification scientifique à cet abaissement; vraisemblablement ce chiffre de 1 a été choisi uniquement par simplicité, il divise par cinq la norme antérieure alors que la dose travailleur avait été réduite au 2/5<sup>è</sup>. Rien ne justifie cette norme d'autant que 1 mSv est très inférieur aux variations de doses liées aux différences d'irradiation naturelle d'une région à l'autre de la France."*

Ces experts ont réussi à engendrer un cafouillage politique. L'Europe a été fort embarrassée lorsque son pays le plus nucléarisé a d'abord annoncé qu'il refusait d'accepter les nouvelles recommandations. Cela découlait du compte-rendu de **P. Pellerin** et **R. Masse** de la 43<sup>è</sup> séance de l'UNSCEAR, lettre du 18 mars 94, dans lequel il était prétendu (au gouvernement français) qu'il avait été acté à l'unanimité qu'il n'y avait pas d'éléments convaincants pour la baisse. En réalité dans son paragraphe 15, l'UNSCEAR écrit au contraire que les raisons pour la baisse sont toujours valables. Et le faux-pas international de la France sera rectifié quelques mois plus tard quand nos politiques seront informés qu'il s'agissait seulement d'un petit manquement aux règles déontologiques de nos experts nationaux (Gazette Nucléaire n°137/138, p. 24).



### Petit rappel de culture générale : la norme 1mSv pour le public.

• On part ici de la CIPR-26 émise en 1977 (norme "5mSv pour le public", sauf pour exposition prolongée dans quel cas la recommandation était déjà, par prudence, de 1 mSv/an).

• 1<sup>ère</sup> étape la dosimétrie des survivants des bombes est reconnue fautive :

Le 22 mai 1981 la revue américaine "Science" publie un article de 2 physiciens d'un laboratoire américain de recherche sur les armes nucléaires. La dosimétrie attribuée aux survivants japonais est vraisemblablement fautive, elle a été surévaluée (et : Loewe & Mendelsohn, Health Physics, vol. 41: 663-66, oct 81). Des explosions expérimentales avaient été faites au Nevada pour évaluer les doses (1955 à 62, y compris avec des maisons) mais le dossier est longtemps resté secret. Lorsque le secret fut levé, certains chercheurs demandèrent des explications. J. Auxier, le responsable de la dosimétrie officielle en cours, déclara que le dossier avait été égaré et détruit au cours d'un déménagement... Et il déclara plus tard au cours des nouvelles évaluations "*nous savions à ce moment [1965] que la réponse que nous avions n'était pas assez bonne, mais nous avions une réponse et les crédits s'épuisèrent.*"

• 2<sup>ème</sup> étape, le suivi de la cohorte évolue :

La RERF (Radiation Effects Research Foundation, financée par les gouvernements américains et japonais), a publié un gros rapport officiel détaillé et complexe en 1987 (Preston, D.L. - Pierce, D.A. : RERF TR9-87). La dosimétrie a été entièrement reconsidérée (on l'appelle DS86) et le suivi des irradiés va jusqu'au 31/12/1985. C'est l'étude la plus vaste jamais entreprise en épidémiologie humaine. 93.600 personnes sont suivies, soit en tant qu'irradiées, soit en tant que population témoin, toutes des agglomérations d'Hiroshima et Nagasaki, identifiées par un recensement en octobre 1950. Ce qui est mesuré est l'excès du taux de cancer mortel dans la population irradiée par rapport à celui de la population témoin et en relation à la dose.

Le facteur de risque cancérogène mortel différé,  $f$ , du suivi des survivants japonais devient :

$$f = 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ cancers mortels différés par mSv}$$

ce qui est 14 fois plus que celui qui figure dans la CIPR-26 ( $0,125 \cdot 10^{-4}$ ).

• 3<sup>ème</sup> étape, 1990, Les choix des experts de la CIPR : la CIPR-60

Elle va chercher de nouvelles estimations basées sur les mêmes données et retient un facteur  $f = 1 \cdot 10^{-4}/\text{mSv}$ . Elle divise ensuite ce chiffre par deux, et justifie cette réduction par le fait que la radioprotection concerne des faibles doses reçues à faibles débits de dose (chroniques) alors qu'à Hiroshima et Nagasaki il s'agissait de fortes doses reçues à fort débit de dose.

Cette diminution qui se réfère à certaines expérimentations est sans preuves scientifiques réelles. L'étude par Radford en 1986 des données de la cohorte Hiroshima-Nagasaki trouve même que le risque est proportionnellement plus fort dans les groupes des plus faibles doses (son groupe de moyenne 30 mSv; dans la cohorte les doses commencent à 10 mSv; Gazette Nucléaire n° 84/85, p. 3-8; GSIEN & CriiRad 1988).

Le facteur de risque officiel CIPR pour les populations devient donc  $f = 0,5 \cdot 10^{-4}/\text{mSv}$  soit à peine 1/3 de celle du gros rapport de référence RERF TR9-87.

Ensuite, il faut décider un seuil de nombre de mort acceptable en échange d'une activité humaine. Dans la CIPR 26, un risque du à l'utilisation des transports publics  $10^{-6}$  et  $10^{-5}$  avait été retenu. Avec le nouveau facteur de risque,  $f$ , cela donne :

$$0,02 \leq \text{dose acceptable} \leq 0,2 \text{ mSv/an.}$$

Mais les experts disent qu'ils ont reçu des critiques, et ayant déjà la nouvelle donnée en main, changent les règles du jeu. Comme il s'agit de mort différées, ils regardent maintenant la perte de durée de vie entre les dates probables des morts par cancer provoqués en excès et le moment théorique où elles sont sensées avoir lieu sans cela. Puis comme 1 mSv/an est la dose habituelle reçue par l'irradiation naturelle (hors radon, trop variable), ils en arrivent à cette phrase qui va devenir règle mondiale :

*"Sur la base de toutes ces considérations, la Commission [13 experts] recommande une limite annuelle de dose efficace de 1 mSv."* (CIPR-60 § 191).

En faisant ainsi, ils renoncent à établir des bases objectives aux limites de dose recommandées.

Les experts de la CIPR considèrent tout de même la limite retenue de 1 mSv comme **inacceptable en situation normale** (CIPR-60 § 123) ou **constituant la frontière entre l'inacceptable et le tolérable** (CIPR-60 § 151).

Au Pays-Bas, il a été décidé de baisser la limite pour le public à 0,4 mSv/an et en Allemagne, la limite pour le public est de 0,3 mSv/an. [Toutes ces données viennent de la Gazette Nucléaire : n° 90/91 pour la RERF TR9-87, n° 117/118 pour la CIPR-60]. On trouvera un historique complet des normes de la CIPR dans Belbeoch, R. 1998, des articles sur les faibles doses dans GSIEN & CriiRad 1988.

• Pour la petite histoire, le Vice-Président de la CIPR a été **H.P. Jammet**, du CEA, et **J. Lafuma** (CNE pour Bure) était aussi membre de la CIPR. Au CEA, H.P. Jammet était chef de J. Lafuma. **M. Tubiana** et H.P. Jammet sont de vieux amis puisqu'ils ont créé ensemble l'association CEPN en 1976 dont le siège était à la

fondation Curie (là où étaient R. Latarjet ou encore J.F. Lacronique, notre actuel Président de l'OPRI). Et on se retrouvait aussi à l'UNSCEAR.

