

*Renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements
 de la centrale nucléaire de Cattenom*

Note complémentaire sur les demandes d'autorisation de rejets radioactifs

Yves MARIGNAC¹, Xavier COEYTAUX²

15 octobre 2003

La présente note fait suite aux échanges avec le maître d'ouvrage, le CNPE Cattenom, lors de la réunion publique organisée dans le cadre de l'enquête publique le 10 octobre 2003 à Cattenom. Dans le cadre de l'évaluation du dossier d'enquête publique proposée par WISE-Paris (*Revue sommaire* publiée le 8 septembre), cette note constitue un approfondissement sur la question des demandes d'autorisation pour les rejets radioactifs.

Les éléments fournis par EDF dans le dossier soumis à enquête, ainsi que la présentation rapide de ses demandes et les compléments d'information apportés lors de la réunion du 10 octobre, soulèvent différents problèmes d'évaluation et de justification concernant l'évolution des rejets radioactifs de Cattenom. La note analyse en particulier l'augmentation de l'impact dosimétrique à attendre de la progression des rejets réels prévus par l'exploitant, ainsi que le poids de l'aléa lié au retour possible de problèmes de ruptures de gaines. Elle discute enfin la justification apportée par EDF pour le maintien et même l'augmentation des rejets en tritium liquide au lieu de la réduction attendue, confrontant les arguments de l'opérateur au retour d'expérience sur le parc et aux incertitudes sur les progrès futurs.

Sommaire

1. Présentation des demandes pour les rejets radioactifs par le maître d'ouvrage	2
2. Impact dosimétrique lié aux évolutions prévues par l'exploitant	3
a) Origine des rejets radioactifs de la centrale	4
b) Evolution possible des rejets radioactifs	4
c) Evolution possible de l'impact dosimétrique	6
3. Prise en compte du problème des ruptures de gaines	8
a) Le retour d'expérience des incidents de Cattenom.....	8
b) Possibilité de retour du phénomène d'inétanchéités à Cattenom	12
c) Anticipation et réaction de l'exploitant à d'éventuels défauts d'étanchéité futurs.....	13
4. Problème de la justification sur les rejets de tritium liquide	14
a) Position du maître d'ouvrage.....	15
b) Données observées sur le parc 1.300 MWe.....	16
c) Problème de justification	19

Rapport commandé par Marie-Anne Isler-Béguin, députée européenne, groupe Verts/ALE - France

¹ Directeur - yves.marignac@wise-paris.org – ² Chargé d'études - xavier.coeytaux@wise-paris.org
 Créé en 1983, WISE-Paris est une agence indépendante proposant des services d'information, d'études et de conseil sur l'énergie et l'environnement. WISE-Paris est totalement indépendant de tout autre organisme portant le nom de « WISE ». Il fournit un service d'information sur le web, *Investigation Plutonium*: www.wise-paris.org

WISE-Paris

Renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements de la centrale nucléaire de Cattenom

Note complémentaire sur les demandes d'autorisation de rejets radioactifs

Dans le cadre de l'enquête publique en cours pour le renouvellement des autorisations de prélèvement d'eau et de rejets de la centrale de Cattenom, commencée le 25 août 2003 et prolongée jusqu'au 15 octobre 2003, WISE-Paris a publié, le 8 septembre, une « Revue sommaire du dossier d'enquête publique » soumis par le maître d'ouvrage, EDF. Le 10 octobre, lors d'une réunion publique organisée par la Commission d'enquête à Cattenom, WISE-Paris a pu interroger les représentants d'EDF sur différents points soulevés dans sa note, et plus largement entendre les explications de l'exploitant sur ses demandes d'autorisation.

Au cours de cette réunion, les explications d'EDF n'ont pas fourni de réponses satisfaisantes à différentes questions. Au contraire, l'exploitant s'est livré à une présentation globalement incomplète et, sur certains points, incohérente, simplificatrice, voire en contradiction avec les faits.

A la demande de Marie-Anne Isler-Béguin, députée européenne, WISE-Paris a produit cette note additionnelle pour analyser plus en détail la question des rejets radioactifs, de leur évolution prévisible et des justifications apportées par EDF à ses demandes, à la lumière notamment du débat contradictoire suivant la présentation du dossier le 10 octobre 2003.

1. Présentation des demandes pour les rejets radioactifs par le maître d'ouvrage

La présentation des évolutions demandées par EDF, selon les transparents commentés par M. Delabre, responsable de la Mission environnement au CNPE de Cattenom, consiste à expliquer que les autorisations de rejets demandées sont, hors tritium liquide, sensiblement inférieures aux autorisations existantes. Et la présentation du maître d'ouvrage conclut à une « *division par 30 des rejets radioactifs gazeux* », et une « *division par 5 des rejets liquides hors tritium* ». Interpellé sur ces conclusions, M. Gaestel, directeur du CNPE de Cattenom, a reconnu que ceci constituait « *une erreur* ». C'est le moins que l'on puisse dire, pour qualifier cette confusion entre limites des rejets et rejets réels. Plus largement, la présentation par l'exploitant de ses demandes d'autorisation pour les rejets radioactifs apparaît tronquée au vu de ses prévisions sur l'exploitation de la centrale :

- La diminution des limites autorisées n'entraîne en aucun cas une diminution des rejets réels. Au contraire, M. Gaestel a clairement expliqué qu'il n'existe plus de marge technique pour réduire les rejets. Un document d'EDF, signé de D. Florence, de la Division production nucléaire, également présent lors de la réunion du 10 octobre, le précise très clairement : « *depuis le début des années 90, les activités rejetées par les centrales nucléaires d'EDF ont atteint un niveau "plancher" incompressible compte tenu des caractéristiques des installations existantes. Il s'agit d'une radioactivité résiduelle qui ne peut plus être réduite significativement malgré la rigueur et l'attention portée par l'exploitant à la gestion et au traitement des effluents* »¹.
- A l'inverse, bien que diminuant fortement, les autorisations demandées resteraient nettement supérieures, pour la plupart des catégories de rejets radioactifs concernés, aux rejets réels constatés ces dernières années sur le site de Cattenom. Elles conserveraient ainsi à l'exploitant une grande marge réglementaire pour gérer, sans devoir recourir à une déclaration d'incident, d'éventuels aléas sur les moyens de traitement (filtres, pièges, etc.) conduisant à des relâchements supplémentaires.

¹ Florence, D., Hartmann, Ph., « Les rejets radioactifs et chimiques des centrales nucléaires d'EDF », Congrès national de Radioprotection – SFRP 2003, Montpellier, 11-13 juin 2003.
<http://www.sfrp.asso.fr/Montpellier2003/pdf/ST7Hartmann.pdf>

- Les augmentations de rejets constatées en 2001 notamment, suite aux problèmes d'intégrité des gaines constatés sur plusieurs réacteurs de Cattenom, sont dans ce cadre considérés comme relevant du régime de « *fonctionnement normal* ». C'est pourquoi, selon l'exploitant, il n'est pas significatif que les données correspondant aux rejets de 2001 et 2002 ne soient pas présentées dans le dossier soumis à enquête². Ainsi, pour M. Gaestel, on peut parler d'une « *diminution globale depuis 1990* », tendance que ne remet pas en cause le fait qu'en 2001, la centrale ait simplement « *rejeté un peu plus de gaz* ».
- Pour le tritium, qualifié par le maître d'ouvrage de rejet « *fatal* », la demande présentée par EDF est au contraire un maintien de l'autorisation actuelle pour les prochaines années, et surtout à partir de 2006 une augmentation, destinée à suivre l'évolution vers des taux de combustion plus élevés. Si cette demande était accordée, l'évolution visée par l'exploitant conduirait alors à une augmentation effective des rejets en tritium liquide.
- En bilan global, la tendance préparée par EDF est donc une augmentation de ses rejets : au minimum, l'exploitant prévoit une stagnation de tous les rejets sauf une augmentation du tritium liquide. Pourtant, le bilan en terme d'impact dosimétrique attendu pour les populations du renouvellement des autorisations en cours serait, toujours à en croire les transparents présentés par M. Delabre, un impact favorable : les demandes sur le tritium se traduiraient par une augmentation de 0,1 µSv (micro-sievert) à la population théorique la plus exposée (groupe critique), tandis que les autres demandes conduiraient à une diminution de -1,2 µSv. D'où, selon cette présentation, « *une baisse de la dose de 1,1 µSv par an* ». Cette affirmation trompeuse s'appuie sur une estimation des doses correspondant aux limites de rejets demandées. En réalité, si l'on considère les projections sur les rejets effectifs, aucune diminution ne devrait compenser l'augmentation liée aux rejets plus élevés de tritium, conduisant globalement à un accroissement de l'impact dosimétrique des rejets réels, certes faible mais contraire aux principes généraux de radioprotection.

La présentation par le CNPE Cattenom de ce volet du dossier, ainsi que les réponses apportées au cours du débat contradictoire, lors de la réunion du 10 octobre 2002 ont soulevé de nombreux problèmes, que l'on peut regrouper autour de trois questions :

- 1) ***Quel est, calculé sur la base des rejets réels et de leur évolution prévisible, l'impact dosimétrique attendu des évolutions à court et moyen terme demandées par EDF ?***
- 2) ***Quelles garanties apporte EDF que les évolutions demandées pour la gestion du combustible ne se traduiront pas par un impact supplémentaire lié à de nouveaux problèmes imprévus sur l'étanchéité des gaines ?***
- 3) ***Quelle justification réelle le CNPE Cattenom présente-t-il à sa demande de maintien puis d'augmentation des limites de rejet en tritium liquide ?***

2. Impact dosimétrique lié aux évolutions prévues par l'exploitant

L'estimation fournie par le maître d'ouvrage sur l'impact de ses rejets radioactifs est traduite en impact dosimétrique, conçu comme une mesure de la dose à un groupe théorique. Cette mesure est présentée comme une valeur très faible et relativement abstraite, et globalement, les responsables de la gestion environnementale à EDF concluent que les rejets des centrales n'ont ni impact environnemental ni impact sanitaire réel. Ainsi que l'écrit D. Florence, « *les contrôles effectués par les sites dans le cadre de la surveillance de l'environnement montrent que l'écosystème terrestre n'est pas marqué par les rejets radioactifs des centrales* » ; et « *l'impact dosimétrique dû à ces radioéléments est inférieur au seuil de 10-20 µSv/an au-dessous duquel le risque "sanitaire" – si tant*

² Au passage, M. Gaestel souligne la durée nécessaire à l'instruction d'un tel dossier, affirmant que le CNPE de Cattenom a entamé la préparation de ce dossier en janvier 2001. Il revenait en tous les cas à l'administration chargée de l'instruction du dossier, au lieu d'accepter le pré-dossier remis par EDF en septembre 2002 et le dossier finalisé pour ouverture de l'enquête en août 2003 en l'état, d'exiger une mise à jour tenant compte du retour d'expérience des incidents sur les crayons commencés en 1999.

est qu'il existe pour ces faibles valeurs – est considéré comme négligeable (trivial au sens anglo-saxon) par les instances internationales (CIPR, AIEA) »³.

Ces points sont évidemment contestables, et contestés par des experts en radioprotection⁴. Mais selon le raisonnement de l'exploitant, « *dans ces conditions, une réduction supplémentaire des rejets radioactifs des centrales nucléaires, en supposant qu'elle soit encore possible, n'aurait aucun fondement ni sanitaire, ni économique* ». Le problème vient que l'examen approfondi des demandes d'EDF indique plutôt une projection des rejets donc de leur impact dosimétrique à la hausse.

a) Origine des rejets radioactifs de la centrale

Les matières radioactives rejetées par le CNPE de Cattenom sont produites en particulier dans les circuits primaires des quatre réacteurs que compte la centrale, selon différents mécanismes.

