

Note N° 09-32 / Cadarache

## RESUME DE L'ETUDE DOCUMENTAIRE « IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'ACTIVITE DU CENTRE NUCLEAIRE DE CADARACHE »

Etude effectuée par le laboratoire de la CRIIRAD  
pour la CLI de Cadarache

Le présent document constitue un résumé de l'étude documentaire « Impact Environnemental de l'activité du centre nucléaire de Cadarache » réalisée par la CRIIRAD pour la CLI de Cadarache et présentée dans le rapport CRIIRAD N°08-167 d'avril 2009.

Les recommandations de la CRIIRAD sont regroupées dans la note N°09-24 du 4 mai 2009.

Le présent document comporte 2 parties :

1 / Un **résumé** (2 pages).

2 / Une **synthèse détaillée** (9 pages).

Cette synthèse reprend les éléments de la note CRIIRAD N°09-19 remise en séance de la CLI de Cadarache le 15 avril 2009.

Rédaction : Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD.

Approbation : Corinne CASTANIER, directrice de la CRIIRAD.

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**  
471, Avenue Victor Hugo, 26000 Valence  
☎ 04 75 41 82 50      📠 04 75 81 26 48  
<http://www.criirad.org>    [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

## Résumé

Le site nucléaire de Cadarache regroupe 19 Installations Nucléaires de Base (dont une INB secrète) et 29 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) à « caractère nucléaire ». En décembre 2007, la CLI de Cadarache a confié au laboratoire de la CRIIRAD une étude documentaire sur l'impact environnemental de l'activité du centre nucléaire depuis sa création en 1959. A cette fin, la CRIIRAD a pu disposer de l'ensemble de la documentation demandée mais n'a pas été autorisée à effectuer des mesures indépendantes à l'intérieur du site nucléaire.

### Autorisations de rejet

Le site de Cadarache effectue des rejets radioactifs dans la Durance et dans l'atmosphère.

Les autorisations de rejets **liquides** des 18 INB civiles de Cadarache ont été pratiquement divisées par 2 entre 1978 et 2006. Par rapport à des sites de type centrale électronucléaire, elles sont nettement inférieures pour le tritium, le carbone 14 et les émetteurs bêta-gamma. Le site de Cadarache est par contre autorisé au rejet d'émetteurs alpha ce qui n'est pas le cas des centrales nucléaires classiques.

Seuls les effluents liquides les plus contaminés sont acheminés vers la station de traitement dite STEDS, les autres étant transférés à la station de traitement des effluents industriels. La question est posée de la possibilité de modifier les règles de gestion des effluents afin d'accroître la proportion des effluents traités sachant que, pour le **tritium**, les traitements effectués ont peu d'efficacité. Le tritium est ainsi rejeté en quasi-totalité dans la Durance lors de campagnes ponctuelles (une à 2 fois par an en règle générale).

Par rapport à des sites de type centrale électronucléaire, les autorisations de rejets radioactifs du site de Cadarache dans l'**atmosphère** sont nettement supérieures pour les **gaz rares et le tritium** (facteur 2 à 4). Ceci est lié par exemple au fait que, lors des essais de sûreté sur certaines installations (CABRI, PHEBUS, etc.), il y a libération des radionucléides gazeux du fait de la rupture des gaines du combustible. Le même phénomène intervient lors de l'examen de combustibles irradiés dans l'INB 55 (LECA-STAR).

La question est donc posée de la possibilité d'abaisser les rejets atmosphériques par le piégeage spécifique des gaz et du tritium lors de ces expérimentations. On notera que les rejets de tritium de ces dernières années sont nettement inférieurs (90 à 1 800 fois) à ceux enregistrés entre 1979 et 1981.

### Surveillance de l'impact radiologique

Les données étudiées montrent une **contamination des eaux souterraines** (par du tritium, strontium 90, émetteurs alpha) en un certain nombre de secteurs au droit du Centre. Cette contamination est surveillée et les causes initiales traitées ou en cours de traitement lorsque cela est possible. Dans un certain nombre de cas il s'agit de fuites sur le réseau des effluents industriels. Ces pollutions témoignent de la nécessité d'améliorer la conception des installations et leur exploitation. L'amélioration progressive des tuyauteries de transfert d'effluents contaminés en est un élément essentiel.

En ce qui concerne l'impact des rejets radioactifs et liquides sur l'environnement, les mesures effectuées par le CEA permettent de conclure à un **impact faible** et bien souvent en limite de détection des appareils de mesure. Mais ce diagnostic « positif » doit être pondéré par le fait que le dispositif de surveillance de l'impact radiologique sur l'environnement a présenté de **très nombreuses lacunes** qui ne sont pas toutes traitées à ce jour. Ces lacunes rendent impossible une reconstitution des impacts des premières décennies de fonctionnement. En effet, on ne dispose pas de mesure des rejets radioactifs atmosphériques ou liquides antérieurs à **1979**.

Le dispositif de surveillance a par ailleurs fait totalement l'impasse sur la mesure du tritium dans l'environnement (jusque dans les années 1990 à 2000 selon les types de milieux).

Une mise à niveau a été opérée progressivement et surtout très récemment, grâce à l'arrêt interministériel du 5 avril **2006** qui a permis de corriger les lacunes les plus évidentes, en particulier en ce qui concerne la surveillance de l'impact des rejets de tritium et de carbone 14.