Il existe une union extrêmement serrée entre les grands laboratoires nucléaires d'état, les industriels du nucléaire, et les radiothérapeutes et les services de "médecine nucléaire". Cela a toujours été. Par exemple Morgan, K. Z. (1987), qui était dans l'équipe Manhattan, longtemps directeur de la revue Health Physics et membre de la Commission Principale de la CIPR pendant 20 ans, écrivait en novembre 1986 :

*"Je crois qu'il y a eu deux groupes excessivement représentés dans la Commission principale de la CIPR et qui ont très fortement intérêt à minimiser les effets nocifs des faibles doses de rayonnements ionisants. Ce sont des personnes qui souhaitent qu'il n'y ait aucune restriction sur les doses provenant d'un usage excessif des radio-diagnostic par rayons X et celles qui sont associées à "l'establishment" nucléaire : les employés des laboratoires nationaux et ceux associés à des organismes industriels ou gouvernementaux responsables de la promotion des armes nucléaires ou de l'énergie nucléaire."*

#### Le seuil, ou les seuils, des professeurs de médecine Académiciens

□ Le Professeur J.C. Artus, chef des services de Médecine nucléaire du C.R.L.C. (centre anticancéreux) de Montpellier et du CHU de Nîmes, membre influent de la SFEN etc., a écrit dans le n° 17 de la revue "Médecins et rayonnements ionisants" de décembre 1998 :

*"L'établissement des limites réglementaires considère sans dose seuil les risques tardifs mais en fait les seuils d'action décelables, les plus faibles que révèlent les enquêtes épidémiologiques les plus sérieuses se situent autour de doses de 100 à 200 mSv."*

Dans le n° 19, déc. 99, le Pr. J.P. Gérard (Doyen Fac médecine, radiothérapie Lyon-Sud) aussi du comité scientifique de la revue écrit : *"La relation linéaire sans seuil adoptée par prudence par la CIPR est contredite en permanence par les faits épidémiologiques et par les données biologiques expérimentales."*

Cette revue financée par la branche nucléaire d'EDF (c'est écrit en tout petit à la fin), est envoyée à 70 000 exemplaires aux médecins, pharmaciens et salle d'attente des services de médecine nucléaire. Il est précisé par la revue que *"Les articles médicaux sont réalisés à la demande et sous l'égide du comité scientifique."* dont le **Président est Maurice Tubiana** (et dedans il y a P. Galle, J.C. Artus, **J.F. Lacronique l'actuel Président de notre OPRI**, R. Masse ancien directeur OPRI, J.C. Nenot du CEA, etc. ; 80% sont des "Professeurs" dont 60% sont radiothérapeutes ou des praticiens de la médecine nucléaire; R. Dollo, de la SFRP, qui est dans le comité de rédaction est d'EDF avec 3 autres).

□ Dans le rapport "Risques des rayonnements ionisants et norme de radioprotection", rendu par l'Académie des sciences au Ministre de la Recherche en novembre 89 (peu diffusé), le groupe d'Académicien plaide pour *"l'existence d'un seuil pratique, c'est à dire d'un niveau de dose au dessous duquel aucun effet n'est détectable"* (p. 42). La revue "La Recherche", n° 219, mars 90, qui rapporte l'information commente assez durement : *"De toute façon pour être convainquant un tel rapport se devra de présenter les commentaires des différents experts entendus, qui à n'en pas douter pour certains d'entre eux ne peuvent se satisfaire d'une suite d'évidences anonymes"*.

□ A la conférence du 15-17/04/91 à Paris de la Société Française d'Energie Nucléaire, la SFEN, **Maurice Tubiana** se justifie en donnant une citation de la très officielle BEIR V des USA (1990, p. 181, la BEIR est un Comité d'évaluation des effets biologiques des rayonnements ionisants de l'Académie des sciences des USA, sorte de conseiller technique des organismes officiels internationaux) :

*"les études épidémiologiques ne peuvent en toute rigueur exclure l'existence d'un seuil"*.

Fort étonné, le GSIEN s'est reporté à la page citée et a constaté que la phrase, qui commence bien comme le dit M. Tubiana, a été coupée par ce dernier au milieu. Elle se termine par :

*"dans le domaine du millisievert" [soit quand on arrive vers 1 mSv]*

Le même document, BEIR V, 1990, cité par M. Tubiana dit dans le Sommaire :

*"Le Comité reconnaît que ses estimations de risque deviennent plus incertaines quand elles sont appliquées aux très faibles doses. Cependant l'écart par rapport au modèle linéaire à très faible dose pourrait soit augmenter, soit diminuer le risques par unité de dose"*.

Autrement dit les études pour les très faibles doses sont très difficiles. Une déviation par rapport au modèle linéaire (risque =  $f \times$  dose) n'est pas exclue. L'effet pourrait être une diminution du risque ou il pourrait être une augmentation du risque ! (cité et commenté dans Gazette Nucléaire, n° 117/118, p. 11). Ajoutons que si la très officielle BEIR V contestait les chiffres de la CIPR-60, elle le ferait dans le sens inverse à celui de notre groupe de l'Académie des sciences. En effet au vu des données du suivi des survivants japonais, le BEIR V a adopté pour le public un facteur de risque très modéré de  $0,8 \cdot 10^{-4}$  (par rapport au  $1,74 \cdot 10^{-4}$  des suivis des bombes; RERF TR9-87), mais celui de la CIPR-60 l'est encore plus avec la valeur de  $0,5 \cdot 10^{-4}$  (plus il est bas, moins il est

pénalisant pour l'industrie nucléaire et moins les radiothérapeutes et services de médecine nucléaire seront embarrassés à certaines questions éventuelles de leurs clients).

□ Contrairement à la CIPR-26, il est affirmé et répété de nombreuses fois dans la CIPR-60 que l'on ne peut pas attendre la présence d'un seuil (CIPR-60 § 68 § 100 et § 123). Il n'y en a probablement pas (CIPR-60 § 21 et § 62). L'irradiation change forcément quelque chose dans les atomes et les molécules (CIPR-60 § 19). Un article est même clairement rédigé à l'intention des partisans du seuil : dans le CIPR-60 § 69 il est écrit que "*pour de petits incréments de dose au-dessus du fond naturel*", la probabilité d'induction d'un cancer est certainement petite donc peut-être non déterminable mais que cela ne fournit pas la preuve de l'existence d'un vrai seuil.

L'hypothèse de l'absence de seuil, présentée comme très prudente en 1977 est maintenant considérée comme la plus vraisemblable.

□ Mais comme le révèle la citation du rapport technique OMS n° 151 de 1958 cité en début de cet annexe, pour Maurice Tubiana il peut être dangereux de diffuser des faits tenus pour certains. Lors d'un "*colloque sur les implications psycho-sociologiques du développement de l'industrie nucléaire*", tenu à Paris les 13-17 janvier 1977, M. Tubiana, qui venait d'ailleurs d'être nommé Président du Comité de Radioprotection d'EDF, exposait à ses collègues :

*"Il faudrait que jamais un scientifique ne favorise cette confusion entre l'exposé des faits et un jugement de valeur."*

Il met en avant : "*la nécessité pour les scientifiques de reconsidérer la façon dont est faite l'information. Il faut que nous cessions de voir celle-ci à travers un schéma simpliste et rationaliste mais l'acceptons telle qu'elle est.*"

il poursuivait : "*Il faut que nous recherchions l'efficacité dans l'information du public au lieu de nous contenter d'une information éthérée parfaitement satisfaisante mais inintelligible ou inefficace.*"

et : "*Au début de la dernière guerre, il y avait en France un ministre de l'information qui s'appelait M. Giraudoux et en Allemagne un ministre de l'information qui s'appelait Goebbels. Sans aucun doute, Jean Giraudoux était beaucoup plus subtil que M. Goebbels et l'écouter était un délice, mais je crains que M. Giraudoux n'ait jamais fait changer d'avis une seule personne alors que l'efficacité de M. Goebbels était redoutable (...) C'est une leçon dont il faut se rappeler.*" (les interventions de ce colloques ont été éditées par la SFRP; cité dans Belbeoch, 2001, p. 43).

C'est l'un des plus grands experts mondiaux du nucléaire qui parle.

□ Le professeur de médecine Académicien R. Latarjet lui est intervenu en 1975 devant la Commission de l'énergie du VII<sup>ème</sup> plan :

*"C'est sur ces considérations en particulier, et sur bien d'autres d'ailleurs que les doses admissibles de rayonnements ionisants disséminées au sein d'une large population ont été fixées à des valeurs qui doublent à peu près l'irradiation naturelle, c'est-à-dire entre 20 et 40 fois moins que la dose de doublement des mutations. Il ne me paraît pas nécessaire d'aller plus loin. En effet, ces doses imposent à cette population une charge génétique très légère qui sera sans doute impossible à détecter. Elle est en tout cas bien moindre que celle qu'apporte la médecine aujourd'hui. Celle-ci, en s'opposant à l'élimination naturelle des individus génétiquement tarés, permet à ceux-ci de se reproduire et d'étendre leurs tares avant de disparaître eux-mêmes."* (reproduit dans Gazette Nucléaire n° 33/34)

C'est ce même professeur de médecine Académicien, R. Latarjet, qui est envoyé quand le St Siège demande un expert. Ainsi, il a participé à un groupe de travail réuni au Vatican par l'Académie pontificale des Sciences du 02 au 05 mai 1983. C'est lui-même qui le rapporte dans la revue Radioprotection (vol. 18, n°3) : "*le Saint-Siège s'intéresse très sérieusement à de nombreux problèmes scientifiques d'actualité et de caractère mondial*". La fin de cet article nous laisse deviner le message qu'il a du essayer de faire passer là-bas "*Oublie-t-on donc que sur cette terre, la sécurité n'est jamais qu'un risque accepté ? Il est dès lors indispensable de dissocier les problèmes au niveau de la connaissance scientifique des mêmes problèmes au niveau pratique.*" (reproduit dans Belbeoch 2001, p. 67).