Il s'agit, d'une part, de produits de fission, engendrés dans les gaines des crayons combustibles par la réaction de fission des matières nucléaires. Une partie de ces produits, de par leur forme physico-chimique, diffusent totalement ou partiellement à travers les gaines du combustible pour se disséminer dans le circuit primaire. Il s'agit notamment de produits sous forme gazeuse, comme certains gaz rares (xénon, krypton) ou certains isotopes de l'iode, et de produits métalliques relativement solubles (par exemple césium). En cas de défauts d'étanchéité sur des gaines de combustible, comme cela a été le cas sur plusieurs des réacteurs de Cattenom au cours des dernières années, d'autres produits de fission peuvent être disséminés, ainsi, en cas de véritable rupture de gaine, que les matières métalliques les plus lourdes contenues dans le combustible (l'uranium et les actinides produits par activation, tels que plutonium, américium, neptunium...).

L'autre famille principale de radionucléides engendrant des rejets est l'ensemble des produits d'activation créés par interaction du flux neutronique au sein du cœur avec les différents matériaux exposés : ce phénomène concerne aussi bien les métaux (aciers de la cuve donnant des nickel et cobalt radioactifs, ou argent des grappes de commande) que les matières contenues dans le fluide du circuit primaire. Le phénomène d'activation du liquide primaire est particulièrement important en ce qui concerne la production de carbone 14 (à partir de l'oxygène 17 contenu dans l'eau du circuit primaire) et celle de tritium (essentiellement à partir du bore et du lithium contenus dans l'eau).

b) Evolution possible des rejets radioactifs

La quantité d'effluents peut varier en fonction de différents paramètres d'exploitation de la centrale :

- *techniques appliquées au traitement des effluents :*

Avant rejet des effluents gazeux ou liquides, l'opérateur a une gamme très variée de techniques à sa disposition pour réduire les relâchements dans l'environnement. Ces techniques, qui visent à concentrer et conditionner les matières radioactives présentes dans le fluide primaire, sous forme de déchets, font appel à des pièges (par exemple des résines échangeuses d'ions), des filtres, etc. Les moyens employés peuvent être plus ou moins efficaces ; la doctrine applicable en radioprotection est de mettre en œuvre les meilleures technologies disponibles.

Pour un certain nombre de radioéléments – notamment les gaz rares, sans affinités chimiques, ou le carbone 14 et le tritium, très mobiles –, les techniques de piégeage sont peu efficaces et/ou difficiles à mettre en œuvre. EDF distingue de ce point de vue les rejets dits « *maîtrisables* » et le cas du carbone 14 et du tritium, dits rejets « *fatals* »⁵. Pour ces derniers, aucune technique particulière n'est

³ Florence, D., Hartmann, Ph., « Les rejets radioactifs des centrales nucléaires et leur impact radiologique », L'évaluation et la surveillance des rejets radioactifs des installations nucléaires, Congrès de la SFR), Strasbourg, 13-14 novembre 2002.
<http://www.sfrp.asso.fr/MAN/pdf/Florence.pdf>

⁴ Sur la mesure des impacts environnementaux et sanitaires du CNPE de Cattenom, voir Chareyron, B., *Etude critique du dossier Cattenom*, Note CRII-Rad 03-27, 22 septembre 2003.
<http://www.criirad.com/criirad/actualites/Communiqués/Cattenom/Etudecattenom03.pdf>

⁵ Reybrobellet Bernard (EDF - division production nucléaire), « Les rejets des centrales nucléaires d'EDF », *Contrôle 137*, novembre 2000.
<http://www.asn.gouv.fr/Publications/dossiers/c137/05.asp>

prévue. Pour les autres, EDF considère être arrivée au maximum des possibilités techniques, c'est-à-dire à un niveau « *plancher* » de rejets, à un coût raisonnable et justifié⁶, même si la comparaison avec les centrales d'autres pays montre que des niveaux de rejets plus faibles sont techniquement possibles⁷.

- *performance de la centrale en terme de production électrique :*

Les rejets sont sujets à variation en fonction de la quantité d'énergie produite par la centrale. En fait, toute augmentation (ou diminution) de la production d'électricité dans un réacteur se traduit par une plus grande activité neutronique, conduisant à davantage (ou moins) de fissions et d'activation. Ainsi, pour de nombreux nucléides, en fonctionnement normal, il existe une relation quasi-linéaire entre la production électrique et les quantités générées dans le circuit primaire.

Bien que la puissance électrique de la centrale de Cattenom, dimensionnée notamment par des équipements lourds des réacteurs (cuves, etc.), ne soit pas ou très peu modifiable, la production d'électricité correspondante peut varier en fonction des conditions de disponibilité et du degré d'utilisation des réacteurs. Cette « productivité » est mesurée par un coefficient, le K_p ⁸. Le parc français fonctionne actuellement avec un K_p bas, de 75 % environ (malgré une bonne disponibilité, son utilisation n'est pas maximale du fait de sa surcapacité⁹), à comparer avec les 85 % atteints par certains parcs étrangers. Aussi EDF vise, pour améliorer sa rentabilité, à augmenter à Cattenom comme ailleurs la productivité de ses centrales : entre 1992 (première année complète d'exploitation de son 4^{ème} réacteur) et 2002, le CNPE a fonctionné avec un K_p de 73,7 %

- *effets indirects des modifications des paramètres d'exploitation en fonctionnement normal :*

Les modifications des paramètres liés au combustible ou à la conduite de l'installation sont également susceptibles, par des effets indirects, d'augmenter les rejets en fonctionnement normal. Tout changement sur les différents composants du cœur du réacteur (matériaux, équipements, composition du fluide primaire, etc.) se traduit par une variation des effets induits par le flux neutronique, modifiant quantitativement voire qualitativement le spectre des radionucléides contaminant le circuit primaire.

L'exemple le plus marquant, pour le dossier Cattenom, est l'augmentation de la teneur en tritium du circuit primaire en cas d'augmentation des taux de combustion. Celle-ci implique en effet une augmentation de l'enrichissement initial en uranium fissile (isotope 235) du combustible qui implique, pour garder le même contrôle de la réaction en chaîne, une augmentation de la présence de modérateur (chargé de ralentir les neutrons) dans la cuve. Ce modérateur est le bore en solution dans le fluide primaire. L'ajout de bore dans le circuit primaire se traduit, par activation de son isotope 10, en une production accrue de tritium.

D'autres problèmes peuvent survenir dans le cadre de l'augmentation visée par EDF des taux de combustion, qui peut nécessiter notamment un changement dans la composition métallique des gaines combustibles donc des produits d'activation engendrés. C'est le cas notamment pour le nouveau gainage, dit M5, étudié actuellement par EDF pour remplacer les alliages au zirconium actuel. Celui-ci contient en particulier 1 % environ de niobium-93, qui produit par activation un isotope radioactif, le niobium-94, qui n'est pas présent actuellement dans les rejets (voir plus loin).

⁶ Florence, D., Hartmann, Ph., 2003, *op. cit.*

⁷ Voir notamment sur la situation en Allemagne : Kuppers, Ch., « Kurzstellungnahme zum Antrag auf neue Einleitungswerte radioaktiver Stoffe in die Mosel durch das Kernkraftwerk Cattenom », Öko-Institut, septembre 2003. Résumé en français : <http://www.emweltzenter.lu/meco/cattenon/communiquedfrançais.pdf>

⁸ Le facteur de charge, ou coefficient de production (K_p), est le ratio entre l'électricité réellement produite par un réacteur ou un parc et sa production maximale théorique, correspondant à un fonctionnement à plein temps (8.760 h dans l'année) à sa puissance nominale. Ce coefficient est le produit du coefficient de disponibilité (K_d) et du coefficient d'utilisation (K_u), qui mesurent respectivement le temps où le réacteur peut être utilisé et son degré effectif d'utilisation pendant ces périodes.

⁹ C'est ainsi qu'à Cattenom pour certains réacteurs la production était ces dernières années régulièrement interrompue le week-end.

• *augmentation liée à une dégradation, dans les limites de fonctionnement :*

La marge conservée par l'exploitant dans ses demandes entre les limites et les rejets réels en fonctionnement normal autorise une augmentation ponctuelle ou durable sans déclaration d'incident en cas de dégradation des conditions de fonctionnement.

Ceci concerne en premier lieu l'apparition de défauts d'étanchéité sur les gaines qui entraîne inévitablement une augmentation des taux de diffusion des produits de fission (voire des matières nucléaires) contenus dans les crayons vers le fluide primaire. Mais d'autres phénomènes peuvent intervenir. Ce serait par exemple le cas d'une augmentation de la corrosion des matériaux de la cuve ou du circuit primaire (lié par exemple à une tenue insuffisante au vieillissement, ou aux conditions thermiques ou hydrauliques rencontrées), se traduisant par l'accroissement des produits d'activation correspondants en suspension dans l'eau.

De tels phénomènes, sur les gaines ou le circuit, ne sont pas inévitablement liés aux conditions d'exploitation de la centrale. Toutefois, ils peuvent être influencés par tout renforcement des contraintes de fonctionnement imposées par l'exploitant aux composants du réacteur pour l'amélioration de ses performances. A l'inverse, l'augmentation des performances peut renforcer les effets sur les rejets : par exemple, la progression des taux d'enrichissement du combustible conduit à des concentrations plus grandes de produits de fission dans les gaines combustibles, donc à une diffusion plus forte en cas de fissure.

En conclusion, au vu des évolutions prévues par EDF, aucune diminution des rejets réels n'est à attendre dans les prochaines années et même à plus long terme. Au contraire, la tendance risque d'être à l'augmentation des rejets, en particulier des rejets dits « fatals » en carbone-14 et tritium, liée à plusieurs facteurs :

- augmentation durable des rejets due à l'amélioration de la production d'électricité de la centrale ;
- augmentation liée aux performances plus poussées recherchées dans les conditions d'exploitation ;
- augmentation ponctuelle des rejets liée à des dégradations, par exemple sur les gaines.

De telles augmentations pourront être gérées, qu'elles soient temporaires ou permanentes, dans le cadre des limites d'autorisation de rejets demandées par l'exploitant.

c) Evolution possible de l'impact dosimétrique

Les évolutions projetées entraîneront donc une augmentation de l'impact dosimétrique. Il s'agit simplement ici d'évaluer l'augmentation de la mesure retenue aujourd'hui pour évaluer ces risques, c'est-à-dire l'impact dosimétrique local et à court terme, sans entrer dans la discussion ni sur le principe de cette mesure¹⁰, ni sur sa qualité, ni sur la relation entre son augmentation et l'évolution des impacts environnementaux et sanitaires.

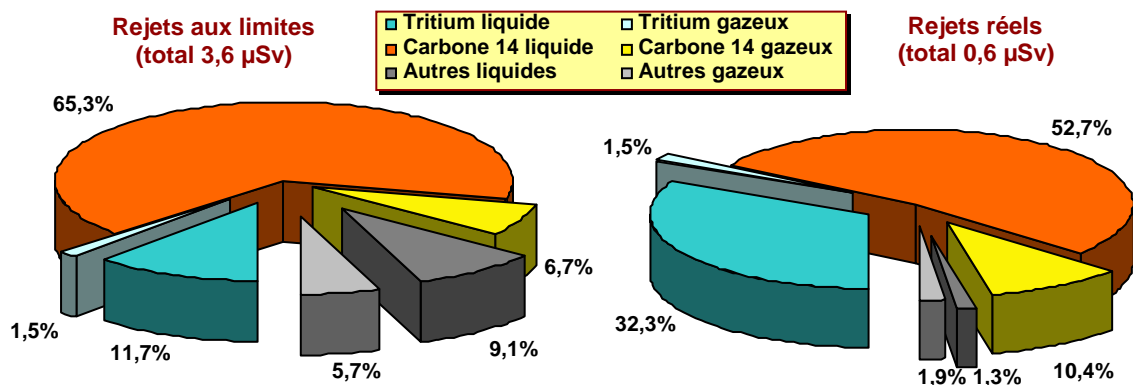
• *Evolution de l'impact dosimétrique en fonctionnement normal*

La présentation par EDF de l'impact dosimétrique de ses rejets, basée sur une évaluation enveloppe de l'impact des rejets aux limites d'autorisation, vise à garantir que les rejets, dans le cadre des autorisations, ne dépassent pas un impact jugé non significatif par l'exploitant. Cette approche ne permet pas de rendre compte du détail de l'impact réel, qu'il s'agisse de la part des différents radionucléides rejetés dans l'impact dosimétrique actuel ou de l'évolution de cet impact attendue des changements qualitatifs et quantitatifs dans les rejets.

