



Comité Scientifique de l'ANCCLI

**Contribution à l'analyse du
Dossier de déclaration de modification au titre de l'Article 26 du
Décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux rejets et aux
prélèvements d'eau du site du Bugey
et des
Projets de décision de l'Autorité de sûreté nucléaire**

Etude réalisée à la demande de la CLIS de Bugey

27 février 2014

Suzanne GAZAL

avec la contribution de
Paul CHAMBON, Monique SENE

Préambule

Le Comité scientifique indiquait dans son *Avis relatif au Dossier de déclaration de modification relatif aux prélèvements d'eau et aux rejets dans l'environnement du CNPE de FESSENHEIM (INB 75)* (demande de la CLIS de Fessenheim) :

« (...) il convient d'insister sur l'extrême complexité du dossier (mêmes thématiques traitées dans plusieurs sections différentes), qui en rend l'étude particulièrement malaisée. »

L'AFSSET pour sa part indiquait dans son *Avis sur les risques sanitaires liés aux proliférations de Legionella dans l'eau des tours aéroréfrigérantes des centres de nucléaires de production électrique d'EDF- Deuxième phase (octobre 2007)* :

« Le groupe de travail tient à témoigner de l'énorme difficulté qu'il a rencontrée tout au long de ses travaux pour apprécier la cohérence et la fiabilité des données dans la volumineuse documentation fournie par EDF. En effet, les données utiles à l'expertise sont fragmentées et ont nécessité un laborieux et hasardeux travail de recollement pour tenter d'en apprécier la complétude et la validité » (Préambule aux Conclusions et Recommandations).

Ce problème a de plus déjà été évoqué par le Comité scientifique de l'ANCCLI, notamment lors de la 23^e Conférence des CLIS.

Le dossier d'impact présenté par EDF à l'appui de sa demande de modifications pour le site de Bugey appelle le même commentaire.

Modification n°1 : Possibilité de mise en œuvre d'un conditionnement secondaire à l'éthanolamine haut pH

1- Eléments d'information figurant dans le dossier d'impact

1.1- Identification de la modification et applicabilité

Actuellement, les 4 tranches du CNPE du Bugey sont conditionnées à la morpholine haut pH. La mise en place d'un conditionnement du circuit secondaire à l'éthanolamine, à la place de la morpholine, sur les 4 tranches du CNPE du Bugey permettrait d'optimiser le conditionnement chimique du circuit secondaire, en raison de ses aspects bénéfiques sur la durée de fonctionnement des éléments en aciers non ou faiblement alliés du poste d'eau et la réduction des rejets liquides et gazeux de l'amine de conditionnement.

La présente modification concerne les 4 tranches REP du CNPE du Bugey (INB n°78 et 89).

1.2- Planification de la réalisation

La démarche de passage à un conditionnement à l'éthanolamine prévue à l'origine pour 2 CNPE (Flamanville et Nogent) a été étendue aux CNPE de Penly et de Paluel, conditionnés à l'ammoniaque haut pH, afin de limiter les dégradations par corrosion-érosion des GSS et pour lesquelles le conditionnement ammoniacque est un facteur aggravant. Ainsi, le basculement à un conditionnement à l'éthanolamine a été réalisé en janvier 2011 sur Flamanville et Penly et en mars 2011 sur Nogent. Le basculement de conditionnement est également planifié à Paluel et à Cattenom dans le cadre de leur demande de modification des autorisations réglementaires de rejets et prélèvements d'eau du CNPE qui sera déposée en 2011. A moyen terme, d'autres sites seraient des candidats à un basculement, en particulier en vue d'une optimisation des rejets liquides et au regard du retour d'expérience des CNPE cités ci-dessus.

Cependant, il n'est pas à ce jour défini de calendrier précis pour un éventuel changement d'amine de conditionnement à Bugey.

1.3- Origine et motivations

Cette modification a pour principale motivation la réduction des rejets d'amine issus du circuit secondaire (rejets azotés) et aussi la sécurisation de l'approvisionnement en produits nécessaires au fonctionnement du CNPE en apportant à l'exploitant la possibilité d'assurer le conditionnement du circuit secondaire avec de la morpholine ou de l'éthanolamine.

L'éthanolamine présente de nombreux avantages par rapport à la morpholine :

- elle offre une meilleure protection que la morpholine contre la corrosion-érosion en milieu diphasique,
- les quantités d'éthanolamine nécessaires pour maintenir le pH spécifié sont plus faibles que les quantités de morpholine nécessaires pour maintenir ce même pH. L'éthanolamine génère donc moins de rejets liquides et gazeux,
- l'éthanolamine est plus stable thermiquement que la morpholine et génère moins de produits de décomposition dans le circuit secondaire,
- l'éthanolamine est plus biodégradable que la morpholine.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des principaux avantages et inconvénients des deux conditionnements envisagés sur le CNPE du Bugey (morpholine ou éthanolamine) :

ASPECTS		Morpholine	Ethanolamine
Protection des circuits	Avantages	-Bonne protection sur l'ensemble des circuits contre la corrosion-érosion car la morpholine se répartit uniformément et permet d'obtenir un bon pH à haute température. -REX favorable vis-à-vis des boues GV.	-Meilleure stabilité thermique que la morpholine. -Très bonne protection contre la corrosion-érosion en milieu diphasique du circuit eau-vapeur en raison d'un coefficient de partage favorable à la phase liquide.
	Inconvénients	Moindre stabilité thermique donc plus de risque de présence d'espèces organiques.	Très peu de REX d'exploitation français sur son influence sur l'encrassement des tubes GV même si les essais AECL/EPRI semblent montrer un effet légèrement plus favorable sur la déposition d'oxydes que la morpholine.
Environnement (rejets)	Avantages	Moins de rejets azotés que pour un conditionnement tout ammoniacal (liés à la moindre quantité d'ammoniacal requise pour obtenir le pH).	-Moins de rejets liquides dans l'environnement (plus faible concentration dans les circuits pour un même pH visé et plus faible masse moléculaire que la morpholine). -Moins de rejets azotés qu'avec la morpholine. -Moins de rejets gazeux (faible volatilité) qu'avec la morpholine. -Meilleure biodégradabilité. Pas de nitrosation de l'amine dans les bâches. -Impact écotoxicologique comparable. -Moins d'acides organiques rejetés.
	Inconvénients	-Plus de rejets azotés qu'avec l'éthanolamine. -Plus de rejets gazeux qu'avec l'éthanolamine.	/
Coûts liés notamment à la durée de vie des résines APG	Avantages	REX favorable sur la durée de vie des résines cationiques APG (moins de déchets solides).	/
	Inconvénients		Incertitudes sur la durée de vie des résines cationiques APG*.

Tableau I-2.1.3-b : Durée de vie des résines cationiques (données de REX –St Alban)

	Ethanolamine haut pH	Morpholine haut pH	Ammoniacal haut pH	Éthanolamine bas pH	Morpholine bas pH
Durée de vie des résines cationiques (en mois)	4 à 6*	6 à 14	3 à 8	9 à 10*	8 à 20

*REX centrale de Koeberg & Essai CNPE de St-Alban 2

1.4- Principe de conception

- 1-Remplacer tous les joints et garnitures de pompes d'injection de la morpholine par des joints et garnitures pour l'éthanolamine ;
- 2-Remplacer la morpholine par l'éthanolamine dans les bacs de préparation SIR : procédures identiques, mais préciser le changement de réactif ;
- 3-Mettre à jour les dossiers
- 4 Changer les spécifications chimiques pour le conditionnement secondaire.

1.5- Principes de réalisation et modalités d'intégration

1.5.1 Principes de réalisation

Après une mise à jour locale des documents prescriptifs, des consignes de conduite et de certaines alarmes, les 4 tranches du CNPE du Bugey pourront basculer à un conditionnement à l'éthanolamine en injectant de l'éthanolamine à la place de la morpholine.

1.5.2 Modalités d'intégration

Le conditionnement à l'éthanolamine constitue une modification des spécifications chimiques. Les spécifications en éthanolamine sont intégrées dans le Palier Technique Documentaire (PTD) du CP0 qui sera envoyé à l'ASN très prochainement, puis seront déclinées dans le nouveau référentiel prescriptif du site.

Les spécifications chimiques du système AHP pour un conditionnement haut pH à la morpholine ou à l'éthanolamine sont présentées dans le tableau I-2.1.5.2-a.

Tableau I-2.1.5.2-a : Spécifications chimiques AHP en conditionnement morpholine et éthanolamine à haut pH dans le domaine RP

	ETA haut pH
	Valeurs attendues / (valeurs limites)
pH AHP à 25°C	9,5 – 9,6 / (9,2 – 9,8)
Éthanolamine (mg/L)	2,5 – 3,5 / (2 – 4)
Ammoniaque (mg/L)	1 – 2 / (<5)
Hydrazine (µg/L)	50 – 100 / (>50)

1.6- Enjeux et risques liés à la programmation ou déprogrammation de la modification

Les enjeux liés à la mise en œuvre du conditionnement du circuit secondaire à l'éthanolamine sur le CNPE du Bugey sont de limiter les rejets azotés du conditionnement haut pH (en comparaison avec le conditionnement morpholine à haut pH) tout en augmentant la durée de fonctionnement des composants en aciers non ou faiblement alliés (ralentissement de la cinétique de corrosion-érosion).

1.7- Impacts organisationnels et humains (SOH)

Le passage à un conditionnement à haut pH à l'éthanolamine nécessite des actions de préparation et de réalisation de multiples services du CNPE (Sûreté Qualité, Conduite, Maintenance, Chimie et Technique). La mise en place de ce conditionnement passe par des actions locales impliquant plusieurs ressources du site :

- mise à jour de la documentation du site (spécifications chimiques, documents de conduite...),
- mise à jour des alarmes de pH,
- mise à jour d'applications informatiques industrielles.

La mise en œuvre du conditionnement à l'éthanolamine fait appel aux techniques et aux compétences requises pour la surveillance du circuit secondaire et la surveillance des rejets de

substances associées au conditionnement. La gestion de la phase transitoire de basculement de la morpholine à l'éthanolamine doit faire toutefois l'objet d'une attention particulière. Au regard de ces différents éléments, le degré de nouveauté ou de complexité de la mise en œuvre du conditionnement à l'éthanolamine est considéré comme modéré.

1.8 Impact sur les prescriptions applicables

L'évolution du conditionnement du circuit secondaire envisagée sur le CNPE du Bugey entraîne de nouvelles demandes de limites pour les rejets chimiques liquides rejetées dans le Rhône. Ces demandes portent sur le paramètre éthanolamine. Ces demandes sont présentées au *Chapitre II-2.6.4*.

2- Commentaire du Comité scientifique

Le Comité scientifique recommande la prudence.

Modification n° 2 : Mise en oeuvre d'un traitement des circuits de réfrigération des condenseurs par chloration massive à pH contrôlé

Modification n°3 : Mise en oeuvre d'un traitement anti-tartre des circuits de réfrigération des condenseurs par injection de polyacrylates et injection ponctuelle d'acide sulfurique

Références Dossier d'Impact EDF :

- Justification et Description des traitements *Pièce 1, chap.2.2 et 2.3 ; Pièce 11, chap.1.3 et Annexe II.4 ;*
- Contrôles et surveillance circuits, rejets, environnement *Pièce II, chap.5.6.1 et 5.6.2 ;*
- Impact sur l'environnement et la santé *Pièce II, chap..4.2.4 et Annexes II.7 (environnement) / chap.4.3.2 et Annexe II.8.3 (santé).*

L'exploitant a proposé de nouvelles stratégies de lutte contre les micro-organismes pathogènes (légionelles et amibes du genre *Naegleria fowleri*) susceptibles de proliférer dans les circuits de refroidissement du condenseur : traitement biologique et traitement anti-tartre.

1- Description des traitements demandés et acceptés par l'ASN

1.1-Traitement biologique (demande n°2)

- poursuite du traitement par la monochloramine,
- injection massive de chlore libre (hypochlorite de sodium) à pH contrôlé,
- acidification préalable ou simultanée de l'eau par de l'acide sulfurique.

Le traitement par la monochloramine sera « en continu ou séquentiel » (ASN¹ p.8).

La *chloration massive* est réalisée sur une seule tranche à la fois et dans la limite de quatre opérations par an pour l'ensemble du site. Selon EDF, elle sera réalisée hors période de traitement par la monochloramine (chap.2.2 p.9). Les limites demandées ont été revues à la baisse dans le projet de prescriptions de l'ASN (p.17/30).

L'injection *d'acide sulfurique* permet d'augmenter le pouvoir désinfectant de l'hypochlorite de sodium, mais aussi de limiter le risque d'entartrage (*cf infra*).

1.2- Traitement anti-tartre (demande n°3)

La formation de tartre dans les packings des tours aéroréfrigérantes (TAR) présente des inconvénients de divers ordres. Elle est notamment propice au développement de micro-organismes pathogènes (légionelles, amibes). Elle peut être favorisée par plusieurs facteurs (traitement à la monochloramine, qualité de l'eau d'appoint, débits de purges..).