### **CIPR-63 : la limite de 1 mSv/an ne s'applique que quand on peut. En cas d'accident nucléaire grave, c'est 1000 mSv/vie.**

Comme il est écrit dans l'article 48 de la nouvelle directive 96/29/EURATOM, la limite du 1mSv "*ne s'appliquent pas en cas d'intervention*". Une "intervention", c'est un accident nucléaire grave. Et cette fois, on a pas connaissance que M. Tubiana et son secrétaire perpétuel (F. Gros a dirigé ce groupe de pèlerins; La Recherche n° 283), J. Lafuma, R. Dautray, R. Latarjet, P. Galle et R. Masse et quelques autres aient envisagé de rédiger un rapport de l'Académie des sciences pour tenter d'empêcher le gouvernement français d'adopter les nouvelles normes de la CIPR-63 (nov. 92).

Celles ci, fortes de l'expérience de Tchernobyl, ont été établies, et cela a été plutôt rapide, pour "gérer" un prochain accident nucléaire catastrophique. Ces nouvelles recommandations sont basées sur des critères de coûts d'évacuation ce qui entraîne ces quelques experts à donner un coût à une vie humaine, coût très variable (d'un facteur 33) si l'on a à faire à un pays riche ou à un pays pauvre. Ces recommandations mettent, si cela se produit, chacun d'entre nous, sans recourt aucun, dans la situation dans laquelle se trouvent par exemple les gens d'Olmany depuis 17ans (dont on a parlé p. 13 dans "Les risques dévastateurs...") et même pire dans les villages des zones balayées à moins de 250 km du réacteur accidenté. Si Nogent-sur-Seine ou Chooz ou Cattenom ou Dampierre-en-Burly venait par exemple à exploser, pour malveillance ou autre raison, **nous ne pourrions exiger une "réimplantation définitive", selon la CIPR-63, que si l'on est dans une zone pour laquelle l'estimation de dose calculée par les experts dépasse 1000 mSv/vie !** Soit 14,3 mSv/an (dus à l'accident) pendant 70 ans. Suivant la valeur de  $f$  que l'on utilise, dans une zone à 1000 mSv/vie, on attend 50 000 à 174 000 morts différés par cancer, en plus, pour chaque million d'habitants concerné. La CIPR-63 contraint en cas d'accident nucléaire grave la population à accepter des conditions de vie insalubres et la consommation de nourriture et d'eau contaminée au nom de l'efficacité économique. *"Les contre mesures de l'intervention doivent être justifiées.* (CIPR-63 § 2).

Signalons que, un peu comme ce qui s'est passé à la CIPR, la loi française a aussi été modifiée rapidement à la suite de l'accident de Tchernobyl. Avec le droit sur la responsabilité civile alors admis (loi du 30 oct. 1968), un accident nucléaire majeur serait aussi un désastre financier pour l'exploitant. Désormais ce ne serait plus le cas. La loi du 16 juin 1990, article 3 sur la responsabilité civile stipule :

*"Le montant maximum de responsabilité de l'exploitant est fixé à 600 millions de francs pour un même accident nucléaire"*

Cela représente une indemnité de 20 centimes au m<sup>2</sup> pour un territoire rendu inhabitable dans un cercle de 30 km de rayon. Ou encore, c'est moins de la moitié de ce qu'a coûté l'incendie du siège du Crédit Lyonnais aux assurances (1,6 milliards) (Belbeoch B & R 2002, p. 90).

Il faut prouver que l'argent dépensé pour réduire l'exposition améliore proportionnellement la santé. Ces experts ont adopté une philosophie totalement nouvelle : en cas d'accident, le statu quo est que les gens sont exposés et contaminés. C'est dans la pratique, ce qui se passe en ce moment même dans les zones très contaminées de Tchernobyl. Et cela explique pourquoi nos experts, pour être cohérents avec eux-mêmes, n'y voit rien d'anormal (pour la CIPR-63, voir TPP 1996, p. 81, Gazette Nucléaire n°163/164, p. 14-19; Belbeoch, R. 1998).

Pour l'application, qui est bien prévue, de ces normes en France, voir la Gazette Nucléaire n°185/186 (p. 3-4, aussi la lettre du Comité Stop Nogent-sur-Seine, n°82). En France aucun critère d'évacuation pratique, sur la contamination des sols par exemple, n'a jamais été établi. Qui va décider ce qu'on fait en cas d'accident grave ? : il s'appelle **Jean François Lacronique**.

C'est en effet J.F. Lacronique que les autorités françaises ont nommé comme successeur de P. Pèlerin puis R. Masse, à la Présidence de l'OPRI. Or de par le décret 94.604 (JO 21/07/94) qui définit l'OPRI, art. 12 :

le Président du Conseil *"en cas d'accident, propose aux autorités compétentes les mesures à prendre sur le plan médical et sanitaire"*.

Jean-François Lacronique devenu expert UNSCEAR dirigeait même la délégation française à la session 2000. A cette session il a été déclaré (signé par la délégation française) que à Tchernobyl : il n'y pas d'augmentation des malformations, pas d'augmentation d'incidence des cancers et que *"on peut considérer que, du point de vue de la santé, un avenir positif attend la plupart des individus."* (UNSCEAR Rapport 2000, annexe J, paragraphe 421; reproduit dans "Trait d'union" Crie-Rad n°20). Ceux qui prétendent le contraire sont selon lui *"grossièrement tendancieux"* (Le Monde (04/07/00). Récemment a été édité un atlas d'experts européens donnant une contamination résiduelle de Tchernobyl en France particulièrement faible et incohérente (Tchernobyl a décontaminé des zones...). Les données viennent de l'IPSN et de l'OPRI. La CrieRad a écrit au directeur de l'OPRI pour avoir le détail des chiffres. J. F. Lacronique a renvoyé un non catégorique au motif que ces précisions seraient *"probablement déformées, réinterprétées, puis enfin utilisées à charge contre notre organisme, et pour placer les pouvoirs publiques en accusation."* (CrieRad & Paris 2002, p. 42). Ancien de l'Institut Curie dont il a été directeur, outre l'UNSCEAR, il côtoie via par exemple la revue "Médecins et rayonnement ionisants" : M. Tubiana, P. Galle, J.C. Artus, R. Masse, J.C. Nenot, J. M. Cosset, etc.

Etant le pays le plus nucléarisé au monde, la France a des plans d'urgence (Orsec-Rad) qui envisagent la gestion des crises nucléaires, confinement des gens et du bétail, évacuation. Une partie seulement de ces plans est rendue publique, l'essentiel est assimilé à la sécurité militaire (Belbeoch 2001, p. 89).

Pour ce qui est des mesures de contamination à la base de tout dans une telle situation, c'est le personnel de l'OPRI qui les fait et établit les données officielles d'où découleront les ordres donnés aux préfetures. Aussi le décret 94.604 (JO 21/07/94) qui régleme l'OPRI stipule par son Art. 18 que ses agents :

"sont soumis à l'obligation de discrétion à l'égard des informations d'ordre confidentiel, qu'elle que soit leur nature, dont ils ont connaissance dans l'exercice de leurs fonctions à l'office. Ils sont notamment tenus de ne pas divulguer les secrets liés aux activités de contrôle de recherche auxquels ils ont accès.

*Les agents demeurent astreints au respect de ces obligations lorsqu'ils cessent leur fonction à l'office"*  
C'est le Président du Conseil, c'est à dire J.F. Lacronique qui "a autorité sur l'ensemble des personnels de l'office" (art. 4 du même décret).

- Pour la petite histoire. Parmi les membres de la sous-commission 4 de la CIPR qui ont concocté les chiffres tout à fait nouveaux de la CIPR-63, était le Pr. P. Pellerin de l'OPRI français, expérimenté et bien connu chez nous pour avoir géré Tchernobyl . Avec M. Tubiana, J. Lafuma, H.P. Jamet, R. Masse..., il était aussi expert UNSCEAR.

P. Pellerin, en tant qu'expert OMS (et oui, lui aussi, comme M. Tubiana...), avec P. Waight, secrétaire de l'OMS et un certain D.Beninson (nucléocrate argentin) s'était rendu à Minsk début juillet 1989 en plein conflit sur le critère de relogements. Le soviétique Leonid Iline était en difficulté pour faire accepter aux irradiés son critère de relogement de 350 mSv/70 ans (basé sur les 5 mSv/an alors en vigueur [ $\times 70 = 350$ ], sauf qu'il était recommandé dans l'ancienne CIPR-27 que pour une exposition prolongée il était sage de s'en tenir à 1mSv/an ce que réclamait nombreux scientifiques biélorusses et ukrainiens).

