



Laboratoire indépendant d'analyse de la radioactivité

Association loi 1901 SIRET : 950 369 868 00027 APE : 743B

Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest

138 rue de l'Eglise – 14200 HEROUVILLE-SAINT-CLAIR

Tél. : (+33) 2.31.94.35.34 Fax : (+33) 2.31.94.85.31

Email : acro-laboratoire@wanadoo.fr

N°TVA : FR 62 950 369 868

www.acro.eu.org

Rapport

RAP090625(01)-CSM-v1.1

Hérouville-Saint-Clair, le 25/06/09

Gestion des déchets radioactifs : les leçons du Centre de Stockage de la Manche (C.S.M)

Centre Sans Mémoire,
Centre Sans Avenir ?

Version 2009

Réalisé à la demande de Greenpeace France

22 rue des Rasselins – 75020 PARIS

Préambule

Ce rapport dans sa version 2009 est une mise à jour d'un précédent travail réalisé en 2006 par l'ACRO pour Greenpeace France.

Il s'agit d'une analyse critique, non pas des aspects techniques ou sociétaux de la gestion des déchets nucléaires, mais d'un cas concret : le stockage tel qu'il s'est pratiqué dans le premier et plus important centre d'Europe qu'est le Centre de Stockage de la Manche dit CSM. L'ambition est de fournir au public des éléments de compréhension par rapport au problème du stockage des déchets radioactifs en France.

Depuis plus de 20 ans, l'Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'ouest s'intéresse à la question du devenir des déchets radioactifs, particulièrement des problèmes de sûreté et de pollution pour l'environnement qu'ont pu engendrer les entreposages effectués sur les sites de Cogéma-La Hague et du centre de stockage de la Manche. Au fil des années, l'engagement de ses bénévoles, dont plusieurs habitent la région concernée, dans les commissions institutionnelles et groupes de travail mais également dans le suivi de la contamination radioactive des écosystèmes a permis à l'ACRO d'acquérir une certaine connaissance des activités d'entreposage-stockage des déchets et de leur impact. Pour autant, cette connaissance n'équivaudra jamais à celle des exploitants nucléaires. Il existe une disproportion des moyens, l'ACRO ne peut mobiliser les mêmes ressources techniques, humaines et matérielles, et toutes les données pertinentes ne sont pas accessibles y compris dans les commissions auxquelles nous participons comme en témoignent certains documents anonymes que nous recevons.

Avec 527 217 m³ de déchets de faible et moyenne activité entreposés entre 1969 et 1994, le CSM est et reste à ce jour un élément incontournable pour comprendre les problèmes que pose le stockage pour l'éternité de matière nucléaire et les limites de la notion de réversibilité. Il y a donc des enseignements à tirer. On ne peut répéter les erreurs du passé particulièrement avec des déchets à vie longue que l'on souhaite enfouir profondément : loin des yeux, loin du cœur.

Ce rapport se base sur l'analyse de la bibliographie existante, des documents internes à l'ANDRA que nous avons rendus publics, des enseignements retirés de notre participation aux instances de concertation et groupes de travail officiels, et enfin des données obtenues consécutivement aux investigations menées dans la région dans le cadre de son Observatoire Citoyen de la radioactivité dans l'environnement.

Malgré tous les efforts consentis, de nombreuses questions restent sans réponse au sujet de ce centre et il nous sera parfois difficile d'être précis.

Synthèse : les leçons du CSM

« *Le passé était mort, le futur unimaginable* », George Orwell, 1984

Pour le CEA, qui a en eu la responsabilité durant toute sa phase active, « *le site de la Manche, après vingt-cinq ans de bons et loyaux services, figure désormais comme une référence technique internationale dans le stockage des déchets* ». A l'heure où il est recherché de nouveaux sites de stockage, il nous paraît important de tirer les leçons de la gestion de ce centre.

Parce que le stockage des déchets y a précédé la réglementation en la matière, ce centre ne satisfait plus aux normes actuelles concernant le stockage en surface. On y a stocké et entreposé tout et n'importe quoi, sur les crêtes des nappes phréatiques et sans aucune protection vis à vis des intempéries. Pour les déchets les plus anciens, l'inventaire est des plus fantaisistes et fort probablement en dessous de la réalité. Mais le plus grave, est que les centres du CEA se soient débarrassés rapidement de tous les déchets gênants avant chaque durcissement de la réglementation. La Commission Turpin l'a bien mis en évidence à propos du plutonium. Ce délit d'initié est extrêmement choquant car c'était dans ce même organisme qu'étaient élaborées les connaissances impliquant de revoir les procédures. Pas vu, pas pris. Plus de 10% des volumes stockées sur le centre sont d'origine étrangère malgré la loi française qui interdit cette pratique.

Du fait des éléments à vie longue qu'il contient en grande quantité et les toxiques chimiques, le Centre Manche ne sera jamais banalisable et est là pour l'éternité. Son statut se distingue donc du Centre de l'Aube (qui ne reçoit que des déchets triés respectant des critères stricts) et s'apparente plus à ce que pourrait être un stockage souterrain prévu pour accueillir tous les déchets gênants à l'abri des regards. La barrière géologique ne constitue qu'un décalage temporel dans l'apparition des problèmes.

A cause de sa gestion empirique, il porte atteinte à l'environnement. Suite à des incidents à répétition qui viennent s'ajouter à un relargage diffus en continu, les nappes phréatiques et de nombreux exutoires sont fortement contaminés en tritium. Force est de constater qu'une information sur cette pollution chronique a longtemps manqué et encore aujourd'hui, un bilan précis de son impact reste à faire. Pour autant, la situation pourrait s'aggraver à long terme car les emballages des déchets les plus anciens, qui contiennent aussi les éléments les plus nocifs, ne sont pas garantis sur de si longues périodes. Des effondrements ont déjà été observés. Lorsqu'une nouvelle contamination sera détectée, il sera trop tard.

Cependant, il n'est pas prévu de démanteler ce centre, même partiellement. L'argument généralement avancé, outre le coût économique, est que le risque sanitaire lié à l'opération serait supérieur au risque lié à son impact sur l'environnement. Surtout, il n'y a pas d'autre solution pour les déchets extraits qui ne sauraient être acceptés au Centre de l'Aube. Il est donc plus confortable pour les opérateurs du nucléaire et les pouvoirs publics de considérer ce problème comme réglé.

Comment léguer alors ce centre aux générations futures ? Comment en transmettre la mémoire si même notre génération ne sait pas ce qu'il contient exactement ? Surtout, comment leur permettre d'avoir une opinion sur son avenir qui diffère de celle qui est prévue actuellement ? Ces questions fondamentales doivent être prises en compte pour tous les autres déchets radioactifs.

Cet exemple du Centre de Stockage de la Manche montre qu'une gestion passive à long terme basée sur l'oubli est vaine. La réversibilité supposée des stockages à venir ne fait que reporter de quelques générations le dilemme de la fermeture, sans le résoudre.

La protection des générations futures fait l'objet d'un consensus quand il s'agit de gestion des déchets nucléaires. Mais dès qu'il s'agit de la génération actuelle, le consensus disparaît... Le public est le grand oublié de la loi de 2006 sur les déchets et ses décrets d'application, les autorités méprisant la consultation qu'elles ont elles-mêmes voulue. Or, si le Centre Manche est un centre sans mémoire, c'est parce que sa gestion était confinée et il est important de ne pas renouveler ce huis clos.

Le bien-être des générations futures, pour lesquelles le fardeau de la gestion des déchets doit être limité, apparaît donc souvent comme un argument utilisé sans réflexion pour faire accepter tout et n'importe quoi. Leur laisser des moyens d'agir signifie garder la mémoire de ce fardeau. Or, les exemples historiques montrent que c'est grâce à la redondance de l'information gardée sous plusieurs formes qu'elle peut être transmise de générations en générations en faisant face aux aléas. Il y a donc un impératif moral à partager avec la population la connaissance sur les déchets nucléaires. Les débats sur le nucléaire ne mobilisent malheureusement pas les foules car les citoyens ont le sentiment de n'avoir aucune emprise sur le processus de décision. Pourquoi s'investir si les décisions sont déjà prises ? Il importe donc de mettre en place un mécanisme de démocratisation de la gestion des déchets nucléaires pour en garantir la mémoire.

L'autre enjeu est de transmettre une mémoire qui traduit honnêtement l'état des lieux, ce qui n'est pas le cas du Centre Manche. Là encore, la démocratisation des processus de décision avec une ouverture plus en amont, laissant le temps à la société civile de s'approprier la problématique est indispensable. C'est dans ce sens que tente d'œuvrer l'ACRO depuis sa création.

En conclusion, la sauvegarde des générations futures en matière de gestion de déchets nucléaires passe par une meilleure gouvernance de la gestion actuelle, s'appuyant sur une plus grande démocratie participative. C'est exactement l'inverse qui est appliqué pour la recherche d'un nouveau site de stockage pour les déchets de faible activité à vie longue (FAVL) : tout est déjà décidé. Seul l'accompagnement économique est négociable. Il y a malheureusement un immense retard à combler et les déchets comme ceux du Centre Manche, dont le sort est officiellement réglé, ne doivent pas être oubliés.

Résumé de la 1^{ère} PARTIE

L'univers du Centre de Stockage de la Manche

Le Centre de Stockage de la Manche a été construit dans la partie Est de l'usine de retraitement de La Hague, à un endroit appelé le « Haut Marais », zone humide par excellence. C'est sans doute le plus mauvais choix quand on sait que l'eau est le principal ennemi de la sûreté. Les premiers déchets ont été mis à même la terre, puis dans des tranchées bétonnées, régulièrement inondées. Certains de ces ouvrages ont été démantelés, d'autres sont encore là, à la crête des nappes phréatiques. La pratique ayant précédé la réglementation, l'empirisme qui a guidé l'édification de ce centre suscite déjà de nombreuses inquiétudes qui devraient s'aggraver dans l'avenir.

Les structures d'accueil et la qualité des déchets ont évolué au cours du temps vers plus de rigueur. Mais, avant chaque durcissement de la réglementation, le CEA a renvoyé au CSM des déchets qui ne pourraient plus être acceptés par la suite. Ce délit d'initié est d'autant plus choquant que c'est dans ce même organisme qu'étaient élaborées les nouvelles règles. L'ACRO avait aussi dénoncé des pratiques similaires juste avant la fermeture du site en 1994. De nos jours, le centre Manche contient de nombreux éléments à vie longue qui ne sont plus acceptés sur le centre de l'Aube qui a pris le relais. Il y a notamment près de 100 kg de plutonium, ainsi que de nombreux autres émetteurs alpha particulièrement toxiques en cas de contamination. Si l'on ajoute à cela les toxiques chimiques qui ne disparaîtront pas avec le temps, dont près de 20 000 tonnes de plomb et une tonne de mercure, le centre Manche ne pourra jamais être banalisé. Au moment de sa fermeture, l'ANDRA annonçait sans vergogne que ce centre pourrait être rendu à la nature au bout de 300 ans et que la couverture était définitive.

L'inventaire des déchets stockés n'est pas connu avec précision. Au début, seuls les bordereaux des expéditeurs faisaient foi. Une tempête a effacé une partie de cette mémoire et les informations concernant les premières années ne sont pas fiables. Certaines structures d'accueil non plus et une partie des déchets échappent au système de surveillance mis en place. Un employé de l'ANDRA à la retraite va jusqu'à évoquer des risques d'effondrement et les faits commencent malheureusement à lui donner raison. Depuis la pose de la couverture, des affaissements sont déjà observés accompagnés d'un glissement au niveau des talus. En cas de problème, ce sont les nappes phréatiques qui seront touchées et il sera trop tard pour agir. Selon nos estimations, ce sont plus de 10% des 527 217 m³ de déchets stockés qui sont d'origine étrangère,

en violation flagrante de la législation française. Alors que la question du stockage en surface est officiellement considérée comme « réglée », il est légitime de s'interroger sur l'avenir du centre Manche. Il est tout aussi nécessaire de tirer les leçons de ses déboires pour les autres déchets en attente de solution.

Sans la vigilance citoyenne des associations et les révélations d'un lanceur d'alerte qui a envoyé anonymement des documents à l'ACRO, c'est le plan de l'ANDRA qui aurait été avalisé par les autorités. La commission pluraliste qui a enquêté après les révélations de l'ACRO en 1995 a estimé que ce stockage est irréversible. En se basant sur une étude de l'ANDRA, elle estime en effet qu'aucune reprise des déchets n'est raisonnable en raison des coûts sanitaires et financiers. Surtout, il n'existe aucune solution pour une partie de ces déchets qui ne sauraient être acceptés au centre de l'Aube.

Les exigences en matière d'environnement ont changé durant les 25 années d'exploitation du centre Manche. Ces exigences devraient évoluer encore plus sur des échelles de temps impliquant plusieurs générations. La réversibilité des stockages est donc une contrainte morale qui découle du principe de précaution. Elle est généralement pensée comme un moyen de rendre les projets socialement plus acceptables par les autorités. Mais la réversibilité n'est pas seulement un problème technique et doit conduire à repenser entièrement la gestion des matières radioactives de façon démocratique. L'option d'un entreposage pérennisé avait les faveurs du public lors du débat national, mais est malheureusement ignorée par les autorités qui préfèrent une stratégie basée sur l'oubli.

Il en est de même pour l'avenir du centre Manche. Il est prévu, qu'après la phase de surveillance actuelle, une nouvelle couverture soit mise en place afin de passer à une phase plus passive. La décision de ne pas reprendre tout ou une partie des déchets est basée sur des études de l'ANDRA qui n'ont pas été contre-expertisées dans le détail. Les structures locales de concertation, passées et actuelles, ne jouent pas le rôle d'expertise que l'on attend d'elles. Il est pourtant indispensable de mettre en place une réflexion pluraliste qui aurait à se pencher sur les risques évoqués avant de décider de fermer définitivement le site. Cette revendication nous tient particulièrement à cœur avant de décider de léguer une telle menace aux générations futures.

Résumé de la 2^{ème} PARTIE

La pollution des écosystèmes aquatiques par le tritium

Par le passé, la Sainte-Hélène qui s'écoule non loin du Centre de Stockage de la Manche (CSM) avait une teneur en césium-137, de 100 à 1000 fois plus élevée que dans les autres cours d'eau voisins. Cette anomalie s'accompagnait de la pollution par d'autres produits de fission et de teneurs impressionnantes en plutonium : les sédiments contenaient plus de 140 Bq/kg de plutonium-238, soit 5000 fois plus que dans ceux du Rhône en aval des installations de Creys-Malville (Superphénix). Le CSM en était à l'origine. Depuis, les causes ont été maîtrisées et il ne subsiste plus que les vestiges de ces anciennes pollutions massives.

Mais, de tout temps, du tritium (hydrogène radioactif) fût trouvé. Aujourd'hui encore, de nombreux cours d'eau, aquifères, résurgences, puits sont concernés.

Dès l'ouverture du centre, on a voulu stocker de grandes quantités de tritium. Dans 6 petites cases de l'ouvrage dénommé TB2, l'équivalent de trois, peut-être 15, années de rejets tritiés de l'ensemble du parc électronucléaire français actuel a été entreposé. Les estimations varient avec les époques, soulignant la méconnaissance du contenu des déchets.

Mais ce tritium n'a pas daigné rester à sa place, et ce fût le point de départ, en octobre 1976, d'une contamination massive des eaux souterraines et superficielles. Tout ce qui pu être repris l'a été, et les quantités stockées ont été réduites de manière drastique.

Cet incident a mis en exergue, outre des dysfonctionnements et une inadaptation du procédé de stockage, la diffusion du tritium à travers les colis et les ouvrages. Ce phénomène, qui a débuté dès la réception des premiers déchets tritiés, existe encore de nos jours et cessera quand il n'y aura plus de tritium dans les colis. Parce que le gestionnaire du centre s'est refusé à protéger correctement les déchets des intempéries durant les 25 années d'exploitation, y compris durant la période où il déployait des solutions sur son centre de l'Aube, la situation s'est aggravée à La Hague. La lixiviation des déchets par les eaux de pluie a augmenté considérablement les relâchements.

Le CSM s'est donc toujours « vidé », et se « vide » encore de nos jours, de son tritium par d'autres voies que celle de la décroissance radioactive, principe fondamental de l'élimination des déchets nucléaires. L'analyse des données postérieures à 1986, les seules disponibles, tend à suggérer qu'au moins 20% du tritium stocké se serait « évaporé » dans l'environnement à la date d'aujourd'hui. Dans une note datée du 18/12/92, le gestionnaire estimait même à 1850 TBq [130% de l'inventaire tritié du site !] l'activité perdue dans le sol à la suite de l'incident de 1976.

Libéré des ouvrages, ce tritium suit principalement les voies naturelles de l'eau. Il tend à rejoindre les aquifères sous-jacents mais également l'atmosphère. Il est donc voué à être « éliminé », d'une manière ou d'une autre, par dilution et dispersion dans le milieu naturel. Dans l'année qui suit l'incident d'octobre 76, la contamination des eaux souterraines a pu avoisiner les 600 000 Bq/L et celle des eaux de la Sainte-Hélène plus de 10 000 Bq/L. On pense le pire passé. En 1983, on atteint 6 millions de Bq/L dans un aquifère ! Expérimentation ? Incident ? Accident ? Le public et les riverains ne savent toujours pas. Tout comme à l'époque ils ne savent pas qu'il est procédé à des rejets dits « concertés » dans la Sainte-Hélène, lesquelles conduisent en octobre 1982 à une contamination des eaux de l'ordre de 50 000 Bq/L.

Le dernier colis livré, la couverture mise en place, les indicateurs témoignent alors de l'avènement d'un processus d'amélioration de la qualité radiologique des eaux souterraines.