¹ ASN Rapport à l'attention des membres de la Commission locale d'information du site nucléaire du Bugey.

Les traitements envisagés :

- traitement préventif par injection en continu de *polyacrylates* (antitartres organiques permettant (i) d'agir sur les processus de formation des cristaux de carbonate de calcium (ii) de limiter leur adhérence ainsi que celle des MES² sur les parois, Afsset, 2007³).
- injection massive ponctuelle d'*acide sulfurique* à titre curatif, en dehors des périodes de chloration massive et limitée à 20 jours par an.

Des éléments de justification sont présentés (chap. 2.3).

2- Commentaires du Comité scientifique sur ces demandes

2.1- Sur les objectifs du traitement biocide

2.1.1- Les limites et les objectifs de rejet en amibes et légionelles⁴

(a) Ils sont clairement définis pour les amibes du genre *Naegleria fowleri* : le seuil aujourd'hui retenu par les instances sanitaires françaises pour la concentration en amibes *Naegleria fowleri* dans le milieu aquatique est de 100 Nf/L.

(b) les choses sont beaucoup moins claires pour les légionelles.

Les niveaux de concentration à ne pas dépasser dans les circuits de refroidissement des CNPE ont été définis par l'ASN dans sa Lettre du janvier 2005 et rappelés dans sa Lettre du 16 juin 2006 : 5.10⁶ unités formant colonies (UFC) par litre pour les tours aéroréfrigérantes (TAR) de grande taille (150 m environ) et 5.10⁵ UFC par litre pour les tours de la centrale de Chinon (28 m). Mais ce seuil est contesté par l'Afsset (2006⁵, 2007).

Selon l'Afsset en effet, les études de dispersion fournies par EDF ne permettent pas de démontrer que les seuils valant pour les CNPE conduisent à un niveau d'exposition équivalent ou inférieur à celui des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) (10.³ UFC) par litre⁶. Quant à l'ASN, elle demandait en 2006 à EDF d'apporter la démonstration qu'à concentration égale dans les circuits, une grande tour génère une concentration maximale de légionelles dans l'environnement plus faible qu'une petite tour.

Les réponses ont-elles été apportées à ces demandes ?

L'Afsset constate en outre en 2007 *qu'aucun objectif chiffré* sur les niveaux de concentration en légionelles à atteindre dans les circuits de refroidissement n'est spécifié dans le programme EDF dont elle a eu à connaître dans le cadre de sa mission d'étude. Il en est de même dans le présent dossier, qu'il s'agisse du dossier d'impact d'EDF ou du projet de prescriptions de l'ASN, sachant que la hauteur des TAR du CNPE de Bugey est de 128m.

2.1.2- Les conditions de mise en oeuvre des traitements

Aucune indication sur les seuils de concentration mesurée (ou calculée) à partir desquels les traitements doivent être mis en oeuvre.

² Les rejets de MES étant par ailleurs favorisés par l'utilisation d'acides forts (Afsset, 2007 p.30).

³Afsset (2007) Evaluation des risques sanitaires liés aux proliférations de *Legionella* dans l'eau des tours aéroréfrigérantes des centres nucléaires de production électrique – Deuxième phase d'analyse : Evaluation de la pertinence des traitements pour maîtriser les niveaux de *Legionella spp* et l'impact environnemental de ces traitements. Octobre 2007..

⁴ Dans la présente contribution, les termes *Legionella* (ou légionelle), *Naegleria* et *Acanthamoeba* désigneront les différentes espèces appartenant respectivement aux genres *Legionella sp.*, *Naegleria sp.*, et *Acanthamoeba sp.*, et les expressions *Naegleria fowleri*, *L.pneumophila* les espèces *Naegleria fowleri* Carter 1970 et *L.pneumophila* Brenner et al. 1979.

⁵Afsset (2006) Evaluation des risques sanitaires liés aux proliférations de *Legionella* dans l'eau des tours aéroréfrigérantes des centres nucléaires de production électrique – Première phase d'analyse : Evaluation de la pertinence des seuils d'action actuellement recommandés, Rapport du groupe de travail AFSSET « Legionelle CNPE » Février 2006.

⁶Arrêté du 13 décembre 2004 relatif aux installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air soumis à autorisation au titre de la rubrique n°2921.

2.2- Sur la justification des traitements projetés

2.2.1- Si le dossier d'impact comporte quelques indications relatives au choix du traitement anti-tartre, il n'en est pas même pour le *traitement biocide* (chap. 2.2 et 2.3).

Quelle est la *justification et les critères de mise en oeuvre du traitement séquentiel ou du traitement en continu* ?

Ainsi d'après l'Afsset (2007), l'efficacité du traitement séquentiel à la monochloramine sur les légionelles à Bugey reste à démontrer, et si un traitement en continu par cette même monochloramine permet de limiter temporairement et ponctuellement l'augmentation de leur concentration dans l'eau des bassins froids, il ne permet pas de maîtriser durablement leur concentration (pp. 26, 53). *Comment l'injection ponctuelle (et peu fréquente) de chlore permet-elle de pallier cet inconvénient* ?

Plus généralement, *les avantages et les inconvénients* des différentes options possibles de traitement ne sont guère développés (observation déjà formulée par l'Afsset 2007 pour les traitements à faibles doses par les différents réactifs : acide chlorhydrique, acide sulfurique, CO₂). Cette remarque est d'autant plus importante que selon l'Afsset, la littérature existant en 2007 sur l'activité des biocides vis-à-vis des espèces de légionelles autres que *L.pneumophila* était pratiquement inexistante.

2.2.2- *Aucune information* relative au *Retour d'EXpérience* (REX), qu'il s'agisse de *Legionella* ou de *Naegleria fowleri*, ne figure dans le dossier d'impact, contrairement aux prélèvements d'eau et aux rejets thermiques, radioactifs et chimiques (chap.3). *Or*

- le REX est un élément décisif dans l'évaluation et la définition des stratégies mises en oeuvre.

- un contrôle des concentrations en *Legionella* est effectué à partir d'échantillons prélevés dans le bassin froid des tours ainsi qu'en amont et en aval des sites, de même qu'un suivi des paramètres physico-chimiques de la qualité des eaux (Lettre ASN 2006).

Le suivi de *Naegleria fowleri* dans les circuits et dans l'environnement est quant à lui évoqué dans le dossier d'impact (chap 5.6.1) sans que l'on sache vraiment s'il est déjà en place ou simplement envisagé.

La CLI de Bugey est-elle habituellement destinataire de ces informations ?

2.2.3- L'Afsset déplorait en 2007 l'absence de présentation *des avantages et des inconvénients* des différents *traitements anti-tartre* possibles. Elle demandait un approfondissement des connaissances relatives aux *différentes espèces minérales* utilisables et la justification de la *fréquence des injections d'acide sulfurique*.

Où en est-on aujourd'hui ?

2.2.4- Plus généralement, l'Afsset insiste sur le fait que la gestion du risque légionelles dans les CNPE ne peut être pertinente que si les conditions de traitement sont établies/ajustées au cas par cas, site par site VOIRE MEME TRANCHE PAR TRANCHE au vu des différences importantes de colonisation sur un même site. Seule une *analyse de risque complète et détaillée* peut permettre de définir des plans de surveillance, d'entretien et de maintenance adaptés.

Cette préconisation sera-t-elle mise en oeuvre au CNPE de Bugey ? Elle n'apparaît pas dans les projets de prescriptions de l'ASN.

2.3- Sur les protocoles de surveillance

2.3.1- Les protocoles de surveillance des *rejets* liés aux traitements biocides et anti-tartre ainsi que des *concentrations* en *Naegleria fowleri* dans les circuits et dans milieu sont précisés (chap. 5.6.1.1.6 ; ASN^{5,7}). Mais ***aucune information concernant Legionella***.

Pourtant, suite au rapport Afsset 2006, l'ASN demandait à l'exploitant de renforcer son plan de surveillance avec notamment :

- l'augmentation du nombre de points de prélèvement,
 - le renforcement du suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques traduisant des conditions favorables à la prolifération des légionelles ou une dégradation importante de la qualité des eaux,
 - l'identification et la maîtrise des situations de colonisation importante des circuits,
 - l'utilisation de méthodes de détermination rapide de la concentration en légionelles dans l'eau des circuits de refroidissement (pour intervenir rapidement si nécessaire),
 - le développement de mesures de concentration en légionelles dans l'air (alors inexistantes).
- L'Afsset considérait pour sa part en 2007 que du fait des incertitudes pesant sur les résultats de mesures réalisées par EDF (plans d'échantillonnage, procédure de prélèvement, fiabilité des mesures...), les valeurs données dans l'ensemble des documents fournis par EDF étaient des valeurs par défaut.

Où en est à cet égard EDF ? Quelle est la stratégie de surveillance des concentrations et des rejets en légionelles qui va être mise en œuvre au CNPE de Bugey ?

2.3.2- L'Afsset (2007) préconisait en outre que le suivi des *légionelles* et des amibes soient systématiquement *associés*, leur écologie étant intimement liée (*cf.infra* 2.6).

Cette préconisation sera-t-elle mise en œuvre sur le site de Bugey ?

2.3.3- Elle regrettait qu'EDF ne semble pas s'être donné les moyens de mieux caractériser les zones critiques de son réseau et notamment les points de prolifération des légionelles, et de n'avoir entrepris un vrai travail sur le biofilm des installations alors que cette structure biologique contribue à la problématique légionelles et à la difficulté de leur éradication.

Où en est à cet égard EDF sur le site de Bugey ?

2.3.4- Selon l'Afsset enfin, aucun document spécifiquement destiné à corréler l'évolution dans le temps du nombre de légionelles avec les opérations de maintenance et/ou traitement des installations n'était disponible en 2007. ***Où en est-on aujourd'hui ?***

2.4- L'impact environnemental des traitements projetés

2.4.1- Selon l'ASN⁵, un ***impact environnemental*** dû aux rejets chroniques ou aigus issus des traitements biocides (AOX, chlore résiduel total, ammonium) ne peut être écarté notamment en cas d'étiage sévère. Elle propose donc un abaissement des limites de rejet en AOX et en chloroforme, ainsi qu'une surveillance environnementale renforcée.

2.4.2- Dans une perspective de protection de l'environnement, l'Afsset préconise de manière récurrente la mise en œuvre

- de ***traitements alternatifs physico-chimiques*** (filtration, coagulation/floculation/décantation..) ***à l'entrée des CNPE et/ou des TAR,***

- d'un ***pré traitement de l'eau d'appoint***, préconisation relayée par l'ASN en 2006.

Ces préconisations ne semblent pas devoir être mises en œuvre. Pourquoi ?

⁷ Décision n°2014-DC-XXXX de l'Autorité de sûreté nucléaire du XXXXXX fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau et de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n°45, n°78, N°89 et n°173 exploitées par EDF sur la commune de Saint-Vulbas (département de l'Ain).

2.4.3- Selon l'Afsset 2007, l'utilisation de traitements chlorés à *l'ensemble des circuits d'un même bassin versant* est à proscrire compte tenu de la faible et variable efficacité des traitements préconisés et de leur incompatibilité avec les objectifs d'amélioration de la qualité écologique de l'eau des bassins. Or un tel traitement a été mis en oeuvre sur le site du CNPE de Cruas. **Justification ?**

2.5- L'impact sanitaire des substances rejetées (Annexe II-8.3)

(a) Un certain nombre de substances chimiques rejetées par le CNPE font l'objet d'une évaluation sanitaire. Les substances sélectionnées pour cette évaluation doivent répondre à deux critères : présenter une toxicité potentielle et être rejetée en quantité suffisamment significative.

Sont ainsi retenus : l'acide borique, l'hydrazine, la morpholine, la nitrosomorpholine, l'éthanolamine, *l'acide acrylique*, les *nitrites*, les *nitrites*, les *AOX*, la *monochloramine*, le *chloroforme*, le chrome et le plomb, la moitié d'entre elles (*en italiques*) provenant des traitements biocides et anti-tartre.

Les *expositions* sont calculées pour deux types d'exposition : chronique et aiguë. Les *différents types d'effets* (cancérogènes, autres que cancérogènes, mutagènes) sont décrits et évalués en fonction des valeurs toxicologiques de référence (VTR) disponibles. L'évaluation des différents types d'effets est réalisée (i) pour l'exposition chronique à partir des expositions moyennes (calculées sur la base des moyennes journalières d'exposition) (ii) pour l'exposition aiguë à partir des expositions maximales (calculées sur la base des expositions maximales journalières). Celles-ci correspondent à des effets aigus (durées d'exposition courtes et doses élevées) et une évaluation est réalisée pour l'ensemble des substances afin de tenir compte d'éventuels pics de rejet pour les rejets permanents.