Ces 3 experts internationaux prestigieux l'avaient beaucoup aidé en déclarant (Gazette Nucléaire n° 163/164, p. 14-19) :

*"«350 mSv en 70 ans» est un critère prudent, que les risques pour la santé ne seront pas grands par rapport aux autres risques encourus dans la vie" et " ils ont indiqué que si on leur avait demandé d'établir la limite de dose, ce n'est pas 350 mSv qu'ils auraient choisi mais 2 à 3 fois plus"*

(Sovietskaya Biéloroussia 11/07/89).

Cela fait bien pratiquement les 1000 mSv/70 ans. Or, outre P. Pellerin dans la commission 4, D. Beninson n'est autre que le Président de la CIPR lors de l'élaboration de la CIPR-63.

# ARRÊTER RAPIDEMENT 70 % DU NUCLÉAIRE FRANÇAIS AVEC LE THERMIQUE CLASSIQUE AURAIT UN IMPACT TOTALEMENT NÉGLIGEABLE SUR L'EFFET DE SERRE

**A**vec l'arrêt des exportations d'électricité, l'arrêt de l'autoconsommation nucléaire liée au retraitement (La Hague) et à l'enrichissement (Tricastin/Pierrelatte) et étant donné notre puissance installée hydraulique nous avons dit [1] qu'on pouvait arrêter 70 % du nucléaire en faisant fonctionner au maximum de leur capacité, notre parc thermique classique existant, à charbon, fioul et gaz (avec peu de centrales à gaz actuellement). L'énergie produite par le parc classique correspondrait à environ 190 TWh (1 térawattheure = 1 milliard de kilowattheures, kWh). On a crié au scandale : on osait prôner le "retour" à des combustibles fossiles (largement utilisés par tous nos voisins, y compris par le pays non nucléarisé d'Europe cité en référence dans toutes les publications écologistes, le Danemark) qui, en brûlant, donnent du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qui contribue à augmenter l'effet de serre. Il est donc intéressant de voir quel serait l'effet de ces 190 TWh par rapport au CO<sub>2</sub> produit par ces mêmes combustibles fossiles mais utilisés au niveau mondial, c'est à dire par rapport à la consommation d'énergie primaire mondiale qui tient compte des transports, du chauffage, de la consommation électrique industrielle, agricole et domestique, etc.

Nous avons consulté trois sources d'information estimant la consommation d'énergie primaire mondiale. C'est un festival d'unités différentes pour exprimer cette énergie. Selon les documents elle est exprimée en mégateps (Mtep, mégatonnes d'équivalent pétrole) ou en exajoules (milliards de milliards de joules), ou encore en quadrillions de *British thermal units*. Certains tiennent compte du bois commercialisé ou des énergies renouvelables, d'autres les ignorent. Avec des subtilités de conversion pour exprimer l'énergie résultant de la combustion des différents combustibles, y compris pour une même catégorie. Que de variétés de charbons, de fiouls et même de gaz (gaz de hauts fourneaux) ! Ces subtilités permettent tous les truandages.

Pour nous affranchir des unités nous avons exprimé le pourcentage de chaque classe de "combustible" par rapport à l'énergie consommée totale. Le nucléaire varie entre 5,4 % et 7,4 % pour les différentes sources d'informations consultées. Prenons par exemple la valeur haute correspondant aux données du *Mémento de l'énergie* du CEA [2] avec les pourcentages de consommations mondiales de pétrole, gaz, charbon, nucléaire et hydraulique.

Consommation d'énergie primaire commerciale dans le monde en 1998 :

Pétrole	Gaz naturel	Charbon	Nucléaire	Hydraulique	Total
40,0	23,8	26,15	7,4	2,65	100

En 1998, la production électronucléaire mondiale nette s'est élevée à 2291,4 TWh, elle correspond à 7,4 % de l'énergie primaire totale. L'ensemble pétrole + gaz + charbon représente 90 % du total. Si on remplaçait brutalement tout l'électronucléaire mondial par une production classique à base de ces combustibles fossiles l'augmentation de CO<sub>2</sub> serait de 8 %. Le problème est double : quelle est la contribution du CO<sub>2</sub> à l'effet de serre (car il y a d'autres gaz à effet de serre, certains bien plus efficaces à nombre égal de molécules, en particulier les gaz issus de l'agriculture et de l'élevage intensifs). D'autre part quelle est la contribution des combustibles fossiles dans la teneur en CO<sub>2</sub> globale. L'effet du CO<sub>2</sub> paraît très largement surestimé (voir article page 5), mais même en considérant que sa contribution à l'effet de serre est de 50 % et que tout le CO<sub>2</sub> provient des combustibles fossiles, l'augmentation d'effet de serre résultant du remplacement du nucléaire par des combustibles fossiles ne serait que de 4 %. Si l'effet de serre est vraiment catastrophique ce n'est pas une addition de 4 % qui changerait grand chose au problème.

Quant aux 190 TWh de notre parc thermique classique en fonctionnement maximal ils représenteraient 0,6 % de l'énergie consommée totale (7,4x190/2291,4). Par rapport à l'ensemble pétrole, gaz et charbon qui est de 90 %, ces 190 TWh représenteraient 0,7 %. Bien que grossière cette approximation montre clairement que leur contribution de 7 pour mille à la production de gaz carbonique serait négligeable et a fortiori beaucoup plus faible encore leur contribution à l'effet de serre.

Bella Belbéoch

[1] Supplément à *La lettre d'information du Comité Stop Nogent-sur-Seine*, n° 76, avril-juin 1997 ; et *Sortir du nucléaire c'est possible avant la catastrophe*, B. et R. Belbéoch, L'esprit frappeur 1998, Paris.

[2] *Mémento sur l'énergie*, CEA, Ed. 2000 (Les données proviennent de BP-Amoco Statistical Review, elles sont exprimées en Mtep).

La lettre d'information du Comité Stop Nogent-sur-Seine - Directeur de publication : Dominique LÉONARD - CPPAP n°AS 71349 - Dépôt légal : à parution Trimestriel - Abonnement : 1 an/4 n° : 50 F - Adhésion : 50 F/an - Maquette : Stop Nogent - Imprimerie : Célia Copie.  
Comité Stop Nogent-sur-Seine clo Nature & Progrès - 49, rue Raspail 93100 MONTREUIL - ☎ 01 42 93 96 25 (répondeur) - Fax : 01 45 83 85 50 -  
E-mail : stop.nogent@wanadoo.fr - http://univ.mulrimania.com/stnogent/  
Réunions les 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> jeudis du mois à 19 h 30, à l'AEPP, 46, rue de Vaugirard 75006 Paris

## ANNEXE III

## Un vieux rêve devenu mythe : Une industrie nucléaire qui aurait fonctionné des siècles sur le plutonium 239 issu des 98,28% l'uranium 238.

### R. Dautray croit en la filière réacteurs à neutrons rapides, mais... dans "une période lointaine"

Outre la phase d'appel bien placée en plein début de son texte : il "*est possible*" "*d'éviter les gaz à effets de serre pendant les futurs siècles à venir*", en transformant les 98,28% d'U238 du minerai, R. Dautray ressort une fois ou deux le diamant de sa poche :

*"Donnons un ordre de grandeur de la quantité de plutonium existant aujourd'hui dans les combustibles usés de toute la planète, entreposés en attente de leur enfouissement, dans tous les pays qui ont choisi le stockage direct. Si tout le plutonium que ces éléments combustibles contiennent était séparé chimiquement (c'est ce qu'on sait faire industriellement à l'usine de retraitement de La Hague) [P.s. c'est environ 1%] et fissionnés dans des réacteurs nucléaires, ainsi que l'uranium 238 transformé en plutonium 239 [P.s. ces 6 mots représentent par contre environ 96%], l'énergie que l'on tirerait de ce plutonium serait supérieur à celle que l'on va tirer dans le futur (c'est-à-dire à partir d'aujourd'hui) de toutes les réserves de pétrole et de gaz additionnées, reconnues sur toute la planète terre jusqu'à leur épuisement." (p. 819)*

Cette phrase se trouve dans le chapitre 3.3.3. "stockage des déchets" dans le premier de 3 critères, et qui est celui de limiter la quantité de radioactivité stockée. Ce que veut dire R. Dautray dans le cadre de ce critère, c'est qu'il n'y aurait plus le plutonium dans les déchets (enfin.. à cette étape) ce qui serait toujours ça de gagné. C'est le retraitement (aujourd'hui le 1% de Pu) dont la "nécessité" est l'une des grandes constantes de son article que défend ici R. Dautray. La phrase est accompagnée d'une virulente critique des américains qui ne retraitent pas et elle renvoie à un autre commentaire au début du chapitre suivant :