En l'absence de rejets industriels ou d'aléas, la teneur des eaux en tritium doit être de l'ordre de 1 Bq/L. Sur le plan sanitaire, l'OMS considère depuis 1993 que les eaux destinées à la consommation humaine ne devraient pas avoir une teneur en tritium supérieure à 7800 Bq/L. Quant à l'Europe, à partir de 1998, elle s'est fixée la valeur guide de 100 Bq/L pour la qualité des eaux de boissons.

En 2009, la pollution n'a pas encore disparu. Elle a globalement diminué. Pour autant la contamination des eaux souterraines contrôlées peut encore atteindre 170 000 Bq/L. Et 20% des aquifères contaminés ne témoignent pas de la diminution attendue si on conjugue la décroissance radioactive au renouvellement des eaux. Fait étrange, certains tendent même à augmenter.

L'ACRO n'a pas accès aux aquifères, même si les eaux souterraines appartiennent au domaine public. Il faut se contenter des données de l'ANDRA dont la méthode d'échantillonnage retenue peut tendre à sous-estimer la contamination.

Durant toutes ces années, la pollution par le tritium devient insidieuse. Elle se répand géographiquement sur le versant nord. Elle atteint des puits, des résurgences et les principaux cours d'eau drainant le bassin versant. Actuellement, tous les cours d'eau (les Roteures, la Sainte-Hélène et le Grand Bel) ont en commun d'être contaminés par le tritium, à des niveaux variables compris entre une dizaine et plusieurs centaines de becquerels par litre. Pour les deux premiers, les résurgences le long du premier kilomètre apportent des eaux bien plus contaminées qu'elles ne le sont en amont du cours d'eau. A quelques centaines de mètres en aval de la source de la Sainte-Hélène, on mesurait jusqu'à 700 Bq/L de tritium dans une résurgence en 2003. Et cette situation contraste

peu avec celle observée par l'ACRO il y a une dizaine d'années, cette fois au pied d'une maison familiale. Dans le cas du Grand Bel, pollué à la source, là encore la concentration en tritium des eaux n'a pas évolué depuis 1994 ! Elle est invariablement de 700 ± 100 Bq/L à la source.

Les constats de ces dernières années posent question. Pourquoi la contamination par le tritium n'a pas décliné drastiquement comme on aurait pu s'y attendre si on conjugue la dilution et la décroissance radioactive ? Ne considérant que le phénomène de décroissance radioactive, les niveaux auraient dû diminuer de plus de la moitié par rapport à 1994. Or ils sont sensiblement les mêmes à certains endroits, ce qui suppose que la quantité de tritium mobilisé a augmenté.

Certes, les eaux des résurgences et de cours d'eau ne sont pas utilisées directement pour la consommation humaine, mais elles le sont pour le bétail et même le jardin. Dans le cas d'une vache alimentée de manière chronique avec de l'eau tritiée, des transferts existent vers le lait. Ils sont confirmés dans La Hague lorsqu'on se réfère aux contrôles effectués sur le lait par un autre opérateur du nucléaire que l'ANDRA, cette dernière n'effectuant aucun contrôle de cette nature et ce depuis le départ. Et le bilan des transferts ne s'arrête pas là. Le tritium, hydrogène radioactif, « s'échange » et entre dans la composition de la matière organique, donc de la vie. Chair, graisse, légume, etc. peuvent être concernés. Les voies d'atteintes à l'homme se multiplient alors. Faut-il encore vouloir les connaître.

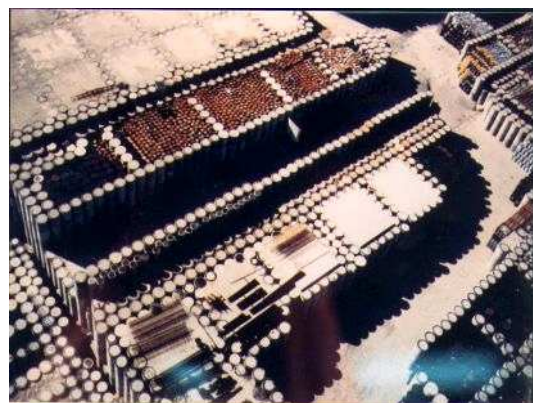
Apurer la pollution des écosystèmes aquatiques est une nécessité morale. Il n'est pas acceptable de voir le gestionnaire d'un centre de stockage de déchets nucléaires démissionner devant un élément radioactif comme le tritium qu'il n'a pu contenir sur son site et l'abandonner au pied des maisons, au fond des champs.

Relativisons...



« Le site de la Manche, après vingt-cinq ans de bons et loyaux services, figure désormais comme une référence technique internationale dans le stockage des déchets [...] »

Le commissariat à l'énergie atomique, Découvertes Gallimard / CEA, 1995.



Stockage en pleine terre



Coque bétonnée fissurée

Ces photos transmises anonymement ont été prises à l'intérieur du Centre de Stockage de la Manche durant la phase d'exploitation

Sommaire :

Préambule.....	2
Synthèse : les leçons du CSM.....	3
Résumé de la 1 ^{ère} PARTIE.....	4
Résumé de la 2 ^{ème} PARTIE.....	5
Relativisons... ..	7
Sommaire :	8
1 ^{ère} PARTIE : L'univers du centre de stockage de la Manche.....	9
A – Historique du centre et de son exploitation :	10
B – Contexte socio-juridique lors de la fermeture	12
Une fermeture épineuse.....	12
Concertation publique.....	12
C – L'information du public ?	13
Une lente construction	13
Des sujets sensibles.....	13
Epilogue	13
D – Les évolutions techniques du centre	15
La création.....	15
Les règles d'acceptation des déchets.....	15
Entreposage provisoire.....	15
Les structures d'accueil	16
La couverture.....	17
Des affaissements dans la toiture.....	17
... et des glissements des talus	17
E – Rejets et déchets produits par le stockage	19
Toxiques mobilisés	19
Evolution de la gestion des eaux.....	19
Aspect réglementaire des rejets.....	20
Gestion des déchets solides produits sur le centre	21
F – Difficulté à se conformer aux règles fondamentales de sûreté (RFS).....	22
G –Contenu du site et son évolution	24
Les colis : déclaration et caractérisation.....	24
Quid de l'élimination des radioéléments.....	24
Exotisme et origine des déchets.....	25
Présence de déchets étrangers ?.....	25
Inventaire des toxiques chimiques	27
H – Les limites à la réversibilité du stockage de déchets nucléaires : les leçons du CSM.....	28
2 ^{ème} PARTIE : Pollution des écosystèmes aquatiques – Le cas du tritium	29
I – Le tritium, des origines aux normes : les références.....	30
Propriétés et origines.....	30
Métabolisme et toxicité	30
Recommandations.....	30
J – Origine de la pollution des écosystèmes aquatiques	31
Un « incident » révélateur	31
Plusieurs sources de contamination	31
Un relâchement permanent par les colis	32
Devenir du tritium libéré des ouvrages	32
Quantité de tritium mobilisé à l'extérieur des ouvrages	33
K – Etat des eaux souterraines depuis 1977.....	34
Hydrogéologie.....	34
Résultats	34
Quand le tritium ne décroît plus sur le plateau de la Hague.....	35
Refus d'assainir	37
L – Etat actuel des eaux superficielles [2002 – 2008]	41
Quand la surveillance citoyenne influence le contrôle de l'exploitant.....	42
M – Transfert à la chaîne alimentaire : juste un exemple	46
3 ^{ème} PARTIE : Interview de monsieur Christian Kernaonet.....	47
4 ^{ème} PARTIE : Informations supplémentaires	50
Glossaire	51
La radioactivité (phénomène, unités, ...)	52
Le tritium, un risque sanitaire sous estimé.....	54

Chronologie

- 1965 création d'INFRATOME
- 1966 achat des terrains
- 1968 permis de construire
- 1969 décret d'autorisation de création premiers stockages
- 1973 le centre devient l'INB n°66
- 1974 décret d'interdiction de rejets radioactifs dans les eaux souterraines.
- 1976 «accident» tritium : pollution des eaux souterraines et de surface.
- 1979 création de l'ANDRA et cessation d'INFRATOME
- 1980 « accident » : débordement du réseau séparatif
- 1981 création de la C.S.P.I.
- 1982 publication de la RFS I.2 (règles fondamentales de sûreté)
- 1986/87 nombreux débordements du réseau séparatif
- 1994 réception des derniers colis
- 1991-95 mise en place de la couverture
- 1992 ouverture du centre de stockage de l'Aube (CSA)
- 1993 l'ANDRA est propriétaire du CSM
- 1995 première enquête publique et révélations de l'ACRO premières mesures toxiques Pb, Hg
- 1996 enquête de la commission Turpin
- 1997 Mise en place de la Commission de surveillance du CSM
Mise en place du Comité Radio-écologie Nord-Cotentin chargé de faire un bilan radioécologique
- 1999 Fin des travaux du Comité Radioécologie Nord-Cotentin
- 1999 Affaissement de la couverture
- 2000 Seconde enquête publique
- 2003 Passage en phase de surveillance et renouvellement des autorisations de rejets accordés.
Publication des données tritium.
- 2005 Envoi de déchets solides vers des centres de stockages spécialisés
- 2006 Publication des données suivis et rejets 2005

1ère partie

Le Centre de Stockage de la Manche
Son Univers

A – Historique du centre et de son exploitation :

Les débuts

La décision de créer un centre spécifique pour le stockage des déchets, indépendant des centres de recherche du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), a été prise au début de l'année 1965 ; elle se concrétise par la création de la SARL INFRATOME, ayant uniquement une mission d'étude, en vue de définir les conditions techniques et administratives correspondant à ces futurs stockages.

Dès le début de 1966, INFRATOME enquête sur plusieurs sites possibles dans la région nord du Cotentin, dont plusieurs sont éloignés du Centre de La Hague¹. [...]

Le 13 juillet 1967, le CEA propriétaire des terrains dits «Extension Est» du Centre de La Hague fournit les résultats d'une étude de géologie et d'hydrogéologie de ce secteur pour y implanter ce futur centre de stockage. Sur l'incitation directe du CEA, l'option est prise en septembre 1967. [...]

Le 18 juillet 1968, le Ministère de l'Équipement signe le permis de construire sur le site du CEA, pour les bâtiments destinés au Centre de Stockage de la Manche.

Le 7 Janvier 1969, la Commission Interministérielle des Installations Nucléaires de Base (CIINB) donne son accord pour cette réalisation.

Le 19 juin 1969, le Premier Ministre signe le décret «Autorisant le Commissariat à l'Energie Atomique à apporter une modification aux installations du Centre de La Hague par la création d'une installation pour le stockage de déchets radioactifs solides» ; ce décret est publié au journal officiel du 22 juin 1969.

Les premiers stockages sont effectués par INFRATOME dans la tranchée bétonnée TB 1 le 4 octobre 1969 et dans la tranchée ordinaire TO 1 le 20 novembre 1969 ; les stockages sur la plate-forme P1 ne commenceront qu'au début mars 1970.

A la suite de la publication du décret du 27 mars 1973, le Centre de Stockage de la Manche [CSM] est détaché administrativement du Centre de La Hague et devient l'INB n°66. [...]

Les années 70

En octobre 1976, le *Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants* (SCPRI) détecte une concentration anormalement élevée en tritium dans un cours d'eau proche du centre et alerte l'exploitant. Un accident vient de se produire sur le centre : une quantité inconnue de tritium s'est infiltrée dans le sous-sol.

«Le 7 novembre 1979, le gouvernement signe un arrêté créant, au sein du CEA, l'Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) ; cet arrêté est publié au journal officiel du 10 novembre 1979.

Le 1^{er} décembre 1979, INFRATOME cesse toute activité industrielle. L'exploitation du CSM est assurée directement par l'ANDRA qui, rapidement, sous-traite par contrat toutes les opérations d'exploitation et de construction.

Les années 80

Le 25 septembre 1980, un accident non reconnu publiquement se produit. Avec les fortes pluies, des effluents très radioactifs parviennent au réseau dit séparatif mais la pompe de relèvement des eaux tombe en panne entraînant ainsi des débordements qui ne tarderont pas à rejoindre le cours d'eau dénommé Sainte-Hélène ; des blocs tombent également dans ce même réseau et le casse.

Entre juin 1986 et juin 1987, de nombreux débordements du réseau séparatif vers le cours d'eau Sainte-Hélène se produisent encore ; le mode de gestion des eaux inadapté en est à l'origine ; ces événements sont publiquement reconnus en juin 1998.

Les années 90

En 1991, débutent les opérations de pose d'une couverture destinée à protéger les déchets des eaux de pluie.

La loi du 30 décembre 1991, relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs, transforme l'ANDRA en un Etablissement Public Industriel et Commercial (EPIC), placé directement sous la tutelle du ministère de l'industrie.»

Le 8 septembre 1993, le centre de stockage de la Manche devient officiellement la propriété de l'ANDRA suite à la parution d'un arrêté interministériel faisant référence au décret n°92-1391 du 30/12/92 qui prévoyait que les biens, droits et obligations du CEA soit transférés à l'ANDRA dès lors qu'ils étaient en rapport avec les missions de cette dernière.

Les 10 et 11 janvier 1994, l'ANDRA présente une demande de création d'une nouvelle INB pour permettre le passage du centre en phase de surveillance dès la réception des derniers déchets. Celle-ci est rejetée en l'état le 23 février 1994 par le groupe d'experts nommés par la Direction de la Sécurité des Installations Nucléaires (DSIN) en charge du dossier. Une nouvelle demande sera formulée le 4 novembre 1994.

Le 30 juin 1994, après 25 ans d'exploitation, le dernier colis de déchets radioactifs est enregistré sur le centre. On dénombre alors 527 214 m³ de déchets dits *faiblement et moyennement radioactifs*. L'inventaire national des déchets radioactifs² fait état d'environ 1 469 265 colis stockés représentant à la date de la fermeture 18,5 PBq pour les émetteurs Bêta-gamma (β - γ) comme le ¹³⁷Cs et 637 TBq pour les émetteurs alpha (α) comme le plutonium.

En 1995, l'exploitant effectue les premières mesures de toxiques chimiques dans l'environnement : plomb et mercure sont au cœur des nouvelles préoccupations.

La demande d'autorisation de passage en phase de surveillance jugée recevable, une enquête publique est organisée entre le 2 octobre et 30 novembre 1995 dans les communes riveraines de l'installation ; la commission d'enquête est présidée par monsieur PRONOST.

¹ Usine de retraitement CEA (actuellement AREVA - La Hague)

² Inventaire national des déchets radioactifs (publication ANDRA) – année 2006 ; fiche n°BAN 1 mise à jour en juin 2005.

En 1995, la pose de la couverture bitumeuse devant garantir l'étanchéité du centre vis-à-vis des eaux de pluie est terminée mais la totalité des travaux de couverture ne sera achevée qu'en 1997. Suite à une plainte déposée par le CRILAN, la chambre d'accusation de la cour d'appel de Caen ordonne en décembre l'arrêt immédiat des travaux de couverture.

Le 22 décembre 1995, la Ministre de l'environnement annonce la création d'une commission d'experts chargée de faire un véritable bilan du CSM.

La commission d'enquête dite PRONOST rend son rapport le 5 février 1996 et donne un avis favorable. Entre temps, la cour d'appel de Caen autorise la reprise des travaux de couverture mais le gouvernement en décide autrement et impose leur gel jusqu'aux conclusions de la nouvelle commission officiellement créée ce même mois et présidée par monsieur TURPIN.

En juin 1996, la commission TURPIN rend ses conclusions, lesquelles diffèrent du scénario proposé par l'ANDRA et avalisé par l'enquête publique. La commission TURPIN conclut, entre autre, que le site n'est pas banalisable à l'issue des 300 ans comme prévu et que la couverture ne pourra garantir à long terme le confinement des déchets. Le 19 décembre 1996, le gouvernement reprend les conclusions de la commission d'experts indépendants et demande qu'une nouvelle enquête publique soit conduite, laquelle devra traiter du passage en phase de surveillance (ou fermeture) et des rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du centre.

Une commission de surveillance ouverte aux représentants associatifs (sorte de CLI) est également créée cette même année.

Les 10 septembre 1998 et 18 janvier 1999, tenant compte des recommandations et avis antérieurs, l'ANDRA formule une demande d'autorisation de passage en phase de surveillance et de renouvellement des autorisations de rejets respectivement. Deux dossiers distincts sont alors constitués pour enquête publique.

En septembre 1999, un affaissement « d'ampleur » de la couverture est enregistrée au nord-est du centre. D'autres tassements localisés vont être observés au cours des années suivantes.

Les années 2000

Le 2 février 2000, deux enquêtes publiques conjointes sont ouvertes dans les communes riveraines du centre. Monsieur BOIRON assure la présidence de la commission en charge des deux affaires. Les enquêtes publiques seront clôturées le 17 avril 2002 pour la demande de renouvellement des autorisations de rejets et le 17 mai 2000 pour celle liée au passage en phase de surveillance.

Le 26 juin 2000, la commission chargée des enquêtes publiques remet son rapport au Préfet. Elle rend un avis favorable assorti de 3 réserves pour le passage en phase de surveillance et un avis favorable assorti de cinq recommandations pour le volet rejets. Parmi les observations, il est demandé d'étudier la possibilité d'effectuer des sondages sous les ouvrages préoccupants afin d'y mesurer la radioactivité, de renforcer la surveillance et enfin que les riverains soient obligés de requérir un accord pour exécuter tout forage.

Le 5 octobre 2000, la commission européenne fait savoir qu'elle n'a pas d'objection sur le projet de rejets radioactifs du CSM ; cette avis est formulé en application de l'article 37 du traité Euratom, suite à une saisine du gouvernement français.

Le 10 janvier 2003, l'ANDRA est autorisée par décret à modifier le CSM, INB n°66, pour passer en phase de surveillance. Cette disposition fait suite à la demande formulée le 10 septembre 1998. Ce même jour, l'exploitant est également autorisé par arrêté à poursuivre les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux pour l'exploitation dudit centre durant sa phase de surveillance.