(b) Cette évaluation pose plusieurs questions qui concernent :

- le caractère empirique d'un des **critères de choix des substances retenues** pour une évaluation de l'effet sanitaire (« être rejeté en quantité suffisante »),
- l'absence de **valeurs toxicologiques de référence** (VTR) pour les expositions aiguës, sauf pour l'acide borique et le chloroforme ; dans ce cas, les doses maximales mises en jeu sont comparées au tableau des VTR pour impacts chroniques. Lorsque ces dernières sont elles-mêmes indisponibles, on essaie d'utiliser des données toxicologiques brutes provenant d'observations diverses,
- les **conclusions abusives** qui sont tirées dans de nombreux cas en l'absence de données humaines et/ou animales. Il convient de ne pas confondre la mise en évidence d'une absence d'effets (sur la base de résultats d'études suffisamment nombreux et concordants) et l'impossibilité de mettre en évidence un effet délétère (études insuffisantes ou contradictoires) (ainsi EDF dans le dossier d'impact Annexe II-8.7, ou l'ASN⁵ pour l'acide acrylique),
- **l'évaluation des transferts et des expositions**

L'Afsset soulevait en 2007 des questions d'ordre méthodologique relatives (i) au *calcul des concentrations* des rejets chimiques dans le milieu (localisation de la zone de bon mélange)⁸,

⁸ La connaissance de la zone bon mélange est importante à plusieurs titres et ce quels que soient les types de rejet considérés (thermique, radioactif, chimique, biologique). Elle permet en effet

- de s'assurer de la pertinence des points de mesure et à défaut des points représentatifs des valeurs obtenues par calcul,
- de savoir à partir de quel point les limites réglementaires de rejets, qui sont données « après mélange », sont respectées,
- d'évaluer le risque sanitaire encouru en cas d'éventuel prélèvement d'eau (irrigation, production d'eau potable) intervenant sur les sections où le mélange n'est pas réalisé,
- d'évaluer l'impact des rejets et de leurs variations dans le temps et dans l'espace sur la biocénose aquatique (Gazal *et al.* 2013. *Avis relatif au Dossier de déclaration de modification au titre de l'Article 26 du Décret n°2007-1557 du 2 novembre 2013 relatif aux prélèvements d'eau et aux rejets dans l'environnement du CNPE de FESSENHEIM (INB 75)*. Etude réalisée à la demande de la CLIS de Fessenheim, 15 novembre 2013).

nombre de prélèvements, évaluations par site nucléaire et non pour l'ensemble du bassin...),
(ii) aux *voies d'exposition* retenues.

Ces questions sont pertinentes dans le cas présent. Ainsi, les voies de contamination retenues sont la consommation d'eau et de poissons du Rhône pêchés en aval du site, la contamination par les aliments n'étant pas prise en compte du fait de la complexité des transferts impliqués, et la contamination par voie cutanée étant considérée comme « négligeable ». A noter que l'ASN propose de prescrire à l'exploitant une surveillance thermique et biologique spécifique de la veine chaude en période estivale.

2.6- L'impact sanitaire des micro-organismes pathogènes présents dans les circuits de refroidissement

2.6.1- Quelles que soient les incertitudes ou les questions qu'elle soulève, une évaluation des effets sanitaires des substances rejetées est réalisée et présentée.

On ne peut pas en dire autant pour les légionnelles et les amibes pathogènes mentionnées dans le dossier et dans les projets de prescription (*Legionella* et *Naegleria fowleri*), **dont les risques pour la santé ne font l'objet d'aucune information.**

2.6.2- Une limite préoccupante du suivi de la contamination par les amibes et des traitements biocides : les amibes du genre *acanthamoeba*.

Des deux genres d'amibes *Naegleria* et *Acanthamoeba*, seule l'espèce *Naegleria fowleri* fait, à la demande de l'administration, l'objet d'une surveillance par l'exploitant (avec *Naegleria* totale). Or si *Naegleria fowleri* est responsable d'atteintes nerveuses chez l'homme, c'est également le cas de la plupart des espèces du genre *Acanthamoeba* (ci-dessous).

2.7- Conclusion

(a) Le dossier d'impact et les projets de décisions de l'ASN témoignent d'un défaut d'information significatif concernant

- les objectifs du traitement biocide,
- la justification des traitements projetés,
- les protocoles de surveillance des concentrations en légionelles,
- l'impact sanitaire des micro-organismes pathogènes présents dans les circuits de refroidissement.

(b) Des préconisations de l'Afsset visant à minimiser l'impact environnemental des traitements biocides ne semblent pas avoir été retenues.

(c) L'évaluation de l'impact sanitaire des substances rejetées comporte de nombreuses incertitudes et pose des questions d'ordre méthodologique.

(d) Les amibes pathogènes du genre *Acanthamoeba* sont exclues de la surveillance exercée par l'exploitant.

(e) Le dossier ne comporte aucune information relative au REX de Bugey, ce qui est problématique en termes de justification des traitements projetés (ci-dessus) et interroge quant à l'information qui est habituellement communiquée à la CLI de Bugey.

Les amibes du genre *Acanthamoeba*

Des deux genres d'amibes *Naegleria* et *Acanthamoeba*, seule l'espèce *Naegleria fowleri* fait, à la demande de l'administration, l'objet d'une surveillance par l'Exploitant. Or si *Naegleria fowleri* est responsable d'atteintes nerveuses chez l'homme, c'est également le cas de la plupart des espèces du genre *Acanthamoeba* [1] [2].

Les milieux de vie des amibes *Naegleria* et *Acanthamoeba*

Comme les autres amibes libres, elles se développent autour des racines de plantes (rhizosphère) et dans les sols meubles. Elles sont également présentes dans les eaux de surface en fonction des caractéristiques de celles-ci (pH, salinité, température et surtout teneur en déchets organiques), particulièrement à l'interface entre eau et matière solide. Elles sont thermophiles et thermotolérantes (jusqu'à 44-45°C pour *Naegleria fowleri*). Les circuits de refroidissement des condenseurs représentent donc un milieu propice à leur développement.

Concentration des amibes du genre *Acanthamoeba* dans les eaux de surface

Le genre *Acanthamoeba* est considéré comme plus résistant que les genres *Hatmannella* et *Naegleria* [3]. De fait, ces amibes sont plus fréquentes que les amibes du genre *Naegleria* dans les milieux aquatiques soumis à un traitement biocide.

Ainsi, sur 80 souches isolées en 1981 dans les piscines de Lyon, aucune n'appartenait à l'espèce *Naegleria fowleri* et une seule appartenait à une autre espèce (non pathogène) du genre *Naegleria*. Par contre, la population amibienne des piscines était représentée à 25% par des souches du genre *Acanthamoeba*.

Le Laboratoire vétérinaire départemental de Tarn-et-Garonne effectue pour sa part depuis 1998 un suivi indépendant de la contamination amibienne de la Garonne en aval du CNPE de Golfech. Ce suivi est réalisé par le Professeur Kilvington⁹. Il fait apparaître de manière récurrente une sur-incidence du genre *Acanthamoeba*. Ce dernier représente en effet 25% de l'ensemble des amibes identifiées en 2009 (28 identifications, 94 prélèvements), 49 % en 2011* (49 identifications, 51 prélèvements) et 17% en 2012** (17 identifications, 47 prélèvements). Seules 2 amibes du genre *Naegleria fowleri* ont été identifiées sur cette période [4].

Les pathologies induites par *Naegleria fowleri* et *Acanthamoeba*

Naegleria fowleri est responsable de la méningo-encéphalite amibienne primitive (M.E.A.P) et *Acanthamoeba* de la méningo-encéphalite amibienne (M.E.A) ou encéphalite amibienne granulomateuse (E.A.G). Si la période d'incubation et l'évolution de ces deux pathologies sont différentes (de l'ordre de quelques jours pour la première et de plusieurs semaines à plusieurs mois pour la seconde), elles n'en sont pas moins toutes les deux mortelles.

Des affections diverses plus bénignes (pulmonaires, oculaires¹⁰ ou cutanées) par *Acanthamoeba* ont également été rapportées.

Ainsi, 8 parmi les 13 souches isolées en 1981 dans les piscines de Lyon qui ont été testées sur des souris par instillation nasale se sont révélées mortelles. Environ 400 cas d'E.A.G humaine ont été recensés dans le monde. La mortalité par M.E.A.P. (*Naegleria fowleri*) serait de l'ordre de 200 cas.

⁹ Department of Microbiology and Immunology, School of Medicine, University of Leicester, England.

¹⁰ Kératites

Il faut enfin rappeler que dans le milieu aquatique, la survie des légionelles *L. pneumophila* (la plus redoutable des espèces de légionelles) est particulièrement fréquente dans les kystes d'*Acanthamoeba* [3].

Les voies et conditions d'atteinte du système nerveux central par *Naegleria* et *Acanthamoeba*

Pour *Naegleria fowleri*, la contamination du système nerveux central se fait directement par inhalation d'eau contaminée. A l'inverse, *Acanthamoeba* disséminerait vers le système nerveux central par voie hématogène après inhalation ou pénétration cutanée. De plus, elle se comporte comme un germe « opportuniste », se développant sur des terrains débilisés, et non comme *Naegleria fowleri* sur des sujets jeunes, sportifs et en bonne santé.

Dès lors, on ne comprend pas pourquoi les amibes du genre *Acanthamoeba* ne font pas l'objet d'une attention particulière (suivi, recherche de traitements efficaces non préjudiciables à l'environnement tels que des traitements en amont (pré-traitement de l'eau d'appoint) comme cela est préconisé par l'AFSSET pour le traitement des légionelles [5].

* Abstraction faite du premier prélèvement de l'année où plus de 100 amibes appartenant à deux autres genres non pathogènes ont été identifiées.

** Hors nombreuses amibes non identifiées lors d'un prélèvement.

[1] Travaux du Professeur P. Pernin, Laboratoire de Parasitologie, Faculté de Médecine et de pharmacie de Lyon.

[2] Travaux du Professeur J. L. Jacquemin, Laboratoire de Parasitologie et Epidémiologie Tropicale, Faculté de médecine et Pharmacie de Poitiers.

[3] AFSSET (2007). Risques sanitaires liés aux proliférations de *Legionella* dans l'eau, p.61/79.

[4] www.cg82.fr

[5] AFSSET (2007). Risques sanitaires liés aux proliférations de *Legionella* dans l'eau, pp.52-55.

Modification n°4 : Révision des limites de prélèvements d'eau, de rejets thermiques et de substances radioactives et chimiques

Les limites de rejets radioactifs relatives au démantèlement de Bugey-1 et à la mise en service de ICEDA

Suite à la demande de l'exploitant, l'ASN¹¹ a formulé les observations suivantes :

1- Bugey-1

« L'IRSN a mis en évidence une insuffisance de la justification des estimations des rejets d'effluents [gazeux *ndlr*] des périodes 2 et 3 et de fait une difficulté pour se prononcer sur les limites demandées. L'IRSN recommande que l'exploitant réévalue les rejets dans le cadre du point d'arrêt préalable à la mise sous eau du caisson prévu par le décret.

Après divers échanges avec l'exploitant qui n'a pas été en mesure d'apporter plus d'éléments sur les rejets des périodes 2 et 3, l'ASN a intégré une demande d'étude dans la décision « Modalités », à l'article 5 : « Une étude sur la caractérisation et la réévaluation des rejets du réacteur n°1 pour les périodes 2 et 3 mentionnées aux prescriptions [EDF-BUG-147], [EDF-BUG-149] et [EDF-BUG-155] de la présente décision et les modalités de surveillance associées sera transmise à l'Autorité de sûreté nucléaire deux ans avant la demande d'autorisation de mise en eau du caisson mentionnée au III de l'article 2 du décret n°20008-1197 du 18 novembre 2008 susvisé ».

2- ICEDA

« EDF ne présente pas de demande de rejets d'effluents liquides pour l'installation ICEDA dans son dossier. En effet, l'installation ne rejettera d'effluents liquides ni directement dans le Rhône ni via d'autres installations du site de Bugey. Les effluents seront collectés et entreposés en réservoirs avant d'être évacués vers des filières adéquates. EDF prévoit de les envoyer vers la STEL de Marcoule conformément aux spécifications d'acceptation de cette dernière.

Dans un premier temps, l'exploitant a précisé que ces rejets seraient détaillés dans une convention établie avec la filière de destination. L'exploitant n'a pas été en mesure de fournir une estimation réaliste de l'activité annuelle transférée qui aurait pu figurer dans la décision « Modalités » comme il peut être fait pour d'autres INB dont les effluents liquides sont évacués de la même façon.