Malgré tout, le dispositif actuel doit être encore amélioré afin de rendre compte plus précisément de l'impact radiologique du site. Par exemple :

- La mesure des rejets de **tritium** au niveau des émissaires concernés n'était pas effective en 2006, ni pour certains en 2007. La question de la prise en compte des rejets de tritium diffus n'est pas suffisamment documentée.
- La mesure de l'activité du **tritium** dans l'air ambiant et les eaux de pluie n'a été mise en place qu'en 1999. Les mesures sur la chaîne alimentaire datent de 2007 mais le programme de surveillance est encore insuffisant (tritium organiquement lié).
- La mesure de l'activité des **gaz** dans l'environnement n'a été mise en place qu'en 2002 et avec une méthodologie dont la sensibilité n'est pas suffisante et ne permet pas de détecter l'impact des pics de rejet de krypton 85.
- La mesure du **radon 222** n'a été mise en place qu'en 2007. Les résultats publiés ne tiennent pas compte de toutes les sources (stockage de déchets radifères au niveau de certaines ICPE).
- La mesure des rejets de **carbone 14** des émissaires concernés n'était pas effective en 2006, ni pour certains en 2007.
- La mesure de l'activité du **carbone 14** dans l'air ambiant et les eaux de pluie n'a été mise en place qu'en 2006. Des résultats de mesure du carbone 14 dans l'environnement terrestre et aquatique publiés en 2007 sont très partiels (par exemple, pour les poissons, mesure uniquement sur les prélèvements en amont des rejets).
- La surveillance de l'impact des **rejets liquides** en Durance comporte des lacunes (pas de surveillance des terres de berge, pas de mesure de tritium dans les plantes aquatiques ou les poissons dans le rapport environnement 2007).
- La surveillance de la contamination éventuelle des **eaux de ruissellement** est insuffisante (pas de mesure sur les sédiments).

### Evaluations dosimétriques

S'agissant d'évaluer l'impact dosimétrique du Centre de Cadarache, le CEA propose une estimation de la dose reçue par les riverains appartenant au groupe critique selon des hypothèses présentées comme majorantes. Dans le rapport de 2007 cette valeur est estimée à 0,077 microSieverts *par an* « pour un adulte situé à Saint-Paul-Lez-Durance, après 50 ans de fonctionnement des INB du Centre ». Ces estimations dosimétriques officielles suggèrent que l'impact des rejets est très faible en termes de dose ajoutée.

Mais de très nombreuses **incertitudes scientifiques** entachent ce type de calcul. On notera de plus qu'il ne prend pas en compte **l'exposition externe ajoutée** induite par le stockage de matières radioactives dans certaines installations proches des clôtures, ni l'impact des transports de matières radioactives.

Une heure et demie de présence à la **clôture** au droit de l'INB 56 (entreposage) induit une dose de 0,09 microSieverts supérieure à l'impact « majorant » calculé par le CEA pour évaluer les conséquences des rejets radioactifs sur l'année entière.

En 2007, le flux de véhicules de **transport de matières radioactives** entrant ou sortant du site de Cadarache est estimé par le CEA à **1 043 véhicules**. Le fait de stationner 1 minute, une seule fois dans l'année, à côté d'un véhicule de transport de matières radioactives qui présente le niveau de rayonnement maximal autorisé représente une exposition de 1,6 microSieverts. Cette valeur est plus de 20 fois supérieure à la dose annuelle calculée par le CEA. Une personne qui se retrouverait 2 fois dans l'année garée pendant 30 minutes à 2 mètres de tels véhicules pourrait recevoir une dose cumulée de 100 microSieverts par an. Des scénarios plus pessimistes pourraient même conduire à un dépassement de la dose maximale annuelle admissible de 1 000 microSieverts par an.

Sur tous ces aspects, la CRIIRAD a formulé une cinquantaine de recommandations pour améliorer le plan de surveillance radiologique, la connaissance des rejets et des impacts actuels et passés, la limitation des impacts et l'information du public (cf. Note CRIIRAD N°09-24 du 4 mai 2009).

# 1 Synthèse détaillée

## 1.1 Présentation du site

Le site de Cadarache créé le 14 octobre **1959** est l'un des 9 centres de recherche du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA). C'est l'un des plus importants centres de recherche et développement dans le domaine de l'énergie nucléaire (fission et fusion).

Le centre d'une superficie de **1 600 hectares**, dont 900 clôturés, est implanté sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance dans les Bouches-du-Rhône mais il est situé à proximité de trois autres départements (Alpes-de-Haute-Provence, Var et Vaucluse). Il emploie 6 000 personnes.

Le centre regroupe actuellement :

- **19 installations nucléaires de base (INB)** dont 16 exploitées par le CEA, 2 dont l'exploitant technique opérationnel est AREVA-NC et une INBS (Installation Nucléaire de Base Secrète) dont l'exploitant technique opérationnel est AREVA-TA.
- 38 installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) dont **29 « à caractère nucléaire »**.

## 1.2 Objectifs et limites de l'étude

Par courrier en date du **12 décembre 2007**, la CLI de Cadarache a commandé au laboratoire de la CRIIRAD une étude consistant à effectuer une analyse critique de la **documentation** concernant l'impact sur l'environnement de l'activité du Centre de Cadarache depuis sa création.

L'analyse critique du dispositif d'autosurveillance mis en œuvre par un exploitant nucléaire est une opération d'autant plus nécessaire, qu'en France, la surveillance de l'impact repose très largement sur les mesures des exploitants eux-mêmes. Or, de la mine d'uranium, jusqu'à l'usine de retraitement du combustible usé, les études conduites par le laboratoire de la CRIIRAD ont démontré les insuffisances des plans de surveillance radiologique.