En 2003, les données relatives au suivi depuis 1977 du tritium dans les eaux souterraines et de cours d'eau sont officiellement remises aux membres de la commission de surveillance du CSM. Plus de 5 années se sont écoulées depuis que l'exploitant a exprimé l'intention³ de le faire.

Actuellement et dans l'avenir ...

Fin 2008, la commission de surveillance a été abrogée pour devenir une commission locale d'information sous la présidence du Conseil Général de la Manche, dans le cadre des nouvelles dispositions de la loi du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire.

Conformément aux dispositions réglementaires du décret du 10 janvier 2003, l'ANDRA a transmis à l'Autorité de Sûreté Nucléaire début 2009, le rapport définitif de sûreté à long terme du centre. Ce rapport, doit faire l'objet d'une instruction par les autorités durant l'année 2009.

Enfin, l'ANDRA est en cours de réalisation d'un « Mémoire de synthèse » censé retracer l'histoire du centre de stockage. Répondant, ainsi aux recommandations de la commission TURPIN, son objectif est de favoriser *la conservation de la mémoire du site et de son contenu pour les siècles à venir ...* Nous suggérons d'intégrer à ce « mémorial » le présent rapport.

³ Cf. compte-rendu de la réunion du 1^{er} décembre 1997 de la commission de surveillance du centre de stockage de la Manche.

B – Contexte socio-juridique lors de la fermeture

Une fermeture épineuse

L'ANDRA avait commencé à recouvrir les déchets avant 1994, année de la réception du dernier colis, et espérait finir la couverture avant l'enquête publique qui a eu lieu en octobre et novembre 1995. Officiellement, il s'agissait d'une couverture définitive qui était mise avant la consultation de la population. Il n'y avait pas grand chose à craindre du commissaire enquêteur, Monsieur Pronost, qui s'était déjà illustré par sa partialité lors de l'enquête publique concernant le redémarrage de Superphénix. Le dossier remis par l'ACRO faisait état de nombreux « oublis » et du non respect des règles fondamentales de sûreté. D'autres associations et syndicats ont aussi émis des critiques similaires. Mais c'est grâce à des documents internes à l'ANDRA, parvenus à l'ACRO de manière anonyme, que le scandale est arrivé. Les « morceaux choisis » ont été présentés à la presse et au public le 6 décembre 1995 et publiés dans l'ACRONIQUE du nucléaire n°32.

Suite à une plainte déposée par le CRILAN en décembre 1995, la chambre d'accusation de Caen avait ordonné la suspension des travaux de couverture du site et mandaté un expert. A cette même époque, une étude épidémiologique montrant l'augmentation du nombre de leucémies chez les jeunes vivant dans un rayon de 10 km des installations nucléaires de La Hague, contribua à accroître l'inquiétude légitime de la population.

C'est dans ce contexte que les révélations de l'ACRO ont coincé la mécanique devant mener à une fermeture sans bruit. Le conseil municipal d'Omonville-la-Rogue⁴ ira même jusqu'à voter, à l'unanimité, qu'il « souhaite que soit envisagé le démantèlement de ce site de stockage, même si cela doit durer 30 ans. » Le 22 décembre 1995, la Ministre de l'environnement annonçait la création d'une commission d'experts chargée de faire un bilan de l'état du CSM (Ouest-France, 22 décembre 1995). Elle sera présidée par Monsieur Turpin qui lui donnera son nom. Le 29 décembre, l'ANDRA porte plainte contre l'ACRO.

La commission d'enquête publique a finalement remis son rapport le 5 février 1996 et a, sans surprise, donné un avis favorable à la fermeture du site. La Cour d'Appel de Caen a, elle aussi, rendu un verdict favorable à la fermeture. Le gouvernement, quant à lui, n'a pas suivi ces recommandations et a suspendu les travaux jusqu'en juin 1996.

La commission Turpin a enquêté de janvier à juin 1996 et a remis son rapport au début du mois de juillet 1996. La plupart des questions qui lui étaient posées venaient de l'ACRO et de façon encore assez exceptionnelle à l'époque, un représentant du mouvement associatif était associé à ses travaux. Les conclusions de ce groupe diffèrent largement du scénario de fermeture imaginé par l'ANDRA et servent encore de référence aujourd'hui. Quant aux travaux de couverture, ils seront terminés par la suite.

Il faudra attendre février 2000 pour qu'une nouvelle demande d'autorisation de passage en phase de surveillance soit soumise à enquête publique. Une deuxième demande conjointe est relative à l'autorisation de procéder à des rejets d'effluents liquides. L'ACRO, comme de nombreuses autres associations, a boycotté ces enquêtes car le président avait été embauché par l'ANDRA en 1995 comme assistant technique pendant l'enquête publique précédente. Sa nomination était donc en violation de la loi Bouchardeau du 12 juillet 1983, décret du 23 avril 1985, qui interdit que des personnes ayant été rétribuées par l'entreprise concernée puissent être commissaires enquêteurs dans un délai de cinq ans. Tous les recours déposés par le CRILAN ont été déboutés. Le Centre est actuellement en phase de surveillance active.

« La commission [Turpin] considère que la couverture actuelle est une structure provisoire qui devra être profondément modifiée avant l'arrêt de la phase de surveillance. [...] Il s'agit de trouver des solutions qui fonctionnent passivement, c'est à dire sans intervention humaine, et pendant des millénaires. » En effet, pour cette commission, ce site ne sera jamais banalisable. Elle propose donc, qu'à l'issue d'une première période de 5 ans qualifiée de surveillance très active, on passe à une « surveillance active et préparation d'une couverture définitive pour passage à une phase de surveillance plus réduite ».

L'ANDRA devrait être passée dans cette deuxième phase.

Concertation publique

Sans la vigilance citoyenne des associations et sans l'intervention d'un lanceur d'alerte qui a remis des documents internes à l'ACRO, les problèmes posés par ce centre seraient déjà oubliés, alors qu'il est là pour l'éternité. Pour obliger à un dialogue avec la société civile, la commission Turpin a proposé de constituer une commission locale de surveillance du CSM qui doit être non seulement informée, mais aussi donner son avis. « Les autorités devront tenir compte de l'avis de cette commission. Elles pourront ne pas la suivre, mais auront alors à s'en expliquer. » Une telle commission a été créée mais n'a malheureusement pas joué ce rôle. Présidée par le Préfet, elle ne sert que de courroie de transmission à l'ANDRA et à la DRIRE, sans que les autres membres ne soient consultés sur l'ordre du jour de l'unique réunion annuelle. Son fonctionnement n'est même pas à la hauteur de celui d'une simple CLI, alors qu'elle doit prétendument prendre des avis. Si elle avait réellement joué son rôle, nous n'en serions pas là aujourd'hui.

⁴ Une commune de la région

C – L'information du public ?

Depuis la fin des années 80, communiquer sur son activité et son impact est devenu un enjeu majeur pour les opérateurs du nucléaire. Plus de transparence est annoncée. En retour, plus de confiance de la part des élus et du public est attendu. Mais le second, véritable but de la démarche, ne suppose pas toujours de respecter le premier...

Une lente construction

L'ANDRA édite son « observatoire des déchets », une publication remarquable tant sur le fond que sur la forme. Mais dans le cas du CSM, le résultat est beaucoup moins brillant. On parlera de manière angélique d'une information du public en construction depuis 30 ans, et plus prosaïquement de tromperie dès lors qu'il s'agissait de faire état de l'impact du centre sur son environnement.

Croire que la situation s'est systématiquement améliorée avec le temps est faux. Jusqu'en mars 1986, la commission d'information du CSM, la CSPI à l'époque, recevait les résultats des contrôles effectués dans les eaux souterraines à l'aplomb et au voisinage du centre de stockage. Mais à partir d'avril 1986, une date comme une autre, la source est presque tarie. Seuls les résultats pour les aquifères extérieurs au site sont communiqués. Et en janvier 1988, disparaissent cette fois les résultats des contrôles effectués sur le seul aquifère extérieur dont la contamination croît avec le temps (Pz 702). Les données de ce dernier ne réapparaîtront qu'en avril 1991 après une demande insistante de la commission.

Durant de nombreuses années, 34 exactement, la totalité des contrôles effectués sur les eaux souterraines, pourtant en domaine public, n'était pas accessible. A chaque réunion de la Commission de Surveillance du Centre de Stockage Manche, ces données ont été réclamées... en vain. Même le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, chargé de faire un bilan radioécologique complet de l'impact des installations nucléaires de la région, n'a pas réussi en son temps à obtenir des informations sur la contamination des nappes et leur écoulement. Ce groupe mandaté par le gouvernement français avait pourtant comme prétention de faire un bilan exhaustif de toutes les mesures faites dans l'environnement. Qu'y avait-il donc à cacher ?

Il faut attendre mai 2003 et une session spéciale de la commission de surveillance du CSM consacrée à la problématique du tritium pour que les membres, parmi lesquels l'ACRO, aient enfin accès à toutes les données de 1977 à 2002. Pour autant, les contrôles (tous paramètres confondus) effectués à la suite d'aléas ou d'incidents comme celui de 1976 ne sont toujours pas publics.

De même, il faut attendre le 19 avril 2006 pour que les membres de la commission de surveillance du CSM soient pour la première fois destinataires du bilan annuel relatif à la surveillance et aux rejets du centre. A cette occasion, on découvre l'existence d'un bilan pour l'année précédente, jamais transmis... juste un oubli probablement. Cette communication est pourtant obligatoire. L'arrêté du 10 janvier 2003 autorisant la poursuite des rejets radioactifs du centre en fait état explicitement à l'article 22.

Des sujets sensibles

Cette rétention de l'information n'a pas concerné seulement les membres des différentes commissions.

Dans les trois premiers bulletins d'information grand public publiés en 1994, l'ANDRA ne donne que des valeurs moyennes. Dans le n°4, elle annonce une contamination maximale des eaux souterraines en tritium de 12000 Bq/L pour la période octobre-novembre 1994.

Or, à la même époque, elle remet à une mairie de la Hague un relevé de mesures où il est question d'une contamination de 85000 Bq/L pour septembre 1994. Cette « erreur », soulignée dans « l'ACRONique du nucléaire » n°28 de mars 1995, conduira l'ANDRA à revoir à la hausse les données publiées dans son bulletin. Le numéro 5 annonce alors une contamination maximale de 85000 Bq/L et explique que « la moyenne n'est pas une valeur suffisante pour représenter l'activité du tritium dans les eaux souterraines ».

A cette même époque, dans un document interne de l'ANDRA, (ANDRA/DEX/CSM/94.371 NV) daté du 25 avril 1994, on peut lire que « la concentration obtenue dans certains endroits de la nappe sous le CSM fait apparaître des activités atteignant les 100 000 Bq/L au PZ 153 et 1 000 000 Bq/L au piézomètre P9 avant son rebouchage ». A cette date, l'ANDRA n'avait jamais publié des concentrations aussi élevées...

Jusqu'au quatrième trimestre 2000, la pollution maximale des nappes phréatiques reconnue par l'ANDRA dans ses bulletins d'information « grand public » était de 28 000 Bq/L. Il faut attendre la plaquette ANDRA du 1^{er} semestre 2001 pour apprendre que la pollution tritium au piézomètre 131 a une valeur maximale semestrielle de 200 000 Bq/L ... et la réunion thématique tritium au CSM de mai 2003 pour apprendre que cette pollution à hauteur de 200 000 Bq/L est chronique depuis que ce piézomètre⁵ a été foré en 1996.

Epilogue

Informé sur l'état de l'environnement ne va pas de soi lorsqu'on exploite une installation nucléaire, qui plus est à l'origine d'une pollution aiguë des eaux souterraines. La tentation est alors grande d'écarter de toutes diffusions à caractère public les résultats « gênants » des contrôles environnementaux, les incidents également. Des événements majeurs comme l'accident de Tchernobyl deviennent même un outil employé localement pour restreindre l'information donnée. Probablement, le public comme les membres des commissions censés les représenter sont jugés incapables de les comprendre dans toutes leurs dimensions.

⁵ Forage réalisé pour mesurer la hauteur d'eau (et/ou effectuer des prélèvements) dans les nappes souterraines.

Dans un contexte où informer est contre nature, le législateur doit intervenir. Depuis plusieurs années, il balise les obligations de l'exploitant dans ce domaine, en l'occurrence celle de l'ANDRA pour le CSM depuis 2003. Il faut donc être attentif aux dispositions réglementaires, particulièrement lorsqu'elles sont en gestation, ne pas sous-estimer leur intérêt sur le plan de l'information ; le contenu envisagé pour l'information du public devrait être débattu lors des enquêtes publiques.

L'expérience montre la difficulté récurrente, voire l'impossibilité, de faire naître une information exhaustive et de qualité sans une réglementation adaptée. L'exploitant ne dépasse généralement pas le cadre prescrit.

Grâce à la convention d'Aarhus ratifiée en 2002, le droit international vient maintenant au secours des populations dans leur exigence de transparence. Depuis le 1^{er} Mars 2005, le droit à l'information en matière d'environnement est également adossé à la constitution française.

Pourtant, en avril 2007, l'ANDRA organisait à Cherbourg un colloque intitulé : *Comment mieux répondre aux attentes d'information du public* où la principale question posée, objet d'une table ronde, était : *faut-il tout dire pour bien informer ?* Comble d'ironie, la propre commission de surveillance du CSM n'était pas invitée au colloque.

D – Les évolutions techniques du centre

La création

Le décret du 19 juin 1969 autorise la création d'une installation pour le stockage des déchets radioactifs solides. La concision du texte accessible par consultation publique au journal officiel permet de le citer intégralement : « *Par décret du 19 juin 1969, le commissariat à l'énergie atomique est autorisé à modifier les installations du centre de la Hague par la création d'une installation pour le stockage de déchets radioactifs solides* ».

Ce texte sibyllin, 3 lignes en bas de la page 6334 du Journal Officiel du 22 juin 1969, est aussi explicite sur les implications réglementaires pour une telle installation que les textes autorisant la création « d'un centre de traitement des combustibles irradiés au cap de la Hague » (décret du 10 août 1966, JO du 31 août 1966), ou la modification de ce centre pour fabriquer des sources de césium, de strontium ou d'autres produits de fission (décret du 3 novembre 1967, JO du 9 novembre 1967).

Il faudra attendre le 31 janvier 1994 pour que l'ANDRA, chargée de la gestion du centre de stockage, transmette le texte intégral de ce décret à la CSP1⁶.

On y apprendra qu'un déchet dit de « *faible activité* » ne doit pas dépasser 1000 fois la CMA⁷ (eau) en activité volumique mais rien sur les « *autres déchets* » dont la réception est prévue sur le Centre. Ce texte ne précise pas mieux la nature des déchets ni leur classification et ne fixe pas les limites en teneurs alpha comme le plutonium. Bref, il y avait *de facto* un transfert total de responsabilité vers le CEA alors gestionnaire du site.

C'est donc sans information des citoyens (absence d'enquête publique) et sous le signe de la déresponsabilisation de la puissance publique que démarre cette première aventure industrielle très particulière. La gestion sera placée sous le contrôle du Comité Technique de Liaison CEA/INFRATOME.

Les règles d'acceptation des déchets

Avant l'ouverture du CSM, le Comité Technique de Liaison a défini, pour l'ensemble des producteurs de déchets radioactifs, un cadre général pour la constitution des colis de déchets destinés au stockage. Les limites retenues étaient assez floues ; mais il faut tenir compte des moyens de production et de contrôle à cette époque. [...] Dans un certain nombre de cas, les déchets n'étaient ni compactés, ni bloqués par un mortier de ciment. [...]

En pratique, il n'y a pas de conditions strictes pour la réalisation physique des colis et il n'y a pas réellement de limites supérieures d'activité si on respecte bien les réglementations concernant la protection des personnes du public et des travailleurs. Le décret précise seulement que les déchets sont de faible activité si l'activité

volumique en Ci/m³ est inférieure à « 1000 fois la CMA eau des radionucléides contenus ». [...]

Dès la première année, le Comité Technique de Liaison limite l'activité alpha à 10 000 fois la CMA eau par case de stockage dans les tranchées bétonnées, puis par mètre cube de déchets pour les colis constitués. Rapidement, il est admis qu'il ne faut pas recevoir de déchets en vrac, même s'ils ont une faible activité massique.

En 1973, la limite imposée à la réception des colis de déchets « alpha » enrobés par du ciment est de 1 Ci/m³ ; celle concernant les déchets enrobés par du bitume reste fixée à 10 Ci/m³ jusqu'en 1975.

Les valeurs retenues par les prescriptions techniques proposées par le CEA en 1975 pour l'activité des colis de déchets sont le premier ensemble cohérent de dispositions imposées aux différents fournisseurs de déchets ; elles commencent à prendre en compte la capacité maximale de stockage du site. [...]

Ces valeurs se retrouvent sous une forme différente dans les prescriptions techniques du SCSIN de 1979 ; elles sont devenues plus contraignantes, mais leur respect relève pratiquement des seuls producteurs de déchets.

Dès 1975, après le constat d'un certain nombre d'effondrements sur les premières plates-formes, il est imposé à tous les producteurs de fournir des colis qui ne peuvent pas subir d'écrasement, ou qui peuvent être bloqués au CSM. [...]

La publication de la RFS I.2 en 1982 limite l'activité maximale des déchets à reçus sur le CSM à 1 Ci/tonne avec une activité moyenne de 0,1 Ci/tonne ; la publication de la révision de 1984 abaissera ces seuils d'un facteur 10.

Avec la prise en compte de la RFS III.2 e, l'agrément des colis devient obligatoire et l'ANDRA en a la responsabilité.