*"L'arrêt des RNR chez eux ne gêne pas les Etats-Unis, qui ne retraitent pas. Mais n'est-ce pas une civilisation assise sur l'abondance, qui peut jeter ce qu'elle n'a utilisé qu'une seule fois ?" (p. 820).*

Il faut attendre ce chapitre 4, intitulé : "l'accumulation actuelle du plutonium", la dure réalité, pour mieux comprendre sa pensée. Là il rappelle que la "surgénération" est la solution, mais :

*"à long terme",*

puis tout de suite :

*"pour ces périodes lointaines, toutes les prévisions sont aléatoires, et je m'arrêteraï là sur ce sujet." (p. 820).*

Mais il y revient disant que l'arrêt de Superphenix a privé la France pour son plutonium :

*"de son débouché projeté, visant le long terme".*

Et là c'est vraiment fini, et suit une page et demie (821-822) sur le MOX irradié, sans solution connue autre qu'une adaptation de la lointaine transmutation avec un "*La durée nécessaire est-elle humainement réalisable ?*" (p. 821).

### Pour transformer une grande partie de l'uranium 238 en RNR, il faudrait des siècles

Le qualificatif de "surgénérateur" qu'on leur donne volontiers exerce une fascination évidente : les RNR doivent produire plus de matière première, le plutonium, qu'ils n'en consomment.

*"...la filière surgénératrice à neutrons rapides permettrait de tirer, même compte tenu des pertes aux retraitement, 60 fois plus d'énergie de 1 kg d'uranium naturel que la filière des réacteurs à eau !" (P. Reuss, CEA, 1998, p. 100).*

Soit si on prend les 167 Gtep du memento CEA (voir tableau dans commentaire de l'article de J.C. André "les besoins énergétiques", p. 43) et qu'on les multiplie par 60 = 10 020 Gtep.

C'est bien ce que fait aussi le fascicule "informations utiles" du CEA (1998, p. 14), qui après avoir donné l'équivalent énergie des réserve de minerai d'uranium en réacteur thermique (167 Gtep), ajoute "mais jusqu'à 8400 Gtep en faisant appel aux réacteurs à neutrons rapides" (soit 50 fois plus d'énergie au lieu de 60 fois chez P. Reuss bien que dans les 2 cas ce soit le CEA qui parle).

Mais revenons à la physique :

Les éléments fissiles, noyaux lourds, ont la particularité d'émettre plusieurs neutrons par fission. Mais même dans ces noyaux, il y a des captures sans fission. Le paramètre utile est donc celui qui regarde le nombre de neutrons par absorption qui servent vraiment à renvoyer la balle, et qu'on appelle facteur de reproduction,  $\eta$  :

"facteur de reproduction", $\eta$		
	REP	RNR
Uranium 235	2,1	1,9
Plutonium 239	2,1	2,3

Chaque fois qu'un noyau fissile est consommé,  $\eta$  neutrons sont produits. Parmi eux, un sera absorbé par la matière fissile pour entretenir la réaction en chaîne juste équilibrée; et donc les autres, soit  $\eta-1$ , restent disponibles pour n'importe quelle autre réaction et notamment la conversion. "En pratique, compte tenu des autres captures stériles inévitables, il faut que  $\eta$  dépasse sensiblement 2 pour qu'un système puisse être surgénérateur (facteur de conversion plus grand que 1)". Et les valeurs de  $\eta$  données plus haut montrent "clairement que parmi les réacteurs "classiques", seuls les réacteurs à neutrons rapides utilisant le plutonium peuvent être rendus surgénérateurs." (la "surgénération" ne peut être établie que par un bilan en fin de vie d'un réacteur). Mais il n'existe pas de cœur de réacteur qui puissent être "surgénérateur". Pour atteindre la surgénération il faudrait récupérer tout le temps les neutrons par des "couvertures" (P. Reuss, p.78, 82 et 104) :

facteurs de conversion pratiques (P. Reuss 1998, p. 104)			
REP cœur	RNR cœur	RNR avec couvertures axiales	RNR avec couvertures axiales et couvertures radiales
0,6	0,8	1,0	1,2
il est possible d'accroître aussi la conversion d'un REP avec des couvertures			

Donc :

- il faut l'U238 comme métal encaissant fertile dans le cœur et mis en "couvertures" et "axiales" et "radiales";
- l'élément fissile doit être du plutonium 239 et il en faut beaucoup : 15 à 25 %. C'est un combustible MOX très enrichi. L'utilisation du plutonium est plus difficile et plus chère "car le plutonium est plus actif que l'uranium (il doit être manipulé en boîte à gants)." (P. Reuss 1998, p. 102).

Même si un réacteur n'atteint pas en pratique la surgénération, il y aura proportionnellement plus d'uranium 238 transformé en plutonium que dans le cœur d'un REP. Le tableau ci dessus montre que suivant la configuration on peut en faire de 1,3 à 2× plus (au maximum), relativement aux noyaux fissiles de départ. On se retrouve donc avec un Mox très irradié : très fort dégagement de chaleur, très forte irradiation et très forte émission neutronique, probablement dans ce cas au delà de 10 fois les valeurs des combustibles U235 actuels. Temps d'attente pour refroidissement avant transport en usine de retraitement (dédiée à ce type de combustible) où l'on séparera le plutonium et l'uranium du "reste". Les discussions sur la retraitabilité du Mox actuel, deux fois moins enrichi au départ qu'il ne doit l'être dans un RNR, montre que cela serait beaucoup plus difficile que le retraitement actuel : risques encore accrus de criticité, détérioration accélérée du solvant utilisé pour le plutonium par certains de ses isotopes. On nous dit aujourd'hui que tout cela devrait être "réexaminé" (IPSN, Contrôle n° 138, p. 59).

Issu de MOX enrichi, ce "reste" va contenir plus de 10 fois plus (15-20×?) d'actinides que pour un combustible U235 actuel (voir "Le Mox..." dans commentaire de l'article de R. Dautray p. 39). Le facteur de concentration liquide devra être augmenté puis le nombre de fûts de verre pour des raisons de sécurité (Contrôle n° 138, p. 59). Donc proportionnellement plus de déchets "C". Cela pour le cœur. Par ailleurs il faudra retraiter également les couvertures. Et l'on voit par le tableau ci-dessus que la meilleure conversion obtenue est surtout due à une singulière augmentation du tonnage de matière à retraiter.

L'uranium de retraitement est devenu aussi un peu émetteurs gamma (= à distance) par impuretés (problème d'irradiation externe dans les usines de combustible). Ensuite il faut renvoyer ça dans une usine de combustible et recommencer en RNR (le combustible devra être fabriqué en fonction de la composition isotopique variable du plutonium). Il semble qu'il faille compter une bonne dizaine d'année pour un tour d'après la source Belge citée pour la transmutation (voir p. 38 "La réalisation en elle même..."). A chaque tour on augmente le problème des impuretés donc de la protection du personnel et la complexité de la composition du plutonium entre ses différents isotopes, certains grand émetteur neutroniques ou de chaleur. On a visiblement jamais été très loin dans cette voie puisque parlant du multi-recyclage du plutonium de la filière RNR, P. Reuss, neutronicien du CEA (1998, p. 103) emploie le conditionnel.

□ Si l'on nous dit qu'au bout du compte, et le nombre de "tours" n'est jamais précisé, on aura extrait 50 ou 60 fois plus d'énergie, il faut dire aussi qu'on aura du retourner en usine de retraitement autant de fois et qu'on aura par conséquent multiplié les rejets en mer et atmosphère par autant de tour. Vu la réputation de ces usines pour le "1%" de plutonium actuel, il est difficile de penser que cela ne poserait pas un problème d'acceptabilité sociale. Ce retraitement multiple se substituerait théoriquement au déchet U 238 appauvri, un



problème que l'on a aujourd'hui (on l'empile à Pierrelatte et à Bessines). Enfin on aura fabriqué proportionnellement considérablement plus d'actinides mineurs pour lesquels faut-il rappeler, on cherche aujourd'hui désespérément une solution.