La méthodologie proposée par la CRIIRAD pour réaliser cette analyse critique, conformément au cahier des charges, a consisté à analyser la documentation fournie initialement par l'exploitant (point zéro, rapports « environnement » annuels).

Ensuite a été rédigée à l'attention du CEA une série de questions comportant une liste de documents complémentaires (copie des registres règlementaires de déclaration de rejet et de surveillance de l'environnement, descriptif des activités effectuées au sein de chaque INB, données de synthèse relatives aux rejets et aux incidents depuis le début de l'activité du centre).

Des réunions de travail ont eu lieu du **1 au 3 octobre 2008** et du **5 au 6 mars 2009** à Cadarache avec les experts du CEA et les représentants de la CLI pour approfondissement de certaines questions complémentaires et visite générale du site.

Pour effectuer cette analyse, le laboratoire de la CRIIRAD ne s'est appuyé que sur les résultats de l'auto-surveillance effectuée par le CEA. Le cahier des charges ne prévoyait pas, pour cette phase de l'étude, la réalisation d'une expertise radioécologique indépendante.

Signalons d'ailleurs que le CEA n'a pas autorisé la CRIIRAD à effectuer des mesures radiométriques sur le site de Cadarache.

Même si la commande de la CLI porte sur une **étude documentaire**, il est évident que la réalisation de mesures ponctuelles in situ aurait rendu plus pertinente l'analyse des documents.

De la même manière, la CRIIRAD regrette de n'avoir pu visiter un certain nombre d'installations pour lesquelles elle avait formulé une demande (laboratoire d'analyse radiologique du CEA, station de traitement des effluents, chantier de reprise des tranchées).

La CRIIRAD a pu cependant **visiter les installations** listées ci-après : le laboratoire LECA-STAR, l'INB Rotonde, les INB affectées à l'entreposage de déchets radioactifs (INB 56 et CEDRA), la zone des bassins de 3 000 m<sup>3</sup> avant rejet dans la Durance, la station de surveillance de la radioactivité atmosphérique située à Saint Paul-lez-Durance, etc.

La CRIIRAD tient à remercier les équipes du CEA pour leur disponibilité lors des missions sur place et pour la transmission des documents demandés.

### 1.3 Rejets radioactifs dans la Durance

#### Les autorisations de rejet

Les anciennes autorisations de rejets (arrêté paru au J.O. du 22 décembre 1978) portaient sur 3 catégories de radionucléides :

- Le tritium (1 850 GBq<sup>1</sup> par an).
- Les émetteurs bêta et gamma (3,7 GBq par an).
- Les émetteurs alpha (0,37 GBq par an).

Les nouvelles autorisations (arrêté de 2006) ont introduit une catégorie spécifique pour le carbone 14 et des autorisations qui ont presque été divisées par 2 (cf. tableau ci-dessous).

L'examen des nouvelles autorisations de rejets radioactifs liquides dans la Durance dont disposent les 18 INB civiles du site de Cadarache montre que, par rapport à des sites de type centrale électronucléaire (par exemple la centrale de Saint-Alban), les autorisations de rejets **liquides** du site de Cadarache sont nettement inférieures pour le tritium (facteur 60), le carbone 14 (facteur 800) et les émetteurs bêta-gamma (facteur 17).

Le rejet d'émetteurs **alpha** (isotopes de l'uranium et du plutonium par exemple) est par contre autorisé à Cadarache, ce qui n'est pas le cas pour les centrales nucléaires.

T1 / Autorisations de rejets de Cadarache (2006), rejets 2007 et comparaisons avec d'autres sites

Tritium (GBq/an)	Carbone 14 (GBq/an)	Autres émetteurs bêta- gamma (GBq/an)	Emetteurs alpha (GBq/an)
------------------	---------------------	--	-----------------------------

#### Cadarache / Limites annuelles de rejets liquides dans l'environnement\*

1 000	0,5	1,5	0,13
-------	-----	-----	------

#### Autorisations de rejet du CNPE de Gravelines en mer

120 000	900	90,90	Interdit
---------	-----	-------	----------

#### Autorisations de rejet du CNPE de Saint-Alban dans le Rhône

60 000	400	25,10	Interdit
--------	-----	-------	----------

#### Cadarache / Bilan des rejets liquides en Durance pour l'année 2007

53,4	0,07	0,33	0,000274
------	------	------	----------

\* Arrêté préfectoral 113-2006-A du 25/09/2006

<sup>1</sup> Rappel : la quantité de matière radioactive se mesure en Becquerel (Bq). Un Becquerel correspond à une désintégration par seconde. Le GigaBecquerel (GBq) correspond à 1 milliard de Becquerels.

## Gestion des effluents radioactifs

Seuls les effluents radioactifs liquides les plus contaminés issus des diverses installations du Centre sont acheminés vers la station de traitement dite STEDS (INB 37) où ils subissent une évaporation. Les concentrats radioactifs sont transformés en déchets solides et les distillats sont rejetés par campagnes spécifiques dans la Durance (typiquement 1 000 à 3 200 m<sup>3</sup> par an) via les 4 bassins de rejet de 3 000 m<sup>3</sup>.