Entreposage provisoire

En vue de permettre le désengorgement des centres de recherche le Comité Technique de Liaison a admis en 1974 que le CSM pouvait recevoir, « pour entreposage », des colis dont la destination n'était pas encore arrêtée. [...] Ultérieurement et pour respecter la réglementation des déchets radioactifs, tous les colis qui n'ont pu être mis en stockage sur le CSM ont été évacués vers des installations nouvelles d'entreposage, créées par le CEA en conformité avec toutes les règles de sécurité. Les installations d'entreposage temporaire du CSM ont été reconverties pour être conformes aux règles ou conservées vides et neutralisées.

Cet entreposage pose la question de leur contribution à la pollution récurrente de l'environnement du fait des conditions dans lesquelles le stockage s'effectuait à l'époque c'est à dire à l'air libre, sans toit provisoire de protection contre les intempéries (comme sur le centre de stockage de l'Aube).

⁶ Commission Spéciale et Permanente d'Information près l'établissement de la Hague.

⁷ « Concentrations Maximales Admissibles » : anciennes valeurs limites en radioprotection qui ont précédé les Limites Annuelles d'Incorporation (LAI), elles-mêmes récemment abandonnées.

Les structures d'accueil

Les conditions pratiques d'exploitation du CSM ont amené les responsables à ne plus mettre «en terre directement» les colis prévus pour ce type de stockage, mais de préparer des «Plates-formes». [...] C'est au cours du remplissage de la troisième tranchée ordinaire TO3 en 1970 que cette décision fut prise.

Sur ces plates-formes, l'exploitant a réalisé des «cases» constituées par des blocs ou des fûts bétonnés ; les déchets qui auraient dû être stockés dans les tranchées ont alors été mis dans ces cases. [...]

Toutes les plates-formes réalisées entre 1970 et 1980 seront constituées de cette manière ; cela correspond aux plates-formes P1 à P12. On peut noter qu'à partir de la plate-forme P8 les espaces vides entre les colis sont remplis avec des gravillons en vue d'augmenter la tenue mécanique de la future couverture. [...]

De 1970 à 1974, les déchets «autres que de faible activité» ont été stockés dans les tranchées bétonnées TB1 à TB4, construites avec des plaques de béton préfabriquées, assemblées directement en place, dans une tranchée creusée au préalable ; l'étanchéité de l'ensemble était alors assurée par un joint bitumineux sur kraft, interne et une couverture finale en bitume. Après mise en place des colis de déchets, les cases ont été comblées par un coulis de mortier de ciment. Néanmoins, il est reconnu que certaines cases des 3 premières tranchées ont été complétées uniquement par du sable (et non du ciment) à des fins expérimentales à la demande du SCPRI.

Pour améliorer les conditions d'exploitation et en vue de diminuer la surface occupée au sol, les tranchées bétonnées suivantes (TB Ouest) ont été conçues dès 1974 dans l'esprit de ce qui deviendra des monolithes. Réalisées sur un sol préparé et bétonné, elles sont construites à partir de branches mobiles, mais sans aucun ferrailage interne ; cette solution sera retenue aussi pour les Tranchées Bétonnées Centrales, exploitées de 1978 à 1982. [...]

Il y a eu de nombreuses modifications de la constitution de ces structures d'accueil [...]. A partir de 1983, la structure d'accueil type est constituée, du bas vers le haut, en partant du fond de fouille du terrain en place, par :

- ▶ un système de drainage sous les structures destiné à maintenir l'emprise de la structure hors d'eau pendant la phase de construction ;
- ▶ un tissu géotextile posé en fond de fouille pour éviter tout mélange entre la terre en place et la couche de forme ;
- ▶ une couche de forme gravier-ciment dont l'épaisseur est adaptée aux caractéristiques du sol. Cette couche

de forme permet d'obtenir une plate-forme saine et stable pour recevoir la dalle proprement dite ;

- ▶ un film polyane étendu sur la surface supérieure de la couche de forme afin de désolidariser cette dernière de la dalle en béton coulée au-dessus ; la présence de ce film évite l'apparition de contraintes et de fissures de retrait du béton de la dalle ;
- ▶ la dalle en béton, comportant deux nappes d'armatures, équipée en périphérie de caniveaux qui collectent les eaux infiltrées dans les ouvrages ; ces caniveaux sont reliés, à l'extérieur de chaque structure, d'une manière sélective au Réseau Séparatif (RSGE) [...].

Les structures construites sur des ouvrages existants ne comportent pas de drainage sous dalle. Elles sont considérées comme étant drainées par l'ouvrage inférieur.

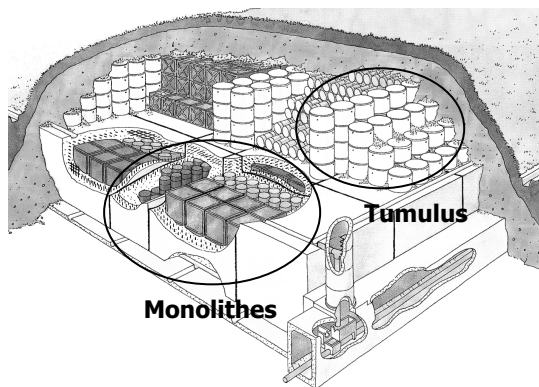


Figure D1 : Le stockage au CSM

Les premières définitions des ouvrages réellement construits à partir de 1970 étaient des tranchées bétonnées sous le terrain d'origine et au dessus un stockage sur plate-forme. Les premiers ouvrages sont à l'origine des monolithes ; les seconds des tumulus.

La conception de ces ouvrages a évolué dans le temps. En particulier tous les stockages réalisés en Tranchées Bétonnées entre les années 1974 et 1982 (les TB Ouest et TB Centrales) relèvent de la technologie des monolithes ; sauf quelques cases expérimentales des dernières réalisations, ces monolithes ne comportent aucune armature métallique.»

La couverture

Ce n'est qu'en fin d'exploitation que l'ANDRA envisage de protéger les déchets des agressions extérieures, à commencer de l'eau. Les travaux de mise en place d'une couverture vont s'étendre de 1991 à 1996.

Le concept adopté est de type « multicouches » reposant sur l'alternance de couches de perméabilité différente autour d'une membrane bitumeuse. Ce système permet d'assurer l'évacuation gravitaire des eaux de pluie infiltrées dans la couverture (sur et sous la membrane) vers un réseau de drainage spécifique. Enfin, la couverture est recouverte d'une couche de terre végétale engazonnée évitant le dessèchement et le craquellement des couches imperméables sous-jacentes, s'opposant au ravinement et à l'érosion mécanique et conduisant le ruissellement vers le réseau de collecte des eaux de pluie.

Pour autant, ce type de couverture ne convainc pas. Dans son rapport, la commission TURPIN en charge d'analyser les risques présentés par ce stockage s'interroge sur sa résistance vis-à-vis du ravinement, particulièrement en bordure en raison de pente trop forte imposée par l'exiguïté du site. Elle considère également que l'emploi d'une membrane bitumeuse n'est pas satisfaisante à long terme pour assurer l'étanchéité du fait de la durée prévisible du stockage (plusieurs millénaires). Une nouvelle « peau » constituée de matériaux naturels qui offre une longévité suffisante devra succéder à l'actuelle couverture. Cette dernière n'est donc pas définitive comme on a pu le laisser croire à son achèvement.

Des affaissements dans la toiture

Depuis sa pose, des affaissements localisés ont été observés résultant pour certains d'effondrement dans les ouvrages de stockage.

Ce phénomène est très marqué au nord, à l'aplomb des ouvrages P1 et P17 ainsi qu'au voisinage de TBH où il a entraîné des affaissements respectivement de 50 cm et de 25 cm à la date d'aujourd'hui (cf. figure D2).

D'autres effondrements sont également à craindre dans l'avenir dans la zone nord du site, du fait de la gestion empirique des techniques de stockage utilisées dans les premières années (caissons métalliques non bétonnés, armatures de soutien inexistantes, etc.). Rappelons qu'à cette époque, le stockage était réalisé à même le sol, sans possibilité de mettre en place un drainage fonctionnel. Il faut donc redouter qu'en cas d'aggravation des problèmes, ce seront une nouvelle fois, les nappes phréatiques qui seront directement touchées par les toxiques libérés, dont le plutonium.

Il semble que l'humidité relative des matériaux de la couverture joue également un rôle.

... et des glissements des talus

Du fait de la pente imposée, une telle structure résiste mal au ravinement. Comme le prévoyait la commission TURPIN, la zone la plus sensible est celle des bordures de talus. Ainsi des déplacements importants ont été relevés, essentiellement en bordure Est du site, où l'évolution cumulée depuis l'origine atteignait près de 60 cm en 2008.

Ces évolutions s'accompagnent de l'enfoncement de la partie haute des talus et du soulèvement de sa partie basse.

Suite aux pluies importantes du printemps 2007, l'ANDRA a décidé d'engager des travaux de mise en sécurité et de confortement. Une première phase a consisté à mettre en place des blocs de béton au pied des talus. Après un tassement induit par l'effet des blocs, les glissements de terrains ont repris avec la même vitesse qu'avant les travaux (20 mm/an).

Une seconde phase de confortement est prévue en 2009. Elle est basée sur le principe d'une diminution de la pente de la couverture par un rechargement en matériaux (roche concassée) au pied du talus. Ce confortement sera étendu jusqu'à l'angle Sud-Est du site. En ce qui concerne la zone Nord, qui présente également des déplacements constant de 15mm/an, un projet de confortement est également à l'étude.

L'ensemble de ces tassements génère des fissures en crête de talus et des ruptures de drains sur membranes. En 2008, les travaux ont consisté à reboucher 26 m de fissures (50 m ont été concernés en 2007).

Selon le gestionnaire, ces « désordres » ne porteraient pas atteinte à ce jour à l'intégrité de la membrane bitumeuse. Il reconnaît pourtant qu'il est urgent de ne pas prolonger la situation actuelle de « rapiécage » et d'envisager des solutions pour améliorer la stabilité mécanique de la couverture. En effet, l'instabilité des talus nécessite des travaux réguliers de plus en plus importants.

Conformément au décret du 10 janvier 2003, un rapport de l'ANDRA sur « l'intérêt d'une nouvelle couverture plus pérenne permettant d'assurer de manière passive sa sûreté à long terme » a été remis à l'Autorité de Sureté Nucléaire en fin d'année 2008.

Dans ce cadre, des études de re-conception de la couverture sont actuellement en cours.

D'après les éléments diffusés⁸, la démarche de re-conception retenue par le gestionnaire serait progressive et s'étalerait sur plusieurs dizaines d'années. Les actions à court terme concerneraient la stabilisation des bordures puis à moyen terme, la recherche d'amélioration de l'étanchéité de la membrane. La perspective d'une réalisation plus pérenne serait quand à elle repoussée à plus long terme (pas avant une cinquantaine d'année, apparemment).

⁸ Bilan annuel 2008 et présentation devant l'assemblée générale de la CLI du CSM du 18 juin 2009

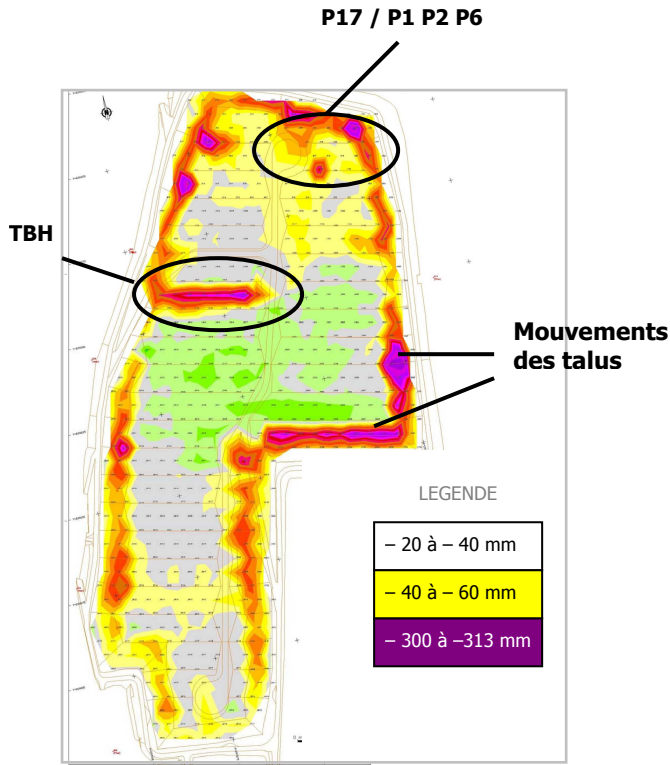


Photo : Blocs bétons de mise en sécurité des talus en zone est du site en juin 2007 (source ANDRA)

Figure D2 : Zonéographie des déplacements altimétriques en 2008 par rapport à la date de référence (source ANDRA)

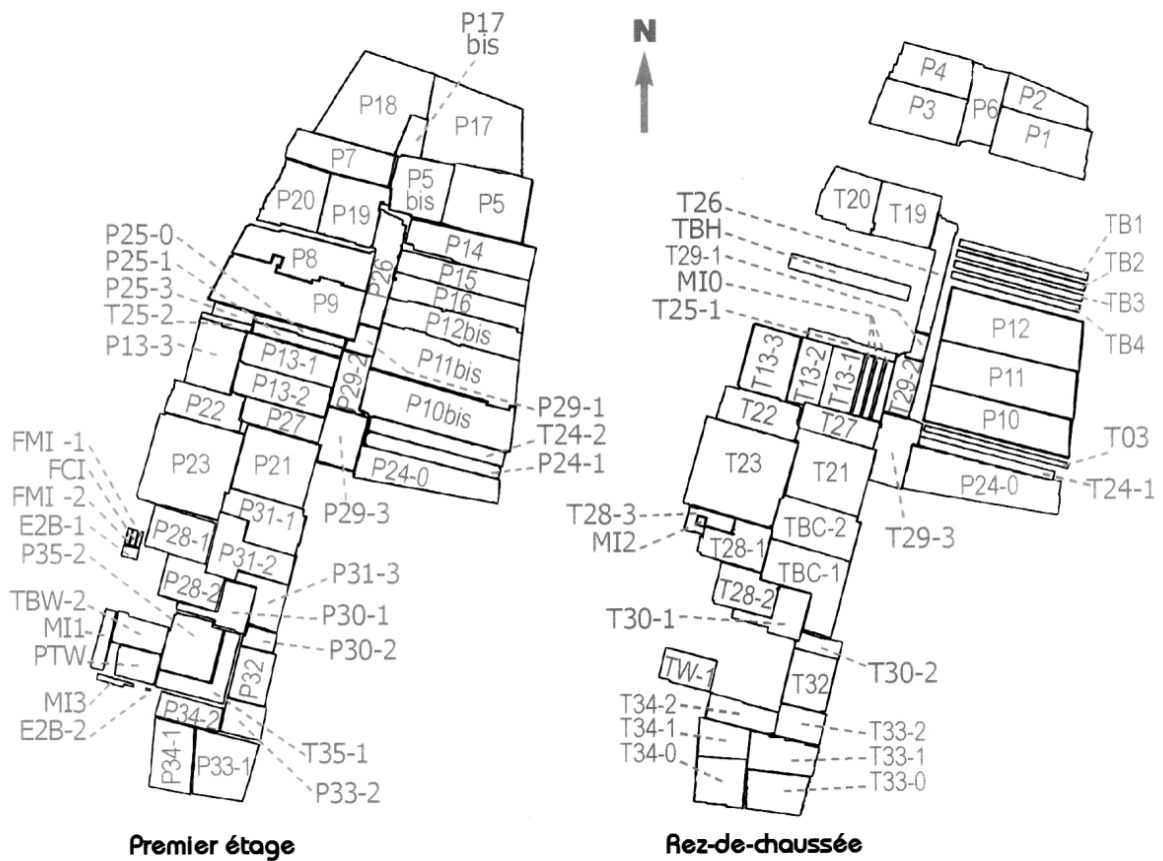


Figure D : Localisation des ouvrages contenant des déchets radioactifs et toxiques chimiques

E – Rejets et déchets produits par le stockage

Le stockage tel qu'il se pratique au CSM a en commun avec un réacteur nucléaire de produire des déchets solides et d'avoir des rejets à la fois liquide et gazeux.

Les 27 septembre et 29 novembre 2005, 4m³ de déchets dits *très faiblement radioactifs* (TFA) ainsi qu'environ 2,5 MBq d'émetteurs (β - γ et α) ont été évacués vers des centres spécialisés pour stockage « définitif ». Il s'agit a priori du premier envoi depuis l'arrêt de la phase d'exploitation. Une partie de ces déchets sont des résidus de curage en provenance des différents réseaux de drainage. Le stockage produit donc des déchets radioactifs solides, lesquels doivent être « exportés ».

Il est également pratiqué à des rejets d'effluents radioactifs liquides, à la fois en rivière et en mer. Dans les effluents destinés à être rejetés en mer on observe également la présence de toxiques chimiques.

Les effluents rejetés sont constitués des eaux de pluies drainées sur le centre (figure E1). En 2005, près d'un tiers des eaux précipitées sur les 15ha que compte le centre ont été collectés par les différents réseaux de drainage ; le reste est retourné à l'atmosphère semble-t-il par suite d'évapotranspiration des sols et de la couverture. La répartition des flux est la suivante :

- **15796 m³ ont été déversés dans la rivière Sainte-Hélène.** Les contrôles réguliers effectués avant rejets (CMG) ont souligné la présence de tritium à des concentrations proches de 10 Bq/L et l'absence d'émetteurs alpha & bêta artificiels à des niveaux significatifs (moins de 0,24 Bq/L). Dans ces conditions, c'est principalement 160MBq de tritium qui ont été rejetés à la rivière.
- **27948 m³ ont été transférés à l'établissement Cogéma-La Hague pour rejet en mer.** Les contrôles réguliers effectués avant rejets (BDS) ont souligné la présence systématique de tritium à des concentrations pouvant atteindre 7400 Bq/L, l'absence d'émetteurs alpha à des niveaux significatifs⁹ et enfin l'existence de traces continues d'émetteurs bêta. C'est donc principalement 6190 MBq de tritium qui ont été rejetés en mer, auxquels il faut additionner plusieurs toxiques chimiques.