¹⁰ Le choix de la méthode de mesure de l'impact se fixe en effet sur la dose théorique reçue, pour la génération actuelle autour de la centrale, par une population théorique exposée aux différentes voies possibles. Cette méthode ne permet pas de prendre en compte les effets à plus long terme et/ou pour des populations plus éloignées des rejets, alors que certains radionucléides rejetés se caractérisent par une très grande dispersion (ils ne restent pas autour de la centrale) ou par une très longue durée de vie (leurs effets se feront sentir sur de très nombreuses générations).

Ainsi, si les évolutions visées par EDF se traduisent par une augmentation des rejets de radionucléides présentant ces caractéristiques, l'augmentation bien réelle de l'impact en dose collective pour des populations plus éloignées dans l'espace et dans le temps est totalement masquée par le calcul d'impact dosimétrique retenu.

Figure 1 Répartition de l'impact dosimétrique calculé pour les rejets radioactifs du CNPE Cattenom : comparaison de la répartition aux limites et en rejets réels



Source : D'après EDF, CNPE Cattenom, DARPE 2003 ; CRII-Rad, 2003

La répartition de l'impact dosimétrique lié aux rejets de la centrale varie fortement selon que l'on considère l'impact estimé aux limites ou pour les rejets réels (voir Figure 1).

Celle-ci montre en tous les cas une importance prépondérante dans l'impact des rejets actuels de la part estimée par EDF comme « fatale », liée au carbone-14 et au tritium, qui représente plus de 95 % de l'impact calculé. De fait, cette situation devrait conduire à une meilleure justification que celle apportée dans le cadre de l'enquête publique par l'exploitant des évolutions envisagées, qui se traduiront inévitablement par une augmentation des rejets de ces deux radionucléides.

Il existe par exemple une différence importante de l'impact tritium liquide selon qu'on regarde sa contribution, en pourcentage, en rejets aux limites ou aux rejets réels. Ainsi, le maître d'ouvrage indique que le tritium liquide représente 15 % de l'impact dosimétrique aux limites. Or, selon une publication co-signé par D. Florence, le représentant de la Division production nucléaire dépêché à Cattenom pour la réunion du 10 octobre 2003, « les évaluations réalisées sur la base de rejets effectifs montrent que l'impact dosimétrique des rejets radioactifs est principalement imputable au carbone 14 (environ 65 %) et au tritium (environ 30 %) »¹¹.

Cette différence est évidemment importante compte tenu de la demande explicite d'EDF de pouvoir augmenter ses rejets en tritium liquide dans les prochaines années. Selon les calculs présentés par l'exploitant au cours de la réunion, l'augmentation des rejets en tritium liquide attendue de l'évolution demandée est d'environ 0,1 µSv (on est, pour ce radioélément très spécifique, dans la situation où dose au rejet limite et dose liée au rejet réel sont très proches). Si cette augmentation est très faible en valeur absolue avec la méthode de calcul présentée par EDF, elle constitue néanmoins un accroissement de plus de 15 % de la dose totale calculée pour les rejets réels.

• Evolution potentielle de l'impact dosimétrique en fonctionnement « normal » dégradé

La présentation par EDF de l'impact pour des rejets aux limites ne permet pas de mesurer précisément l'impact des rejets potentiels dans le cadre d'une situation de fonctionnement dégradée. Ces rejets, pour l'ensemble des radionucléides hors tritium et carbone-14, ont en effet un impact beaucoup plus faible (moins de 5 % de 0,6 µSv) en valeurs réelles en fonctionnement normal qu'en calcul sur les valeurs aux limites (près de 15 % de 3,6 µSv) : cette différence traduit les importantes marges que l'exploitant conserve dans ses demandes pour fonctionner « normalement », c'est-à-dire sans déclaration de situation d'incident, dans des conditions dégradées. Elle montre également que l'impact des différents radionucléides concernés, marginal en temps normal, peut devenir très significatif lorsqu'une situation particulière fait que les rejets de certains d'entre eux s'approchent des limites.

¹¹ Florence, D., Hartmann, Ph., 2002, *op. cit.*

Le dossier soumis à enquête (DARPE) par le CNPE de Cattenom est très clair sur ce choix de présentation : « *Le spectre retenu pour effectuer le calcul des conséquences radiologiques aux limites demandées est fondé sur une analyse du retour d'expérience des rejets réels de l'ensemble des centrales du parc nucléaire, mais il tient également compte de la possibilité de fonctionnement avec un gainage dégradé (...). Cette approche permet des calculs conservatifs, enveloppant les situations possibles d'exploitation* » (page C-147).

La situation s'est d'ailleurs présentée ces dernières années à Cattenom suite à d'importants problèmes sur les gaines des crayons combustibles sur plusieurs réacteurs, en particulier le réacteur 3. Le DARPE évoque rapidement, dans une note, ce problème : « *En 2001, on constate une augmentation de l'activité rejetée en certains radioéléments dû à un rejet exceptionnel réalisé lors d'un arrêt de tranche, cette tranche étant déclarée en rupture de gaine sérieuse (RGS) depuis le 06/09/00. Les demandes formulées pour les rejets radioactifs en mode GEMMES dans le présent dossier sont cependant enveloppées des rejets mesurés en 2001* » (page C-162). Puisque ces rejets, pourtant très importants notamment pour les gaz, sont dans l'enveloppe, aucun détail ne sera fourni pour mieux en estimer l'impact.

Dans le cadre de son calcul enveloppe et de l'estimation d'impact dosimétrique pour les rejets aux limites, le dossier d'enquête publique ne permet pas de mesurer les conséquences sur la dose réelle de l'augmentation des rejets, dans la limite des autorisations, constatée après les problèmes de gaine à partir de 2000. Les explications du maître d'ouvrage lors de la réunion publique de Cattenom n'ont pas apporté d'éclaircissement sur cette question.

3. Prise en compte du problème des ruptures de gaines

La centrale de Cattenom a connu ces dernières années d'importants problèmes d'étanchéité des gaines des crayons combustibles, qui ont conduit à des rejets exceptionnels et qui restent insuffisamment comprises. Cette expérience soulève des questions sur la possible réapparition du phénomène, sur la conduite qui serait suivie par EDF dans cette hypothèse et sur les éventuelles conséquences en termes de rejets. Ces questions ne sont absolument pas discutées dans le dossier soumis à enquête par le maître d'ouvrage. La réunion publique tenue à Cattenom le 10 octobre 2003 a permis d'aborder le problème, sans toutefois apporter des réponses définitives.

a) Le retour d'expérience des incidents de Cattenom

Plusieurs réacteurs de Cattenom et d'autres du palier 1.300 MWe ont subi depuis 1999 un phénomène d'usure des crayons, conduisant à un nombre important de perte d'étanchéité, dont l'origine serait une vibration particulière, appelée *fretting*, aux causes mal identifiées. Selon les explications de l'autorité de sûreté nucléaire, « *le fretting est un phénomène de vibration qui affecte les crayons des assemblages combustibles dans les cellules des grilles. Cette vibration induit des frottements, une usure de la gaine, et provoque finalement sa rupture. (...) Un défaut primaire apparaît dans un premier temps en pied d'assemblage. Ce défaut primaire peut dans un second temps donner lieu à l'apparition d'un défaut secondaire dû à l'hydruration de la gaine du combustible (réaction chimique se produisant à haute température entre le zirconium présent dans la gaine et l'eau du circuit primaire). Ces défauts s'accompagnent d'une libération de divers radioéléments, mesurables isotope par isotope* »¹².

• Explications du maître d'ouvrage

Le phénomène, apparu à Cattenom en 1999, est identifié comme une situation de défaut d'étanchéité importante – critère dit de Rupture de Gaine Sérieuse, ou RGS – depuis le 6 septembre 2000. Il n'est pourtant pas analysé dans le dossier soumis à enquête, alors que, selon les indications orales de M. Gaestel le 10 octobre 2003, le CNPE de Cattenom a commencé en janvier 2001 la préparation de ce dossier, dont le pré-dossier a été déposé à l'administration le 27 août 2002.

¹² Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR), *Rapport annuel 2002*, mars 2003.

Lors de la réunion, M. Gaestel, en guise d'explication sur les problèmes observés dans la centrale, à déclaré qu'il y avait effectivement eu, en 2001, des « anomalies combustible sur la tranche 3, qui ont été corrigées depuis ». Et précisé que ceci avait conduit simplement à « rejeter un peu plus de gaz ». A une question sur l'impact éventuel de ces dégradations sur les rejets en tritium (par libération possible du tritium contenu dans les crayons combustibles, voir plus loin), M. Florence a affirmé que de tels rejets n'avaient pas été observés car sur Cattenom-3 les usures de crayons ont produit « seulement des micro-fissures », la somme de ces micro-fissures aboutissant à l'équivalent de une ou quelques fissures importantes – ce qui par ailleurs expliquerait la conduite de l'opérateur face au problème.

• *Ampleur et gravité réelle des problèmes à Cattenom*

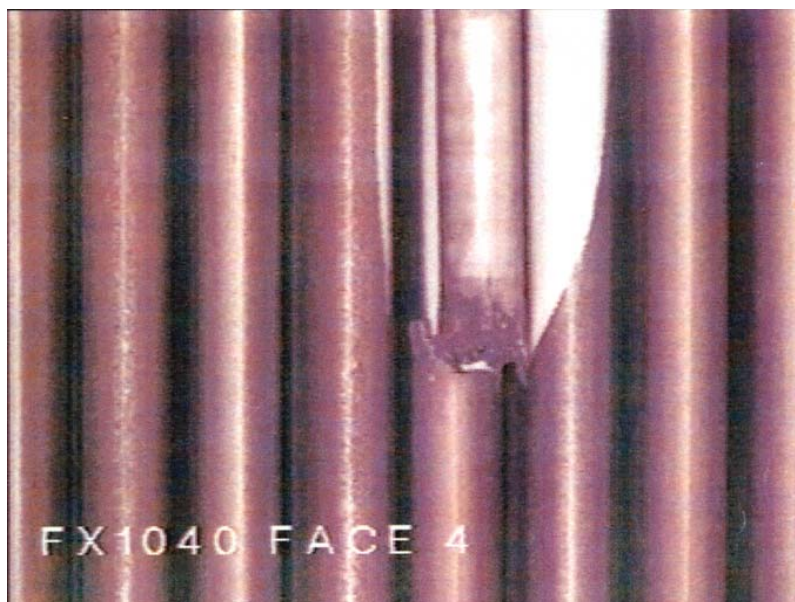
Les problèmes rencontrés sur les crayons combustibles à Cattenom sont beaucoup plus graves et exceptionnels que ces déclarations ne le laissent croire.

Dans un communiqué du 13 juin 2001, l'autorité de sûreté indiquait que les examens en cours sur les assemblages de Cattenom-3 confirmaient la présence de nombreux défauts : « les contrôles des assemblages par EDF se poursuivent ; (...) à ce jour, les défauts les plus importants sont la rupture d'un crayon ainsi que des fissures sur deux autres crayons »¹³.

Les défauts ont été principalement décrits comme consécutifs à une usure en bas de crayons. Mais les défauts primaires semblent avoir engendré d'autres dégradations : ainsi, un rapport de l'IRSN indique que « l'incident de Cattenom 3, qui s'est traduit par la présence d'un nombre important de crayons non étanches, caractérisés pour certains d'entre eux par des dommages importants en partie haute du crayon (fissure longitudinale, boursoufflement et même rupture circonférentielle) expliqués par un phénomène d'hydruration secondaire »¹⁴.