Les effluents « suspects » dont le niveau de contamination radioactive est inférieur aux critères<sup>2</sup> fixés par l'arrêté de 2006 rejoignent directement le réseau des eaux industrielles et la station de traitement classique du site (STEP EI) avant rejet dans la Durance via les 4 bassins de rejet de 3 000 m<sup>3</sup>. A ce rejet s'ajoutent les eaux non contaminées des différents circuits de refroidissement soit un volume total de rejets dans la Durance de 200 000 à 400 000 m<sup>3</sup> par an (en diminution progressive).

S'agissant de réduire les rejets dans la Durance (hors tritium), la question reste posée de la faisabilité d'un abaissement des critères radiologiques portant sur les cuves « suspectes » ce qui permettrait d'envoyer d'avantage d'effluents faiblement contaminés issus de ces cuves vers la STEDS.

Dans les boues issues du curage des bassins de rejet en 2008, les activités massiques sont de l'ordre de 10 à 20 Bq/kg pour l'argent 110<sup>m</sup> et l'américium 241 et 30 à 110 Bq/kg pour le césium 137 et le cobalt 60.

Le rapport environnement 2005 du CEA Cadarache présente l'évolution des rejets sur la période 1995-2005. Le document est reproduit ci-dessous :

T2 / Rejets radioactifs liquides du CEA de Cadarache entre 1985 et 2005

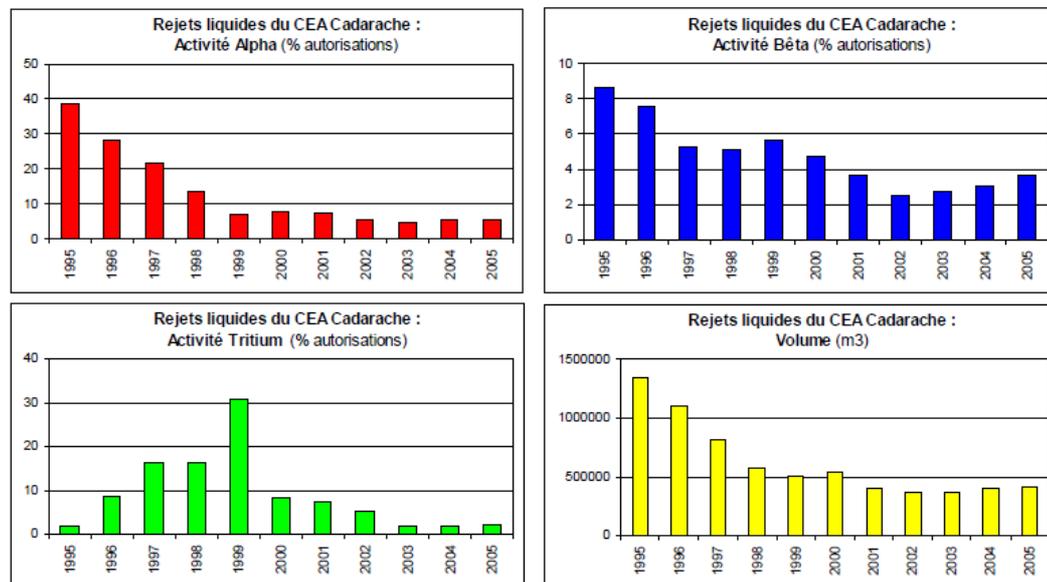


Figure 6. Evolution des activités  $\alpha$  et  $\beta$  globales et en tritium et des volumes rejets liquides du CEA Cadarache depuis 10 ans. Activités en % des autorisations de rejet du Centre (Tableau 1) et volumes en m<sup>3</sup>.

## Rejets de tritium

Les traitements effectués à la STEDS ont peu d'efficacité pour le **tritium** qui est rejeté en quasi-totalité dans la Durance. Le fait que les lots de distillats tritiés soient rejetés **une à 2 fois par an** en règle générale explique le caractère très discontinu du rejet liquide de tritium en Durance.

<sup>2</sup> Tritium : 74 000 Bq/l, autres émetteurs bêta-gamma : 74 Bq/l (produits de fission et d'activation comme : Cs 137, Co 60, Sb 125, Ag110m, etc.). La valeur antérieure était de 740 Bq/l. Emetteurs alpha : 10 Bq/l (principalement isotopes de l'uranium et du plutonium). La valeur antérieure était de 74 Bq/l.

En **2007**, le rejet de tritium dans la Durance est évalué par le CEA à **53,4 GBq**. Il correspond majoritairement au rejet de 2 lots de distillats (mars et octobre 2007). A titre de comparaison le rejet de tritium de la centrale de Saint-Alban dans le Rhône était de 54 000 GBq en 2007).

Sur la période 1996-2006, l'activité en **tritium** rejetée a connu un pic en **1999 (569 GBq)**. L'augmentation des rejets tritiés entre 1995 et 1999 est liée à des campagnes de reprises d'effluents.

#### Fuites sur le réseau effluents

Les bilans annuels quantitatifs effectués par le CEA et transmis à la DRIRE depuis octobre 2003 ont permis de constater par étude de la différence entre quantités d'eau prélevées et rejetées qu'il y a une déperdition liée à la non étanchéité des réseaux.

Le CEA précise « *On estime par des calculs basés sur le bilan hydrique global que les pertes d'effluents issus des cuves suspectes d'installations sont respectivement à 0,05 % ; 0,5 % et 2 % des autorisations de rejets en tritium, émetteurs bêta-gamma et alpha* ».

En réunion du 5 mars 2009 le CEA a précisé que tout le réseau de rejet « industriel » est rechemisé à ce jour. Les zones de fuites ont été repérées par caméra.