Enfin, la présence de déchets radifères sur le centre est à l'origine de l'émission de gaz radon évacué pour partie lors du fonctionnement de la ventilation des galeries techniques.

Toxiques mobilisés

S'intéressant au détail des contrôles effectués (tableau E1), plusieurs constats peuvent être formulés.

Les toxiques chimiques. Ils sont significativement présents dans les eaux infiltrées dans la couverture et collectées au contact de la membrane bitumeuse assurant l'étanchéité (RP300). Dans les effluents drainés au contact des ouvrages (RSGE), les concentrations sont peu différentes de celles mesurées dans les eaux de pluie. Aussi, les toxiques chimiques proviennent essentiellement des matériaux employés pour la couverture et non des déchets entreposés et de leur liants.

Le tritium. Sa diffusion depuis les colis est évidente. Au dessus des ouvrages (RP300) comme en périphérie (RD12) du tritium est détecté. Mais c'est au contact des ouvrages que les concentrations sont les plus fortes. Selon les endroits, des valeurs de plusieurs centaines de milliers de becquerels par litre peuvent être observés dans les eaux drainées.

D'autres radionucléides sont également relâchés par les colis : ¹⁴C, ⁶³Ni, ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am. Ils sont détectés dans les eaux ayant été en contact avec les ouvrages. Parmi eux le ¹⁴C est prépondérant avec une vingtaine de Bq/L en moyenne sur l'année. Ce radioélément, comme le tritium, diffuse très facilement à travers les colis. Plus surprenant est la présence des autres radionucléides réputés pourtant peu mobiles.

Dans le cas du nickel-63, il faut ajouter qu'il a pu être mesuré également dans les particules drainées avec les eaux de ruissellement de surface (CMG). Cette présence est pour le moins troublante. On supposera qu'il provient des rejets atmosphériques des usines de retraitement situées non loin car dans le cas contraire il remettrait sérieusement en question le concept de confinement des déchets.

Evolution de la gestion des eaux

Dès l'ouverture du site (1969), toutes les eaux pluviales des zones en exploitation sont collectées par des fossés débouchant dans un bassin de rétention qui se déverse alors dans la Sainte Hélène via un fossé. Les eaux provenant éventuellement des ouvrages enterrés et dont le niveau d'activité constaté ne permet pas un rejet direct dans la Sainte Hélène, sont, quant à elles, transférées à l'usine COGEMA - La Hague pour être évacuées en mer (Raz Blanchard). Il existe des puisards aux extrémités des ouvrages qui permettent de recueillir ces effluents et leur vidange est effectuée à l'aide d'une pompe mobile. En l'absence d'une protection suffisante contre les eaux de pluies, leur percolation à travers les ouvrages peut mobiliser d'importants volumes d'eau et les puisards débordent parfois comme lors de l'incident de 1976.

⁹ A l'exception d'une valeur (0,087 Bq/L) toutes les valeurs sont inférieures aux limites de détection (plus petite quantité mesurable), de l'ordre de 0,15 à 0,5 Bq/L selon les contrôles.

Ce n'est qu'en 1980, et suite à l'incident tritium de 1976, que l'exploitant met en place un réseau séparatif. Implanté en surface, généralement dans les fossés du réseau pluvial, ce réseau séparatif a pour objet de recueillir les eaux ayant pu être en contact avec les colis. Ses rejets sont alors dirigés vers les installations de traitement des effluents liquides de l'établissement COGEMA - La Hague. Cependant, suite à différents incidents, ce réseau en surface est progressivement abandonné au profit d'un Réseau Séparatif Gravitaire Enterré (RSGE) ; débutée en 1982, sa construction sera achevée en 1992. Ce RSGE assure la collecte de manière protégée des effluents drainés sous les ouvrages. Si le RSGE offre plus de garantie que le précédent réseau, le nouveau système n'est pas pour autant pleinement efficace.

Certaines dalles qui permettent le drainage de structures sont «fracturées», voir «cassées»¹⁰. De ce fait, l'exploitant à une mauvaise connaissance de certains drainages, tous les écoulements ne sont pas maîtrisés et certains bacs de prélèvement sélectif (BRS), qui permettent de mieux surveiller la provenance d'éventuelles contaminations, ne jouent pas leur rôle.

Avec l'abandon du réseau séparatif en surface (1987), la gestion des eaux du centre change. Les seuls rejets pratiqués à partir de 1988 dans la Ste Hélène correspondent aux eaux pluviales en cas de forte pluviosité et sont couverts par un arrêté préfectoral (88-1736 du 22 novembre 1988) qui autorise le déversement de tritium jusqu'à concours de 1000 Bq/L. Depuis 1991 (année de démarrage des travaux de la couverture) un nouveau réseau pluvial, adapté à la collecte des eaux de la couverture, a progressivement doublé puis complètement remplacé le réseau pluvial initial du centre.

Actuellement, seules les eaux de ruissellement des voiries, bâtiments et de la couverture sont dirigées vers la Sainte-Hélène. Les eaux drainées par la membrane bitumeuse (située sous la couverture) et celles collectées sous les ouvrages sont évacuées vers l'établissement Cogéma-La Hague pour être dispersée en mer.

Aspect réglementaire des rejets

Durant la phase d'exploitation, le décret 74-1181 du 31 décembre 1974 fixait les règles applicables à tout rejet d'effluents radioactifs provenant des INB¹¹, notamment par « voie de déversements, écoulements, jets, dépôts directs ou indirects ».

La loi 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la pollution, une des bases du décret du 19 juin 1969 créant le CSM, fut abrogée pour ce qui concerne les INB par le décret 74-1181 du 31 décembre 1974 (article 1er), et les exploitants des INB

« déjà autorisées » avaient alors l'obligation de soumettre un dossier de demande d'autorisation de rejets en bonne et due forme. Un délai de deux ans à compter de la publication dudit décret était laissé aux pétitionnaires pour soumettre leur demande, laquelle ne devait pas donner lieu à enquête publique » (article 17).

Cogéma-La Hague a régularisé à partir de 1978 la situation de ses rejets, l'autorisation lui fut accordée par arrêté publié au Journal Officiel du 1^{er} novembre 1980 pour ses seules installations¹². En revanche, l'exploitant de l'INB n°66 (le CSM) n'aurait pas régularisé ses rejets durant les 20 années d'exploitation du site qui suivront la date de parution du décret.

L'ACRO a longtemps dénoncé la pollution engendrée par le CSM mais également le caractère illicite des rejets effectués dans les cours d'eau environnants. Sur ce dernier point nous n'avons jamais été contredits. Or, nous l'avons appris très tardivement en janvier 1996¹³, il existait bel et bien une autorisation de rejets délivrée par l'autorité préfectorale en date du 22 novembre 1988. Il s'agit de l'arrêté préfectoral n° 88-1736 qui autorisait des rejets radioactifs (jusqu'à 1000 Bq/L de tritium) dans le ruisseau Sainte Hélène. Notons que cette autorisation concerne les eaux de pluies de l'établissement de la Compagnie générale des matières nucléaires (Cogéma) et non les eaux de percolation des ouvrages de l'ANDRA sous juridiction CEA.

L'absence totale de publicité pour cet arrêté tient sans doute au fait qu'il est en réalité tout à fait illégal. En effet, si l'autorité préfectorale avait compétence pour réglementer les rejets chimiques, la délivrance d'autorisation de rejets radioactifs ne pouvait relever que d'un arrêté

interministériel (article 7 du décret 74-1181).

C'est donc seulement vers la fin des années 90 - c'est-à-dire avec 25 ans de retard - qu'un dossier de demande d'autorisation de rejets (DAR) sera déposé par l'ANDRA et présenté à l'enquête publique de façon conjointe au dossier de demande d'autorisation de création (DAC) nécessaire au passage en phase de surveillance. Cette demande était en fait devenue incontournable depuis la publication du Décret n° 95-540 du 4 mai 1995 qui actualise les procédures d'autorisation des rejets radioactifs (et se substitue ainsi au décret 74-1181) et qui, de plus, fusionne les procédures encadrant les rejets radioactifs et les rejets chimiques.

L'arrêté du 10 janvier 2003 (JO du 11 janvier 2003) fixe pour l'ANDRA les conditions pour les autorisations de rejets liquides et gazeux pour le CSM. Les effluents liquides sont transférés à l'établissement COGEMA La

12 Les arrêtés du 22 octobre 1980 et du 25 mars 1984 autorisent la Cogéma à effectuer le rejet d'effluents liquides pour ses installations de retraitement.

13 Transmission de l'arrêté préfectoral n° 88-1736 – CP/CL du 22 novembre 1988 à la CSPI le 23 janvier 1996 par la Préfecture de la Manche

10 D'après note ANDRA/DEX/CSM/94.395 NV (cf. ACROnique du Nucléaire numéro Hors Série « Le CSM, Centre Sans mémoire »)

11 INB : Installation nucléaire de Base. Le CSM est l'INB n° 66.

Hague qui les rejette par l'intermédiaire d'ouvrages situés sur son propre site. Les eaux à risque sont rejetées à la mer. Les autres eaux sont rejetées à la rivière Sainte Hélène.

Pour les effluents destinés à être évacués en mer, les activités annuelles rejetées ne doivent pas dépasser 125 GBq pour le tritium, 0,125 GBq pour les émetteurs alpha comme le plutonium et 0,25 GBq pour les émetteurs bêta-gamma du type ¹³⁷Cs.

Pour les rejets en rivière, fait étrange, seul le tritium est réglementé ; les valeurs limites sont de 30 Bq/L en moyenne annuelle et de 100 Bq/L en moyenne hebdomadaire. A noter que le même jour, l'établissement COGEMA recevait une autorisation de rejet dans la Sainte-Hélène (**arrêté du 10 janvier 2003**) par laquelle la radioactivité artificielle rejetée doit rester inférieure en moyenne quotidienne à : 200 Bq/L en tritium ; 0,2 Bq/L en alpha ; 1 Bq/L en bêta ; 1 Bq/L en gamma. En outre,

en moyenne hebdomadaire, l'activité en Tritium rejetée dans ce cours d'eau ne doit pas dépasser 100 Bq/L. Des valeurs significativement réduites par rapport à l'arrêté préfectoral.

Gestion des déchets solides produits sur le centre

En plus des rejets liquides et gazeux, le CSM produit également des déchets nucléaires solides en « fonctionnement normal » qui sont évacués vers des centres spécialisés pour stockage « définitif ». La quantité annuelle produite est évaluée à 1,164 tonnes, constituée principalement de déchets dits *très faiblement radioactifs* (TFA), provenant des curages du réseau de drainage profond et de déchets dits de *faible à moyenne activité* (FMA), provenant des opérations de surveillance et de maintenance.

Tableau E1 : Qualité physico-chimique et radiologique des eaux collectées en 2005 en différents endroits du CSM – évaluation ANDRA

		Pluie	CMG	RD(12)	BDS	RP300	RSGE (BRS0)
Plomb	µg/L	2 - 5	< 1	< 1	0 - 2	< 1	< 1
Aluminium	µg/L	44 - 60	270 - 380	130 - 180	1200 - 1400	1800 - 2200	120
Baryum	µg/L	70 - 140	130 - 160	100 - 160	70 - 150	100 - 160	100 - 170
Cuivre	µg/L	72 - 110	9 - 40	0 - 15	99	77 - 120	0 - 16
Manganèse	µg/L	0 - 5	36 - 86	0 - 5	460 - 720	250 - 340	0 - 6
Bore	µg/L	< 10	16	10 - 23	25 - 35	31	70 - 80
Zinc	µg/L	91 - 180	61 - 130	0 - 100	390 - 480	350 - 430	0 - 140
Nickel	µg/L	0 - 12	0 - 17	0 - 10	79 - 470	0 - 100	0 - 10
Mercurure	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
sulfate	mg/L	4,6 - 16	7 - 42	32 - 40	400 - 790	390 - 810	120 - 160
tritium	Bq/L	0 - 31	< 20	40 - 110	11 - 7400	11 - 47	9000 - 48000
alpha global	Bq/L	< 0,2	< 0,25	< 1,7	< 0,5	< 0,5	< 1,7
Bêta global	Bq/L	0 - 0,56	< 0,3	< 3	0,1 - 0,56	0,2 - 0,42	7,3 - 17
Potassium	mg/L	0 - 2,4	1,7 - 4,1	4,7 - 20	2,7 - 20	2,6 - 9,2	4,7 - 20
14C	Bq/L		< 5,6				17 - 30
63Ni	Bq/L		< 0,21				0,49 - 1,9
90Sr	Bq/L		< 0,24				< 0,36
60Co	Bq/L		< 6,3E-03				0,036 - 0,05
137Cs	Bq/L		< 5,9E-03				1,8 - 1,9
238Pu	Bq/L		< 8,3E-04				1,7E-03 - 2,4E-03
239+240Pu	Bq/L		< 6,8E-04				2,8E-04 - 3,1E-04
241Am	Bq/L		< 2,2E-03				< 2,4E-03

(*) Eaux de ruissellement des bâtiments, voiries et de la couverture végétale ; le point CMG permet le contrôle.

(**) Eaux infiltrées dans la couverture et collectées au niveau de la membrane bitumeuse ; le point RP300 permet le contrôle

(***) Eaux drainées au contact des ouvrages ; le point BRS0 permet le contrôle

(****) Eaux infiltrées dans les sols en périphérie du centre (généralement à distance des ouvrages) ; le point RD12 permet le contrôle

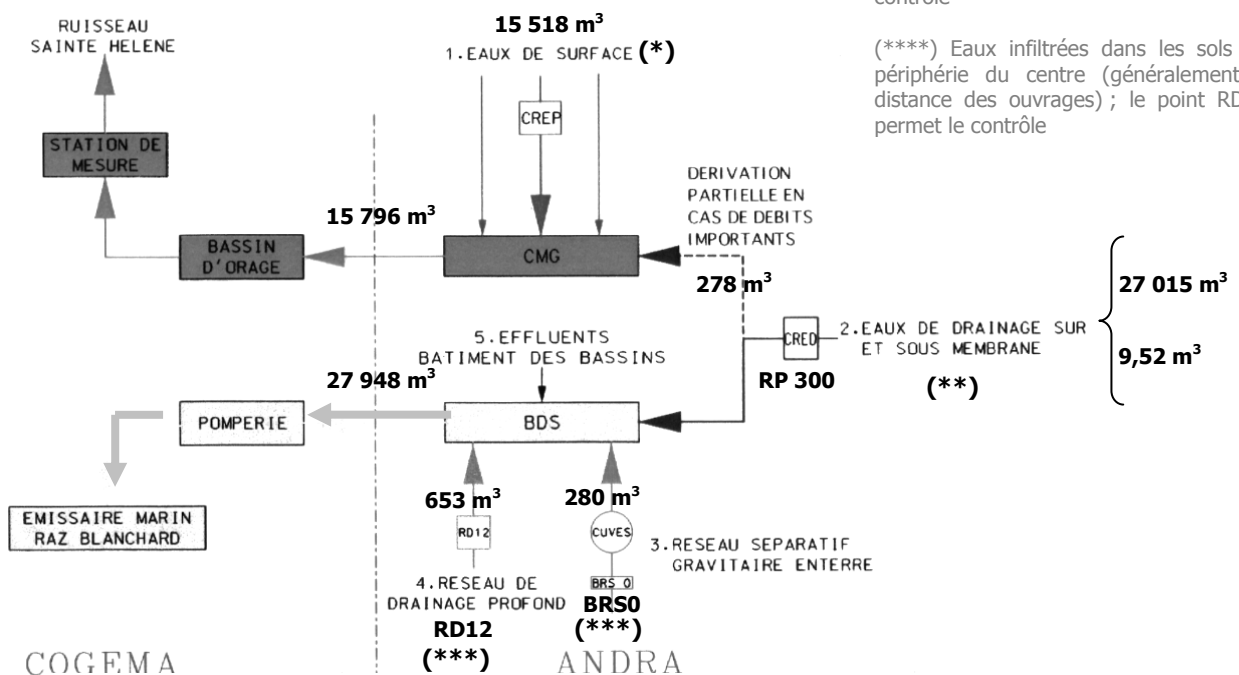


Figure E1 : configuration actuelle des réseaux de collecte des eaux et des effluents ; les volumes mobilisés pour l'année 2005 sont également indiqués.

F – Difficulté à se conformer aux règles fondamentales de sûreté (RFS)

L'évolution du dispositif réglementaire encadrant le stockage des déchets radioactifs au sein du Centre de stockage de la Manche (CSM) est une parfaite illustration de l'empirisme qui a guidé l'édification de ce site de stockage de surface. En un mot, l'histoire de cette première expérience de gestion de déchets radioactifs à l'échelle industrielle peut se résumer par la formule « entreposons d'abord, on réglementera ensuite ! ».

De façon étonnante, c'est l'exploitant de l'usine de retraitement – principal producteur de déchets – qui définit lui-même les conditions de stockage. « *Les premières règles d'acceptabilité des colis étaient assez sommaires. Elles laissaient une très large place à l'interprétation et aux dérogations qui étaient accordées par un système interne au CEA. Nous avons pu noter, qu'au cours des premières années, les centres CEA ont bénéficié d'assez nombreuses dérogations* » (tiré du rapport de la Commission Turpin).

En fait, il faudra attendre 17 ans pour que soit publiée la première Règle Fondamentale de Sûreté (RFS n° III.2.e en date du 31 octobre 1986) qui définira les « *conditions préalables à l'agrément des colis de déchets solides enrobés destinés à être stockés en surface* ». C'est l'ANDRA qui aura la responsabilité de cet agrément des colis.