Donc finalement P. Reuss écrit (1998, p. 100) :

*"(on s'arrête souvent à ce seul chiffre [60×énergie]: s'il est sans aucun doute correct, il faut toutefois préciser qu'épuiser l'uranium 238 suppose de multiples recyclages des matières et donc beaucoup de temps -des siècles- ... et d'argent, puisque la surgénération impose des couvertures et un retraitement systématique des assemblages irradiés dans le cœur et dans les couvertures."*

C'est exactement la même situation que la transmutation : des siècles, un système complexe et un coût que P Reuss nous annonce très élevé. Peut-être veut-il dire aussi que pour la mise au point de tout ça, il faudrait une dotation publique au CEA civil bien grasse. En fait un tel projet devrait sûrement être accompagné de transmutation à cause de la grande quantité d'actinides produits et aussi du plutonium résiduel. On reste dans les siècles et une filière plus complexe encore et des réacteurs qui serviraient à transmuter d'où une nouvelle dépense d'énergie pour cela.

### La France a travaillé sur la filière plutonium depuis les années 1950-1960. Elle a échoué.

Constatant la faiblesse des réserves mondiale d'uranium et planifiant un développement massif du nucléaires (en 1974, l'AIEA prévoyait 4 450 réacteurs dans le monde en l'an 2000), les experts déduisent que le prix de l'uranium va flamber et donner leur justification économique aux RNR.

*"Le cas français est sans doute exemplaire : la relecture des discours officiels des années 1950 et 1960 montre que les réacteurs à neutrons thermiques n'étaient envisagés que comme une étape transitoire destinée à constituer un stock initial de plutonium; le développement industriel de l'énergie nucléaire reposerait sur des réacteurs à neutrons rapides produisant eux-mêmes leur combustible par surgénération."* (P. Reuss, p. 91).

En 1976, André Giraud, alors administrateur général du CEA, prédit l'exploitation de 540 surgénérateurs de type Superphénix dans le monde en l'an 2000 (Contrôle n°138, p. 94).

C'est dans cette perspective, poursuivie par la France, qu'ont été construits les RNR Rhapsodie (Cadarache, 1967), Phénix (Marcoule, 1973) puis Superphenix (Creys-Malville, 1985), les usines de retraitement UP1 de Marcoule (1958) puis UP2 de La Hague (1966) et l'atelier de fabrication de combustible CFCa de Cadarache (1962).

La France s'est tout payé pour cette filière. La filière a été lancée, du temps est passé et l'arrêt de Superphenix a conclu le capotage. Les réacteurs à neutrons rapides déjà ont posé problème. L'échec a résulté à la fois d'aléas technologiques, de problèmes de sûreté et de coût.

□ Notre Superphénix possède la particularité, qu'il partage avec le réacteur RBMK qui a explosé à Tchernobyl, d'avoir un "coefficient de vide positif", qui le rend particulièrement instable en cas de défaut de refroidissement du cœur (Belbeoch B. & R. 2002, p. 138). Il contenait 7 tonnes de plutonium. On a eu sur Phénix (et sans perte de refroidissement) des perturbations de réactivités non expliquées (P. Tanguy Rev. Gén. Nucl. n°6).

□ L'opacité du sodium pose un problème assez insurmontable. En 1992, Michel Lavérie Directeur de la DSIN écrivait : *"Contrairement aux réacteurs à eau pour lesquels il suffit de quelques jours pour examiner in situ tout composant sur lequel on aurait le moindre doute, une intervention souhaitable dans la cuve de Superphenix se chiffrait en année d'arrêt (entre le déchargement du combustible et la vidange du sodium). De plus, la mise en air des structures pourrait engendrer des dégâts de corrosions irréversibles. (...) la sûreté d'un réacteur ne peut être raisonnablement assurée s'il n'est pas possible en cas de doute, d'en contrôler toutes les structures ... la cuve principale et les tubes générateurs de vapeur illustrent ce problèmes."* (reproduit dans Gazette Nucléaire 165/166, p. 26). Avoir écrit cela vaudra à M. Lavérie d'être littéralement "viré" par l'avocat-financier D. Strauss-Kahn, alors ministre de l'industrie. Mais le successeur à la tête de la DSIN, A.C. Lacoste reprendra les mêmes termes en 1994. Le plus extraordinaire vint à la fermeture lorsque les exploitants durent avouer que l'arrêt avec vidange n'avait pas été prévu, qu'il fallait construire des répliques de combustible en inox pour cela. Cela a éclairé d'un jour nouveau l'argument de la DSIN quand à la "non-inspectabilité" de ce réacteur (voir plus bas aussi pour le coût de la vidange).

□ Réactivité du sodium : Superphenix contenait 3500 tonnes de sodium dans le circuit primaire, 1500 t dans le circuit secondaire et 700 t avec le barillet de chargement, ce dernier ayant eu une fuite de 20 t (trou de 1mm dans l'inox) récupéré par une deuxième cuve. Il y a eu une entrée d'air dans l'enceinte primaire du cœur (dans le sodium avec le problème de produits de précipitation). Le sodium (liquide à partir de 98°C) s'enflamme au contact de l'air et explose en présence d'eau, avec formation de fumées très opaques d'oxyde de sodium qui forme de la soude caustique dans les pounons (onze ans après l'arrêt de Rapsodie, une mauvaise manipulation de sodium dans un fond de cuve a provoqué une explosion, tuant une personne et en blessant 4 autres). Le 13/11/98, c'est Phénix qui a du être arrêté à la suite d'une fuite de sodium qui passait la deuxième barrière de confinement (Investigation Plutonium n° 19, p. 6).

Les problèmes demeurent alors même que les prototypes (Rhapsodie et Phénix) mis en service en 1967 et 1973 sont antérieurs aux premiers grands réacteurs à eau pressurisée de licence américaine. Ce n'est donc ni le temps ni l'argent qui ont manqué. R. Dautray, bien qu'il déclare au tout début de son article "*que les bases de la faisabilité scientifiques sont prouvées.*" pour les RNR (p. 812) les présentent plus loin de manière fort nuancée (p. 822) :

*"Ces réacteurs ayant des flux élevés de neutrons rapides pourront-ils bénéficier de l'expérience considérable du passé, tant du point de vue de l'exploitation que ceux de la maintenance, de la détection des incidents et des réparations nécessaires, des irradiations de produits de corrosion ou des impuretés et des contaminations ainsi entraînées, des manutentions d'autant de cibles et d'éléments combustibles irradiants et éventuellement contaminés, etc. ? Cela impliquera un examen approfondi de la radioprotection. Il faut y ajouter tous les aspects de sûreté liés aux fractions de neutrons retardés, relativement très faibles, et aux coefficients de réactivité insuffisants, voire positif."*

On comprend bien que ce n'est pas seulement pour un problème d'opinion publique que l'arrêt de Superphenix a été accepté.

□ L'électricité produite par ce moyen "*semble devoir être inexorablement plus chère que celle produite par les réacteurs à eau.*" dit le CEA (P. Reuss, 1998 p. 100). Le 06 oct. 96, la Cours des Comptes a évalué le coût prévisionnel de superphenix à l'an 2000 à 60 milliards de francs. La centrale continue à coûter quelques 800 millions de francs par an et la vidange du sodium et le déchargement des 650 assemblages du cœur va coûter 17 milliards (Investigation plutonium, n°19, p. 6).

Mais on a bien peu parlé de tout le côté "**système**" du projet dans les media. Combien de cycles a-t-on fait avec les petits réacteurs de recherche ? Les difficultés annoncées s'il fallait retraiter le Mox actuel (et cela ne serait que l'entrée dans un deuxième tour) montre qu'il reste beaucoup d'inconnues. Il est clair que les techniciens du nucléaires présentent désormais la mise en application du système comme une simple potentialité à étudier sur le très long terme. Alors qu'ils ont déjà travaillé sur la filière des décennies et qu'on a beaucoup sollicité le contribuable pour cela. Il semble surtout que ce soit eux qui n'y croit plus. Paul Reuss n'en arrive-t-il pas à la réflexion suivante (1998, p. 104) :

*"En quelques années, la perspective des étude sur les réacteurs à neutrons rapides s'est ainsi totalement inversée : après avoir été considéré comme une matière noble -énergétique- nécessaire au développement exponentiel de cette filière, le plutonium a presque été relégué au rang d'un déchet, non seulement par lui même mais aussi et surtout par les éléments transplutoniens se formant s'il est irradié."*

Le projet CAPRA du CEA lancé en 1993 (toujours grâce aux contribuables) est dédié spécifiquement à l'étude de la destruction du plutonium en RNR !

### Les Projets nucléaires d'EDF jusqu'en 2070 : pas de RNR

EDF déclare ne plus vouloir retraiter tous ses combustibles irradiés classiques et ne pas vouloir retraiter le Mox (pour ce dernier ni à court, ni à moyen terme). A La Hague les carnets de contrats étrangers se vident.