En conséquence, s'appuyant sur l'article 4.1.4 de l'arrêté du 7 février 2012 qui prévoit que « Tout transfert d'effluents liquides ou d'eau prélevée dans l'environnement à une autre installation (...) fait préalablement l'objet d'une convention passée entre l'exploitant de l'installation nucléaire de base et l'exploitant de l'autre installation. Cette convention fixe les caractéristiques et les quantités des effluents ou des eaux transférés. Elle rappelle également les obligations des deux exploitants en matière de contrôle et de surveillance. », l'ASN propose que la décision « Modalités » stipule qu'« en préalable à l'établissement de la convention prévue à l'article 4.1.4 de l'arrêté du 7 février 2012, EDF transmet à l'ASN une étude justifiant l'activité annuelle maximale transférée par catégorie de radionucléides ». L'arrêté du 7 février 2012 ne soumet pas les conventions prévues à l'article 4.1.4 à accord

¹¹ ASN Rapport à l'attention des membres de la Commission locale d'information du site nucléaire du Bugey

préalable, néanmoins la transmission préalable de cette étude permettra le cas échéant à l'ASN de réagir auprès d'EDF.

Commentaires du Comité scientifique

Le Comité scientifique se félicite de la vigilance dont fait preuve l'ASN. Néanmoins, elle s'interroge sur les points suivants :

1- Bugey-1

1.1- Comment se fait-il qu'étant données « l'insuffisance de la justification des estimations des rejets d'effluents gazeux pour les périodes 2 et 3 et de fait une difficulté pour se prononcer sur les limites demandées », l'instruction « *n'ait pas conduit à retenir des limites différentes de celles proposées par l'exploitant* » ?

1.2- Une étude est demandée « sur la caractérisation et la réévaluation des rejets du réacteur n°1 pour les périodes 2 et 3 mentionnées aux prescriptions [EDF-BUG-147], [EDF-BUG-149] et [EDF-BUG-155] de la présente décision et les modalités de surveillance associées sera transmise à l'Autorité de sûreté nucléaire deux ans avant la demande d'autorisation de mise en eau du caisson mentionnée au III de l'article 2 du décret n°20008-1197 du 18 novembre 2008 susvisé ».

Si l'ASN estime que les résultats de cette étude exigent une modification des autorisations de rejets, le Comité scientifique considère que celle-ci devra donner lieu à consultation de la CLI conformément aux termes de l'arrêté du 2 novembre 2007 modifié (articles 18-I et 25-I).

2- ICEDA

L'exploitant n'a pas été en mesure de fournir une estimation réaliste de l'activité annuelle (rejets d'effluents liquides) transférée vers la STEL de Marcoule.

L'ASN prévoit que « préalablement à l'établissement de la convention prévue à l'article 4.1.4 de l'arrêté du 7 février 2012 [fixant les caractéristiques et les quantités des effluents ou des eaux transférés], EDF transmette à l'ASN une étude justifiant l'activité annuelle maximale transférée par catégorie de radionucléides ».

Le Comité scientifique considère que comme ci-dessus, l'avis de la CLI devra être requis avant d'autoriser EDF-Bugey à passer convention avec l'installation réceptrice.

Modification n°4 : Révision des limites de prélèvements d'eau, de rejets thermiques et de substances radioactives et chimiques

L'impact sanitaire des rejets de substances radioactives

1- Considérations générales relatives aux effets biologiques et sanitaires des rayonnements ionisants [1]

1.1- L'exposition aux rayonnements ionisants

Les rayonnements ionisants proviennent de la désintégration spontanée du noyau de certains éléments, d'origine naturelle ou artificielle qui sont dits « instables » (potassium 40, uranium, césium, strontium 90, tritium, carbone 14...).

Les types de rayonnements émis (alpha, bêta, gamma, neutrons...) et leur énergie sont caractéristiques de la désintégration de chaque radioélément.

Une exposition aux rayonnements ionisants peut avoir une origine externe (la source est extérieure à l'organisme). On parle alors d'*irradiation*. Elle peut être d'origine interne (la source est interne à l'organisme). On parle dans ce cas de *contamination interne* par inhalation, ingestion, plus rarement injection, ou par pénétration ou contact cutané.

Une exposition est exprimée en nombre de désintégrations par seconde du ou des rayonnements en cause (becquerels).

1.2- Les effets des rayonnements ionisants

On considère habituellement que les effets sanitaires des rayonnements ionisants sont de deux ordres : les effets déterministes et les effets aléatoires.

Les effets *déterministes* présentent les caractéristiques suivantes :

- les dommages sont présents chez tous les sujets exposés (avec d'éventuelles variations individuelles de sensibilité),
- la gravité de l'effet augmente avec la dose reçue,
- il y a existence d'un seuil.

Concernant les effets *aléatoires*,

- leur probabilité d'apparition augmente avec la dose reçue,
- leur gravité n'augmente pas avec la dose reçue,
- la relation dose-effet est mal connue aux faibles doses, l'absence de seuil étant l'hypothèse retenue par les instances internationales (CIPR, NRC, UNSCEAR).

Les effets aléatoires habituellement retenus sont les *cancers* et les *effets héréditaires*.

Les effets déterministes peuvent concerner tous les organes exposés. Ils peuvent engager le *pronostic vital* (doses aiguës) ou simplement affecter différents *tissus* (cutané...) ou différentes *fonctions* (cognitives, reproductives, digestives, cardiaques, circulatoires, respiratoires, immunitaires, endocriniennes...) à court, moyen voire long termes.

1.3- La relation dose-effet

La CIPR a proposé en [2] une estimation du risque de cancers et de malformations héréditaires sur les deux premières générations après exposition du corps entier à faible débit de dose, le détriment total étant constitué par la somme de ces deux détriments. Pour le public, ce risque a été évalué à $5,5 \times 10^{-2}$, $0,2 \times 10^{-2}$ et $5,7 \times 10^{-2}$ par sievert (Sv) respectivement.

1.4- Le principe de l'estimation de la dose efficace engagée après exposition aux rayonnements ionisants

1.4.1- Le *sievert* est l'*unité de dose efficace engagée*, calculée selon la procédure suivante :

- mesure (pour l'irradiation externe) ou évaluation (pour la contamination interne) de l'énergie moyenne reçue par l'organe ou le tissu du fait de l'exposition (*dose absorbée*) ; elle est exprimée en gray (Gy)¹², unité qui équivaut à un joule par kilogramme,

- application à la dose absorbée d'un coefficient de pondération W_r , caractéristique du type de rayonnement impliqué et, pour les protons et les neutrons, de son énergie (*dose équivalente* pour l'irradiation externe / *dose équivalente efficace* pour la contamination interne). Ainsi,

- $W_r = 1$ pour les rayonnements bêta, X et gamma, et 20 pour les rayonnements alpha,

- $W_r = 1, 5, 10, 20$ et 5 selon l'énergie du neutron (< 10 keV, 10-100 keV, 100 keV-2 MeV, 2-20 MeV et > 20 MeV).

- application à la dose équivalente (à la dose équivalente engagée) d'un facteur de pondération tissulaire W_t , qui tient compte de la radiosensibilité différentielle des tissus et organes exposés rapportée à une exposition du corps entier (*dose efficace / dose efficace engagée*).

L'évaluation de la dose absorbée (et donc engagée) du fait d'une contamination interne pose des problèmes spécifiques qui sont liés

- à l'incorporation (progression dans les voies d'accès), à l'absorption (passage dans le sang et les liquides extra-cellulaires), puis à la distribution, à la stabilité et au temps de séjour du (des) radionucléide(s) dans les organes, les tissus, la cellule,

- aux modalités d'absorption de l'énergie libérée par sa (leur) désintégration dans les différents organes et tissus.

De nombreux paramètres ne sont pas à ce jour pris en compte (exemples : les interactions avec d'autres polluants, la sensibilité individuelle...)

1.4.2- L'évaluation de la dose efficace engagée par une exposition à des rayonnements ionisants

L'évaluation ci-dessus est (en principe) disponible pour chaque désintégration et pour chaque radionucléide connu. Elle tient compte de la forme physico-chimique du radionucléide et de l'âge de sujets exposés. Ce sont les « doses par unité d'incorporation » (DPUI) dites encore « coefficients de dose ».

Pour connaître la dose efficace engagée par une exposition donnée à un (ou plusieurs) radionucléides donné(s), il suffit d'appliquer ce coefficient au nombre de désintégrations (à l'activité, exprimée en becquerels) à laquelle le sujet se trouve exposé.

1.5- Les limites réglementaires en matière de dose efficace engagée

Sur recommandation de la CIPR [3], la *limite réglementaire en matière de dose efficace engagée* pour les personnes du public en situation normale est du même ordre de grandeur que la radioactivité naturelle : 1 mSv/an. Elle est considérée comme très inférieure au seuil d'apparition des effets déterministes. Elle correspond à la survenue de $5,5 \times 10^{-5}$ cancers et 2×10^{-6} effets héréditaires sur les deux premières générations, niveaux de risque qui sont donc considérés comme acceptables par les instances internationales.

Il convient donc de garder en mémoire que la limite maximale de dose efficace engagée en fonctionnement de routine (« normal ») de 1mSv/an n'est pas une limite d'innocuité mais une limite d'acceptabilité d'un certain niveau de risque pour les effets considérés comme des effets sans seuil.

¹² Anciennement en rad (1 gray = 100 rad).

L'évaluation de l'effet biologique ou sanitaire d'une exposition aux rayonnements ionisants

Elle peut se faire de plusieurs manières :

- études *épidémiologiques analytiques* (études longitudinales, études cas-témoins, études de corrélations) ;
- études expérimentales (sur l'animal *in vivo*/sur des cellules humaines ou animales *in vitro*) ;
- détermination expérimentale de *l'efficacité biologique relative* (EBR), c'est-à-dire des dommages induits par un radionucléide rapportés aux dommages induits par un radionucléide ou un rayonnement de référence (en général rayons X ou gamma du césium 137 ou du cobalt 60). Cette EBR permettra, à partir par exemple de l'incidence des cancers observés sur l'homme après l'exposition aux rayonnements gamma des bombardements d'Hiroshima et Nagasaki, de conclure à la toxicité du radionucléide étudié ;
- évaluation quantitative des risques sanitaires (suppose la connaissance à la fois de la relation dose-effet et de l'exposition de la population étudiée).

Elle peut viser à mettre en évidence des effets déterministes ou des effets aléatoires. Etant donné le rôle que jouent les dommages à l'ADN dans la genèse des effets aléatoires, les études expérimentales portant sur les effets moléculaires des rayonnements ionisants sont d'un intérêt particulier. Si elles ne permettent pas d'extrapoler à la survenue d'un effet aléatoire, ces dernières permettent d'affiner l'évaluation de la dose et de mieux connaître la nature des dommages aux structures sensibles du noyau cellulaire, notamment dans le cas d'une faible exposition aux rayonnements ionisants.

La démarche présentée ci-dessus soulève des questions qui sont relatives, d'une part à l'évaluation des doses efficaces engagées – notamment aux postulats relatifs à l'« efficacité » des « faibles doses » de rayonnements, et d'autre part aux effets sanitaires pris en compte par la communauté internationale dans l'évaluation des risques.

2- L'impact sanitaire des rejets radioactifs aux limites demandées par le CNPE de Bugey.

2.1- Les données chiffrées figurant dans le dossier d'impact établi par le CNPE de Bugey à l'appui de sa demande de modification des limites de rejets radioactifs concernent les **doses efficaces** annuelles engagées qui ont été calculées pour les populations les plus sensibles et les plus exposées. Celles-ci sont de l'ordre de 1/500° (public adulte) et 1/300° (nourrissons) des limites annuelles admises par la réglementation pour les personnes du public.

Les **effets sanitaires** associés à ces doses (effets aléatoires), tels qu'ils peuvent être calculés à partir des données internationales exposées ci-dessus, **ne sont pas présentés**.

Si la question des faibles doses d'exposition concerne l'évaluation des doses efficaces et se situe donc dans le champ de la présente étude d'impact, tel n'est donc pas le cas de la question des effets pris en compte par la communauté internationale dans l'évaluation des effets sanitaires. Nous la développerons néanmoins dans un second temps.

2.2- La question des « faibles doses »

Cette question comporte plusieurs aspects :

- la dose absorbée (l'énergie déposée) par unité de temps,
- le débit de dose (exposition aiguë ou exposition prolongée) ,
- l'énergie du rayonnement (donc le coefficient de pondération W_r),
- et donc *in fine* la dose engagée (équivalente).

2.2.1- Dose absorbée , dose engagée efficace et débit de dose

Il n'y a pas définition universelle des notions de faible, moyenne ou forte doses. Les critères retenus sont plutôt à rechercher ... dans les niveaux de dose auxquels des effets biologiques et/ou des symptômes cliniques ont pu être observés.

Néanmoins, une tendance est de considérer une exposition de l'ordre de 100 milligray (0,1 gray = 10 centigray) comme une exposition aiguë, une exposition de l'ordre de 1 à 10 milligray comme faible et une exposition inférieure à 1 milligray comme très faible.