Le centre a été construit dans la partie Est du site de retraitement de La Hague à un endroit qui s'appelait le « Haut Marais », zone humide par excellence. C'était sans doute là le plus mauvais choix quand on sait que, en matière de sûreté, l'eau est l'ennemi principal.

Quant au site lui-même, c'est seulement le 19 juin 1984 que sera publiée la RFS n° 1-2 qui exposera les « objectifs de sûreté et bases de conception pour les centres de surface destinés au stockage à long terme de déchets radioactifs solides de période courte ou moyenne et de faible ou moyenne activité massique ».

Après avoir rappelé « au sens le plus général » les trois barrières de confinement habituellement citées [(1) la structure du colis de déchet, (2) les ouvrages accueillant les colis et (3) la structure géologique environnante], la RFS n° 1-2 précise bien que seules les 2 premières barrières sont à prendre en compte ici : « *Le stockage sera conçu de façon à posséder une sûreté intrinsèque, basée sur la fiabilité des deux premiers systèmes de confinement qui devront être conçus pour empêcher le transfert des radioéléments vers l'environnement...au moins pendant 300 ans* ».

Cela n'a pas empêché la Commission d'enquête qui, en 1995, a conduit une enquête publique de façon scandaleuse et partielle, d'innover de manière tout à fait originale en instituant, pour le CSM, un troisième système de confinement : les nappes phréatiques. Ainsi, ces nappes phréatiques feraient partie intégrante du site de stockage et ne sont donc pas « polluées ». Et d'ajouter qu'elles constituent un bon système de rétention du Tritium !. Mais alors, c'est à se demander d'où vient le tritium mesuré à l'époque par l'ACRO dans les rivières et dans des sources au milieu d'herbages et qui se poursuit encore aujourd'hui, 12 ans après la fermeture du site ? (voir 2^{ème} volet du rapport)

Au-delà de cette interprétation partisane, il est utile de rappeler les informations issues de documents internes à l'exploitant (versées au débat public par l'ACRO) qui attestent clairement du fait que la sûreté du stockage est singulièrement affectée dans la partie Nord du CSM en raison de multiples défaillances touchant à la seconde barrière de confinement (les ouvrages)¹⁴.

Compte-tenu de la nature même des déchets acceptables sur un centre de surface, les éléments forts contenus dans la RFS n°1-2 sont les limites en activité alpha et la répartition de cette radioactivité (la plus dangereuse) sur l'ensemble du site.

Au début de la constitution du centre, il n'y avait pas vraiment de limite supérieure en activité alpha¹⁵. De fait, des colis contenant des

activités alpha de 370 GBq/tonne y seront stockés.

La première instruction technique est donnée par la lettre SCSIN n° 2714 du 21 septembre 1979. Elle fixera une limite alpha moyenne à 20 GBq/t et une limite alpha maximale par colis à 200 GBq/t (1000 CMA eau).

La RFS n° 1-2 établit, avec 15 ans de retard, les limites en émetteurs alpha (une des conditions essentielles de la sûreté intrinsèque) à ne pas dépasser pour ce type de stockage :

- 370 MBq α / tonne en moyenne pour l'ensemble des colis
- 3,7 GBq α / tonne maximale pour chacun des colis
- sans pouvoir en aucun cas dépasser¹⁶ : 18,5 GBq α / tonne

La Commission Turpin présentera dans son rapport un histogramme reconstituant les arrivages de Plutonium-239 par années (voir figure F1 ci-après) sur le CSM pour le moins éloquent et qui met en « évidence un effet de désentreposage des déchets par les centres de Fontenay et de Valduc, les années précédant la mise en œuvre d'une réglementation plus contraignante sur le taux alpha admissible de ces déchets. Cette pratique est d'autant plus regrettable qu'elle est le fait de centres du CEA, organisme qui par ailleurs effectuait et effectue encore les

¹⁴ Voir ACROnique du Nucléaire n° 32 (mars 1996) et n° 33 (juin 1996)

¹⁵ Comme nous l'avons vu, le décret de 1969 précise la limite supérieure qui caractérise un déchet de faible activité (1000 fois la CMA eau) mais il ne fixe aucune valeur pour les déchets de moyenne activité.

¹⁶ Pour cette dernière tranche (3,7 à 18,5 GBq α / t), l'acceptation est « exceptionnelle » et doit faire l'objet d'un agrément spécifique.

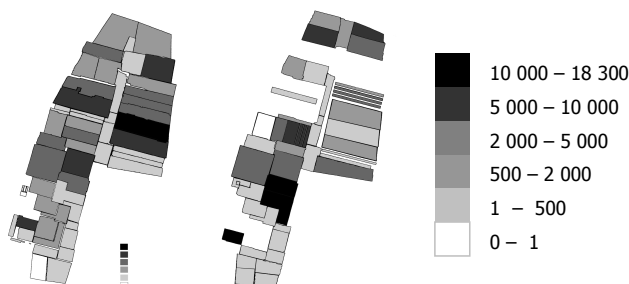
études fondamentales servant de base à ces réglementations». En bref, un parfait délit d'initié qui consistait à évacuer massivement les colis dits « exotiques » à la veille d'un changement (plus contraignant) de réglementation...

Pour sa part, l'ACRO avait dénoncé les arrivées significatives de Plutonium-239 dans des colis « non enrobés » dans les 5 mois de 1994 qui ont précédé la fermeture du site (voir encadré ci-dessous).

Le concept même sur lequel repose la sûreté à long terme du site est mis en cause pour le CSM sur au moins trois points essentiels :

1. liée à son histoire, la répartition de l'activité alpha est très hétérogène sur l'ensemble du site et donne lieu à des « points chauds » ;
2. de nombreux radioéléments émetteurs alpha - interdits au Centre de Stockage de l'Aube - sont présents au CSM en quantité importante dans des colis « non enrobés »¹⁷, ce qui met en cause la première barrière de confinement ;
3. les calculs qui avaient été effectués par l'ACRO démontraient que la capacité radiologique alpha était dépassée de 40% en moyenne sur l'ensemble du site et de 80 % dans la partie Nord du site.

Figure F2 : Répartition du plutonium-239



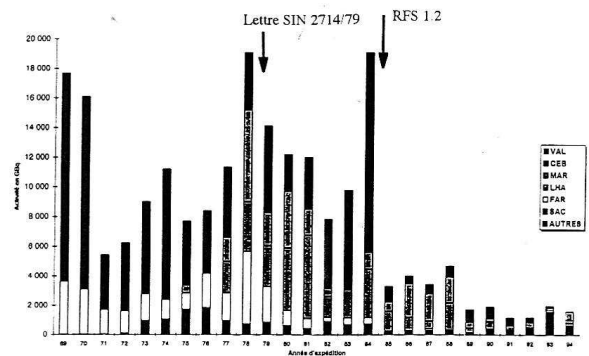
Dès 1984, les autorités de sûreté ont demandé à l'exploitant de réduire très fortement les quantités d'émetteurs alpha réceptionnés sur le CSM en raison des teneurs déjà stockées. **Or, il est arrivé sur le site, juste avant la fermeture, de fortes quantités de Plutonium 239 ! En 5 mois, de janvier à mai 94, le C.S.M. a reçu plus de Plutonium 239, dans des colis périssables et non enrobés, que ce que le C.S.A. est autorisé à en accueillir durant toute son existence !** (d'après la note ANDRA/DEX/SIA-94-0829)

Le CSM ne pourra donc pas être banalisé au bout de 300 ans comme le prévoit la RFS n° 1-2. L'activité alpha sera même plus élevée à ce moment-là (du fait des produits de filiation du ²⁴¹Pu) par rapport à la fin de la phase d'exploitation.

Cette situation apparaît aujourd'hui plus grave encore, en matière de sûreté du site à long terme, si l'on prend en compte les modifications d'inventaire radiologique introduites depuis par l'ANDRA. L'Agence a en effet revu à la hausse le contenu radiologique du CSM en mars 1998¹⁸ par rapport à ce qu'elle avait présenté lors de l'enquête publique de 1995, augmentation qui touche la quasi-totalité des émetteurs alpha (²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ²³⁵U, ²³⁷Np, ²³⁸Pu, ²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu, ²⁴¹Pu, ²⁴¹Am...) en soulignant que cette réévaluation est particulièrement significative pour les isotopes du Plutonium.

Mais le **décret n° 2003-30 du 10 janvier 2003** autorise l'ANDRA à passer le CSM en « phase de surveillance ». Beaucoup de générations futures devront alors se relayer pour assurer cette surveillance à long terme et, en particulier, transmettre la mémoire de cet héritage empoisonné.

RÉPARTITION PAR ANNÉE DE L'ACTIVITÉ EN Pu 239 CALCULÉE À RÉCEPTION ET STOCKÉE SUR LE CSM



RÉPARTITION PAR ANNÉE DE L'ACTIVITÉ EN Pu 238 CALCULÉE À RÉCEPTION ET STOCKÉE SUR LE CSM

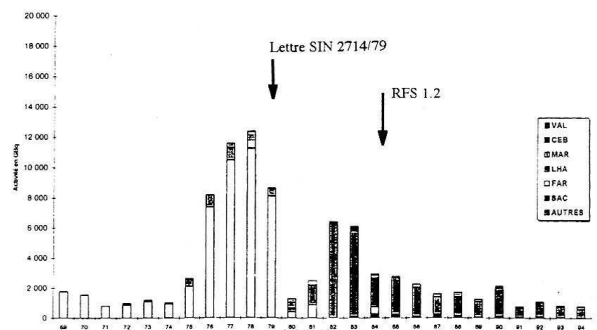


Figure F1 : Quantités annuelles de plutonium 239 entreposées sur le CSM entre 1969 et 1994 (en GBq, calculée à réception)

¹⁷ Selon la règle Fondamentale de Sûreté n° 1-2, « pour certains déchets de très faible activité, l'immobilisation dans une matrice d'enrobage peut ne pas être justifiée ». De fait, cette disposition vise essentiellement les « déchets issus des hôpitaux ou d'activités industrielles autres que nucléaires ».

¹⁸ Rapport préliminaire de passage en phase de surveillance SUR RP ADCS 98-002 de mars 1998.

G –Contenu du site et son évolution

Les règles de sûreté actuelles introduisent une limite radioactive à chaque colis stocké en surface. Ces règles étant postérieures à la création du CSM, ce centre contient toutes sortes de colis dont les contenus sont parfois inconnus.

Les colis : déclaration et caractérisation

La déclaration et la caractérisation radiologique des colis ont notablement évolué au fil des années, conduisant à une meilleure connaissance de leur contenu.

De 1969-1984, il subsiste de grandes incertitudes sur le contenu des colis réceptionnés. Lorsque leur activité n'est pas déclarée par le producteur, elle est estimée par l'ANDRA : la méthodologie alors utilisée est basée sur l'attribution d'activité volumique théorique déduite des bordereaux renseignés de colis supposés «similaires».

A ces incertitudes, on ajoutera la perte, au cours d'une tempête, de bordereaux rendus inexploitable par l'inondation du bungalow où ils étaient archivés, comme le relate un salarié de l'époque. Les fiches inexploitable concernant des déchets de la première tranche ont été réécrites par la suite en l'absence de toute donnée fiable.

A partir de 1985, le contenu des colis est en accord avec l'arrêté «qualité» du 10 août 1984 ; l'ANDRA dispose de bordereaux plus précis, informatise les données, effectue des contrôles chez le producteur et même des contrôles nécessitant la destruction des colis réceptionnés. Ce n'est donc que pour la période 1985-94, que «les renseignements sont considérés comme fiables, et les incertitudes existantes peuvent être chiffrées».

C'est très probablement ce constat de méconnaissance qui a amené l'ANDRA à réaliser, à la fin de l'exploitation du CSM, un important travail de «consolidation» de son inventaire. Celui-ci a conduit à réévaluer, parfois notablement, la nature et les activités des radioéléments et toxiques chimiques stockés.

Avant 1985, plus de 25% du volume stocké n'a pas subi de conditionnement, c'est à dire qu'ils n'ont été ni enrobés dans du bitume, ni conditionnés en coques béton. Entre 1985 et 1994, c'est moins de 2% du volume stocké qui ne possédait pas de matrice de conditionnement.

C'est un point important pour expliquer les pollutions rencontrées et jauger de la tenue des déchets dans le temps. Rappelons que le conditionnement a pour objectif premier de réduire les risques de dispersion/migration des radionucléides pendant l'exploitation et le stockage, et de contribuer à la stabilité des ouvrages. Il suppose l'immobilisation dans une matrice (liant hydraulique, bitume, polymère ou composite) et la mise en conteneur (« récipients » fermés).

Tableau G1 : Bilan des activités reçues au CSM pour stockage, présentes lors de la fermeture et dans 300 ans.

	ALPHA	BETA-GAMMA
A réception	431 TBq	46 500 TBq
au 30 juin 94 (fermeture)	579 TBq	26 100 TBq
Dans 300 ans : activité massique totale	526 TBq	974 TBq

Quid de l'élimination des radioéléments

La décroissance radioactive conduit à l'élimination des radioéléments. Dans le cas du ^{137}Cs , l'activité aura décru d'un facteur 1000 après 3 siècles. Pour le tritium, le même résultat sera atteint après 120 ans. La période physique des radioéléments, plus ou moins longue selon l'élément, et un facteur déterminant.

Dans le cas des émetteurs bêta-gamma, généralement de courtes périodes, la décroissance radioactive entraîne une élimination effective dans le temps imparti par les règles fondamentales de sûreté (300 ans). Ainsi constatons dans le [tableau G1](#) que ce processus a permis de faire « disparaître » près de 50% des radioéléments bêta-gamma entre la date de leur réception et celle de la fermeture du centre. Pour autant, l'élimination n'est pas totale après plusieurs siècles. La présence de certains radioéléments émetteurs bêta-gamma, indissociables des autres, ayant une longue période physique comme le ^{14}C (5700 ans) fixe la limite. Dans 300 ans, subsisteront 974 TBq constitués essentiellement de ^{14}C (260 TBq – $T_{1/2} = 5700$ ans) et de ^{63}Ni (600 TBq - $T_{1/2} = 100$ ans), lequel est l'un des principaux émetteurs bêta-gamma dans les déchets d'origines nucléaires.

En raison de leur longue période physique, les émetteurs alpha constituent également une limite à l'élimination par décroissance radioactive et, au final, à la libération du site (banalisation). C'est pourquoi, les quantités pouvant être entreposées sont réglementées (voir chapitre F).

Un autre problème, qui fut oublié un temps au CSM, tient à la filiation radioactive. Tous les radioéléments ne donnent pas naissance à un élément stable lors de leur « désintégration ». Dans certains cas, il y a production intermédiaire de nouveaux radioéléments dont la période est différente de celle du « père » ; le rayonnement principal (alpha vs bêta) peut l'être également.

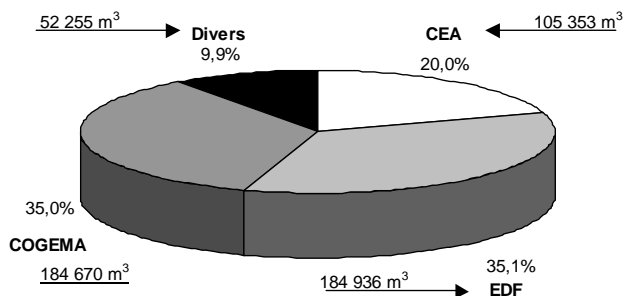
Les résultats rapportés dans le [tableau G1](#) illustre bien ce problème : le bilan pour les émetteurs alpha croît avec le temps. A l'origine, le ^{241}Pu , un émetteur bêta présent en proportion très importante et indissociable des autres. Avec une période physique de 14 ans, il va donner naissance durant les premières décennies qui suivent son stockage à l' ^{241}Am ($T_{1/2} = 420$ ans) émetteur alpha et augmenter ainsi le stock des radioéléments appartenant à cette catégorie. Et l'activité alpha va atteindre son paroxysme vers 2040 (680 TBq attendus), après quoi elle diminuera à un rythme très lent. Plusieurs millénaires seront nécessaires à une élimination effective mais pas pour autant totale.

Exotisme et origine des déchets

Le CSM a reçu des déchets de diverses origines, qu'elles soient civiles ou militaires. Les déchets d'origine militaire - bien que la distinction soit délicate du fait de l'existence parmi les producteurs de centres de recherche civils ayant pu travailler pour l'armée - représente environ 40% de l'activité alpha stockée et 43% de l'activité en plutonium présente sur le site.

Ce qui fait le charme du CSM nous est livré dans une note interne¹⁹ : « Dès son ouverture le CSM a entreposé le bouclier accidenté de la centrale de Chooz ; il n'a été effectivement mis en stockage qu'à la fin des années 80. [...] Le CSM a reçu des déchets provenant de l'industrie des terres rares et des déchets radifères ; certains de ces derniers ne relevaient pas de la réglementation des stockages de surface et ont été évacués, alors que les autres colis ont pu être mis en stockage dans des conditions spécifiques, conformes aux règles existantes. »

Figure G1 : Répartition des volumes stockés au CSM en fonction des producteurs (source : ANDRA ; extrait du compte rendu de la Commission de Surveillance du CSM du 09/06/97)



Présence de déchets étrangers ?

D'après l'ANDRA, Cogéma qui s'acquitte du retraitement des combustibles a fourni 35% des déchets stockés. Officiellement, seuls des déchets technologiques produits par le retraitement de combustibles étrangers correspondant aux anciens contrats (antérieurs à 1977) ont pu être stockés. Depuis, la loi n° 91-13781 du 30 décembre 1991, dans son article 3, stipule que « le stockage en France de déchets radioactifs importés, même si leur retraitement a été effectué sur le territoire national, est interdit au-delà des délais techniques imposés par le retraitement ».

Malheureusement, aucun décret d'application n'est venu préciser cet article et le plus grand flou règne sur son application.