La Figure 2 montre une photographie sans ambiguïté d'une rupture très nette sur un crayon dans un assemblage issu du 8^{ème} cycle d'irradiation du réacteur de Cattenom-3.

Figure 2 Photographie d'un crayon présentant une rupture de gaine sur un assemblage du cœur de Cattenom-3, à l'issue du cycle n° 8



Source : DGSNR, 2002

¹³ DGSNR, « Cattenom (Moselle), EDF - Centrale nucléaire, Réacteur 3 - Nombreux défauts d'étanchéités d'assemblages combustibles », Communiqué du 13 juin 2001.
<http://www.asn.gouv.fr/data/evenement/11cattenom.asp>

¹⁴ IPSN, *Avis de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire sur le dossier EDF "Cycle du combustible REP français"*, Rapport DES n°468, novembre 2001.

Non seulement les problèmes à Cattenom-3 ont dépassé le stade des « *micro-fissures* » et des « *anomalies* », mais de nombreux autres réacteurs ont par la suite été touchés sur le palier 1.300 MWe, y compris sur le site de Cattenom, conduisant l'autorité de sûreté nucléaire à déclarer en janvier 2003 un incident générique.

Tableau 1 Problèmes rencontrés sur les crayons combustibles sur les réacteurs du palier 1.300 MWe (incident générique), bilan début 2003

Réacteur	Nombre d'assemblages	Nombre de crayons	n° Cycle en cours
Cattenom-3	26 ass. 3 ^{ème} cycle 2 ass. 2 ^{ème} cycle	92 crayons ~ 7 crayons	Cycle 8
Nogent-2	22 ass. 3 ^{ème} cycle 1 ass. 1 ^{er} cycle	37 crayons 2 crayons	Cycle 11
Cattenom-4	7 ass.	non communiqué	Cycle 8
Cattenom-1	2 ass.	non communiqué	Cycle 11
Penly-1	2 ass.	non communiqué	Cycle 9
Flamanville-2	1 ass.	non communiqué	Cycle 11
Golfech-1	1 ass.	non communiqué	Cycle 8
Paluel-4	1 ass.	non communiqué	Cycle 12
Nogent-2	1 ass.	non communiqué	Cycle 10
Paluel-1	1 ass.	non communiqué	Cycle 13
Penly-2	1 ass.	non communiqué	Cycle 8
Penly-2	1 ass.	non communiqué	Cycle 7

Source : DGSNR, 2003

Selon un bilan¹⁵ publié par la DGSNR le 19 février 2003, 11 réacteurs au total sur les 20 que compte le palier ont été concernés par ce problème entre fin 1999 et début 2003 (voir Tableau 1).

Au total, plus de 69 assemblages ont présenté des problèmes d'usure et de perte d'étanchéité de gainage sur un ou plusieurs crayons. Sur ces 69 assemblages, 37 au total se trouvaient dans des réacteurs de Cattenom : ainsi cette centrale représente à elle seule plus de 50 % des problèmes rencontrés dans le cadre de cet incident générique pour les huit centrales du palier 1.300 MWe.

De plus, le problème rencontré à Cattenom-3 au cours du 8^{ème} cycle d'irradiation, avec environ 100 crayons plus ou moins endommagés, représente plus de 1.000 fois la moyenne observée avant ce problème générique sur l'ensemble du parc nucléaire d'EDF, qui comptait en moyenne moins de 0,1 rupture par réacteur et par an.

Enfin, bien que ce point n'ait fait à notre connaissance l'objet d'aucune déclaration d'événement de la part d'EDF ou de la DGSNR, il semble que Cattenom-2 soit également affecté par ce phénomène depuis 2002 : ainsi le dernier rapport annuel sur la sûreté et la radioprotection de la Division production nucléaire d'EDF note que « *plusieurs réacteurs présentent actuellement une montée d'activité à attribuer vraisemblablement au même phénomène ; il s'agit de Belleville 1, Cattenom 2 & 4, Golfech 2, Paluel 3* »¹⁶.

¹⁵ DGSNR, « EDF - Centrales nucléaires. Anomalie générique affectant l'étanchéité du combustible des réacteurs du palier 1300 MWe », Communiqué du 19 février 2003.

http://www.asn.gouv.fr/data/evenement/8_2003_anogen.asp

¹⁶ EDF, *Sûreté nucléaire et radioprotection en 2002*, Synthèse de la Branche énergies, 2003.

• *Conséquences sur les rejets*

Les conséquences, en termes de rejets, de ces pertes d'étanchéité dépendent directement de deux facteurs : le volume et la durée des fuites à l'extérieur du ou des crayons concernés. Dans une note du 13 juillet 2001, la DGSNR, l'autorité de sûreté nucléaire, affirmait : « *concernant les 20 réacteurs de 1300 MWe, l'augmentation du taux de défaillance du combustible observé en 2000 est confirmée. A ce jour, le cœur de 8 de ces réacteurs comporte au moins un crayon combustible inétanche* ». La note ajoutait toutefois que « *en revanche, aucun des défauts constatés sur les réacteurs en fonctionnement n'est considéré comme un défaut disséminant, susceptible de provoquer une pollution du circuit primaire par de la matière fissile* »¹⁷.

Les défauts d'étanchéité semblent avoir pris de l'ampleur par la suite, plusieurs documents se référant aux problèmes de dissémination du combustible, c'est-à-dire des matières fissiles, dans le circuit primaire de différents réacteurs dans le cadre de cet incident générique, ce qui témoigne d'une difficulté à anticiper les évolutions négatives de la contamination dans ces situations (voir plus loin). Cette difficulté, en augmentant la durée de dissémination du contenu des crayons défectueux, présente un risque d'augmentation des rejets.

Tableau 2 CNPE Cattenom : comparaison des rejets radioactifs pour 2001 avec les rejets en fonctionnement sans inétanchéité (moyenne 1997-2000)

Rejets	Moyenne 1997-2000 ^a	Année 2001	Augmentation
Rejets gaz (hors halogènes et aérosols)	23,75 TBq	50 TBq	x 2,1
Rejets en halogènes et aérosols	0,165 GBq	0,45 GBq	x 2,7
Rejets en tritium liquide	80 TBq	110 TBq	x 1,4
Rejets liquides hors tritium	1,9 GBq	15 GBq	x 7,9

a. La moyenne pour 1997-2000 correspond à une période où l'exploitant n'a pas introduit de modification importante dans la gestion du combustible (la gestion en combustible Gemmes pratiquée actuellement a été introduite en 1996 d'abord à Cattenom-3 puis généralisée aux autres tranches en 1996-1997) ou dans les dispositifs de maîtrise des effluents (les gains obtenus par la mise en œuvre de techniques plus efficaces sont intervenus dans la première moitié des années 1990).

Source : WISE-Paris, d'après EDF, CNPE Cattenom, DARPE, 2003 ; DGSNR, 2003

Le niveau de dissémination est en particulier mesuré à travers une valeur de contamination alpha (reconstituée par mesure indirecte de la teneur en iode-134 ou du rapport isotopique entre césium-134 et césium-137), ce type de rayonnement étant en effet caractéristique de matières présentes dans le combustible. Selon une Fiche de communication EDF de septembre 2001, émise par le CNPE Cattenom, la valeur en alpha totale dans le circuit primaire pendant le 8^{ème} cycle de Cattenom-3 a atteint au maximum 49 Bq/l (soit plus de 10 fois le niveau de déclenchement de la situation RGS, ou rupture de gaine sérieuse). Une lettre de suite d'inspection par les services départementaux de l'autorité de sûreté, en mars 2002, mentionne une mesure de radioactivité du circuit primaire principal de Cattenom-1 atteignant 150 Bq/l en émetteurs alpha le 17 février 2002, et se réfère notamment à la présence de neptunium¹⁸.

Il est toutefois difficile, compte tenu du peu de valeurs disponibles, d'analyser précisément les conséquences de ces fuites sur les rejets. En particulier, l'absence de données par réacteur pour chaque centrale, dont Cattenom, et la possibilité technique offerte à l'exploitant de différer certains rejets par stockage provisoire ne permettent pas de tirer des conclusions directes des rejets annuels présentés. De plus, concernant Cattenom et la demande de renouvellement d'autorisation des rejets, l'absence de

¹⁷ DGSNR, « Comportement du combustible dans les réacteurs à eau sous pression », Note d'information, 13 juillet 2001.
http://www.asn.gouv.fr/data/information/note_cattenom.asp#1

¹⁸ DRIRE Lorraine, Division de Strasbourg, « Lettre de suite d'inspection suite aux incidents du 31/01/2002 et du 17/02/2002 », DIN.XL.XL.2002.147, 21 mars 2002.

toute donnée sur les rejets de 2001 et 2002 dans le dossier soumis à enquête ne permet pas même d'observer une éventuelle augmentation de ces rejets.

La comparaison des séries 1991-2000 présentées dans le dossier avec les chiffres des deux dernières années indique pourtant clairement une augmentation notable, en 2001 surtout, des rejets pour toutes les catégories de rejets mesurées : gaz, halogènes et aérosols, tritium liquide et rejets liquides hors tritium (voir Tableau 2)¹⁹.

b) Possibilité de retour du phénomène d'inétanchéités à Cattenom

Selon les explications données par l'exploitant en réunion publique, le problème des ruptures de gaines observées en nombre à Cattenom a été analysé en profondeur, compris et « corrigé ». Par ailleurs, aux questions sur l'influence possible de l'évolution des taux de combustion demandée par EDF sur la réapparition de ce phénomène, M. Gaestel, directeur du CNPE de Cattenom, répond qu'il n'y a « pas de lien entre l'enrichissement [en uranium-235] et les ruptures ».

Ces réponses sont insuffisantes au vu des incertitudes qui demeurent dans ce dossier. En particulier, les éléments d'information provenant de l'autorité de sûreté ou de son appui technique (DGSNR et IRSN), ou de leurs échanges avec l'exploitant ne permettent absolument pas à ce jour de garantir d'une part qu'il n'existe pas de lien entre l'augmentation des performances de combustible et l'apparition de ruptures, et d'autre part que les dispositions prises soient suffisantes pour empêcher cette réapparition.

Si le phénomène conduisant aux ruptures a été identifié comme étant le « fretting », aucune explication n'a pu être fournie actuellement sur la cause – ou plus probablement les multiples facteurs – de cette vibration particulière. Ainsi, dans une lettre du 13 février 2003 à l'opérateur, l'autorité de sûreté constate que « outre l'ampleur encore inexplicée du phénomène observé sur le réacteur de Cattenom-3 (...), plusieurs questions ne sont pas encore résolues à ce jour (...). Je constate aussi que l'influence du mode d'exploitation des réacteurs sur l'apparition du fretting n'est pas quantifiée ». La lettre note également que « la sensibilité accrue de certains réacteurs reste mal comprise »²⁰.

En revanche, le fait que le passage à un nouveau mode de gestion du combustible sur les 1.300 MWe, appelé mode Gemmes, soit l'un des co-facteurs du phénomène ne fait guère de doute. Ainsi, le réacteur de Cattenom-3 était le premier à utiliser, sur le parc EDF, cette nouvelle gestion, basée sur un taux d'enrichissement initial plus important pour un épuisement du combustible supérieur, ce qui implique un séjour plus long du combustible dans le cœur. L'exploitant lui-même relève que « la perte d'étanchéité survient en général en cours de troisième cycle de la gestion Gemmes (trois cycles de 18 mois avec un enrichissement de 4%) »²¹.