## 1.4 Rejets radioactifs dans l'atmosphère

#### Remarques générales

Les anciennes autorisations de rejets (arrêté paru au J.O. du 22 décembre 1978) portaient sur 2 catégories de radionucléides :

- Les gaz y compris le tritium (555 000 GBq par an).
- Les aérosols et halogènes (18,5 GBq par an).

Les nouvelles autorisations (arrêté du 5 avril 2006) ont introduit des catégories spécifiques pour le carbone 14, le tritium, les gaz rares, les halogènes, les émetteurs bêta-gamma et les émetteurs alpha et des autorisations sensiblement abaissées.

L'examen des nouvelles autorisations de rejets radioactifs dans l'atmosphère des 18 INB civiles du site de Cadarache montre que, par rapport à des sites de type centrale électronucléaire, les autorisations de rejets dans l'**atmosphère** sont nettement supérieures pour les **gaz rares** et le **tritium** (facteur 2 à 4).

Ceci est lié par exemple au fait que, lors des essais de sûreté sur certaines installations (CABRI, PHEBUS, etc.), il y a libération des radionucléides gazeux du fait de la rupture des gaines du combustible. Le même phénomène intervient lors de l'examen de combustibles irradiés dans l'INB 55 (LECA-STAR).

En termes d'optimisation de la protection du public contre les risques liés aux rayonnements ionisants, il serait utile d'examiner la possibilité d'abaisser les rejets atmosphériques par le piégeage spécifique des gaz et du tritium lors de ces expérimentations.

#### Rejets de tritium à l'atmosphère

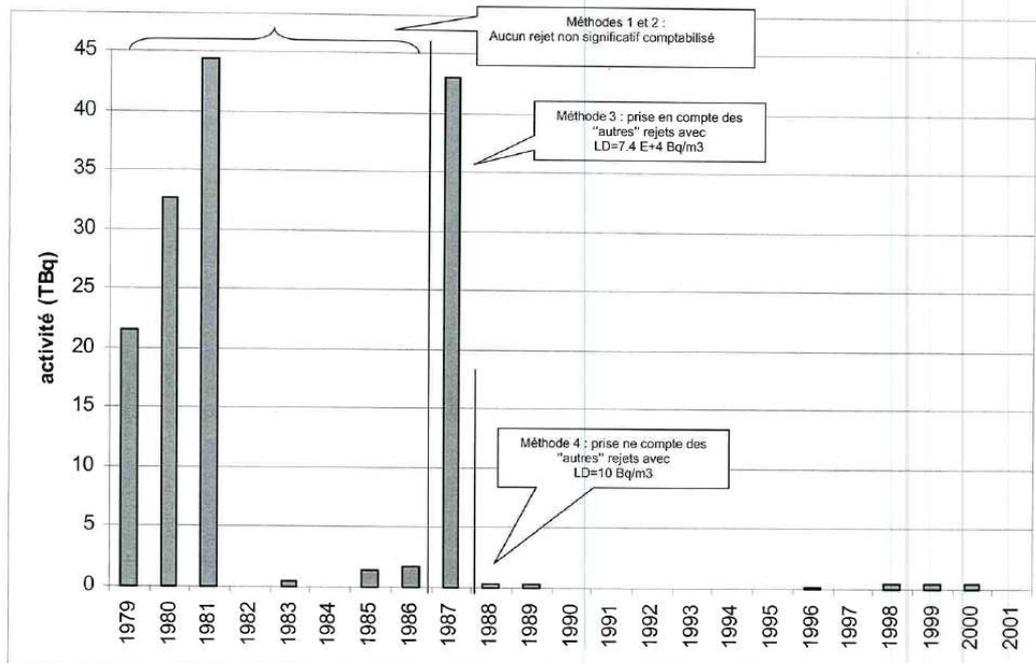
Les rejets de **tritium** atmosphérique déclarés par le site de Cadarache de 1996 à 2005 (**25 à 475 GBq**) sont nettement inférieurs à ceux d'une centrale électronucléaire (par exemple les rejets annuels de tritium atmosphérique du CNPE de Saint-Alban sont typiquement de l'ordre de 2 000 à 3 000 GBq par an).

Mais la situation est susceptible de fortes évolutions compte tenu des autorisations de rejet de l'INB 55 (LECA-STAR) : **7 000 GBq/an** et de celle de CEDRA : **10 000 GBq/an**.

L'historique des rejets de tritium atmosphérique établi par le CEA montre qu'il y a eu à Cadarache des **rejets nettement plus importants (20 000 à presque 45 000 GBq/an) entre 1979 et 1981**, soit des valeurs plus de 90 fois supérieures au maximum de la période 1996-2006. Ces rejets étaient dus à l'installation nommée ACEREN<sup>3</sup> arrêtée en novembre 1982.

Le graphique établi par le CEA est reproduit ci-dessous (1 TBq = 1 000 GBq). Entre 1979 et 1986 seuls les rejets correspondant à des valeurs réellement mesurées, c'est-à-dire supérieures aux limites de détection étaient comptabilisés. Ensuite y ont été ajoutés les rejets « potentiels » correspondant au produit du volume d'air rejeté par les limites de détection.