A ce jour aucun déchet technologique lié à des contrats étrangers n'a quitté le sol français, alors qu'aucune contrainte technique ne s'oppose à leur renvoi. Parmi ces déchets, y en a-t-il de stockés de manière irréversible sur le CSM et le Centre de l'Aube qui a pris la suite ?

¹⁹ note intitulée « présentation de l'histoire du CSM, de son ouverture jusqu'à la préparation de la période de contrôle »

Il n'est pas facile de distinguer parmi les déchets technologiques lesquels sont liés à des contrats étrangers.

La Cogéma, en accord avec ses clients, utilise une Unité Résidu des Déchets Technologiques (URDT) qui équivaut à une activité équivalente de césium 137 exprimée en GBq. C'est aussi un moyen de limiter les renvois de déchets volumineux chez ses clients en échange de déchets plus concentrés. Ainsi, la commission Turpin (p.43) apporte les précisions suivantes : « On note toutefois une grande différence entre les déchets qui ont été envoyés au CSM et les déchets qui sont actuellement entreposés par la Cogéma en vue d'un retour à l'étranger. En effet, les 14,6 millions d'URDT envoyés au CSM représentent 100 000 m³ soit environ 150 URDT/m³ de déchets. Les déchets entreposés actuellement par la COGEMA le sont sous une forme beaucoup plus concentrée puisque pour 8,9 millions d'URDT stockés, le volume des colis conditionnés fin avril 1996 est de l'ordre de 5 800 m³, ce qui représente environ 1 500 URDT/m³ soit 10 fois plus que la moyenne des colis envoyés au CSM ».

Pour la commission, « cette politique est tout à fait compréhensible » et « est conforme à la loi de 1991 et au principe de retourner dans les pays d'origine les différentes catégories de déchets » (p. 44). Il s'agit d'une interprétation de la loi qui n'a fait l'objet d'aucun débat.

♣ Estimation d'après les données recueillies en 1996 par la commission Turpin : En imaginant une répartition plus équitable des volumes, quelle est la proportion de déchets étrangers sur le CSM ? Le volume de déchets technologiques produit par tonne de combustible retraité ayant beaucoup évolué au fil des ans, il n'est pas facile de faire une estimation directe. En appliquant une simple règle de trois aux activités données par la Commission Turpin, on peut cependant estimer que 38% des déchets technologiques sont d'origine étrangère. Il devrait donc en être de même pour les volumes stockés au CSM en provenance de Cogéma La Hague, ce qui fait 13% environ des volumes globaux stockés sur le centre.

♣ Estimation d'après les données ANDRA et Cogéma de 2004 : En croisant les données Cogéma La Hague²⁰ sur les tonnages annuels de combustibles retraités dans les trois usines du site avec les données Andra²¹, avec la répartition annuelle des volumes de déchets de catégorie A expédiés par Cogéma vers les centres de stockage de la Manche et de l'Aube, on peut mener une estimation similaire, voir ci-dessous. **On aboutit alors à ce que 52% des déchets A envoyés par Cogéma sur le CSM sont d'origine étrangère.** La différence entre les deux estimations vient de l'incertitude de ces calculs. Pour le centre de l'Aube, cette deuxième estimation aboutit à 46% des volumes expédiés par Cogéma qui sont d'origine étrangère. Dans tous les cas, la proportion de déchets étrangers est importante. Si l'on raisonne strictement en volume, la loi est massivement violée.

²⁰ Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, n° 2257, 17 mars 2000 ; Note : DPER/Dir n° 02/16 du 13mai 2002, IRSN, Groupe de travail ruthénium ; GRNC, document de travail, mise à jour des tonnages retraités (Edf, étranger) dans les usines de la Hague, avril 2004 ; Cogéma – Etablissement de la Hague, Exécution des contrats de traitement et recyclage avec les clients étrangers, BU-T/DP du 21/10/2004

²¹ Lettre ANDRA/DI/DIR/04.0001 du 11 mars 2004 adressée à l'ACRO, suite à notre demande du 16 décembre 2003

Estimation du volume des déchets A issus du retraitement de combustibles étrangers stockés sur le centre de Stockage de la Manche :

La première colonne des tableaux ci-après est tirée de la lettre Andra ANDRA/DI/DIR/04.0001 du 11 mars 2004 adressée à l'ACRO, sur la répartition annuelle des volumes de déchets A expédiés par Cogéma La Hague vers les centres de stockage de la Manche et de l'Aube de 1969 à 2002. En croisant ces informations avec les données Cogéma-La Hague¹ sur les tonnages annuels de combustibles retraités dans les trois usines du site, nous pouvons établir le ratio volume déchets A engendrés pour les trois usines par tonne de combustible (colonne 3). Ce calcul suppose que tous les déchets A produits ont été envoyés en ligne vers le CSM puis vers le CSA. Ce n'est pas le cas et c'est pourquoi on observe de grandes variations de ce ratio. Mais les erreurs d'une année sur l'autre doivent plus ou moins se compenser. Puis connaissant le tonnage annuel de déchets radioactifs étrangers retraités, nous pouvons déterminer leur part annuelle de déchets A engendrée par cette activité (dernière colonne).

Tableau G2 : déchets A étrangers probablement stockés au CSM

année	CSM (m ³)	UNGG (t)	UOX (t)	Ratio V/t (m ³ /t)	UOX, étranger (t)	CSM, étranger (m ³)
1969	1517	567		2,68		
1970	663	136		4,88		
1971	90	164,5		0,55		
1972	211	250,4		0,84		
1973	99	212,5		0,47		
1974	139	635,4		0,22		
1975	250	441,3		0,57		
1976	681	218,1	14,6	2,93	14,6	43
1977	1178	351,2	18	3,19	18	57
1978	1845	371,5	38,2	4,50	38,2	172
1979	2716	264,6	79,4	7,88	79,4	627
1980	4718	253,1	104,9	13,18	104,9	1383
1981	5396	250	101,3	15,36	101,3	1556
1982	7328	226	153,5	19,31	142,1	2744
1983	6165	117	221,3	18,22	221,3	4031
1984	6159	185,3	255,1	13,99	255,1	3568
1985	7962	109,3	351,4	17,28	351,4	6073
1986	7157	75,8	332,8	17,52	332,8	5829
1987	8042	68,2	424,9	16,31	424,9	6930
1988	9112		345,7	26,36	195,6	5156
1989	8709		460,6	18,91	85,6	1619
1990	9655		525,7	18,37	225,7	4145
1991	4541		662,5	6,85	362,5	2485
1992	6912		668,1	10,35	448,2	4637
1993	7272		955,2	7,61	635,2	4836
1994	5344		1276,1	5,59 ²²	625,2	3498
total	11 3861					59 387

En application stricte de la loi sur les déchets de 1991, environ 59386 m³ de déchets de faible et moyenne activité à vie courte, stockés définitivement sur le centre de stockage de la Manche, auraient dû être réexpédiés avant la fermeture de ce site en 1994 vers les pays étrangers, contractants de Cogéma-La Hague.

En considérant le volume des déchets stockés sur le centre de stockage de la Manche : 527 214 m³, les déchets induits par le retraitement de combustibles étrangers en provenance de l'établissement de Cogéma-La Hague représenteraient **11,26 %** des déchets stockés sur ce site de stockage ultime.

Rapportés aux déchets en provenance de Cogéma-La Hague pour la période 1969 / 1994, ils représentent **52,15%** des déchets envoyés par ce producteur (113 861 m³). Quant à ne pas respecter une loi, autant le faire de façon massive.

²² Ratio tenant compte de 1795 m³ de déchets envoyés sur le site de stockage de l'Aube en 1994

Cette proportion importante de déchets A « étrangers » sur le CSM est illustrée par la figure ci-après : alors que le retraitement des combustibles UNGG (d'Edf) donnait de l'ordre de **0,5 m³/ t d'U** retraité de 1971 à 1975, le développement du retraitement des combustibles UOX à compter de 1976 a fait croître cette production de déchets aux environs de **20 m³/ t d'U** retraité dans les années **1976 à 1988, années où n'ont été retraités pratiquement QUE des déchets radioactifs étrangers.**

La part respectivement détaillée par pays importateur ne peut être établie en l'absence de données sur le tonnage retraité annuellement par pays importateur, ou de donnée globale 1994 (bilan par pays des déchets radioactifs étrangers retraités au 31/12/94). Nous pouvons seulement donner des ordres de grandeur pour la répartition des 59386 m³ « étrangers » stockés sur le CSM à partir des tonnages contractuels publiés par Cogéma :

- Japon : 2944 t soit 28 %
- Allemagne : 5672 t soit 54 %
- Belgique : 672 t soit 6 %
- Suisse : 771 t soit 7 %
- Pays-Bas : 487 t soit 5 %

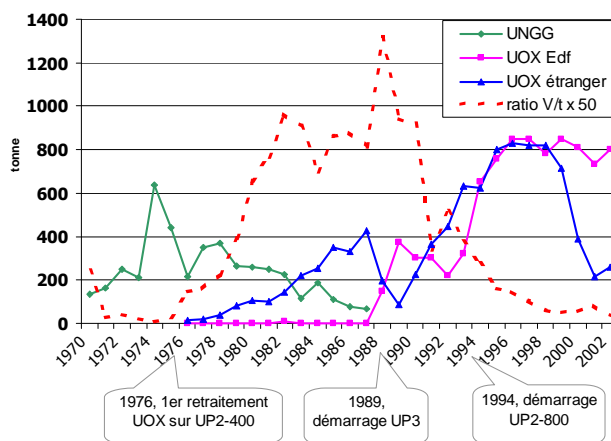


Figure G2 : Evolution de la production de déchets A des usines de Cogéma la Hague de 1966 à 2002

Estimation du volume des déchets A issus du retraitement de combustibles étrangers stockés sur le centre de Stockage de l'Aube entre 1995 & 2002 :

A partir des mêmes données, nous pouvons compléter le bilan des déchets A étrangers par les déchets en provenance de Cogéma la Hague stockés sur le Centre de stockage de l'Aube de 1995 à 2003.

Jusqu'en 2002, le Centre de Stockage de l'Aube aurait reçu de l'ordre de **9 650 m³** de déchets provenant du retraitement de combustibles étrangers pour **21 143 m³** en provenance de Cogéma-La Hague, soit **45,64 %** des déchets de ce producteur.

Tableau G3 : Déchets A étrangers probablement stockés au CSA

Année	CSA (m ³)	Total UOX (t)	Ratio (m ³ /t)	UOX étranger (t)	CSA, étranger (m ³)
1995	5020	1558,7	3,22	800,6	2578
1996	4993	1680,9	2,97	831,6	2469
1997	3572	1669,9	2,14	820,3	1755
1998	2069	1601,5	1,29	821,9	1062
1999	1667	1561,5	1,07	712,9	761
2000	1430	1197,5	1,19	387,2	462
2001	1531	950,6	1,61	217,1	350
2002	861	1060,5	0,81	260,6	212
Total		21 143 m³			9 849

Inventaire des toxiques chimiques

Plusieurs toxiques chimiques sont présents sur le CSM, associés aux déchets, aux emballages et/ou au béton constituant les structures de stockage. Mais disons le directement, l'évaluation (faite postérieurement à la fermeture du centre) est entachée d'une grande incertitude. A la différence des toxiques nucléaires, leurs homologues chimiques n'ont jamais été par le passé véritablement au centre des préoccupations tant en matière de rejets que de sûreté.

En raison de son utilisation importante à des fins de protection contre les rayonnements, le plomb est prépondérant avec plus de 17000 tonnes. Il est principalement présent sous forme métallique. Des quantités importantes sont également entreposées sous forme de sulfate [PbSO₄], lesquelles proviennent du stockage des résidus radifères issus du traitement des minerais exploités respectivement par les producteurs Rhône Poulenc et le CEA. Quant aux quantités de plomb provenant de la désintégration des

substances radioactives stockées elles sont inférieures à quelques kilogrammes, même après plusieurs milliers d'années.

Un peu moins d'une tonne de mercure est également stockée dans les déchets sous forme de métal, d'oxyde (HgO) et de chlorures (HgCl₂, Hg₂Cl₂). Semble-t-il que la principale provenance est celle de COGEMA PIERRELATTE.

Tableau G4 : Inventaire des principaux toxiques chimiques entreposés et localisation des ouvrages contribuant le plus à l'inventaire

Elément	Quantité totale (kg)	Localisation dans les ouvrages (% de la quantité totale)
B	222 049	homogène
Cd	15 299	TBW-1 (13%) ; T27(11%) ; P13-3 (11%)
Hg	879	P12bis (44%) ; P14(27%) ; P15(25%)
Ni	21 669	TBC-1(15%)
SPb	2 296 526	P1(35%) ; TB1(14%) ; P2(11%)
Pb	17 417 277	homogène

Tableau G5 : Inventaire (en GBq) des radionucléides stockés en fonction du type de conditionnement et par ouvrage (avec localisation des principaux contributeurs). Les quantités sont estimées à la date de réception (pas de décroissance radioactive). Il existe des différences entre l'activité conditionnée et entreposée dans les ouvrages, généralement 10% en raison d'incertitudes.

Elément	Activité GBq conditionnée	répartition en % par conditionnement			Activité GBq dans les ouvrages	répartition du stockage dans les ouvrages du CSM (% de la quantité totale)
		Périssables	Durables déclassés	Durables		
H3	1 270 000	56%	34%	10%	1 157 433	TB2(52%)
Be10	1,39	2%	44%	54%	1,24	P10bis(15%) ; P11(12%) ; P10(12%)
C14	277 000	5%	50%	45%	248 970	P10bis(12%) ; P11(10%) ; P10(9%)
Cl36	2 600	-	92%	8%	1 978	P14(24%) ; T13-3(13%) ; TBC-2(20%)
Ca41	34,60	2%	44%	54%	31,07	P10bis(15%) ; P11(12%) ; P10(12%)
Ni59	43 500	3%	49%	48%	39 622	P10bis(19%) ; P11(15%) ; P10(15%)
Co60	14 900 000	49%	20%	31%	13 768 281	P13-3(51%)
Ni63	5 420 000	2%	47%	52%	4 823 063	P10bis(9%) ; P11(7%) ; P10(7%)
Se79	27,70	2%	44%	54%	24,86	P10bis(10%) ; P11(9%) ; P10(10%)
Sr90	2 590 000	14%	19%	67%	1 973 090	T34-2(31%) ; P28-1(17%)
Mo93	6,91	2%	43%	54%	6,20	P10bis(15%) ; P11(12%) ; P10(12%)
Zr93	350	3%	44%	53%	316	P10bis(18%) ; P11(16%) ; P10(16%)
Nb94	2 400	3%	47%	50%	2 175	P10bis(17%) ; P11(14%) ; P10(13%)
Tc99	1 750	12%	29%	59%	1 535	T34-2(17%) ; P10bis, P11(10%), P10(11%)
Pd107	15,70	12%	28%	60%	13,85	T34-2(17%) ; P10bis, P11 et P10(10%)
Ag108m	6 930	2%	44%	54%	6 214	P10bis(12%) ; P11(10%) ; P10(9%)
Sn121m	139	2%	44%	54%	124	P10bis(12%) ; P11(10%) ; P10(9%)
Sn126	62,40	2%	44%	54%	55,41	P10bis(12%) ; P11(10%) ; P10(9%)
I129	4,27	11%	30%	59%	15,33	P12(76%)
Cs135	368	12%	29%	58%	321	T34-2 (18%) ; P10bis, P11et P10(11%)
Cs137	11 300 000	13%	29%	57%	9 878 939	T34-2 (17%) ; P10bis et P11(10%) ; P10(11%)
Sm151	63 500	12%	29%	58%	55 515	T34-2 (18%) ; P10bis (10%), P11et P10(11%)
Ra226	9 080	100%	-	-	8 866	TB3(34%)
Ra228	32 300	100%	-	-	31 104	P10bis(12%) ; TB3(10%)
Th232	1 110	100%	-	-	1 102	TB2(11%) ; P17(12%) ; P1(15%)
U232	99,40	99%	-	-	99,05	P23(66%) ; T27(25%)
U233	5,35	98%	-	1,9%	4,25	inconnu
U234	3 310	77%	13%	10%	2 398	T35-2(12%)
U235	261	70%	8%	23%	380	TB2(11%) ; T22(25%)
U236	10,40	45%	16%	39%	7,33	T22(12%) ; T34-0(17%)
U238	3 250	77%	13%	10%	3 039	P6(25%)
Np237	120	83%	1%	16%	118	T27(21%) ; P23(55%)
Pu238	91 100	56%	27%	17%	82 683	TBC-1(13%) ; TBW-1(11%) ; P1(10%)
Pu239	217 000	70%	19%	10%	197 897	TBC-1(9%) ; P11bis (7%) ; TBW-1(7%)
Pu240	44 200	78%	5%	16%	40 635	TBC-1(10%)
Pu241	10 600 260	58%	20%	21%	9 908 422	T13-1(12%)
Pu242	124	90%	2%	7%	118	T27(21%) ; P23(56%)
Am241	38 000	45%	15%	40%	28 660	P28-1(13%)
Am243	266	33%	17%	50%	204	TBC-1(27%) ; P28-1(21%)
Cm242	848	62%	-	38%	840	T13-1(27%)
Cm243	25,50	-	6%	94%	9,42	T35-2(25%) ; T35-1(18%) ; P28-2 (14%) ; P20(11%)
Cm244	21 500	45%	18%	37%	17 348	P28-1(19%) ; TBW-1(21%) ; TBC-1(15%)
total	46 941 560	35%	26%	39%	42 281 660	

H – Les limites à la réversibilité du stockage de déchets nucléaires : les leçons du CSM

La réversibilité du stockage des déchets nucléaires découle du principe de précaution qui est maintenant inscrit dans la constitution française. C'est aussi une exigence très forte des populations et est ainsi devenu un critère important. Les autorités s'inscrivent désormais pleinement dans cette démarche car elles y voient un gage d'acceptabilité sociale des futurs centres de stockage. Le CSM, qui ne satisfait pas à la réglementation actuelle car il contient des éléments toxiques qui ne devraient pas être stockés dans de telles conditions, peut-il être repris ? La question mérite d'être posée afin de rendre le débat sur la réversibilité moins théorique.