Le même document met en cause la conception des assemblages : « la plupart des assemblages concernés par ce phénomène [sont] de conception Framatome AFA-2GL. L'analyse montre que la conception du combustible Framatome AFA-2GL mis en cause présente une fragilité vis-à-vis de ce phénomène (...). Il en est de même pour le combustible AFA-3GL ». Mais ceci ne saurait être la seule explication. Des combustibles d'une autre conception, les RFA-1300 de Westinghouse, sont d'ailleurs également en cause sur un des réacteurs de Cattenom (tranche 1)²². Dans son courrier du 13 février à EDF, la DGSNR recommande d'ailleurs, vis-à-vis du combustible modifié AFA-3GLr, chargé à titre d'essai à Cattenom-3 puis 4, « une approche prudente (...), étant donnée l'absence de retour

¹⁹ Pour plus de détails, se reporter à Marignac, Y., Coeytaux, X., *Renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements de la centrale nucléaire de Cattenom – Revue sommaire du dossier d'enquête publique*, Note commandée par Claude Turmes, Député européen, 8 septembre 2003.
<http://www.wise-paris.org/francais/rapports/notes/030907NoteEPCattenomFin.pdf>

²⁰ DGSNR, Lettre au Directeur de la Division production nucléaire, EDF, DGSNR/SD2/N° 0107/2003, 13 février 2003.

²¹ EDF, Synthèse de la Branche énergies, 2003, *op. cit.*

²² DGSNR, « L'ASN prend position sur plusieurs sujets concernant le combustible des réacteurs nucléaires à eau sous pression d'EDF », Note d'information, 5 mars 2003.

d'expérience sur le comportement de ce combustible en réacteur, et les questions non encore résolues ».

Enfin, l'augmentation des taux de combustion repose en partie sur l'introduction de nouveaux assemblages combustible, notamment au niveau de l'alliage utilisé pour les gaines des crayons. C'est en particulier le cas de « *l'alliage M5 (...), un matériau de gainage qui présente notamment des avantages de meilleure tenue à la corrosion et qui doit permettre d'augmenter significativement l'épuisement des assemblages dans le futur* »²³ (c'est-à-dire de pousser les taux de combustion). Or, « *le premier cycle d'irradiation avec un cœur entièrement constitué d'assemblages utilisant le matériau de gainage M5 a commencé en début d'année [2002] dans le réacteur Nogent 2. (...) Au vu d'une importante montée d'activité dans le fluide primaire au cours du second semestre 2002 – révélatrice de ruptures de gaines – EDF a été amené à anticiper l'arrêt du réacteur initialement prévu pour avril 2003 (...), arrêt qui s'est achevé en janvier 2003. Les examens ont révélé 39 ruptures de gaines réparties sur 23 assemblages* ».

Ainsi, avant même son expérimentation aux taux de combustion plus poussés visés, le gainage M5 se révèle sujet à usure dans les conditions actuelles de performance du combustible – bien que rien ne permette de dire si les caractéristiques du M5 lui-même sont ou non en cause dans cette extension particulière du défaut générique observé sur les 1.300 MWe. En conséquence, l'autorité de sûreté recommande à EDF d'« *approfondir certaines questions sur le matériau de gainage M5* », ajoutant qu'« *une extension de son utilisation ne paraît dans l'intervalle pas opportune* »²⁴.

c) Anticipation et réaction de l'exploitant à d'éventuels défauts d'étanchéité futurs

Outre la compréhension en profondeur du phénomène pour prévenir son éventuel retour, EDF doit apporter également davantage de garanties qu'elle ne l'a fait jusqu'à présent sur sa capacité, dans le cas où la situation se représenterait, à anticiper la dissémination dans le circuit primaire et à réagir de façon appropriée dans les meilleurs délais. La conduite d'EDF face à l'évolution du problème à Cattenom-3, basée sur des évaluations erronées, a en effet soulevé de nombreuses questions auxquelles les mesures correctives adoptées depuis n'ont pas apporté toutes les réponses.

Dans une lettre de suite d'inspection à Cattenom de mars 2002, la DRIRE note que « *l'inspection a mis en évidence certaines difficultés d'application des règles de conduite sur un réacteur en situation de ruptures de gaine sérieuses* »²⁵. La plus grande difficulté est venue pour EDF de l'interprétation, à partir des spécifications radiochimiques réglementaires sur le circuit primaire applicables à la conduite du réacteur, à comprendre la situation et à réagir de façon appropriée. Comme l'a expliqué D. Florence lors de la réunion du 10 octobre, les codes de calcul utilisés par EDF étaient basés sur le retour d'expérience (des ruptures de gaine ponctuelles) et ne prenaient pas en compte cette situation inédite.

Cette difficulté est manifeste dans les réponses fournies par EDF, dans un courrier de novembre 2000, aux demandes de la DRIRE : « *à partir d'octobre 1999, on observe des niveaux d'activité plus élevées (...) traduisant l'apparition d'un défaut* ». En juin 2000, « *l'évaluation de l'état du gainage donne un défaut de taille moyenne fonctionnant à une puissance linéique inférieure à la puissance moyenne du cœur. (...) Les informations disponibles convergent alors vers un assemblage non étanche effectuant son 3^{ème} cycle d'irradiation* ». En juillet, « *une nouvelle évaluation de l'état du gainage indique la présence de deux défauts fonctionnant à une puissance linéique élevée. Ceci peut correspondre à l'apparition d'un ou 2 nouveaux défauts* ». En octobre, « *les défauts ne semblent pas encore stabilisés. L'évaluation de l'état du gainage du 26/10/2000 (...) confirme la présence de 2 à 4 défauts* ». Après juillet 2000, « *l'activité I134 progresse vers le seuil de surveillance accrue, traduisant le début d'une dissémination de combustible dans le réfrigérant primaire* ». Et ce n'est finalement qu'« *à partir du 6 septembre, des mesures d'activité alpha total ont dépassé la valeur de 4 Bq/l conduisant la tranche à prendre des dispositions pour la gestion de ses déchets* » (déclaration de situation RGS, rupture de gaine sérieuse).

²³ Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR), *Rapport annuel 2002*, mars 2003.

²⁴ DGSNR, Note du 5 mars 2003, *op. cit.*

²⁵ DRIRE Lorraine, mars 2002, *op. cit.*

Le CNPE de Cattenom prend alors la décision, contre l'avis de l'autorité de sûreté, de poursuivre l'exploitation du réacteur jusqu'à son arrêt programmé pour rechargement, n'interrompant finalement la production qu'en janvier 2001, un mois seulement avant la date prévue. Là, au lieu des quelques crayons envisagés, l'examen des crayons révélera un nombre bien plus grand de défauts, puisque environ 100 crayons sont touchés.

Lors d'une réunion en juin 2001, « *le DES [Département d'évaluation de sûreté de l'IRSN] indique que la surveillance sur l'activité alpha est peu fiable et non représentative de la quantité de matière fissile disséminée (effet burn-up), et que le critère d'analyse proposé par EDF sur l'iode 134 apparaît trop tardif vis-à-vis de la dissémination de matière fissile dans le circuit primaire* ». EDF précise qu'il est « *difficile de discriminer entre un défaut sur un crayon à forte puissance (...) et de multiples défauts sur des crayons à faible puissance* ». Pour l'autorité de sûreté, « *compte tenu de l'incertitude sur la cause du phénomène, et donc sa répétition possible, un critère d'arrêt précoce est indispensable* »²⁶.

De nouvelles règles de conduite vis-à-vis des spécifications radiochimiques, basées sur les mêmes mesures indicatives mais avec un abaissement des seuils d'alerte et d'arrêt, ont alors été édictées par l'autorité de sûreté nucléaire, en août 2001, et imposées d'abord à Cattenom-3 puis à d'autres réacteurs. Ces règles ont à nouveau été modifiées en août 2002. Toutefois, cette évolution ne semble pas apporter une réponse pleinement satisfaisante à la situation, l'évaluation et la modélisation de l'activité du circuit primaire suite à ce type d'incident restant très difficile.

Ainsi, l'introduction en 2001 à Cattenom « *des spécifications radiochimiques renforcées en vue du cycle d'irradiation numéro 9 (...) avait pour objectif d'assurer une détection précoce d'éventuelles ruptures de gaines et de limiter une dissémination de matière radioactive dans le circuit primaire en cas d'apparition d'une rupture importante. Le cycle d'irradiation (...) n'a pas fait apparaître de rupture de gaines, mais l'évolution de l'activité du circuit primaire prévue du fait de la contamination résiduelle du cycle 8 avait néanmoins été sous-estimée* »²⁷.

Pour EDF, « *les nouvelles spécifications radio chimiques permettent de différencier les situations causées par le phénomène de fretting de celles associées à d'autres causes apparaissant de manière aléatoire (corps migrant, anomalie de fabrication,...), afin de ne pas conduire à l'arrêt injustifié d'un réacteur. (...) De plus, la surveillance radio-chimique des réacteurs est renforcée, la décision éventuelle d'arrêter un réacteur reposant sur une démarche volontariste d'EDF, en industriel responsable de son outil de production. C'est ainsi que l'arrêt pour renouvellement de combustible de Nogent 2 a été anticipé de plusieurs semaines en décembre 2002* »²⁸. Pour la DGSNR, au contraire, les nouvelles spécifications, qui étaient appliquées à Nogent-2, n'ont pas permis d'éviter l'apparition d'un phénomène exceptionnel du même ordre que sur Cattenom-3 (voir plus haut).

4. Problème de la justification sur les rejets de tritium liquide

La question des rejets en tritium liquide, constitue, au vu du dossier soumis à enquête, le principal enjeu des demandes d'EDF concernant les rejets radioactifs.

En 1997, un rapport parlementaire soulignait que le tritium « *présente pour la santé humaine des dangers incontestables qu'il convient de ne jamais oublier. (...) Les autorités responsables des installations nucléaires qu'elles soient civiles ou militaires doivent être conscientes que les rejets de tritium dans l'environnement risquent de devenir dans les années à venir un problème majeur et certainement un des principaux axes de la contestation antinucléaire* »²⁹.

²⁶ DSIN, Relevé de conclusions 29/06/2001, Inétanchéités de combustible sur Cattenom-3.

²⁷ DGSNR, *Rapport annuel 2002*, mars 2003.

²⁸ EDF, Synthèse de la Branche énergies, 2003, *op. cit.*

²⁹ Bataille, C., *L'évolution de la recherche sur la gestion des déchets nucléaires à haute activité. Tome II : les déchets militaires*, Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), n° 541, Assemblée nationale, décembre 1997.

A cette époque, EDF s'était engagé dans le processus de révision des autorisations de prélèvement et de rejets de toutes ses centrales, suite à la refonte, en 1995, du régime d'autorisation correspondant. Les premières autorisations dans le cadre de ce renouvellement ont été délivrées entre juin 2000 et février 2001 pour quatre des huit centrales de réacteurs de 1.300 MWe, suite à des enquêtes publiques conduites dans la seconde moitié de l'année 1998. Ces autorisations intègrent toutes une réduction du seuil autorisé de rejets annuels de tritium liquide de 40 TBq par réacteur à 30 TBq par réacteur³⁰.

a) Position du maître d'ouvrage

Contrairement aux demandes déposées par EDF pour ces centrales comparables à Cattenom, le CNPE présente dans son dossier d'enquête publique une demande de maintien de l'autorisation actuelle de rejets en tritium liquide de 40 TBq par réacteur et par an (soit 160 TBq pour l'ensemble du site). De plus, l'exploitant sollicite l'augmentation de cette autorisation, pour être portée à 50 TBq par réacteur et par an (soit 200 TBq pour le site) dans le cadre de son programme d'augmentation des taux de combustion.

A l'appui de cette demande, le maître d'ouvrage déclare que les rejets en tritium liquide, dont il faut rappeler qu'aucun dispositif n'est en place pour les retenir, sont donc « fatals » et que leur volume augmente mécaniquement quand on augmente les taux de combustion au point d'arriver aujourd'hui, en mode de gestion combustible Gemmes à Cattenom, proche d'une limite virtuelle de 30 TBq par réacteur : selon D. Florence, « avec 30 TBq en mode Gemmes on est très limite ». Pour illustrer cette situation, il présente un tableau indiquant les évolutions prévues par EDF pour l'augmentation des performances combustible et de la production de tritium dans le circuit primaire correspondante.