Rejets de tritium dans l'atmosphère déclarés par le CEA Cadarache de 1979 à 2 000



## 1.5 Surveillance de l'impact radiologique du site

Les données étudiées montrent une contamination des **eaux souterraines** en un certain nombre de secteurs au droit du Centre (tritium, strontium 90, émetteurs alpha). Cette contamination est surveillée et les causes initiales traitées ou en cours de traitement lorsque cela est possible. Ces pollutions témoignent de la nécessité d'améliorer la conception des installations et leur exploitation. L'amélioration progressive des tuyauteries de transfert d'effluents contaminés en est un élément essentiel.

En ce qui concerne la surveillance de l'impact des rejets radioactifs dans l'atmosphère et par voie liquides en Durance, les données fournies par le CEA indiquent un impact faible et bien souvent en limite de détection des appareils de mesure.

Mais ce diagnostic « positif » doit être pondéré par le fait que le dispositif de surveillance de l'impact radiologique sur l'environnement a présenté de très nombreuses lacunes qui ne sont pas toutes traitées à ce jour.

Ces lacunes rendent impossible une reconstitution des impacts des deux premières décennies de fonctionnement. En effet, on ne dispose pas de mesure des rejets radioactifs atmosphériques ou liquides antérieurs à **1979**.

<sup>3</sup> Lors de la réunion du 5 mars 2009, le CEA a précisé qu'il s'agissait d'une installation dédiée à la recherche sur le traitement et le conditionnement d'effluents et déchets (liquides et solides) en provenance par exemple d'EDF ou de la Hague.

Le dispositif de surveillance a par ailleurs fait totalement l'impasse sur la mesure du tritium dans l'environnement (jusque dans les années 1990 à 2000 selon les compartiments de l'environnement).

Une mise à niveau a été opérée progressivement et surtout très récemment, grâce à l'arrêté interministériel du 5 avril **2006** qui a permis de corriger les lacunes les plus évidentes, en particulier en ce qui concerne la surveillance de l'impact des rejets de tritium et de carbone 14.

Malgré tout, le dispositif actuel doit être encore amélioré, afin de rendre compte plus précisément de l'impact radiologique du site.

### Impact atmosphérique

La mesure des rejets de **tritium** au niveau des émissaires concernés n'était pas effective en 2006, ni pour certains en 2007. La question de la prise en compte des rejets de tritium diffus n'est pas suffisamment documentée.

La mesure de l'activité du **tritium** dans l'air ambiant et les eaux de pluie n'a été mise en place qu'en 1999. Les mesures sur la chaîne alimentaire datent de 2007 mais le programme de surveillance est encore insuffisant (pas de dosage du tritium organiquement lié).

La mesure de l'activité des **gaz** dans l'atmosphère n'a été mise en place qu'en 2002 et avec une méthodologie dont la sensibilité n'est pas suffisante et ne permet pas de détecter l'impact des pics de rejet de krypton 85.

La mesure du **radon 222** n'a été mise en place qu'en 2007. Les résultats publiés ne tiennent pas compte de toutes les sources (stockage de déchets radifères au niveau de certaines ICPE).

La mesure des rejets de **carbone 14** des émissaires concernés n'était pas effective en 2006, ni pour certains en 2007.

La mesure de l'activité du **carbone 14** dans l'air ambiant et les eaux de pluie n'a été mise en place qu'en 2006. Des résultats de mesure du carbone 14 dans l'environnement terrestre et aquatique publiés en 2007 sont très partiels (par exemple, pour les poissons, mesure uniquement sur les prélèvements en amont des rejets).

### Impact sur le milieu aquatique

La surveillance de l'impact des rejets liquides en Durance comporte des lacunes (pas de surveillance des terres de berge, pas de mesure de tritium dans les plantes aquatiques ou les poissons dans le rapport environnement 2007).

La surveillance de la contamination éventuelle des eaux de ruissellement est insuffisante (pas de mesure sur les sédiments).

Sur tous ces aspects la note CRIIRAD N°09-24 du 4 mai 2009 présente des recommandations pour améliorer le plan de surveillance radiologique.

## 1.6 Remarques sur les évaluations dosimétriques

### Remarque générale

S'agissant d'évaluer l'impact dosimétrique du Centre de Cadarache, le CEA donne, dans une note de 2005, une estimation de la dose reçue par les riverains appartenant au « groupe critique » c'est-à-dire le groupe de personnes potentiellement les plus exposées. Les calculs sont effectués selon des hypothèses présentées comme majorantes et utilisant une modélisation de l'impact des rejets radioactifs dans l'atmosphère et des rejets liquides dans la Durance supposés effectués **au niveau maximum des autorisations** de rejet demandées. Les estimations étaient, pour un adulte résidant à Saint-Paul-Les-Durance, de **1,75 µSv** (microSievert) dont 1,6 µSv lié aux rejets en Durance. S'agissant des rejets atmosphériques l'exposition était due au tritium pour 40 % et au carbone 14 pour 32 %.

L'évaluation correspondant aux rejets de l'année **2006** était de **0,349 µSv** pour un adulte résidant à Saint-Paul-lez-Durance dont 87 % du fait des rejets atmosphériques.

Cette valeur était estimée par le CEA dans le rapport de 2007 à « **0,077  $\mu\text{Sv par an}$  pour un adulte situé à Saint-Paul-Lez-Durance, après 50 ans de fonctionnement des INB du Centre** ».

A titre comparatif, est reproduit ci-après un tableau extrait de la revue Contrôle N°177 (novembre 2007) éditée par l'ASN et qui donne les estimations officielles de l'impact dosimétrique lié aux rejets radioactifs autour de plusieurs installations nucléaires en France.