Relativement peu d'études épidémiologiques ont montré des effets cliniques pour des **doses absorbées** inférieures à 100 mGy. Néanmoins, des études réalisées par exemple sur des populations de travailleurs exposés à des rayonnements ionisants (gamma principalement) à des doses inférieures à 5 cGy font apparaître une augmentation dose-dépendante des *anomalies chromosomiques* [4] et des *cancers* [5]. De même pour des études portant sur les *cancers solides* [6] et les *leucémies* [7] chez les survivants des bombardements d'Hiroshima-Nagasaki. Plusieurs études conduites sur les populations (animales, humaines) exposées aux retombées de la catastrophe de Tchernobyl ont également fait apparaître des corrélations entre *divers dommages* et une exposition à de faibles doses de contamination interne.

Mêmes observations pour la **dose efficace engagée** : augmentation de la fréquence des *mutations dans les cellules germinales* pour des équivalents de dose efficaces faibles reçues de manière chronique [8], *malformations congénitales* et *pathologies génétiques* chez les enfants de la première génération nés de parents irradiés...

Nombre d'observations concernent l'*instabilité génomique transmissible* et l'*effet de voisinage*¹³ [9] [10].

L'ensemble de ces études concernent des **expositions chroniques à de faibles doses d'irradiation externe et/ou de contamination interne**, alors que les instances internationales ont retenu le principe d'un facteur d'efficacité deux fois plus important, à dose totale équivalente, pour une exposition à forte dose et fort débit de dose (facteur d'efficacité de la dose et du débit de dose = DDREF = 2).

Il faut en outre ajouter que dans plusieurs de ces études, l'effet serait renforcé aux doses les plus faibles (courbe de type supra-linéaire). De telles observations ont également été réalisées expérimentalement, par exemple sur des rongeurs du site d'essais nucléaires de Semipalatinsk [11], sur des cellules de la moelle osseuse [12] ou de rongeurs [13], avec diverses radionucléides ou divers types de rayonnement. Le facteur d'efficacité des **très faibles doses de rayonnement** serait donc pour certains types de rayonnements, certains types de matrices et certains types d'effets encore beaucoup plus important.

Ces questions, qui seraient de nature à profondément modifier la relation dose-effet aux faibles doses et faibles débits de dose, doivent faire l'objet de recherches approfondies.

En tout état de cause, elles interrogent sur le bien-fondé des postulats et des modèles qui sont à la base de l'évaluation donnée par l'exploitant des doses efficaces engagées par une exposition chronique aux rejets du CNPE de Bugey aux limites demandées, et qui figurent dans le projet de décision de l'ASN.

2.2.2- Energie du rayonnement [14]

Comme cela a été indiqué plus haut, l'évaluation des dommages induits par un radionucléide peut se faire par comparaison avec les dommages induits par une dose identique d'un radionucléide ou d'un rayonnement de référence (en général rayons X ou gamma du césium 137 ou du cobalt 60). Cette mise en perspective donnera son efficacité biologique

¹³ Voir *infra* 2.2.2.

relative (EBR). Or la *cytotoxicité* des rayonnements X ou gamma chez l'homme *in vitro* serait significativement plus importante à faible énergie qu'à énergie plus importante. Ainsi, les rayons X de 20 keV sont plus « efficaces » que les rayons X de 200 keV eux-mêmes plus efficaces que les rayonnements gamma de 1173 keV et 1333 keV du ⁶⁰Co. De même, à partir de modèles mathématiques qui permettent de suivre les dépôts d'énergie dans la matière en fonction du spectre d'émission des électrons (Méthode de Monte-Carlo) et en utilisant un ADN modélisé, il a ainsi été trouvé que l'iode 125 (γ_{moyen} 42 keV) produit beaucoup plus de cassures de brins d'ADN que l'iode 123 (γ_{moyen} 173 keV)¹⁴.

Pour ce qui est de l'eau tritiée, elle a fait l'objet de nombreuses études *in vivo* (animal) ou *in vitro* (animal, homme) : conversion de gènes chez des levures, survie cellulaire, micronoyaux, mutations ou transformation cellulaire chez la souris), aberrations chromosomiques chez les poissons, la souris ou dans les cellules humaines. Il a été constaté que l'irradiation due à l'eau tritiée est plus efficace, en matière de cassures doubles brins, que celle due au césium 137.

Des constatations analogues ont été faites concernant l'induction de *cancers* chez l'animal. Ainsi, l'EBR du tritium administré sous forme d'eau tritiée à faible dose et faible débit de dose serait 2,5 fois plus élevée que celle des rayons gamma, et 1, 2 fois plus élevée que celle des rayons X de 250 keV, délivrés dans des conditions relativement comparables. De surcroît, les énergies des rayons gamma utilisés pour la détermination expérimentale de l'EBR du tritium sont plus faibles que celles qui ont été délivrées à Hiroshima et Nagasaki, ce qui contribue à minimiser encore plus l'efficacité réelle de l'eau tritiée !

Cette remarque est particulièrement vraie pour les expositions à de faibles doses et faibles débits de dose.

Ces observations sont de nature à modifier les coefficients de pondération W_r , notamment pour les rayonnements X et gamma, pour lesquels ils sont considérés comme identiques et égaux à 1 par la communauté internationale.

En outre, la valeur de W_r devrait être une fonction inverse de la dose et du débit de dose.

2.2.3- En conclusion

L'ensemble des observations ci-dessus ne peut que conduire à s'interroger sur le bien-fondé des modèles actuellement utilisés pour évaluer la dose efficace engagée par une exposition aux rayonnements ionisants.

Il est admis par la communauté internationale que l'évaluation des coefficients de dose est associée à une incertitude, selon certains auteurs particulièrement importante [22].

Le débat sur l'effet des « faibles doses » ne contribue pas à réduire cette incertitude.

Cette question est dans le cas de la présente demande de modification d'autant plus pertinente que l'exposition aux rejets d'un CNPE en situation de routine est une exposition prolongée à de faibles doses et faibles débits de dose, et que les radionucléides rejetés sont pour une part importante de faible (iode 131, chlore 36, gaz rares...) voire de très faible énergie (tritium, carbone 14, nickel 63, chrome 51, iode 129 ...).

2.3- Observations relatives aux principes retenus par la communauté internationale pour l'évaluation des effets sanitaires des rayonnements ionisants

Comme cela a été indiqué plus haut, la question de la réduction des effets aléatoires aux cancers et aux effets héréditaires concerne l'évaluation de la relation dose-effet, qui se situe

¹⁴ La désintégration des iodures 123 et 125 s'accompagne de l'émission de rayonnements γ de 32 ± 4 keV (rendement de fission total = 87% et 147 % respectivement), ainsi que pour l'iode 123 d'un rayonnement γ de 159 keV (rendement de fission = 83%).

hors du champ du dossier Bugey puisque les pétitionnaires et l'ASN limitent la notion d'impact sanitaire à l'évaluation de la dose engagée.
Il n'est pas néanmoins inintéressant de l'évoquer ici.

2.3.1- Les effets sanitaires pris en compte par la communauté internationale dans l'évaluation des risques

Les effets aléatoires actuellement retenus par la communauté internationale sont les cancers et les effets héréditaires sur les deux premières générations (*cf. supra* 1.2).

Or de nombreuses études conduisent à questionner ce postulat [15][6].

En effet, une augmentation dose-dépendante de pathologies thyroïdiennes, digestives, respiratoires, cardiaques et circulatoires non cancéreuses ont été mises en évidence chez les populations humaines soumises à des essais, à des bombardements ou à des catastrophes nucléaires. De même, certaines études animales ont mis en évidence des effets non cancéreux, sans seuil et dose-dépendants, caractéristiques des effets aléatoires.

Concernant les effets héréditaires radio-induits, et contrairement à la CIPR 1990, la CIPR 2007 ne retient que les effets sur les deux premières générations, ce qui pour plusieurs raisons pose problème (maladies héréditaires se manifestant après plus de deux générations, difficultés de diagnostic, effets difficilement prédictibles, inconnues sur les effets d'une contamination interne (*cf. supra* 2.1).

Enfin, l'existence des effets dits « non ciblés » n'est pas intégrée à l'évaluation dose-effet. Ainsi, l'effet de voisinage (modifications induites dans des cellules non irradiées situées au voisinage des cellules irradiées, notamment activation de certains oncogènes) et l'instabilité génomique transmissible (survenue d'altérations biologiques après plusieurs divisions successives de la cellule irradiée ou d'une cellule située dans le voisinage de celle-ci) ne sont pas pris en compte.

2.3.2- Commentaire du Comité scientifique

Il est indispensable de ne pas limiter l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets réalisés par les centrales nucléaires à l'évaluation de la dose engagée et de présenter une évaluation des dommages attendus – sachant que des questions se posent quant aux dommages qui sont pris en compte par la communauté internationale dans l'évaluation de la relation dose-effet.

Par ailleurs, il conviendrait de valider cette évaluation par une surveillance épidémiologique des salariés et de la population environnante, et en tout état de cause de mettre en place un plan de surveillance de l'environnement, notamment terrestre, par biomarqueurs [16] .

2.4- Conclusion

Les observations disponibles à ce jour conduisent à s'interroger sur le bien-fondé des modèles actuellement utilisés pour évaluer la dose efficace engagée par une exposition aux rayonnements ionisants, notamment aux « faibles doses » d'exposition.

Cette question est d'autant plus pertinente que l'exposition aux rejets d'un CNPE en situation de routine est une exposition prolongée à de faibles doses et faibles débits de dose, et à des rejets importants de radionucléides de faible ou très faible énergie.

Par ailleurs, l'évaluation de l'impact sanitaire d'une exposition aux rayonnements ionisants ne peut se limiter à une estimation de la dose engagée. Une estimation des effets sanitaires attendus doit également être présentée, et les incertitudes associées à cette estimation mentionnées. Une surveillance de l'environnement par biomarqueurs devra être mise en place et un suivi épidémiologique des salariés et de la population réalisé.

Références bibliographiques

- [1] Gazal S, Amiard J.C (2010). *Le Tritium – Actualité d’aujourd’hui et de demain*. Lavoisier, pp. 99-103.
- [2] ICRP (2007). *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Publication 103. Elsevier Science Ltd. Oxford.
- [3] ICRP (1990). *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Publication 60, Pergamon Press, Oxford, 11-25, 43-49.
- [4] Evans H.J (1987) Cytogenetic damage : threshold effects and sensitivities. In Jones R.R. and Southwood R. *Radiations and Health* : 179-189.
- [5] Mancuso T.F, Stewart A.M, Kneale G.W (1977) Hanford 1 : Radiation Exposures of Hanford workers dying from cancer and other causes . *Health Physics*. **33** (369). In Gazal S (coord.) (1989) *Actes du Colloque « Nucléaire : Santé-Sécurité »*, Montauban 21-23 janvier 1988, 517 p. : 213-221.
- Kneale G.W, Stewart A.M, Mancuso T.F (1978) Re-analysis of data relating to the Hanford study of the cancer risks of radiation workers. I.A.E.A Symposium *Late effects of Ionizing radiation-SM-224/510* : 387-412.
- [6] Radford E.P (1986) Recent evidence of radiation induced cancer in the Japanese atomic bomb survivors. Conférence de Londres sur les rayonnements ionisants, Londres, 26 novembre 1986. In Gazal S (coord.) (1989) *Actes du Colloque « Nucléaire : Santé-Sécurité »*, Montauban 21-23 janvier 1988, 517 p. : 213-221.
- [7] Pierce D.A, Shimizu Y, Preston D.L, Vaeth M, Mabuchi K (1996) Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12. Part 1 Cancer :1950-1990. *Radiation Research*, **146** (1) :1-27.
- [8] Dubrova Y.E, Nesterov V.N, Krouchinsky N.G, Ostapenko V.A, Neumann R, Neil D.L, Jeffreys A.J (1996) Human Minisatellite mutation rate after the Chernobyl accident. *Nature*, **380** : 683-686.
- [9] Dubrova Y.E (2003). Long-term genetic effects of radiation exposure. *Mutation Research*, **544** : 433-439.
- [10] Little JB (2002). Radiation-induced genomic instability and bystander effects : implications for radiation protection. *Radioprotection*, **37** : 251-282.
- [11] Zaka R, Chenal C, Misset MT. (2002). Study of external low irradiation dose effects on induction of chromosome aberrations in *Pisum sativum* root tip meristem. *Mutation Research*, **517** : 87-99.
- [12] Chenal C, Seisebaev AT, Nurgalieva K, Zhabasov R, Laurent JF, Brouazin-Jousseume V, Guitton N (2001). Long term effects of chronically exposed rodents to internal and external irradiation in Semipalatinsk nuclear test site: In : *Biological effects of low dose ionizing radiation and radioactive pollution on environment*. Syktivkar, ISBN 5-89606-085-8 : 113.
- [13] Saintigny Y, Roche S, Meynard D, Lopez BS (2008) Homologous recombination is involved in the Repair response oh Mammalian Cells to Low Doses of Tritium. *Radiation Research*, **170** (2) : 172-183.
- [14] Gazal S, Amiard J.C (2010). *Le Tritium – Actualité d’aujourd’hui et de demain*. Lavoisier, pp.107-108, 117-118.
- [15] *Ibid.*, pp.114-117.
- [16] Gazal S (coord.) (2014). *Les méthodes de surveillance de l’environnement et leur application aux rayonnements ionisants*. EDP-Sciences, 80 p : 51-58.