Selon ces indications, le mode Gemmes, appliqué actuellement à Cattenom, produit 33 TBq en moyenne, ce qui correspond probablement à un fonctionnement en pleine puissance du réacteur. Les modes de gestion plus avancés, Galice ou HTC-1 prévu par l'exploitant à partir de 2006, et un mode HTC-2 non spécifié prévu en 2010, pourraient conduire à des productions de tritium de 35 voire 38 TBq en moyenne, avec des maxima au-delà de 40 TBq, d'où la nécessité de demander l'augmentation de la limite autorisée jusqu'à 50 TBq.

Tableau 3 Production de tritium liée à différents modes de gestion combustible

Mode de gestion combustible	Taux enrichissement (% U-235)	Année début à Cattenom	Durée de cycle (mois)	Taux de combustion (GW.j/t)	Tritium généré (TBq)	
					Moyenne	Maximum
Initial	3,1	1986	12	40	24	25
Gemmes	3,4	1996	18	50	33	35
Galice (HTC-1)	4,5	2006	15-18-21	60	35	43
HTC-2	4,9	2010	ND ^a	70	38	42

a. Pour la gestion future en haut taux de combustion, jusqu'à 70 GW.j/t, la durée de cycle reste non déterminée (ND). Les quantités de tritium indiquées correspondent à un fonctionnement en cycles de 18 mois.

Source : d'après D. Florence, EDF, présentation à la réunion publique, 10 octobre 2003

Le rapport annuel de la Division production nucléaire d'EDF sur la sûreté pour 2002 confirme cet argumentaire. La gestion actuelle ne conduirait pas encore à des dépassements mais à des situations limites : « les rejets sont stables et sont largement en dessous des limites réglementaires sauf pour le tritium où la marge se restreint pour les nouveaux arrêtés de rejet du fait de l'introduction d'une nouvelle gestion de combustibles (GEMMES). (...) Les limites sur le tritium liquide sont passées de 27,5 à 20 TBq/tr/an pour le 900 MW, de 40 à 30 TBq/tr/an pour le 1300 MW ».

« La réduction des limites de rejet de tritium dans les nouveaux arrêtés pose problème pour les tranches du palier 1300 MWe fonctionnant en mode GEMMES (cycles de production de 18 mois).

³⁰ Il s'agit des centrales de Flamanville, Paluel, Belleville et Saint-Alban. Pour plus d'information, voir la note WISE-Paris, septembre 2003, *op. cit.*

Pour ces centrales dont les arrêtés ont été renouvelés, les rejets sont proches de la limite autorisée. EDF a demandé une révision des limites pour tous les paliers afin de permettre le fonctionnement normal des installations en mode GEMMES et l'utilisation future des combustibles de nouvelle génération (HTC). Des demandes dans ce sens ont été formulées pour la première fois dans le dossier de renouvellement d'arrêté de la centrale de Cattenom déposé en septembre 2002. (...) Ce dossier introduit pour la première fois des demandes de rejet de tritium compatibles avec le fonctionnement en mode GEMMES et l'utilisation de combustibles à haut taux de combustion (HTC) »³¹.

b) Données observées sur le parc 1.300 MWe

L'analyse des données sur les rejets du parc EDF, en particulier des réacteurs 1.300 MWe, ces dernières années doit permettre de vérifier les fondements de la présentation alarmante donnée par EDF de l'évolution des rejets en tritium liquide. Il s'agit notamment de mesurer la marge que conservent aujourd'hui les réacteurs par rapport à la limite, bien réelle pour les 1.300 MWe ayant déjà renouvelé leur autorisation, et théorique pour les autres, de 30 TBq par an. Dans cette perspective, il faut noter que ladite « marge » ne doit pas correspondre à des aléas éventuels sur les systèmes de retenue du tritium, puisque ceux-ci n'existent pas : tout le tritium produit étant relâché, il n'y a pas de raison pour que la limite autorisée soit très supérieure à la quantité produite.

• *Le cas de Cattenom*

L'évolution des rejets en tritium liquide de Cattenom depuis 1991 ne montre pas, même après le passage en mode Gemmes en 1996-1997, de dépassement du seuil de 30 TBq par réacteur et par an : ainsi, le maximum a été atteint sur cette période en 2001, avec des rejets de 110 TBq, soit 27,5 TBq en moyenne par réacteur (voir Figure 3).

Une particularité est que cette année est marquée, du fait d'un arrêt prolongé de Cattenom-3 suite aux problèmes découverts sur les crayons, par une production électrique inférieure à la moyenne (moins de 30 TWh contre plus de 35 TWh en 2000 ou 2002). Une hypothèse possible est que l'augmentation des rejets soit due à un accroissement de la contamination en tritium du circuit primaire du fait de l'addition au tritium produit par activation du bore de tritium issu des fissions dites ternaires au sein du combustible, suite aux défauts d'étanchéité constatés.

Cette possibilité a été rejetée par le maître d'ouvrage au cours de la réunion du 10 octobre 2003, au motif notamment que les dégradations du combustible ont consisté en une multiplication de micro-fissures qui n'ont pas laissé échapper de tritium. Cette explication est contredite par les informations publiées par EDF ou l'autorité de sûreté sur les fissures, dont certaines sont larges, et par le fait que les problèmes à Cattenom-3 et 1 au moins ont conduit à une dissémination observable d'émetteurs alpha dans le circuit primaire, signe de fuites relativement importantes.

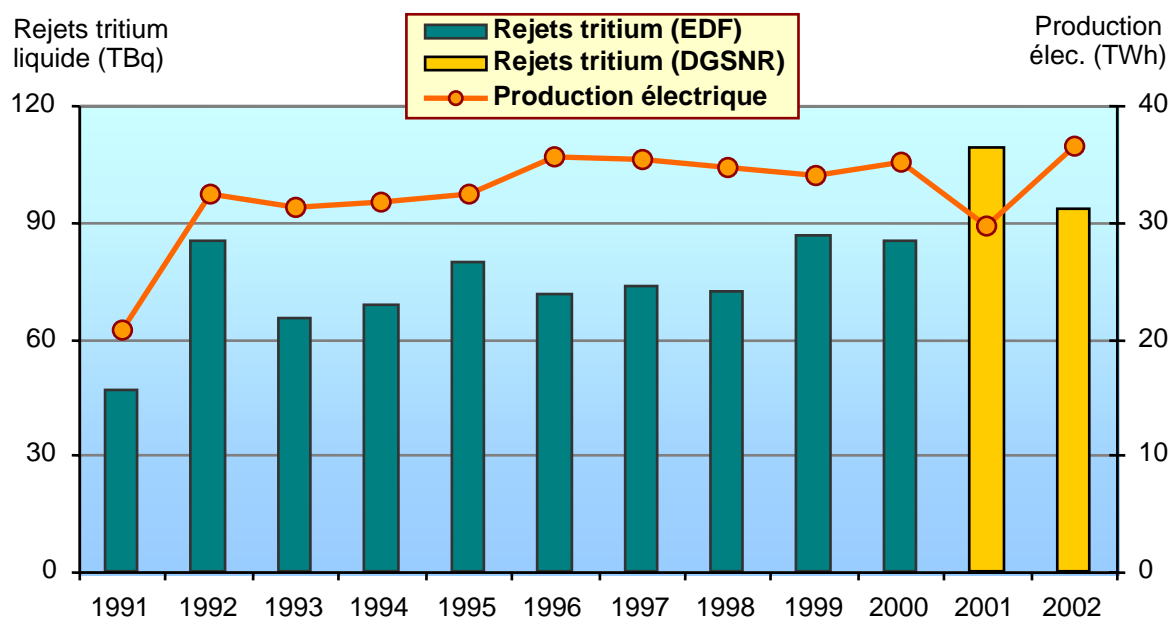
Toutefois, il faut noter que le contenu en tritium d'un crayon combustible, que l'on peut estimer à 0,1 mg environ en fin d'irradiation, reste très faible par rapport aux quantités rejetées (1 TBq équivaut à 2,76 mg de tritium), sachant que de plus le tritium peut être relativement fixé dans le combustible. Il faudrait donc de nombreuses fissures sur de nombreux crayons, donnant lieu chacun à des relâchements importants, pour observer une augmentation des rejets en tritium liquide. Compte tenu du nombre d'assemblages touchés sur les différents réacteurs de Cattenom, un effet mesurable des inétanchéités sur les rejets en tritium en 2001 ou 2002 n'est cependant pas à exclure.

Selon l'explication avancée par le directeur de la centrale, M. Gaestel, le niveau plus élevé des rejets de tritium liquide en 2001 provient d'un « déstockage », le CNPE ayant cette année là rejeté plus qu'il ne produisait de tritium, après avoir au contraire « stocké pendant plusieurs années » en rejetant moins qu'il ne produisait. Dans ce cas, il est remarquable de constater qu'après plusieurs années de fonctionnement de l'ensemble de la centrale en mode Gemmes où une partie du tritium généré a été accumulée, les rejets correspondant à la production d'une année plus le déstockage restent inférieures à la limite de 30 TBq par réacteur qu'EDF prétend ne pas être en mesure de respecter.

³¹ EDF, Synthèse de la Branche énergies, 2003, *op. cit.*

Quelques soient les phénomènes qui ont joué en 2001, l'examen des rejets historiques de Cattenom n'apporte en tous cas aucune justification, en mode Gemmes, au maintien de la limite à 40 TBq au lieu d'une réduction à la limite de 30 TBq par réacteur et par an appliquée dans les autres centrales ayant renouvelé leurs autorisations.

Figure 3 Evolution des rejets de tritium et de la production électrique de la centrale de Cattenom, 1991-2003



Source : EDF, CEPN Cattenom, DARPE 2003 ; DGSNR 2003 ; AIEA 2003

• *L'ensemble du palier 1.300 MWe*

L'analyse des rejets de l'ensemble du parc, et surtout des huit centrales équipées de réacteurs de même puissance que Cattenom, 1.300 MWe, ne démontre pas davantage le besoin de dépassement d'une limite à 30 TBq. Les chiffres ne confirment pas les valeurs théoriques affichées par le maître d'ouvrage pour justifier le maintien de la limite à 40 TBq (présentés plus haut, voir Tableau 3).

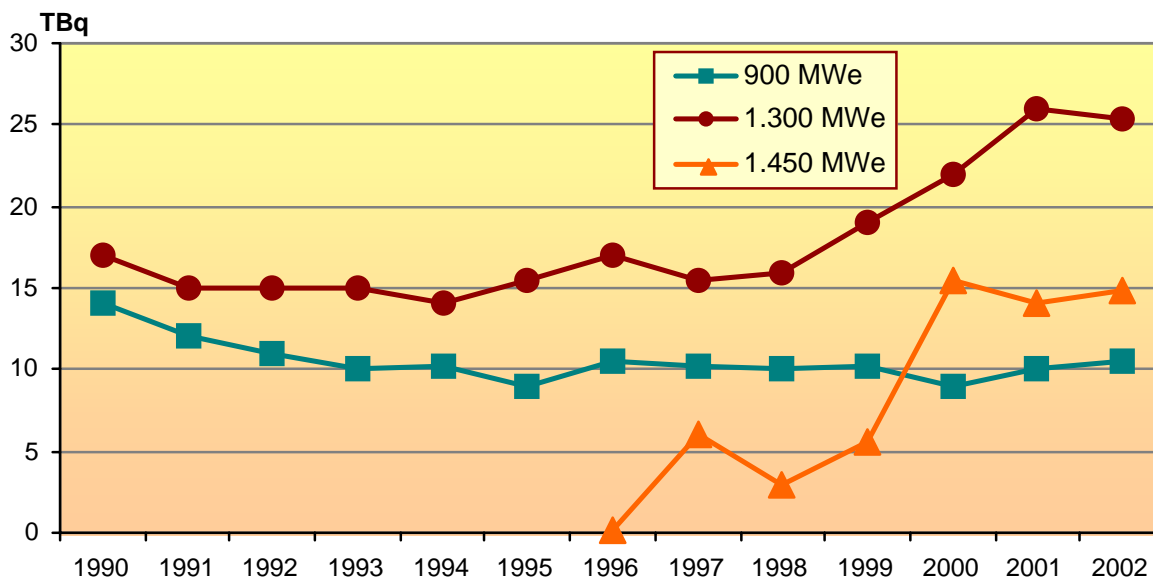
A propos des rejets de tritium liquide, D. Florence, pour EDF, écrivait d'ailleurs lui-même il y a un an seulement : « La production de tritium dépend directement de l'énergie fournie par le réacteur. (...). Ne pouvant pas être piégé par les moyens de traitement classiques (filtres, déminéraliseurs...), le tritium est rejeté dans l'environnement. Les rejets sont donc stables pour tous les paliers de puissance. En moyenne par réacteur, ces rejets sont d'environ 10 TBq à 17 TBq par an. Toutefois, ces rejets sont en sensible augmentation depuis la mise en service des gestions GEMMES sur les réacteurs de 1300 MWe en 1996/7 ; jusqu'à 26 en 2001 »³².