T3 / Dose annuelle due aux rejets radioactifs d'installations nucléaires françaises (valeurs officielles)

Tableau 1 : dose annuelle due aux rejets radioactifs

Installation à l'origine des rejets radioactifs	Dose annuelle due aux rejets ( $\mu\text{Sv/an}$ )
Centrale nucléaire (Golfech)	2,6
COGEMA (La Hague)	9
FBFC	1,1
SOCATRI	4,10
EURODIF	0,73
COGEMA (Pierrelatte)	2,97
COMHUREX (Pierrelatte)	7,69
GB II (estimation)	0,05
CEA (Saclay)	5
CEA (Grenoble)	0,002
CEA (Cadarache)	1,87
Rejets hospitaliers (de l'ordre de)	4

Ces estimations dosimétriques officielles suggèrent que l'impact des rejets du site de Cadarache est très faible<sup>4</sup> en termes de dose ajoutée.

Mais de très nombreuses **incertitudes scientifiques** entachent ce type de calcul : incertitudes sur l'évaluation des rejets, incertitudes sur les modalités de dispersion des rejets et leur bioaccumulation, incertitudes sur la modélisation de l'impact dosimétrique des contaminations internes chroniques (conversion de l'activité incorporée par ingestion ou inhalation - évaluée en Becquerels- en une dose exprimée en Sievert, etc.

La CRIIRAD a contribué à la mise en évidence de ces incertitudes dans le cadre des travaux du Groupe Radioécologie Nord Cotentin qui a mis à contribution une quarantaine d'experts pendant plusieurs années.

S'agissant de la modélisation utilisée par le CEA à Cadarache, de nombreux points particuliers sont discutables. Par exemple des rejets de radon sont pris en compte dans le modèle mais l'accumulation de ses descendants à vie longue sur les sols ou la végétation (plomb 210) ne semble pas intégrée. Le tritium dans les productions agricoles est pris sous forme d'eau tritiée (HTO) mais sa transformation partielle en tritium organiquement lié par les végétaux n'est pas prise en compte. L'irradiation externe imputable au krypton 85 est prise en compte mais aucune dose liée à l'incorporation n'est retenue alors qu'une fraction de ce gaz est soluble dans les tissus gras du corps, etc.

<sup>4</sup> La directive EURATOM 96/29 a fixé le seuil de l'inacceptable à **1 000 microSieverts par an** pour l'exposition à l'ensemble des pratiques (activités humaines générant une exposition). Ce qui représente un risque « officiel » de 50 cancers mortels pour un million de personnes exposées à une telle dose. Cette valeur est entendue **en plus de l'exposition naturelle et médicale**. Elle ne concerne donc que la part de l'exposition « ajoutée » au niveau naturel par l'activité industrielle.

Pour l'exposition à une seule pratique, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) recommande une limite de 300 microSieverts par an. La directive EURATOM a repris cette notion de contrainte de dose pour une source d'exposition unique, sans fixer de limite précise.

Par ailleurs la directive EURATOM 96/29 considère qu'une pratique qui délivre moins de **10 microSieverts par an** à tout citoyen a un impact sanitaire négligeable, à condition que la dose efficace collective soit inférieure à 1 homme Sievert.

En l'absence de données scientifiques sur les rejets effectifs du centre lors deux premières décennies de fonctionnement, il paraît illusoire de tenter une évaluation de l'impact dosimétrique.

De ce point de vue, la réalisation de mesures de type historique (dosage du tritium et du carbone 14 dans les anneaux de croissance d'arbres, carottages de sédiments, etc.) telles que décrites dans la note CRIIRAD N°09-24 pourraient permettre de combler certaines lacunes.

Dans le cadre de la présente analyse documentaire effectuée pour la CLI de Cadarache, il n'était pas possible de tenter une reconstitution dosimétrique ni d'effectuer une analyse critique approfondie des évaluations dosimétriques proposées par le CEA.

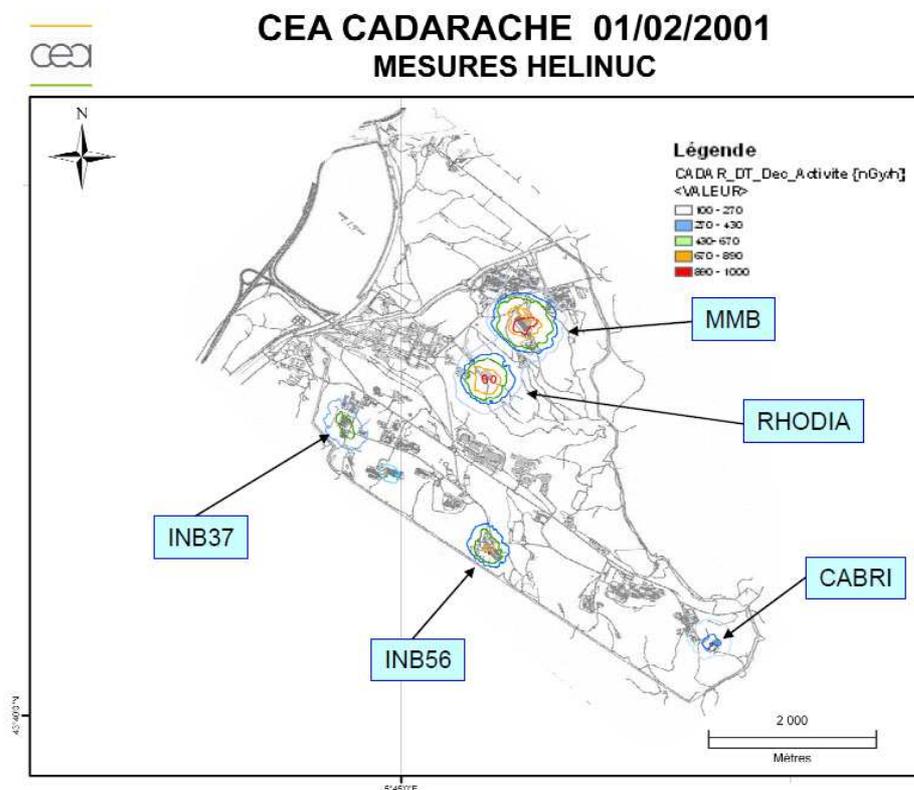
La CRIIRAD a souhaité par contre illustrer le fait que la dose calculée actuellement par le CEA de Cadarache - outre les éléments discutables évoqués plus haut - ne prend pas en compte **l'exposition externe ajoutée** induite par le stockage de matières radioactives dans certaines installations proches des clôtures, ni l'impact des transports de matières radioactives.