Le démantèlement des armes atomiques n'a fait qu'augmenter les stocks de plutonium 239. EDF qui produit déjà plus de plutonium qu'elle n'en consomme ne veut pas du plutonium russe, et a même refusé de prendre en charge gratuitement le plutonium néerlandais, (Wise dans Contrôle n°138, p. 96).

Dans une stratégie (un scénario du maintien d'une grosse production nucléaire) à l'an 2070 rapportée dans le rapport CNE 1999, EDF ne prend pas en compte les RNR.

Elle donne un scénario de continuation de la situation actuelle sur ces 70 ans, autrement dit de continuer sur l'importation d'uranium naturel (les 167 Gtep, p. 43) avec récupération des 1% de plutonium mis dans du MOX (monorecyclage) pour est-il-dit, équilibrer la production-consommation de plutonium. La CNE remarque dans son rapport 99 :

*"Aujourd'hui, EDF ne justifie pas la politique du monorecyclage sous l'angle énergétique, mais la présente davantage comme un mode de gestion de l'aval du cycle par la concentration du plutonium, visant ainsi à limiter la quantité de combustibles usés non retraités et mis en entreposage." ( Davis, M. 2001, p. 88).*

## ANNEXE IV

## Hydrogène : tout est bon pour avoir des sous pour lancer une filière HTR

La première phrase du résumé (en anglais et en français) de R. Dautray, le passage obligé de toute lecture, même d'une personne qui ne fait que feuilleter la revue, est :

*"L'énergie nucléaire, et plus précisément l'électronucléaire (associé à la production d'hydrogène), peut remplacer les combustibles fossiles, en contribuant aussi peu à l'effet de serre que les énergies renouvelables."*

Dans son chapitre 2 où il présente les 5 problèmes du nucléaire, il envoie des signes d'espoir, ainsi :

*"Citons aussi la possibilité de la production d'hydrogène comme carburant universel à partir de l'énergie nucléaire." (p. 813)*

Et finalement dans son chapitre "l'accumulation actuelle du plutonium", parlant des réacteurs innovants, essentiellement pour la transmutation, il écrit :

*"4.3 Réacteurs innovants. Tant pour éliminer du plutonium accumulé et/ou .. (...) ..que pour (...) ... produire de l'hydrogène dans les meilleures conditions de son utilisation ultérieure, etc. on voit des projets de réacteurs innovants" se multiplier : ..."*

Quelques lignes plus bas :

*"Des exemples de ces potentialités sont la production d'hydrogène, qui, utilisé dans des piles à combustible, pourrait devenir le combustible de demain, les portables (de toute taille), les deux-roues, les véhicules légers comme aussi les transports en commun urbains, les habitations (fournissant électricité, chaleur et climatisation décentralisées, quand c'est nécessaire ou/et utile, etc.). Avec les seules connaissances d'aujourd'hui, on peut affirmer que la relève des combustibles fossiles, pourra progressivement, se faire avec le couple vraiment apparié nucléaire-hydrogène (pile à combustible).*

*Voici, avec l'électronucléaire étudié dans le présent texte, une voie nouvelle qui s'ouvre." (p. 822).*

Puis l'article replonge dans la sombre complexité de la transmutation. On en saura pas plus.

Je suis remonté à la CNE pour savoir comment R. Dautray comptait produire son hydrogène : par extraction chimique m'a-t-on répondu. Mais alors, le nucléaire...

C'est qu'il existe une filière nucléaire appelée HTR m'a-t-on informé qui fonctionne à très haute température. Le mystère s'arrête là. L'un des moyens de produire de l'hydrogène, appelé extraction chimique, est une réduction de l'eau à très haute température, 900 à 1000°C en présence d'un réducteur énergétique (fer, carbone ou tout autre système réducteur). *"Cette réaction, longtemps exploitée industriellement, est actuellement presque abandonnée en raison du prix de revient."* ("Chimie 2<sup>è</sup>", R. Faucher, Hatier, 1966). De fait je n'ai pas pu retrouver ce moyen de production dans les ouvrages actuels (absent de Encyclopedia of physical Science 1987, absent de "Technique de l'ingénieur" 2001).

D'où l'idée du CEA, de dire que, puisqu'on construirait des réacteurs dont le fluide caloporteur aura ces températures, il devrait y avoir moyen de reprendre cette vieille méthode coûteuse...

La filière HTR est brièvement mentionnée dans P. Reuss (1998, p. 89) :

*"La filière graphite et combustible enrichi est prometteuse : les HTR, réacteurs à haute température refroidis à l'hélium, où le combustible est formé de particules enrobées de graphite et compactées dans une matrice elle-même en graphite sont aujourd'hui au stade de quelques prototypes; ils permettraient d'obtenir de la chaleur à beaucoup plus haute température que les autres filières (meilleurs rendement, autres utilisations de la chaleur envisageable) et se présenteraient favorablement sous l'angle de la sûreté et de l'utilisation des noyaux lourds.*

*En revanche la filière soviétique RBMK... " etc.*

On parle au conditionnel de l'aspect "favorable" de la sûreté. Pour le moment cette filière rencontre des problèmes de tenue des matériaux de structure m'a-t-on précisé. S'il existe quelques prototypes, pas en France. Et le CEA a le projet d'en construire un. C'est pour un tel prototype que J.C. André crie à l'urgence :

*"En revanche, le développement de nouvelles filières comme l'HTR, avec une sécurité intrinsèquement plus forte et un meilleur confinement pour les déchets (...), nécessite de prendre des décisions sensiblement plus tôt, c'est à dire en 2005-2006, étant donné en particulier, la nécessité de tester le prototype de ces nouveaux réacteurs." (p. 839).*

Il semble que le CEA se soit senti obligé d'aller chercher la bonne vieille chimie comme alibi.

Puisque, la petite parenthèse de P. Reuss, CEA, en 1998 :

*"(... autres utilisations de la chaleur envisageable)",*

s'est transfigurée en 3 ans (2001) en :

"Citons aussi la possibilité de la production d'hydrogène comme carburant universel à partir de l'énergie nucléaire.", "... le couple vraiment apparié nucléaire-hydrogène (pile à combustible)." (R. Dautray, CEA, p. 813)

Déjà bien sûr, la première question serait de savoir si la filière HTR arriverait à surmonter ses problèmes techniques. Ensuite il faudrait voir si elle a un intérêt commercial pour quelqu'un. C'est une filière nucléaire "classique", c'est la réaction de fission, c'est la dangerosité majeure en cas d'accident, et c'est la prévision de fabriquer des nouveaux déchets nucléaires. D'ailleurs le CEA ne classe le graphite irradié ni dans les déchets "A" ni dans les "B" ni dans les "C". On ne sait pas encore officiellement ce qu'on va faire du graphite irradié de l'ancienne filière CEA UNGG ("Soulaines" en reçoit un peu).

Si le CEA réussit à avoir ses prototypes, et si dans quelques décennies il nous annonce que ça fonctionne, et s'il nous annonce que c'est compétitif, et si l'on a besoin d'hydrogène, et si l'on a pas d'autres sources d'hydrogène, alors il faudra passer à la troisième étape et voir par un prototype de "couplage", s'il est possible de coller une usine chimique à de tels réacteurs. L'usine à hydrogène récupérerait la chaleur via l'hélium m'a-t-on dit à la CNE. Il y aurait donc des voies de passage à travers l'enceinte du réacteur pour des conduits d'hélium à plus de 1000°C vers l'entité chimique. Ce serait encore moins facile de maintenir son étanchéité. L'idée va dans la direction complètement inverse à celle prise actuellement par le nucléaire d'autres pays de la recherche d'une sécurité "passive", "pardonnante". On fabriquerait un complexe qui cumulerait le risque nucléaire au risque chimique, le tout à très haute température, et au pied duquel se croiseraient des camions de combustible irradié et d'hydrogène...

Il faut enfouir d'urgence les déchets qui représentent un danger majeur en surface, mais prévoir de construire de tels jolis pétards ne pose aucun problème à R. Dautray. Enfin la réaction chimique invoquée est coûteuse. Le "bon hydrogène" ne pourrait être produit que grâce à la production parallèle de "mauvais" déchets et rejets radioactifs. Produit par ce moyens l'hydrogène laisserait des traces indélébiles de pollutions (nucléaire) comme on les connaît déjà. Et puisque R. Dautray parle de l'hydrogène produit de cette façon comme l'énergie "universelle" (p. 813) de "demain" (p. 822), et vu que, s'il est une énergie qui ne va pas durer longtemps à cause de ses réserves réduites, c'est bien le nucléaire (cf. tableau p. 43 du présent document), alors cela implique que R. Dautray pense à un couplage entre la filière HTR/chimie et la mythique filière RNR. Nous voilà revenu à la case départ de l'annexe III.