La Figure 4 indique les rejets en tritium liquide observés, en moyenne par tranche et par an, pour les différents paliers du parc nucléaire français. On constate que jamais sur aucun palier le seuil de 30 TBq en moyenne n'a été franchi ni même frôlé. Sur le palier 1.300 MWe, une augmentation est effectivement observable corrélativement à la mise en œuvre de la gestion de combustible dite Gemmes, introduite dans les réacteurs de ce palier entre 1996 et 1997 et fonctionnant à plein équilibre aujourd'hui. Mais le niveau des rejets, qui atteint 26 TBq en 2001, reste sensiblement en deçà des besoins affichés par EDF³³.

³² Florence, D., Hartmann, Ph., 2002, *op. cit.*

³³ A noter qu'aux rejets liquides s'ajoutent les rejets gazeux de tritium. Ceux-ci représentent en moyenne pour 2002 (première année où cette donnée est rendue disponible pour l'ensemble des réacteurs), pour les 1.300 MWe, 1 TBq par réacteur et par an.

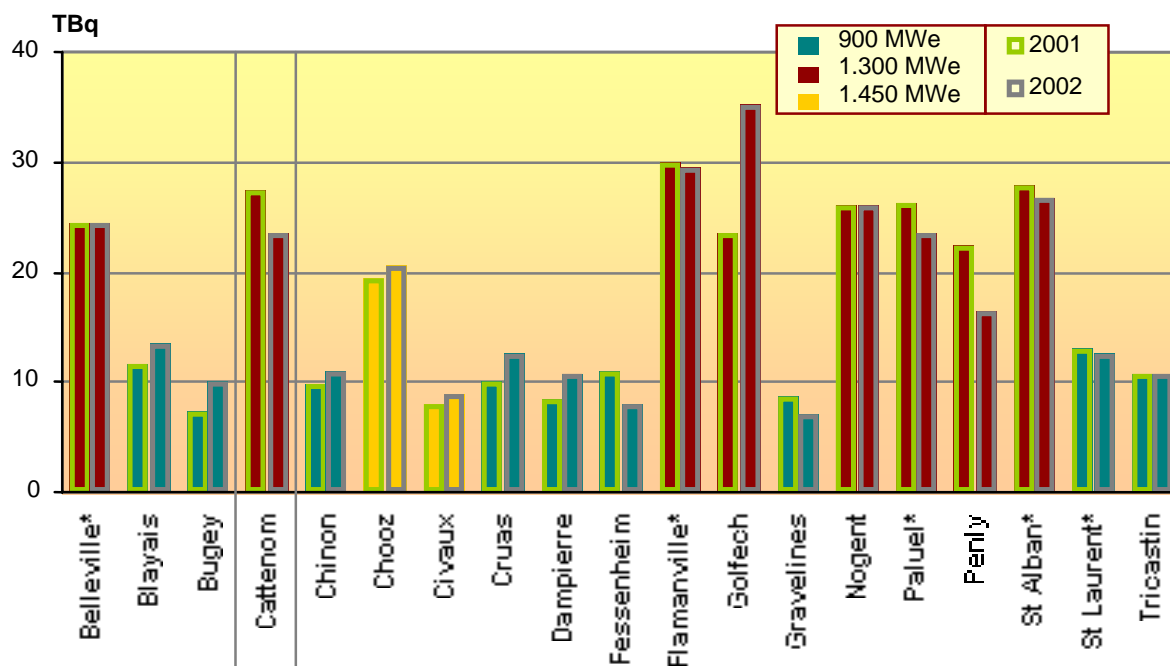
Figure 4 Rejets en tritium liquide, moyenne par réacteur et par an, pour les différents paliers du parc, 1990-2002



Source : EDF, 2002

L'analyse plus détaillée des rejets par réacteur pour les différentes centrales en 2001 et 2002 (voir Figure 5), confirme que le seuil de 30 TBq de rejets fatals en tritium liquide pour les réacteurs 1.300 MWe paraît adaptée à leur exploitation actuelle. On note un seul dépassement notable de ce seuil, par la centrale de Golfech (sans dépassement toutefois du niveau des autorisations de l'ancien régime, soit 40 TBq par réacteur, encore en vigueur sur ce site). Les informations à notre disposition ne permettent pas d'expliquer cette donnée, l'hypothèse d'un déstockage étant la plus probable.

Figure 5 Rejets liquides en tritium par réacteur, en moyenne par centrale, en 2001 et 2002



* Centrales ayant déjà procédé, selon la procédure introduite depuis 1995, au renouvellement complet de leurs autorisations de prélèvements et de rejets.

Source : DGSNR, 2003

c) Problème de justification

Le raisonnement d'EDF repose sur un principe simple : puisque aucune retenue n'est prévue pour le tritium produit dans le circuit primaire, il faut quand l'évolution des conditions d'exploitation engendre une augmentation de la production de tritium augmenter en conséquence l'autorisation de rejet. Cette logique apparaît contraire à la conception même d'une limite réglementaire de rejet destinée à protéger l'environnement et les populations.

• *Facteurs d'augmentation des rejets en tritium*

Au-delà de cette remarque fondamentale, le maître d'ouvrage n'a pas apporté de justification au maintien de la limite de 40 TBq actuelle, l'expérience du parc montrant qu'une limite de 30 TBq reste réaliste pour le mode de gestion Gemmes actuel du combustible. Quant à la demande d'une augmentation à 50 TBq de la limite, elle repose sur l'anticipation d'une évolution des performances du combustible dont la réalisation n'est pas garantie et dont les bénéfices ne sont pas démontrés.

Les explications de l'exploitant sur l'évolution supposée des rejets de tritium liquide, au delà des 30 TBq par réacteur par an dans les prochaines années, puis au delà de 40 TBq à partir de 2006, restent très incomplètes. Trois phénomènes au moins sont susceptibles de contribuer à une augmentation des quantités de tritium produites dans le circuit primaire :

- l'accroissement des teneurs en bore du fluide primaire pour des enrichissements plus élevés du combustible ;
- l'augmentation des performances en terme de production électrique de la centrale ;
- éventuellement, et dans une moindre mesure, la persistance et l'aggravation des problèmes d'inétanchéité sur des gaines.

Il est à noter que ces facteurs peuvent se combiner : d'abord, l'amélioration des taux de combustion, en diminuant le rythme des arrêts pour rechargement du cœur, contribue à augmenter la productivité de la centrale. Ensuite, même si le phénomène sur les gaines reste marginal et limité pour le tritium, il peut être lié à la progression des contraintes sur le combustible, dont les efforts sur les performances du combustible et les performances de la centrale sont des facteurs importants.

De plus, il faut garder à l'esprit que, si l'augmentation des rejets en tritium est au centre des discussions, c'est parce que les rejets liquides en tritium ont la particularité de faire l'objet d'une limite proche des rejets réels. Du fait des grandes marges laissées à l'exploitant entre les limites et les niveaux de rejets actuels pour les autres radionucléides, le maître d'ouvrage n'est pas tenu à justifier l'augmentation des rejets réels hors tritium liquide, qu'il projette pourtant. En effet, les trois facteurs discutés pour la justification des rejets de tritium liquide – l'augmentation des performances sur le combustible et sur la productivité de la centrale, plus l'aléa sur les gaines du combustible – conduisent parallèlement à un accroissement de l'ensemble des rejets radioactifs de la centrale.

• *Les objectifs de performance sur le combustible*

L'exploitant, dans le dossier DARPE comme dans ses explications complémentaires, justifie ses demandes par l'augmentation des taux de combustion (augmentation actuelle du mode Gemmes par rapport à la gestion initiale, et évolution future vers les HTC). Celle-ci correspond aux prévisions de gestion de combustible présentant un taux d'enrichissement initial plus élevé : il faut, en proportion, davantage de matière fissile au départ pour produire plus d'énergie avec un assemblage. Cette énergie supplémentaire est en fait délivrée sur une durée plus longue. Pour maintenir le rythme de la réaction dans le cœur avec un combustible plus riche en matières fissiles, il faut la ralentir davantage, en augmentant la quantité de « modérateur », c'est-à-dire de bore, dans le circuit primaire. L'augmentation en tritium résulte d'un accroissement de l'activation de bore liée à la présence d'une plus grande quantité de modérateur.

A cette relation directe pourrait s'ajouter, pour les gestions dites HTC, une augmentation supplémentaire. Une note technique préparée en 1999 par Framatome pour une mission d'évaluation du nucléaire pour le Premier ministre indique que, pour compenser des effets défavorables sur les paramètres neutroniques pour des gestions plus avancées que la gestion Gemmes actuelle, un

« *enrichissement du bore soluble en isotope 10* »³⁴, l'isotope dont l'activation produit justement du tritium, sera nécessaire.

La gestion Gemmes actuelle ne porte pas, au vu des rejets effectifs des réacteurs concernés, les rejets en tritium liquide au delà de 30 TBq par réacteur par an. La seule question posée est donc celle des futures gestions de combustible, dites HTC. Selon l'exposé de M. Florence, les principaux avantages de l'évolution vers des taux de combustion plus élevés seraient les suivants :

- plus de souplesse dans la planification des arrêts de tranche avec des possibilités de campagnes de 15, 18 ou 21 mois ;
- réduction du nombre d'assemblages de combustible irradié pour la même production d'énergie ;
- réduction du nombre de transports ;
- réduction des pics de flux (neutronique) de la cuve du réacteur ;
- du fait de la diminution du nombre d'arrêts de tranche pour rechargement, gains sur l'impact dosimétrique pour les personnels intervenants sur la centrale.

En réalité, les incertitudes qui pèsent aujourd'hui, du fait d'un certain nombre de questions sans réponses sur l'impact global en termes de sûreté et de radioprotection des évolutions prévues par EDF vers les hauts taux de combustion, ne permettent pas de trancher sur le bénéfice réel à attendre, en termes économiques comme en termes d'impact, de ces changements. Au point que le rythme d'introduction de ces nouveaux modes de gestion, et leur principe même restent soumis à discussion. Dans ces conditions, il paraît non seulement prématuré mais aussi hasardeux de se prononcer, sur la base du dossier à enquête publique soumis par l'exploitant, sur une autorisation d'augmentation des rejets en tritium liquide.