Modification n°4 : Révision des limites de prélèvements d'eau, de rejets thermiques et de substances radioactives et chimiques

Les limites de rejets chimiques

1- Origine des rejets chimiques

1.1- Les rejets chimiques à l'atmosphère

Les rejets gazeux non radioactifs dans l'atmosphère sont limités :

- aux gaz d'échappement des engins de chantier (Bugey-1),
- aux émissions de poussières lors de la démolition des bâtiments (Bugey-1),
- aux gaz d'échappement des moteurs des groupes électrogènes de secours (Bugey 2-5, ICEDA),
- aux gaz d'échappement des camions de livraison ou d'expédition (Bugey 2-5, ICEDA),
- aux émanations de formol et de monoxyde de carbone émises par les calorifuges neufs en laine de verre au cours de la montée en température,
- à l'ammoniac rejeté à l'atmosphère par le système « Vapeur Contournement du condenseur et Décharge à l'atmosphère » (VCD Atmosphère) provenant de l'eau ASG ou ANG et de la destruction thermique de la solution de conservation des générateurs de vapeur lors du redémarrage de la tranche nucléaire,
- à la morpholine et l'éthanolamine rejetés par VCD-Atmosphère provenant de l'eau ASG ou ANG,
- à l'ammoniac provenant des incondensables extraits du circuit secondaire lors de la mise sous vide du condenseur et rejetées par la cheminée du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN),
- aux rejets d'ammoniac et de THM gazeux issus du traitement à la monochloramine,
- aux rejets de THM gazeux générés par les opérations de chlorations massives à pH contrôlé.

Compte tenu de l'occurrence des événements initiateurs de ce type de rejets et des faibles quantités rejetées, il n'est pas demandé de limite sur les rejets chimiques à l'atmosphère dans le présent dossier.

1.2- Les rejets de substances chimiques liquides

1.2.1- Les rejets de substances chimiques associées aux effluents radioactifs liquides

Les rejets de substances chimiques associées aux effluents radioactifs liquides sont liés à l'exploitation de Bugey 2-5.

Ils proviennent des différents produits de conditionnement des circuits qui ne peuvent être maintenus dans les circuits pour des raisons d'exploitation ou de maintenance. Ces substances sont alors transférées dans les effluents puis rejetées. Ce sont :

- les produits de conditionnement mis en œuvre dans le circuit primaire, qui participent au pilotage du réacteur ou permettent de limiter l'agression des métaux qui constituent le circuit,
- les produits de conditionnement de l'eau du circuit secondaire et des circuits auxiliaires nucléaires et conventionnels de la centrale pour la rendre moins corrosive vis-à-vis des aciers,
- les métaux provenant de l'usure des matériaux des circuits, comptabilisés de façon globale sous l'appellation de « métaux totaux »,
- les détergents provenant du lavage des tenues utilisées en zone nucléaire et du lavage du sol.

Ces effluents sont également caractérisés par des paramètres globaux comme les Matières En Suspension (MES) et la Demande Chimique en Oxygène (DCO).

1.2.1.1- Conditionnement du circuit primaire au moyen de

- *acide borique* (absorbant neutronique),
- *lithine* (compense l'acidité de l'acide borique et limite la corrosion des matériaux),
- *hydrazine* (élimine l'oxygène de l'eau avant hydrogénation au redémarrage des tranches).

1.2.1.2- Conditionnement du circuit secondaire en période de fonctionnement

- Afin d'obtenir le pH de moindre corrosion, un produit basique doit être injecté dans le circuit secondaire. En l'absence d'alliages cuivreux, trois conditionnements sont actuellement possibles : morpholine, ammoniacque et éthanolamine.

Le choix du type de conditionnement reste toujours un compromis entre la lutte contre la corrosion-érosion, l'encrassement des tubes et des GV, et les rejets dans l'environnement.

La *morpholine* par dégradation à 280°C donne de l'éthanolamine, du glycol et de l'azote. Ces sous-produits donnent à leur tour des acides glycolique, acétique, formique et oxalique. De la nitrosomorpholine est également produite (par réaction entre morpholine et nitrates/nitrites) L'*éthanolamine* devrait progressivement remplacer la morpholine car elle demande d'injecter 2 à 3 fois moins de produit que la morpholine, donne lieu à moins de rejets ; elle a une meilleure tenue et permet de meilleures corrections de pH (*cf.* Demande M01).

- Le conditionnement est complété par de l'*hydrazine* pour éliminer l'oxygène de l'eau alimentaire, éviter l'encrassement des GV induit par les produits de corrosion (principalement des oxydes de fer). Une partie de l'hydrazine se dégrade thermiquement en produisant de l'ammoniacque et le reste se transforme très rapidement en azote et en eau au contact de l'oxygène.

1.2.1.3- Conditionnement en période d'arrêt

Le poste d'eau du circuit secondaire en période d'arrêt est conservé à sec.

De même, le conditionnement des GV peut être sec ou humide en fonction des exigences de planning, de dosimétrie, environnementale...

Le conditionnement humide des GV en période d'arrêt est réalisé avec :

- de l'*hydrazine*,
- de la *morpholine* ou de l'*ammoniacque* ou de l'*éthanolamine*.

1.2.1.4- Conditionnement des circuits auxiliaires nucléaires et conventionnels

Les circuits de réfrigération et de chauffage sont conditionnés au *phosphate trisodique*, utilisé comme inhibiteur de corrosion au niveau des circuits en contact avec l'air où le conditionnement volatil ne peut être utilisé. Celui-ci permet également d'obtenir un pH compris entre 11 et 11,5.

De plus, au niveau de la laverie, des *détergents* sont utilisés pour laver le linge issu de zone contrôlée. Au cours du fonctionnement du CNPE, l'ensemble de ces produits est susceptible d'être rejeté dans l'environnement.

1.2.2- Les rejets issus des traitements biocides et anti-tartre

Ces rejets sont liés à l'exploitation de Bugey 2-5.

1.2.2.1- Pour les traitements biocides (*cf.* Demande de Modification n°2)

(a) *Les traitements*

- traitement en continu ou séquentiel par la *monochloramine*,
- injection massive de chlore libre (*hypochlorite de sodium*) à pH contrôlé,
- acidification préalable ou simultanée de l'eau par de l'*acide sulfurique*.

La chloration massive est réalisée sur un seul réacteur à la fois et dans la limite de quatre opérations par an pour l'ensemble du site. Selon EDF, elle serait réalisée hors période de traitement par la monochloramine (chap.2.2 p.9).

L'injection d'acide sulfurique permet d'augmenter le pouvoir désinfectant de l'hypochlorite de sodium, mais aussi de limiter le risque d'entartrage (cf 1.2).

(b) Les rejets chimiques induits

- par le traitement à la *monochloramine* : monochloramine résiduelle, composés organo-halogénés (AOX, THM)) et notamment acides monochloracétiques, dichloracétiques et trichloracétiques,

- par la *chloration* massive : chlorure et sodium ; AOX (composés organo-halogénés) et THM (chloroforme principalement) ; chlore résiduel libre (CRL).

- par l'injection *d'acide sulfurique* : sulfates ; cuivre, zinc, matières en suspension (MES).

1.2.2.2- Pour le traitement anti-tartre (cf. Demande de Modification n°3)

(a) Les traitements envisagés

- traitement préventif par injection en continu de *polyacrylates* (antitartres organiques permettant (i) d'agir sur les processus de formation des cristaux de carbonate de calcium (ii) de limiter leur adhérence ainsi que celle des MES¹⁵ sur les parois, Afsset, 2007¹⁶).

- injection massive ponctuelle *d'acide sulfurique* à titre curatif, en dehors des périodes de chloration massive et limitée à 20 jours par an.

(b) Les rejets induits

- par l'injection de *polyacrylates* : acide acrylique

- par l'injection *d'acide sulfurique* : cf. 1.2.2.1 (b).

1.2.3- Les autres rejets chimiques

Ils proviennent essentiellement de Bugey 2-5. Il s'agit

- des rejets issus de la fosse de neutralisation de l'installation de déminéralisation (chlorures et sodium) ;

- des rejets du réseau de collecte et de traitement des effluents non contaminables : réseau eaux pluviales, réseau eaux vannes et usées, réseau de recueil et de contrôle des effluents susceptibles de contenir des hydrocarbures ;

- de l'eau du circuit de refroidissement du condenseur CRF (eau de recirculation). Cette eau peut contenir des métaux lourds (usure du condenseur).

La demande relative à Bugey 1 et ICEDA concerne

- les rejets d'eaux pluviales,

- les rejets des eaux usées des stations d'épuration,

- et surtout les rejets des eaux épurées des déshuileurs.

¹⁵ Les rejets de MES étant par ailleurs favorisés par l'utilisation d'acides forts (Afsset, 2007 p.30).

¹⁶ Afsset (2007) Evaluation des risques sanitaires liés aux proliférations de *Legionella* dans l'eau des tours aéroréfrigérantes des centres nucléaires de production électrique – Deuxième phase d'analyse : Evaluation de la pertinence des traitements pour maîtriser les niveaux de *Legionella spp* et l'impact environnemental de ces traitements. Octobre 2007..

2- Les autorisations actuelles pour les rejets liquides

Les autorisations actuelles apparaissent dans plusieurs documents.

2.1- Le courrier de l'OPRI n° 94934-I MEG/BL du 30 décembre 1987

Substances	Flux annuel(kg)	Concentration maximale ajoutée dans le milieu récepteur (mg/L)
Acide borique	94 000	0,5 (exprimé en Bore)
Hydrazine	210	0,050
Lithine	20	0,010
Acide oxalique	170	0,100
EDTA	70	0,020

Tableau II-2.6.4-a : Limites actuelles pour les rejets de substances chimiques associées aux effluents radioactifs et aux eaux d'exhaures de la salle des machines

2.2- L'arrêté préfectoral du 18 décembre 1995 portant autorisation de prise et rejets d'eau effectués sur le domaine public fluvial et qui concerne

- les eaux issues des aéroréfrigérants de la tranche 4, dont la teneur en cuivre doit être < 0,1 mg/L,
- la teneur en hydrocarbures des eaux pluviales, qui est inférieure à 10 mg/L,
- les rejets des eaux vannes et usées, dont la concentration de l'effluent rejeté est à \leq (en mg/L) (Tableau II-2.6.4-b) :

Paramètres	Maximale (mg/L)	Moyenne sur 24 heures consécutives (mg/L)
MEST	70	35
DBO5	50	25 (30 depuis le 30 mai 2006)
DCO	250	125
Azote total Kjeldahl	80	40

- les eaux industrielles, qui sont neutralisées avant rejet ($5,5 < \text{pH} < 8,5$), celles susceptibles d'être polluées par des hydrocarbures devant être traitées et la concentration en hydrocarbures ne pouvant pas dépasser 20 mg/L au rejet.

- les rejets de la station de déminéralisation, qui doivent respecter les limites suivantes (Tableau II-2.6.4-c) :

Substances	Flux 2 heures (kg)	Flux 24 heures (kg)
Sulfates	1 553	3 500
Sodium (I)	667	1 500
Chlorures (I)	65	150
Ammonium	0,08	0,12
Morpholine	0,80	1,2

(1) Les flux 2 heures et 24 heures pourront être dépassés, au plus durant 6 jours de l'année, en cas de traitement saumure d'une des 4 files de déminéralisation ou en cas de traitement curatif des eaux de chacun des aéroréfrigérants : 700 et 1 900 kg pour le sodium, 455 et 800 kg pour les chlorures.

2.3- L'arrêté ministériel du 26 avril 2004 autorisant EdF à rejeter des effluents résultant du traitement biocide des circuits des aéro-réfrigérants des réacteurs n° 4 et n° 5 de la centrale nucléaire du Bugey fixant les limites suivantes :

Substances	Flux 2 heures ajouté maximal (kg) pour l'ensemble du site	Concentration maximale ajoutée dans les effluents au point de rejet en Rhône (mg/L)
Chlorures	186	2,2
Sodium	120	1,4
AOX	2	0,2 (1)
THM	0,08	0,025
Ammonium	8	0,002
CRT	19,8	0,23
Nitrates	175	2
Nitrites	13 (2) 65 (3)	0,15 (2) 0,74 (3)

(1) La concentration mesurée en aval dans le Rhône ne doit pas dépasser 50.

(2) Valeur à respecter pour 90 % des échantillons prélevés au point de rejet.

(3) Valeur à respecter pour 100 % des échantillons prélevés au point de rejet.

Tableau II-2.6.4-d : Limites actuelles pour le traitement biocide des aéroréfrigérants

3- Les demandes de limites pour les rejets liquides

3.1 Rejets de substances chimiques dans le canal 2-3 (Tableau II-2-5-5-a)

Ils proviennent

- des réservoirs T, S et Ex des tranches 2 à 5,
- des réservoirs T de la tranche 1,
- des effluents de la station de déminéralisation,
- des effluents de la station de traitement des boues,
- des effluents du prétraitement de l'eau brute.