### Les Piles à combustible

Si les moteurs connaissent la limitation du cycle de Carnot de la conversion de chaleur en travail, ce n'est pas le cas de la pile à combustible inventée en 1889 par W. Grove. Celles-ci, comme des batteries ordinaires, convertissent par une réaction électrochimique d'oxydation l'énergie chimique du combustible en courant continu à une température relativement basse (ce qui n'empêche pas que certaines filières fonctionnent à haute température à cause du choix de l'électrolyte). A la différence d'une batterie ordinaire, les réactifs et produits sont renouvelés en continu. Ses rendements électriques (40 à 55% selon les filières) ou thermiques sont élevés, les sous-produits très peu polluants et il n'y a pas de bruit. Plusieurs filières peuvent donc fonctionner au plus près de l'utilisateur et la chaleur peut aisément être utilisée sur place (voir commutée en froid l'été). Elles sont modulaires et permettent une extension progressive de la puissance installée au fur et à mesure de la demande. Ce sont des concurrents potentiels des moteurs.

Disons tout de suite qu'elles ont un très gros défaut : leur coût beaucoup plus élevé (pièces onéreuses et durée de vie actuellement limitée).

C'est pour cette raison que seuls des programmes où le coût n'importait pas, la conquête de l'espace, ont permis les premières réalisations pratiques dans les années 60.

Le cœur de beaucoup de piles fonctionne à l'oxygène et hydrogène. Il s'y réalise l'inverse de la réaction familière de l'électrolyse de l'eau. Sur terre, l'oxygène est celui de l'air. Comme source d'hydrogène, il y a plusieurs possibilités, hydrogène pur ou des hydrocarbures. En pratique un réacteur chimique est intégré en amont du cœur de pile :

*"Le système réacteur chimique/réservoir peut être d'extrêmes aussi variés que, une bouteille d'hydrogène cryogénique avec un moyen de contrôle de la température et pression du gaz transmis au cœur de pile, jusqu'à une station de gazéification de charbon avec unité de traitement des effluents. Le premier est utilisé dans des applications spatiales (Gemini, Apollo, et la Navette spatiale). Le dernier est un système en cours de développement qui pourrait résulter en la conversion la plus efficace et acceptable en terme d'environnement du charbon en électricité."* (Encyclopedia of physical Science and Technology, vol. 5, 1987, p. 628, traduit).

Parmi les hydrocarbures comme source d'hydrogène, on peut utiliser méthanol, naphta (coupes pétrolières à faible indice d'octanes), fiouls légers, gaz naturel. Si le combustible contient de l'oxyde de carbone (gaz de reformage, gaz de décharge ou ex-biomasse, gaz de synthèse ex-charbon, etc.) et que la filière ne peut l'accepter

directement [certaines peuvent, pas toutes], on a recours à la réaction de substitution  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$  (EDF; Gazette nucléaire 173/174, p. 7-10).

Le cœur de la pile lui même peut fonctionner avec de l'oxyde de carbone, CO, en place de l'hydrogène, toujours avec l'oxygène (dans un cas comme dans l'autre, il y a réaction libérant une énergie importante).

L'énergie potentielle se transforme via un transfert d'électrons à travers un circuit extérieur, directement en tension et courant continu, qu'on peut ensuite transformer en courant alternatif dans une interface électronique.

Pour certaines applications, les piles à combustibles sont à la limite de l'usage commercial. Actuellement en France, des piles à combustible au gaz naturel d'une puissance électrique générée de 1,3MW produisant 4,8GWh/an, pour des hôpitaux par exemple, apparaissent rentables à l'horizon 2010 sous certaines conditions. Les trois paramètres déterminants sont le coût de base de l'investissement (doit être inférieur à 1000 euros/KW), la durée de crédit-bail (12 ans) et le tarif d'achat du courant produit (40 cF/kWh en base, 60 cF/kWh en semi-base). Toutes ces valeurs sont dans l'ordre du possible. En terme d'émission de  $\text{CO}_2$  (puisqu'elles marchent au gaz), le bilan est favorable, comparable à celui des turbines à gaz (revue de l'Electricité et de l'Electronique, n°2, fév. 2002). Les rejets toxiques du type CO ou  $\text{NO}_x$  sont environs 20 à 50 fois inférieurs à ceux d'une turbine à combustion.

*"Il n'est pas certains que les piles à combustible tiennent entièrement leurs promesses, elles se heurteront en tout cas à la forte concurrence des moteurs et turbines divers qui progressent eux aussi (...)*

*Des scénarios où des piles réversibles interviendraient dans un recours à grande échelle au vecteur hydrogène n'ont de vraisemblance que dans un contexte de forte hausse des hydrocarbures."* (EDF, Gazette nucléaire 173/174, p. 7-10)

Pour ce qui est des petits usages (équivalents groupes électrogènes, véhicules particuliers) la compétitivité commerciale semble très difficile à réaliser (Encyclopedia of physical Science and Technology, vol. 5, 1987, p. 629).

## "Soulaines sur sables verts" dans 330 ans

### ACTIVITE MASSIQUE DES DECHETS A LA "BANALISATION" (330 ans)

(ANDRA, Rapport Provisoire de Sûreté, 01/1991 - 06/1992, émetteur DSPE, identification n°754 RP 0501, Vol. III, chap.3, tableau 2.1; Vol. I, chap.4, p.9 et tableaux 3.3 et 3.4)

capacité nominale : **1 million de mètres cube de colis de déchets radioactifs** (Décret du 04/09/89)  
soit pour une densité moyenne de 1770 kg/m<sup>3</sup> (Commission Turpin, p. 37-38) un total de **1,77 milliard de kg.**

émetteurs bêta-gamma		période	Bq/kg
<sup>3</sup> H	tritium	12,3 ans	0,06
<sup>14</sup> C	carbone 14	5730 ans	280 000
<sup>60</sup> Co	cobalt 60	5,3 ans	0
<sup>59</sup> Ni	nickel 59	75 000 ans	800 000
	(proposition de majoration de l'activité. initiale d'un facteur 3,6)		
<sup>63</sup> Ni	nickel 63	123 ans	5 200 000
	(notre calcul, à partir du décret du 04/09/89 est 3 à 3 500 000)		
<sup>90</sup> Sr	strontium 90	29 ans	13 000
<sup>94</sup> Nb	niobium 90	20 000 ans	7000
	(proposition de majoration de l'activité initiale d'un facteur 2)		
<sup>129</sup> I	iode 129	16 millions d'années	2200
<sup>99</sup> Tc	technétium 99	210 000 ans	4400
	(proposition de majoration de l'activité. initiale d'un facteur 2)		
<sup>93</sup> Zr	zirconium 93	1,5 millions d'années	30 000
	(proposition de majoration de l'activité. initiale d'un facteur 10)		
<sup>93</sup> Mo	molybdène 93	3500 ans	16 000
	(proposition de majoration de l'activité. initiale d'un facteur 4,3)		
<sup>107</sup> Pd	palladium 107	6,5 millions d'années	2 200 000
<sup>151</sup> Sm	samarium 151	90 ans	200 000
	(proposition de majoration de l'activité. initiale d'un facteur 3,3)		
<sup>135</sup> Cs	césium 135	2,3 millions d'années	4600
	(proposition de majoration de l'activité. initiale d'un facteur 10)		
<sup>137</sup> Cs	césium 137	30 ans	110 000
	Activité massique totale en émetteurs bêta-gamma		8 867 200 Bqβγ/Kg
			(avant majoration)

émetteurs alpha		période	Bq/Kg
<sup>241</sup> Pu	plutonium 241	14,7 ans	0,7
<sup>237</sup> Np	neptunium 237	2,1 millions d'années	790 *
<sup>238</sup> U	uranium 238	4,5 milliards d'années	1500
	(proposition de majoration de l'activité. initiale d'un facteur 10)		
<sup>239</sup> Pu	plutonium 239	24 000 ans	180 000
<sup>241</sup> Am	américium 241	470 ans	190 000
	Activité massique totale en émetteurs alpha		372 290 Bqα/Kg
			(avant majoration)

\*prise en compte de la filiation <sup>241</sup>Pu → <sup>241</sup>Am → <sup>237</sup>np

R. Dautray précise que "les tables de radionucléides des déchets mettent en œuvre plus de 140 corps.." (p. 815). Absents de marque dans ce RPS : Cl 36 (300 000 ans), Se 79 (70 000 ans), Sn 126 (100 000 ans)...