En premier lieu, la démonstration des bénéfices attendus suppose une garantie, qu'EDF n'est pas en mesure d'apporter de façon certaine, que les problèmes rencontrés lors de l'introduction à Cattenom du mode Gemmes ne se reproduiront pas avec futures expériences d'accroissement des performances (Galice ou HTC-1 puis HTC-2). Parmi les répercussions des pertes d'étanchéité sur les gaines, « *ces défauts de fretting ont des conséquences sur la radioprotection des travailleurs, puisqu'ils entraînent la dissémination de radioéléments dans le circuit primaire, notamment de particules émettrices de radioactivité alpha. Ces particules sont très pénalisantes pour la radioprotection des personnels intervenant en arrêt de tranche sur le circuit primaire. (...) Les particules radioactives disséminées dans le circuit primaire engendrent également des difficultés dans la gestion des déchets et des effluents, notamment pour discriminer et tracer les déchets contenant des émetteurs alpha et pour respecter les critères d'activité fixés par l'ANDRA* »³⁵.

Mais les incertitudes sur le comportement au « fretting » ne sont qu'une partie des problèmes soulevés, en sûreté comme en radioprotection, par les évolutions HTC. Les doutes existants sont notamment manifestes dans l'évaluation des combustibles au nouvel alliage M5. Dans le domaine de la sûreté, l'autorité de sûreté nucléaire note par exemple dans son dernier rapport annuel que même « *avant l'apparition des ruptures de gaines de Nogent 2, l'ASN avait signifié à EDF que l'impact de cet alliage sur le cycle du combustible devait être clairement évalué et que son comportement en réacteur nécessitait des compléments d'instruction* »³⁶.

En 2001, dans un rapport d'évaluation du dossier global présenté par EDF aux autorités de sûreté sur les évolutions prévues de l'ensemble de la chaîne du combustible, l'IPSN (devenu depuis IRSN) notait : « *L'utilisation de l'alliage M5 comme produit générique constitue (...) un changement majeur pour le combustible nucléaire, son exploitation en réacteur et pour le cycle du combustible. (...)*

³⁴ Framatome, « Mission Charpin-Dessus-Pellat – Réponses aux questions de M. René Pellat, Haut Commissaire à l'énergie atomique », 22 décembre 1999. Ces réponses portaient notamment sur « *l'augmentation des taux de combustion dans les réacteurs actuels* » ; cette partie des réponses a été publiée comme annexe à un des rapports techniques d'appui à la Mission : voir Girard Philippe, Marignac Yves, *Le parc nucléaire actuel, Rapport pour la Mission d'évaluation économique de la filière nucléaire pour le Premier ministre, Commissariat général au Plan, mars 2000.*

³⁵ DGSNR, *Rapport annuel 2002*, mars 2003.

³⁶ Ibidem.

Compte tenu du changement majeur que constitue la généralisation de l'utilisation d'alliages de zirconium au niobium, l'IPSN trouve très regrettable qu'EDF n'ait pas anticipé l'évaluation d'impact de ce type de produit sur le réacteur de puissance et sur le cycle du combustible »³⁷. Ainsi, en particulier, un des changements lié au M5 est la production, par activation du niobium introduit dans cet alliage (teneur 1 %), d'un radionucléide supplémentaire et problématique dans le fluide primaire, entraînant des problèmes pour les rejets et les déchets : toujours selon l'IPSN, « le ⁹⁴Nb, radioélément à vie longue (20300 ans de période de demi-vie) formé par activation du ⁹³Nb peut se retrouver, par desquamation des produits de corrosion, dans le circuit primaire et les piscines d'entreposage, puis dans les déchets technologiques de catégorie A. Compte tenu de la période du ⁹⁴Nb, ces déchets ne peuvent actuellement être acceptés au centre de stockage de l'Aube (CSA) qu'en quantité très limitée ».

Ces problèmes sur le M5 sont une illustration des nombreuses difficultés soulevées sur le plan technique par une évolution vers les HTC. Comme l'exprimait Framatome dans une réponse officielle à une mission d'experts pour le Premier ministre en 1999, « les règles de sûreté relatives aux forts taux de combustion ne sont pas encore très claires. Aujourd'hui, il n'est pas certain que les justifications préparées par EDF et Framatome soient suffisantes pour obtenir l'agrément des Autorités de Sûreté. De nouvelles règles de sûreté pourraient être édictées et affecter le délai et le coût de mise en œuvre, ce qui pourrait remettre en cause le bilan économique. Face à ce résultat l'Electricien pourrait être conduit à revoir sa stratégie c'est-à-dire la différer ou y renoncer »³⁸.

• *Les objectifs de performance sur les réacteurs*

Bien qu'il ne soit pas mis en avant par le maître d'ouvrage, il existe un autre facteur direct d'augmentation possible des rejets en tritium. Il s'agit de l'accroissement des performances de productivité de la centrale, c'est-à-dire de l'énergie produite pendant une période donnée : une centrale comme Cattenom, qui produit actuellement avec un facteur de charge de 75 % environ de sa production théorique maximale, soit environ 34,2 TWh par an, pourrait au regard des performances atteintes sur des parcs étrangers atteindre un facteur de charge moyen de 85 %, correspondant à une production supplémentaire de 4,5 TWh par an.

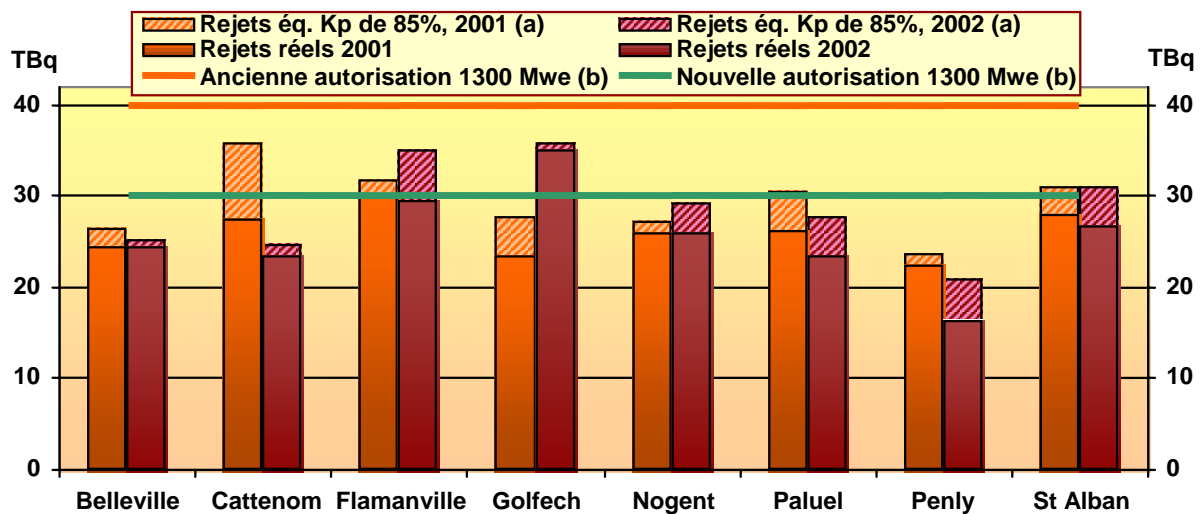
A même taux d'enrichissement, donc niveau d'activation dans le bore constant, une utilisation accrue des réacteurs augmente la production de tritium. La figure 6 indique, à titre d'ordre de grandeur, les rejets équivalents en tritium liquide des centrales du palier 1.300 MWe, par réacteur, si elles avaient fonctionné avec un facteur de charge de 85 % au lieu de leur facteur de charge réel. Il semble indiquer que, outre Golfech qui a réellement excédé le seuil de 30 TBq par réacteur en 2002, plusieurs centrales n'auraient pu respecter ce seuil avec un niveau de production plus élevé. Toutefois, il montre aussi que dans la majorité des cas, la limite de 30 TBq aurait été respectée même avec un facteur de charge de cet ordre.

Ces résultats sont à interpréter avec précaution, car ils ne tiennent notamment pas compte des distorsions possibles, dans un sens ou dans l'autre, du fait de la possibilité pour chaque centrale de « stocker » une partie des rejets en tritium d'une année sur l'autre. Pour gommer ces effets et obtenir un chiffre plus global, on peut regarder la moyenne, sur deux années (2001 et 2002) des rejets par réacteur par an pour l'ensemble des centrales du palier 1.300 MWe. Celle-ci se serait élevée, pour un Kp moyen de 85 % (contre 75,5 % en réel), à 29,2 TBq, c'est-à-dire très proche mais inférieure à 30 TBq.

³⁷ IPSN, Rapport DES, 2001, *op. cit.* Le rapport relève en particulier qu'EDF a indiqué en octobre 2001 attendre le retour de l'expérimentation lancée alors sur Nogent-2 (programme Pentix d'introduction du M5) pour « évaluer les effets sur le cycle de ce nouvel alliage », EDF ayant « par ailleurs précisé que les premiers éléments de réponse ne seraient pas disponibles avant deux ans ».

³⁸ Framatome, décembre 1999, *op. cit.*

Figure 6 Rejets moyens par réacteur des centrales du palier 1.300 MWe : rejets réels et projection sur les rejets équivalents pour un Kp de 85 %, 2001 et 2002



- a. Rejets équivalents à un facteur de charge Kp de 85 %. Ce calcul ne tient pas compte des distorsions liées à d'éventuelles pratiques de "stockage" des effluents reportant une partie des rejets d'une année sur l'autre.
- b. La nouvelle autorisation est la limite annuelle par réacteur fixée pour les centrales ayant déjà procédé au renouvellement de leurs autorisations, 30 TBq, à comparer à l'ancienne limite de 40 TBq dont Cattenom demande le maintien.

Source : WISE-Paris, d'après DGSNR, 2003 ; AIEA, 2003

Bien entendu, pour un facteur de charge supérieur à 85 %, le seuil de 30 TBq serait en moyenne dépassé. Ainsi, toujours en moyenne par réacteur et par an d'après les projections à partir des rejets de 2001 et 2002 pour l'ensemble du palier, pour un Kp théorique de 100 %, les rejets « équivalent pleine puissance » atteindraient 34,4 TBq. C'est sans doute à ce phénomène que M. Gaestel, directeur de la centrale de Cattenom, se référait lorsqu'il a expliqué, à la fin de la réunion du 10 octobre, que le seuil de 30 TBq ne serait pas tenable pour le CNPE de Cattenom si, pendant une année, le calendrier d'exploitation faisait que les quatre réacteurs tournent à plein.

Cet argument doit être relativisé pour plusieurs raisons. En premier lieu, il ne tient pas compte de la possibilité de report par stockage d'une année sur l'autre³⁹, pourtant explicitement évoquée par M. Gaestel, en réponse à une autre question, comme explication des rejets plus élevés en 2001. D'autre part, une telle situation est peu probable : une bonne gestion de la centrale consiste plutôt à décaler les arrêts de tranches programmés plutôt que de faire fonctionner puis arrêter tous les réacteurs aux mêmes périodes⁴⁰. Enfin, cet argument ne vaut que pour une productivité supérieure au Kp de 85 %. Or cette valeur constitue aujourd'hui, au vu des contraintes techniques irréductibles dans la conduite des réacteurs, des exemples étrangers et de la surcapacité du parc nucléaire français, l'objectif maximum qu'EDF peut viser, qui plus est à un horizon de nombreuses années.

³⁹ Si la production de la centrale est très importante une année parce qu'aucun des réacteurs ne s'arrêtent, leurs arrêts pour rechargement auront nécessairement lieu l'année suivante, donc la production sera plus faible. Le stockage des effluents permettrait d'équilibrer les rejets entre ces deux années.

⁴⁰ Pour expliquer que des centrales de réacteurs 1.300 MWe fonctionnent aujourd'hui avec une limite de 30 TBq que Cattenom ne pourrait pas respecter, M. Gaestel a avancé que c'était plus difficile de tenir cette limite avec 4 réacteurs. Le cas de Paluel, qui compte 4 réacteurs et fonctionne avec une limite réglementaire de 30 TBq, montre que cela reste possible. En réalité, l'étalement des arrêts est au contraire plus facile à Cattenom, qui compte 4 réacteurs, que dans des centrales plus petites.