Or ces 2 composantes, évaluées à partir des données actuelles, montrent que l'impact dosimétrique total peut ne pas être négligeable.

### Exposition externe à la clôture

La CRIIRAD a demandé au CEA la publication de la cartographie radiométrique effectuée en hélicoptère en 2001 (cf. carte ci-dessous).

En ce qui concerne les clôtures, ce document confirme en tout cas que - le jour du contrôle - les 2 secteurs pour lesquels l'exposition externe imputable au site était la plus élevée étaient le voisinage de **l'INB 56** (entreposage de déchets radioactifs solides) et dans une moindre mesure de **l'INB 37** (STEDS avec cuves d'effluents radioactifs). Ceci est cohérent avec les résultats des mesures effectuées par le CEA au moyen de dosimètres fixes installés sur les clôtures.



Une heure et demie de présence à la **clôture** du site de Cadarache au droit de l'INB 56 (entreposage de matières radioactives) induit une dose de 0,09 microSievert, soit une valeur supérieure à l'impact « majorant » (0,077 microSievert) calculé par le CEA pour évaluer les conséquences des rejets radioactifs sur l'année entière.

Une fréquentation plus régulière des abords (100 heures par an) conduirait à une exposition annuelle ajoutée de **6,3 microSieverts** soit une valeur 80 fois supérieure à l'impact calculé en 2007 par le CEA pour les rejets.

Il faudra donc veiller à ce que le secteur reste à taux de fréquentation faible car l'impact pourrait ne pas être négligeable en fonction du temps de présence effectif. Ceci passe aussi par une information des riverains et de ce point de vue l'information donnée par le CEA dans les documents grand public n'est pas satisfaisante.

Ainsi le rapport Transparence et Sécurité Nucléaire 2007 [18, page 26-27] fait état de mesures de l'exposition externe mais n'indique pas clairement qu'il y a un impact du site en proximité de certaines portions de la clôture.

Le CEA a confirmé lors de la réunion du 5 mars 2009 que le public a accès à la zone proche de la clôture bien qu'elle soit sur un terrain lui appartenant.

Il s'agit essentiellement des chasseurs. Le CEA considère une exposition potentielle de 2 heures (chasseur posté), 2 fois par semaine et 10 semaines dans l'année. Cela représente une durée d'exposition de 40 heures et une exposition ajoutée de **3 microSieverts par an**. Cette valeur est 39 fois supérieure à la dose annuelle calculée par le CEA pour évaluer l'impact radiologique des rejets liquides et gazeux du site de Cadarache (INB civiles) en 2007.

### **Exposition externe liée au transport**

De même, il ne faut pas négliger l'impact du transport des matières radioactives.

La réglementation portant sur le transport des matières radioactives autorise un certain niveau de radiation à proximité des containers et véhicules associés au transport.

Les niveaux de radiation autorisés sont très élevés par rapport aux limites de dose maximales annuelles applicables aux personnes du public, alors que les véhicules circulent effectivement dans le domaine public : jusqu'à **2 000 µSv/h au contact** des parois du véhicule et **100 µSv/h à 2 mètres** soit des valeurs respectivement 20 000 et 1 000 fois supérieures au niveau naturel.

Le fait de stationner 1 minute, une seule fois dans l'année, à côté d'un véhicule qui engendre un débit de dose de 100 µSv/h représente une exposition de 1,6 microSieverts. Cette valeur est plus de 20 fois supérieure à la dose annuelle calculée par le CEA.

Or, en 2007, le flux de véhicules de transport de matières radioactives entrant ou sortant du site de Cadarache est estimé par le CEA à **1 043 véhicules**.

Une personne qui se retrouverait 2 fois dans l'année garée pendant 30 minutes à 2 mètres de véhicules dont le débit de dose est égal à la limite autorisée de 100 µSv/h pourrait recevoir une **dose cumulée de 100 microSieverts par an**. Des scénarios plus pessimistes pourraient même conduire à un dépassement de la dose maximale annuelle admissible de 1 000 microSieverts par an.

Ces voies d'exposition devront être prises en compte.

## **1.7 Recommandations**

Le laboratoire de la CRIIRAD a formulé une cinquantaine de recommandations pour améliorer le plan de surveillance radiologique, la connaissance des rejets et des impacts actuels et passés, la limitation des impacts radiologiques et l'information du public (cf. Note CRIIRAD N°09-24 du 4 mai 2009).