Les effluents de la STEP n° 44 qui se rejettent dans ce canal font l'objet d'une demande spécifique.

Tableau II-2-5-5-a – Demande de limites de rejet de substances chimiques dans le canal 2-3

Substances	Principales origines	Flux 2 h ajouté (kg)	Flux 24 h ajouté (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Concentration maximale ajoutée dans le canal de rejet 2-3 (mg/L)
Acide borique (1)	Réservoirs T, S, Ex (REP)	940	3920	23140	5,7
Hydrazine	Réservoirs T, S, Ex (REP)	-	2,2 (2)	38	0,008
Morpholine (3)	Réservoirs T, S, Ex (REP) Station de déminéralisation	-	31 (4)	1150 x P ₇ + 150	0,29 (4)
Ethanolamine (3)	Réservoirs T, S, Ex (REP) Stat° de déminéralisation	-	18 (4)	620 x P ₂ + 90	0,008 (4)
Ammonium + Nitrates+Nitrites (exprimés en N)	Réservoirs T, S, Ex (REP)	-	140	9070	0,32
Détergents	Réservoirs T, S, Ex (REP)	70	145	8500	0,42
Phosphates	Réservoirs T, S, Ex (REP)	43	100	1770	0,26
Métaux totaux (5)	Réservoirs T, S, Ex (REP) Réservoirs T (UNGG)	-	33 (6)	-	0,01 (6)
DCO	Réservoirs T, S, Ex(REP)	-	460	-	0,79
MES	Réservoirs T, S, Ex(REP)	-	120	-	0,25
Sodium	Réservoirs T, S, Ex (REP)	-	1380 (7)	-	4,0 (7)
	Station de déminéralisation				
Chlorures	Station de déminéralisation	-	710	-	3,1
Sulfates	Station de déminéralisation	-	3100 (8)	-	9,3 (8)

(1) Lors d'une vidange complète ou partielle d'un réservoir d'acide borique (réservoir REA bore ou PTR), les limites des flux 2h, 24h et annuel et de la concentration ajoutée dans l'ouvrage de rejet sont portées respectivement à 1 480 kg, 5 040 kg, 31 310 kg et 8,9 mg/L. Cette vidange ne peut être pratiquée qu'après démonstration que ces réservoirs ne peuvent être ramenés dans le cadre des spécifications d'exploitation.

De façon à limiter l'impact environnemental des rejets d'acide borique, la concentration moyenne journalière ajoutée dans le Rhône sera volontairement limitée à 0,58 mg/L.

(2) Sur l'année, 10 % des flux 24 h en hydrazine peuvent dépasser 2,2 kg sans toutefois dépasser 3,2 kg.

(3) En cas de changement du conditionnement du circuit secondaire :

P1 : nombre de paires de réacteurs conditionnés à la morpholine, P2 : nombre de paires de réacteurs conditionnés à l'éthanolamine, P1 + P2 = 2

Dans les cas où les deux modes de conditionnement du circuit secondaire (morpholine ou éthanolamine) seraient utilisés durant la même année calendaire, les limites annuelles seraient calculées :

- pour l'ancien conditionnement, au prorata temporis de la durée de fonctionnement jusqu'à la fin du cycle du dernier réacteur de la paire de réacteurs considérée

- pour le nouveau conditionnement, au prorata temporis de la durée de fonctionnement à partir de la date de basculement du conditionnement.

(4) Sur l'année, 10 % des flux 24 h peuvent dépasser cette valeur sans toutefois dépasser 106 kg pour la morpholine et 36 kg pour l'éthanolamine.

(5) Les flux annuels de chacun des métaux nickel et chrome n'excèdent pas 30 % de la limite des métaux totaux. Les métaux totaux sont constitués de Fe, Ni, Cr, Mn, Cu, Zn, Al et Pb pour Bugey 2

(6) En cas de rejet des effluents de la cuvette du BTS de Bugey 1, les limites du flux 24h et de la concentration ajoutée dans le canal de rejet sont portées respectivement à 20 kg et 0,12 mg/L.

(7) En cas de rejet des effluents de la cuvette du BTS de Bugey 1, les limites du flux 24h et de la concentration ajoutée dans le canal de rejet sont portées respectivement à 1 480 kg et 4,2 mg/L.

(8) En cas de rejet des effluents de la cuvette du BTS de Bugey 1, les limites du flux 24h et de la concentration ajoutée dans le canal de rejet sont portées respectivement à 3 340 kg et 11 mg/L.

3.2- Les demandes de limites pour les rejets de substances chimiques dans le canal 4-5

(Tableau II-2.5.5-b)

Tableau II-2.5.5-b- Demandes de limites pour les rejets de substances chimiques dans le canal 4-5

Substances	Principales origines	Flux 2 h ajouté (kg)	Flux 24 h ajouté (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Concentration maximale ajoutée dans le canal de rejet 4-5 (mg/L)
Ammonium	Traitement monochloramine	-	150	-	0,36 (2)
Nitrates		-	1 375	-	
Nitrites		-	0 (1)	-	
Chlorures	Traitement monochloramine	-	1 490 (3)	-	1,7 (3)
Sodium	Traitement monochloramine Traitement antitartre organique	-	1 480 (4)	-	1,7 (4)
DCO	Traitement antitartre organique	-	3 950 (5)	-	4,6 (5)
Sulfates	Injection ponctuelle d'acide	-	26 100	-	30 (6)
THM	Chloration massive à pH contrôlé	7,2	10,2	-	0,20
chllore libre	Chloration massive à pH contrôlé	-	-	-	0,1
CRT	Traitement monochloramine Chloration massive à pH contrôlé	-	150 (7)	27 980 (8)	0,18 (7)
AOX	Traitement monochloramine Chloration massive à pH contrôlé	-	50 (9)	2730 (8)	0,06 (9)
Antitartre organique	Traitement antitartre organique	-	3 040 (10)	-	3,5 (10)

- (1) Lors de la période de traitement à la monochloramine, le flux 24 h ajouté en nitrites dans l'ouvrage de rejet peut dépasser 100 kg sans toutefois dépasser 385 kg pendant au plus 36 jours par an.
- (2) La concentration est exprimée en azote (N).
- (3) Les limites du flux 24h et de la concentration ajoutée en chlorures dans l'ouvrage de rejet sont portées respectivement à 2 110 kg et 27 mg/L en cas de chloration massive à pH contrôlé.
- (4) Les limites du flux 24 h et de la concentration ajoutée dans le canal de rejet en sodium sont portées respectivement à :
- 1740 kg et 2,0 mg/L pendant au plus 107 jours par an ;
 - 1760 kg et 17 mg/L en cas de chloration massive à pH contrôlé.
- (5) Les flux 24 h et la concentration ajoutée en DCO dans l'ouvrage de rejet peuvent dépasser 3 950 kg et 4,7 mg/L sans toutefois dépasser 5 930 kg et 6,9 mg/L pendant au plus 107 jours par an.
- (6) La limite de la concentration ajoutée en sulfates dans l'ouvrage de rejet est portée à 142 mg/L en cas de chloration massive à pH contrôlé.
- (7) Les limites du flux 24h et de la concentration ajoutée en CRT dans l'ouvrage de rejet sont portées respectivement à :
- 230 kg et 0,26 mg/l lors du traitement à la monochloramine pendant au plus 36 jours par an.
 - 180 kg et 1,3 mg/l en cas de chloration massive à pH contrôlé
- (8) Les limites de flux annuel de CRT et d'AOX sont respectivement augmentées de 67,5 et 140 kg par opération de chloration massive à pH contrôlé.
- (9) Les limites du flux 24h et de la concentration ajoutée en AOX dans l'ouvrage de rejet sont portées respectivement à :
- 95 kg et 0,11 mg/l lors du traitement à la monochloramine pendant au plus 36 jours par an.
 - 190 kg et 2,7 mg/l en cas de chloration massive à pH contrôlé.
- (10) Les limites du flux 24h et de la concentration ajoutée en antitarte organique dans l'ouvrage de rejet sont portées à 4 560 kg et 5,3 mg/l lors du traitement à l'antitarte organique pendant au plus 107 jours par an.

3.3- Autres rejets de substances chimiques liquides (Tableau II-2.5.5-c)

Les demandes pour les STEP sont conformes à l'arrêté du 22 juin 2007.

Le réseau SEO est divisé en 7 branches dénommées W1 à W7.

La branche W6 reçoit les effluents épurés du déshuileur de site des tranches 2 et 3, ainsi que ceux du déshuileur de la station de transit et du déshuileur ICEDA.

La branche W3 reçoit les effluents épurés du déshuileur de site des tranches 4 et 5.

La STEP n° 44 rejette dans le canal 2-3 via la branche W6, les STEP n° 64 et 78 dans le canal 4-5 via la branche W2, les STEP n° 30 et 84 dans le Rhône via, respectivement, les branches W4 et W1.

Origines	Substance chimique	Concentration maximale dans l'effluent (mg/L) ou rendement minimum (%)
Réseau SEO (W1, W4, W5 et W7)	Hydrocarbures	5 mg/L
Sortie déshuileurs de site SEH		10 mg/L
Sortie déshuileur station de transit		10 mg/L
Sortie déshuileur ICEDA		5 mg/L
Stations d'épuration	Demande Biologique Oxygène (DBO ₅)	60 %
	Demande Chimique en Oxygène (DCO)	60 %
	Matières En Suspension (MES)	60 %
Canal de rejet 2-3	pH	Compris entre 6 et 9 ou n'aggravant pas le pH du milieu récepteur si celui-ci est déjà en dehors de cette plage
Canal de rejet 4-5		
W1, W4, W5 et W7		

Tableau II-2.5.5-c- Autres limites de rejets de substances chimiques liquides

4- Les Commentaires du Comité Scientifique de l'ANCCLI

4.1- Sur les substances rejetées avec les effluents radioactifs

4.1.1-L'acide borique

- La limite sera inférieure d'un facteur 4 environ à la limite actuelle, ce qui est positif.

Pourquoi dans ces conditions la teneur en sortie est-elle plus élevée ?

- Cette limite est deux fois plus élevée que la moyenne des rejets sur la période 1999-2000, et de l'ordre de grandeur des rejets effectués en 2005-2006.

Comment expliquer le pic de rejets 2004-2007 ?

- ***Quel est le tonnage d'acide borique qui sera recyclé ?***

4.1.2- La morpholine est moins biodégradable que l'éthanolamine et sujette à se transformer en dérivé n-nitroso. Il est donc pour cette raison justifié de la remplacer par de l'éthanolamine (cf. Demande de modification n°1).

La limite proposée est supérieure d'un facteur 2,5 à la moyenne des rejets sur la période 1999-2009, et d'un facteur 1,5 à la valeur maximale rejetée en 2007.

Comment expliquer l'augmentation des rejets sur la période 2006-2009 ?

4.1.3- La nitrosomorpholine

Il s'agit d'un composé instable chimiquement très réactif et donc extrêmement dangereux.

Les rejets en nitrosomorpholine ont-ils été identifiés et quantifiés ?

4.1.4- L'éthanolamine

Elle sera rejetée alternativement avec la morpholine. La limite envisagée est identique.

L'éthanolamine ne semble pas conduire à la formation de dérivés nitrosés / son utilisation conduit à minimiser les rejets (cf. Demande de modification n°1).

Cependant, on ***manque de données sur ses éventuels effets sanitaires.***

4.1.5- L'hydrazine

Sa toxicité est avérée.

La valeur proposée (32 kg/an) est légèrement inférieure à la moyenne des valeurs rejetées en 1999-2009, mais environ quatre à 10 fois plus élevée que les rejets de 2005, 2006 et 2009. On ne dispose pas des données relatives aux années 2010-2013.

Pourtant, une baisse des rejets en hydrazine, imputable à la mise en œuvre de diverses dispositions¹⁷ a été observée sur certains sites du Parc EDF. Ainsi à Golfech (2 réacteurs de 1300 MWe, 4 boucles) ces rejets ont diminué d'un facteur 100 à 1000 depuis le début des années 2000, et sont actuellement inférieurs d'un facteur 200 à la limite annuelle valable pour ce site : 0,40 kg rejetés en 2013.

Même si on considère que ce produit est rapidement hydrolysé, il convient d'abaisser de manière significative les rejets du site et la limite annuelle proposée pour les rejets d'hydrazine.

4.1.6- L'azote (ammonium, nitrates, nitrites)

Les valeurs proposées sont supérieures d'un facteur 9 à la moyenne des rejets effectués en 1999-2009, et d'un facteur 3,5 au pic observé en 2008.

Quelle est la justification de cet écart ?

¹⁷ Collecte et la destruction de l'hydrazine au niveau des pompes d'injection de conditionnement du circuit secondaire, cracking thermique avant redémarrage de l'hydrazine utilisée pour le conditionnement des générateurs de vapeur, traitement d'élimination de l'hydrazine dans les réservoirs de stockage avant rejet. L'objectif est d'ailleurs de supprimer dans la mesure du possible ce type de rejet.

4.1.7- Les détergents

- Quels sont les *types de détergents utilisés* ?
- *Quel est leur taux de biodégradabilité et quelle en est la cinétique* ?
- *Mettre en perspective les limites proposées avec le REX Bugey.*

4.18- *D'une manière générale*, les substances chimiques traitées associées aux effluents radioactifs liquides transitent également par la STE (Station de Traitement des Effluents) de Bugey 1.

Comment la séparation entre les deux types d'effluents est-elle assurée ?

4.2- Les rejets consécutifs aux traitements biocides et anti-tartre

4.2.1- Les rejets consécutifs aux traitements biocides

(a) Etant donné l'impact environnemental potentiel des rejets en AOX, notamment en cas d'étiage sévère, les limites demandées rejets traitements chlore sont revues à la baisse par ASN d'environ 40%, ce qui est positif.

(b) Néanmoins et comme cela a été largement développé à l'occasion de la Demande de Modification n°2, il n'a été présenté (i) aucun bilan amibes et légionelles (ii) aucun bilan avantages/inconvénients. *On ne dispose par conséquent d'aucune justification quant aux traitements qui sont demandés par l'exploitant et acceptés par l'ASN.*

Quelles sont d'ailleurs les données dont disposent l'exploitant et l'ASN en termes de bilan biologique ?

Dès lors, quel est le bien fondé des rejets en AOX (et partant de la révision à la baisse de la demande d'EDF (p.17/30 du Rapport ASN)) ?

(c) Questions relatives à la mise en œuvre des traitements

La chloration massive dans le circuit de refroidissement du condenseur à pH contrôlé avec hypochlorite de sodium avec rejet contrôlé inférieur à 0.1 mg/L. Elle est réalisée à partir de l'installation « monochloramine ».

Quels sont les moyens mis en oeuvre pour éviter de confondre les deux types de réservoirs ? Quelles sont les dispositions qui sont prises pour éviter de faire tomber par inadvertance de l'acide sulfurique sur de l'hypochlorite de sodium (risque de production immédiate de chlore gazeux très toxique) ?

4.2.2- Le traitement anti-tartre : les polyacrylates

Ils présentent deux inconvénients en termes de protection de l'environnement :

- ils sont *très peu biodégradables*
- ils contribuent à une *augmentation importante* de la *demande chimique en oxygène (DCO)* et des *matières en suspension (MES)*.

4.3- Les autres substances chimiques rejetées

Les rejets chimiques minéraux (anions et cations)

Ils semblent pouvoir être supportés par le Rhône, mais il conviendra *d'être vigilant en périodes de canicule et de basses eaux*. Il conviendrait en outre de s'assurer que les réductions proposées pour les limites de rejets sont *compatibles avec le milieu et ses variations naturelles* (chlorures, sulfates, DCO, MES...).

4.4- Conclusion

1- Peu de remarques concernant les rejets chimiques (anions et cations), sinon la nécessité d'une vigilance en période d'étiage et plus généralement la nécessité de s'assurer de la compatibilité avec le milieu et ses variations naturelles.

2- Peu de remarques sur les limites demandées pour les rejets effectués avec les effluents radioactifs, sinon pour souligner le caractère non justifié de la limite proposée pour l'hydrazine, à la fois en termes de REX et eu égard aux technologies aujourd'hui disponibles et aux bonnes pratiques pouvant être mises en œuvre.

Des interrogations concernant (i) les limites proposées en acide borique et en azote (ii) les rejets réalisés pour plusieurs paramètres au cours de la période 1999-2009.

3- Concernant les rejets consécutifs aux traitements biocides et anti-tartre, et comme cela a été développé dans les observations relatives aux Demandes de Modification n°2 et 3,

- l'absence d'information concernant tant la contamination des circuits par les légionelles et les amibes que les avantages et inconvénients des différentes techniques retenues ne permettent pas d'émettre un avis sur le bien-fondé de ces traitements et donc sur l'acceptabilité des rejets qui leur sont associés,

- sachant que les rejets en question ne sont pas dénués d'effets environnementaux et/ou sanitaires.

4- En tout état de cause, les données toxicologiques disponibles pour la plupart des substances décrites en 4.1 et 4.2 témoignent

- soit d'effets délétères chez l'homme et/ou l'animal, aussi bien en situation d'exposition aiguë qu'en situation d'exposition chronique ,

- soit sont indisponibles,

et donc dans tous les cas ne permettent pas de conclure *a priori* à l'innocuité des substances concernées.

Observations relatives aux protocoles de surveillance de l'environnement

La surveillance des rejets et de l'environnement ne fait pas l'objet de la part de l'exploitant d'une demande explicite.

Néanmoins, le Comité scientifique juge opportun de se pencher sur la question de la surveillance de l'environnement.

1- La surveillance du milieu atmosphérique

La surveillance atmosphérique (mesure des aérosols)

Le protocole envisagé est identique à celui qui est actuellement en vigueur sur les sites EDF. Il est très insuffisant.

Concernant la mesure de l'activité des aérosols, quatre stations implantées à 1 km sur quatre axes perpendiculaires aspirent en continu les poussières atmosphériques. L'aspiration se fait sur filtre papier, filtre qui est prélevé une fois par jour pour analyse à J+1 et J+6. Cette surveillance est insuffisante pour trois raisons :

- par vent établi le panache ne s'étale que sur un secteur d'environ 20°, très inférieur à l'angle de 90° existant entre deux stations ;
- en cas d'accident, la dose due à l'inhalation d'aérosols sera très supérieure à la dose reçue par irradiation, du fait notamment du rejet d'iode gazeux qui n'est pas piégé par les filtres ;
- il est inconcevable, en cas d'accident ou simplement en cas de simple incident avec rejet atmosphérique, de devoir aller chercher les filtres pour ensuite les analyser en laboratoire.

Il est indispensable de disposer :

- *d'une plus grande densité de stations de prélèvement de poussières atmosphériques ;*
- *de pièges à charbon actif ;*
- *d'un système de mesure in situ et en continu de l'activité des filtres, avec transmission automatique et en temps réel des résultats au CNPE.*

2- La surveillance des milieux terrestre et aquatique

Le commentaire est identique au commentaire ci-dessus.

La surveillance régulière (mensuelle) du **milieu terrestre** (herbe, lait) et du **milieu aquatique** (eau) est notoirement insuffisante eu égard notamment aux recommandations de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire¹⁸.

Une véritable surveillance passe par des mesures sur des produits d'intérêt alimentaire (lait, fruits et légumes...) et sur des bioaccumulateurs¹⁹. Elle doit être réalisée avec une fréquence mensuelle. Enfin, il est souhaitable de systématiser les mesures de strontium et de tritium organiquement lié sur les matrices solides.

¹⁸ Chartier et al.. Guide d'examen pour l'étude de l'impact radiologique d'une installation nucléaire de base (INB) fournie à l'appui des demandes d'autorisation de rejets. Rapport IRSN/02-24., p.37 et 47-48.

¹⁹ La bioaccumulation est le terme général qui désigne l'accumulation de substances données par les organismes aquatiques ou terrestres, directement à partir de l'eau, de l'air voire du sol et/ou à partir de nourriture contaminée. Cette accumulation est différente selon les radionucléides et pour les différentes espèces et les différentes parties des organismes.

3- L'évaluation de l'évolution du marquage de l'environnement

Il convient de demander la mise en oeuvre d'un suivi par biomarqueurs²⁰ (suivi de modifications biologiques susceptibles d'apparaître sur diverses matrices végétales et animales, et témoignant d'une pollution environnementale)²¹. Certes, ces éventuelles modifications biologiques ne permettent pas d'extrapoler à un effet sur l'homme, mais elles permettent d'alerter sur d'éventuels effets. De plus, leur mise en oeuvre est relativement aisée et peu coûteuse comparée à une étude épidémiologique.

Le suivi par biomarqueurs actuellement réalisé à la demande l'ASN par les exploitants se limite à quelques paramètres biotiques (essentiellement richesse et diversité spécifique)²² et ne portent que sur le milieu aquatique.

4- La surveillance de la nappe phréatique (Dossier d'Impact, Pièce II, chap.5.8.3)

Seuils de décision

- pour les mesures *bêta globale* (sur eau filtrée ou sur MES) : 0,5 Bq/L d'eau filtrée
- pour la mesure du *tritium* : 10 Bq/L.

(Beaucoup) Trop élevés eu égard aux capacités techniques.

Exemple du Laboratoire vétérinaire du Tarn-et-Garonne (surveillance indépendante de la nappe sous le site du CNPE) : 0,03 Bq/L et 3 Bq/L respectivement²³.

²⁰ Un *biomarqueur* est une modification créée par une substance étrangère, observable à n'importe quel niveau d'organisation biologique, de la communauté d'individus à la molécule. Cette modification est portée par une population ou un individu, qualifiés de *bioindicateurs*

²¹ Cf. Gazal S (coord.) (2014). *Les méthodes de surveillance de l'environnement et leur application aux rayonnements ionisants*. EDP-Sciences, 95 p, chap.5.

²² Richesse spécifique : nombre d'espèces différentes présentes sur une surface donnée.

Diversité / proportion relative des différentes espèces présentes sur une surface donnée.

²³ www.cg82.fr

Conclusion

Le Comité scientifique considère que

- **La demande de modification M1 (Conditionnement du circuit secondaire à l'éthanolamine)** est acceptable. Au vu des incertitudes existantes, il recommande toutefois la prudence.

- **Les demandes de modification M2 (Mise en oeuvre d'un traitement des circuits de réfrigération des condenseurs par chloration massive à pH contrôlé) et M3 (Mise en oeuvre d'un traitement anti-tartre des circuits de réfrigération des condenseurs par injection de polyacrylates et injection ponctuelle d'acide sulfurique)** présentent des lacunes importantes, à plusieurs niveaux : défaut d'information (concernant les micro-organismes pathogènes : impact sanitaire, protocoles de surveillance et REX des concentrations dans l'environnement de Bugey ; concernant les traitements : objectifs et justification), préconisations de l'Afsset non retenues, incertitudes et questions d'ordre méthodologique quant à l'évaluation de l'impact sanitaire des résidus de traitement, non prise en compte de certaines espèces d'amibes pathogènes. Le projet de propositions de l'ASN n'apporte pas de réponse sur ces points.

- **La demande de modification M4 (Révision des limites de prélèvements d'eau, de rejets thermiques et de substances radioactives et chimiques - Les limites de rejets radioactifs relatives au démantèlement de Bugey-1 et à la mise en service de ICEDA)** ayant donné lieu de la part de l'ASN à des demandes d'études complémentaires, les réponses apportées par l'exploitant à ces demandes devront faire l'objet d'une consultation de la CLI. Des propositions de limites pour les rejets gazeux jugées par l'ASN insuffisamment étayées sont toutefois acceptées.

- **La demande de Modification n°4 (Révision des limites de prélèvements d'eau, de rejets thermiques et de substances radioactives et chimiques - L'impact sanitaire des rejets de substances radioactives)** pose question à deux niveaux : l'évaluation de la dose efficace engagée et l'évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition aux rejets du CNPE.

En effet, les observations disponibles à ce jour conduisent à s'interroger sur le bien-fondé des modèles actuellement utilisés pour évaluer la dose efficace engagée par une exposition aux rayonnements ionisants, notamment aux « faibles doses » d'exposition.

Cette question est d'autant plus pertinente que l'exposition aux rejets d'un CNPE en situation de routine est une exposition prolongée à de faibles doses et faibles débits de dose, et à des rejets importants de radionucléides de faible ou très faible énergie.

Par ailleurs, l'évaluation de l'impact sanitaire d'une exposition aux rayonnements ionisants ne peut se limiter à une estimation de la dose engagée. Une estimation des effets sanitaires attendus doit également être présentée, et les incertitudes associées à cette estimation mentionnées. Une surveillance de l'environnement par biomarqueurs devra être mise en place et un suivi épidémiologique des salariés et de la population réalisé.

- **La demande de modification M4 (Révision des limites de prélèvements d'eau, de rejets thermiques et de substances radioactives et chimiques - Les limites de rejets chimiques)** est, malgré certaines interrogations, globalement justifiée, sauf pour les traitements biocides et anti-tartre comme cela a été mentionné précédemment. Il attire en outre l'attention sur le fait

que les données toxicologiques actuellement disponibles ne permettent pas, à de rares exceptions près, de conclure à l'innocuité des substances concernées.

- **Les protocoles de surveillance de l'environnement** ne permettent pas dans l'ensemble d'apprécier la contribution du CNPE au marquage de son environnement et doivent être repensés. Sont particulièrement concernées la surveillance atmosphérique (mesure des aérosols) et la surveillance des milieux terrestre et aquatique.