Selon le rapport Turpin (p.9), « *L'ANDRA indique dans ses documents que le stockage ainsi constitué est réversible [...]. La couverture de schistes et de terre, avec sa membrane, n'est pas un obstacle à l'accessibilité des ouvrages et des colis. Avec les moyens modernes de terrassement, on peut sans difficulté les atteindre pour des coûts raisonnables. Par contre, attaquer les structures elles-mêmes ou déplacer les colis empilés pour former les tumuli exigerait des moyens importants et une soignée préparation.* » Selon une étude de l'ANDRA effectuée pour cette commission, « *les monolithes irradiants où sont stockés les colis très actifs d'éléments à courte durée de vie sont les plus coûteux à démolir car il faut travailler sous des structures qui isolent le chantier de l'atmosphère et protéger le personnel. Au total, la démolition coûterait 3 Milliards (Francs 1996) et durerait 35 ans.* » Ce qui a conduit la commission Turpin à juger que « ***l'impact du chantier sur l'environnement risque en effet d'être plus fort que celui du stockage lui-même.*** »

Le CSM étant très hétérogène, la commission a aussi considéré l'hypothèse d'une reprise partielle et « *a donc demandé à l'ANDRA d'évaluer le coût de la reprise des colis contenus dans les 4 tranchées bétonnées TB1 à TB4 qui sont juxtaposées. [...] Le contenu radiologique α de ces tranchées est de 42 500 GBq, soit à peu près 10% du total du centre pour un volume de 3700 m³, moins de 1% du volume total des colis.* » En prenant des précautions particulières, le coût de cette opération de démantèlement s'élèverait à 1,7 milliards de francs et durerait 18 ans en supposant que « *tous les colis des structures supérieures seront remis en place sur le CSM.* » Et de conclure que « *cette opération réduit l'hétérogénéité du stockage de la Manche, mais elle ne la supprime pas et ne change pas significativement les risques potentiels. Son intérêt est pour cela assez limité.* »

Ce rapport de la commission Turpin est basé sur des données, qui ont l'a vu, ne sont pas fiables quant à l'inventaire des colis de la première tranche (1969 à 1978). C'est le cas en particulier la « Tranchée ordinaire » TO3 proche de la nappe phréatique. Nous avons demandé en vain à la commission de surveillance de former un groupe de travail pluraliste pour reconsidérer ce point en prenant en compte les nouvelles données.

Certes, le CSM n'a pas été conçu a priori pour être réversible. Mais ces problèmes techniques sont génériques. Le centre de l'Aube, qui a pris le relais, est aussi constitué de tumuli bétonnés rendant une reprise tout aussi difficile en cas de problème à long terme. Que ce soit en profondeur ou en surface, le concept d'un stockage passif implique des barrières supposées retenir les radioéléments qui sont autant d'obstacles à une reprise éventuelle des déchets.

A ces problèmes techniques, s'en ajoutent d'autres qui pourraient être plus révélateurs. Les colis les plus inquiétants du CSM ne pourraient pas être stockés sur le centre de l'Aube s'ils étaient repris, car ils ne satisfont pas aux critères du centre. Ils devraient rejoindre le CEDRA à Cadarache pour un entreposage temporaire de 50 ans à 300 ans en attendant de trouver mieux. La réversibilité nécessite donc d'avoir une solution meilleure pour les déchets les plus problématiques. Or, le choix qui est fait est généralement le moins mauvais au moment de la décision.

La réversibilité d'un stockage nécessite donc une avancée technologique importante qui change complètement la donne ou une atteinte grave à l'environnement qui menace les populations. Reprendre un stockage est donc une décision grave qui nécessite de plus beaucoup de courage politique. Le cas du CSM est encore très révélateur sur ce dernier point. L'attitude des exploitants, avec la bénédiction des autorités, a été plutôt de le fermer le plus rapidement possible en cachant les problèmes qu'il pose.

La réversibilité telle qu'elle est pensée par l'industrie nucléaire et les autorités ne concerne généralement que la phase d'exploitation, un simple décalage temporel dans la mise en oeuvre du stockage passif qui est irréversible. Elle n'a d'autre but que d'accroître l'acceptabilité sociale des solutions qu'elles proposent.

Une autre conception de la réversibilité, radicalement différente, a été proposée par le CNRS²³ : un entreposage temporaire d'une centaine d'années environ devra nécessairement être renouvelé pour garantir le confinement des déchets. « *L'entreposage ne permet pas seulement de conserver en permanence la possibilité de choisir une autre option, il oblige également, dans une large mesure à poursuivre les recherches et à trouver d'autres modes de gestion des déchets. Autrement dit, dans le cas de l'entreposage, la reprise des déchets n'est pas une possibilité parmi d'autres, mais est jugée inévitable.* »

« *On comprend peut-être mieux, dès lors, en quoi l'entreposage peut être perçu comme une solution « menaçante » par les opérateurs du nucléaire. Dans la mesure où elle érige la réversibilité en principe absolu (et non relatif), cette solution revient à laisser ouvert un espace de choix possibles, voire à explorer d'autres possibles et, corrélativement, à remettre en question des choix qui vont dans le sens de la fermeture, comme la vitrification ou le stockage géologique profond.* »

Les exigences en matière d'environnement ont beaucoup évolué pendant les vingt-cinq années d'exploitation du centre Manche. Que penser de leur évolution à beaucoup plus long terme, sur des échelles de temps impliquant plusieurs générations ? La réversibilité du stockage des déchets nucléaires est une contrainte morale inévitable qui impose de repenser toute la gestion des matières radioactives en associant, bien-entendu, les populations.

²³ Recherche et déchets nucléaires, une réflexion interdisciplinaire, in cahiers risques collectifs et situations de crise n°5 février 2006, MSH-Alpes.

2ème partie

Pollution des écosystèmes aquatiques Le cas du tritium

De la création du centre de stockage Manche à octobre 1993, tous les experts officiels et les autorités de tutelles ayant à connaître de la surveillance radioécologique ont toujours rassuré les populations locales : hormis un soupçon de tritium un peu capricieux, très en deçà des limites d'ingestion réglementaires, il n'y avait pas eu, durant cette période, d'impact radiologique particulier dû au CSM sur l'environnement, à part un banal déversement accidentel de soude en mai 1988 qui avait incité les anguilles locales à naviguer sur le dos. Tout était donc normal.

Il y eut bien une alerte en avril 1991 due à l'ACRO qui mesura plusieurs milliers de becquerels par kilogramme de césium-137 dans les sédiments du cours d'eau Sainte Hélène, mais les experts officiels étaient venus promptement expliquer que cet épiphénomène était dû au suintement d'une ancienne canalisation recueillant les eaux d'infiltration et de ruissellement, canalisation mise hors service en 1987 et non démantelée (déjà). Dont acte.

Comme à chaque événement significatif concernant la chose nucléaire, l'état radioécologique réel fut divulgué en septembre 1993 par un rapport anonyme classé « confidentiel », le deuxième d'une série de six, échelonnés de 1987 à 1992.

Page après page, on put alors découvrir que le cours d'eau Sainte-Hélène avait la particularité d'avoir une teneur en césium 137, 100 à 1000 fois plus élevée que ses voisins distants de 1 à 3 km, et ce dans tous les compartiments : eau, sédiments, végétaux (racines et parties aériennes).

Cette forte anomalie en césium était accompagnée de teneurs impressionnantes de divers plutoniums dans les sédiments. Plus de 140 Bq/kg de plutonium-238 étaient présents dans les sédiments, soit 5000 fois plus que dans les sédiments du Rhône en aval des installations de Creys-Malville (Superphénix). Les auteurs de l'étude en étaient arrivés à suspecter l'existence d'une source de ²³⁸Pu pratiquement pure qui relarguait dans l'environnement.

Depuis, les causes ont été maîtrisées et il ne subsiste plus que les vestiges de ces anciennes pollutions massives en plutonium et césium-137.

Mais de tout temps, du tritium fût trouvé. Parce qu'il rend compte des limites du stockage, qu'il suit pour partie le cycle de l'eau et décrit les cheminements qu'emprunteront d'autres toxiques dans l'avenir, qu'il est inlassablement présent dans les eaux souterraines, les puits, les résurgences et qu'il s'immisce dans la vie, nous avons décidé de traiter spécifiquement de ce radionucléide.

I – Le tritium, des origines aux normes : les références

En l'absence de rejets industriels ou d'aléas, la teneur des eaux est de l'ordre de 1 Bq/L. Des concentrations élevées sont souvent interprétées comme témoignant de la présence d'autres radionucléides artificiels. Le tritium est donc employé comme indicateur d'une éventuelle anomalie radiologique. Il fait également partie des paramètres pris en compte pour la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. En présence de tritium, l'OMS considère l'eau comme étant potable dès lors que la concentration n'excède pas 7800 Bq/L. Quant à l'Europe, elle a retenu une valeur paramétrique de 100 Bq/L pour les eaux destinées à la consommation humaine.

Propriétés et origines

Le tritium, noté ^3H , est un isotope radioactif de l'hydrogène qui se désintègre par émission bêta de faible énergie. Son rayonnement est donc peu pénétrant et la distance qu'il parcourt dans l'air par exemple est très petite puisqu'elle n'excède pas 5 mm. La période de décroissance radioactive de ce radionucléide est de 12,35 ans. Cela signifie que 5,6% du tritium formé il y a un an a aujourd'hui disparu.

Dans le milieu naturel et les espèces vivantes, la forme la plus abondante est l'eau tritiée désignée par la formule HTO. Dans l'atmosphère on peut également rencontrer de l'hydrogène ainsi que du méthane tritié qui sont notés respectivement HT et CH_3T . Il convient d'ajouter que le tritium pouvant être substitué à l'hydrogène, peut entrer dans la composition de la matière organique. Dans ce cas, on désigne le tritium organique par l'abréviation Torga ou OBT (en anglais).

La production de tritium résulte d'abord de processus naturels et depuis une cinquantaine d'années des activités humaines. L'industrie nucléaire à vocation civile ou militaire et les essais passés d'armes nucléaires sont les principales origines artificielles.

Le tritium d'origine naturelle est principalement produit dans la haute atmosphère par interaction des rayonnements cosmiques avec l'azote, l'oxygène et l'argon de l'air ; cette production est permanente. Dans l'hydrosphère et la lithosphère, il existe également des processus naturels de formation du tritium mais il semble que les quantités ainsi produites soient très petites. La majeure partie du tritium ainsi généré est transformée en eau tritiée et participe au cycle de l'eau. A partir des mesures faites avant les essais nucléaires des années 50, les concentrations naturelles aux latitudes moyennes de l'hémisphère nord ont été estimées à environ 0,6 Bq/L pour les eaux de pluie, de 0,3 à 0,8 Bq/L pour les eaux de rivières et de l'ordre de quelques centièmes de Bq/L pour les eaux de surface des océans (Belot et al., 1996).

Parmi les sources d'origines artificielles, les essais d'armes nucléaires ont produit l'essentiel du tritium et ceux effectués dans l'atmosphère ont abouti au relâchement d'une quantité très supérieure au stock global naturel. De tels relâchements ont eu pour conséquence que la concentration en tritium de l'eau de pluie atteigne dans l'hémisphère Nord environ 150 Bq/L en 1963, date du moratoire sur les essais atmosphériques. Compte tenu de la décroissance du tritium, il resterait aujourd'hui un peu moins de un sixième de la quantité injectée dans l'atmosphère par les essais passés. Dans tous les cas, la concentration en tritium des eaux de pluie est actuellement de l'ordre du becquerel par litre.

Métabolisme et toxicité

Son rôle biologique est identique à celui de l'hydrogène, constituant de l'eau et de toutes les molécules organiques. Parmi ces dernières, il est important de distinguer celles qui composent l'ADN (telle la thymidine) et qui par suite de la fixation de tritium représente la forme la plus critique d'un point de vue sanitaire. Les principales voies d'exposition de l'homme sont l'ingestion du tritium sous forme d'eau tritiée mais également sous forme de tritium organique.

De nombreuses études scientifiques récentes conduisent à constater que jusqu'à maintenant le risque lié au tritium était sous-estimé et réévaluent sa radiotoxicité. En 2007, en Grande-Bretagne, le très officiel *Advisory Group on Ionising Radiation* (AGIR) vient de franchir le pas en proposant de multiplier par deux le facteur de risque pour cet élément (voir annexe).

Recommandations

En France, le décret du 20 décembre 2001 relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine²⁴ précise que ces dernières doivent satisfaire à des références de qualité parmi lesquelles figure le tritium. Une valeur paramétrique de 100 Bq/L est fixée pour cet élément.

Ce décret est en fait la transposition en droit français de la Directive 98/23/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Dans cette directive, il est admis que [...] *les valeurs paramétriques reposent sur les connaissances scientifiques disponibles et le principe de précaution a également été pris en considération : ces valeurs ont été choisies pour garantir que les eaux destinées à la consommation humaine peuvent être consommées sans danger pendant toute une vie et qu'elles offrent donc un degré élevé de protection sanitaire [...]*.

De son côté, l'Organisation Mondiale de la Santé propose (WHO 1993) que les eaux de boisson de consommation humaine, réellement et régulièrement utilisées, n'engagent pas plus de 0,1 mSv par an. Dans ces conditions, la concentration limite est fixée à 7800 Bq/L.

Récemment au Canada où une attention particulière est portée sur le tritium du fait de la technologie des réacteurs nucléaires utilisés, un rapport d'expert²⁵ vient de recommander l'abaissement de 7000 Bq/L à 20 Bq/L, la limite admissible en tritium dans les eaux de boisson.

²⁴ Décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles.

²⁵ *Report and advice on the Ontario drinking water quality Standard for Tritium*, publié le 21 mai 2009 et rendu public le 9 juin 2009.

J – Origine de la pollution des écosystèmes aquatiques

Un « incident » révélateur

En octobre 1976, le SCPRI alerte INFRATOME, l'exploitant à l'époque, de la présence anormale de tritium dans le cours d'eau dénommé Sainte Hélène. La concentration moyenne pour le mois concerné est de 7400 Bq/L. Des contrôles sont alors effectués sur les eaux souterraines, superficielles et d'infiltration dans les ouvrages pour déterminer l'origine de cette pollution. Aujourd'hui encore, les résultats ne sont pas publics.

« [...] Les résultats d'analyses permettent de localiser rapidement la source probable du tritium dans une tranchée [dénommée] TB2²⁶ [...] ». La TB2 fait partie d'un ensemble de quatre tranchées bétonnées situées au Nord-Est du Centre qui ont en commun d'avoir été exploitées parmi les premières et dont l'étanchéité du fond et des parois était assuré par un joint bitumineux sur papier kraft (voir chapitre D).

Mélangés à du plutonium, du radium et du thorium, environ 2 220 TBq de tritium auraient été entreposés entre juin 1970 et juillet 1971 dans l'ouvrage TB2 d'après les données les plus récentes (1997). Mais ce chiffre varie avec les années. Une note ANDRA adressée à la CSPI le 18/12/92 indique ainsi 11 100 TBq, soit 5 fois plus. De toute évidence, des incertitudes subsistent. Et leur portée ne peut être négligée car on a voulu stocker dans 6 petites cases de 15m³ chacune une quantité équivalente à 3, peut-être 15, années de rejets tritiés de l'ensemble du parc électronucléaire français actuel !

C'est pendant l'hiver 1977-78 qu'aura lieu une opération de reprise des déchets tritiés, qui seront entièrement enlevés sauf un monolithe de béton dont l'activité tritium est estimée à environ 185 TBq. A cette occasion, on découvre de l'eau accumulée sur plusieurs dizaines de centimètres dans la tranchée, probablement au moment de son remplissage. Le gestionnaire aurait donc mis ses déchets dans l'eau !

Une partie de ces déchets sera remise dans la tranchée incriminée après reconditionnement ; le reste sera expédié sur un autre site.

Depuis, « [...] une étude approfondie²⁷ des bilans entrée-sortie a conduit l'ANDRA à considérer une activité minimum de l'ordre de 600 TBq de tritium répartie dans l'ensemble des colis et du terrain de l'ouvrage TB2 [...] ». 50% du tritium entreposé sur le centre, le seraient donc dans les colis et le terrain situés au droit de la tranchée TB2. Ce stockage particulier invite à considérer ce tritium comme étant contenu dans des colis « périssables non bloqués ».

D'après des investigations menées à l'époque par l'exploitant, « l'incident » est dû avant tout à un débordement en surface du réseau de drainage profond (de l'ouvrage concerné) en raison d'une pluviométrie importante et de dysfonctionnements de la pompe de relevage ; un type d'incident qui va se reproduire plusieurs fois jusqu'en 1988. Les eaux contaminées au contact des déchets et qui avaient pu être drainées se sont alors infiltrées dans les sols plutôt que d'être évacuées en mer avec les rejets d'effluents liquides de Cogéma-La Hague comme le prévoyait la procédure en cas de forte contamination.

Cet incident confirme, outre des dysfonctionnements et une inadéquation du procédé de stockage, la diffusion du tritium à travers les ouvrages. Un phénomène qui a débuté dès le stockage des colis tritiés.

Plusieurs sources de contamination

En l'absence de protection contre les eaux de pluie précipitées, les terres souillées en 1976 ont été lessivées et n'ont pu en conséquence conserver longtemps la mémoire de l'événement.

Isotope radioactif de l'hydrogène le quel est un constituant élémentaire de la molécule d'eau, le tritium participe donc au cycle de l'eau. Et rien ne différencie l'eau tritiée d'une eau normale sur le plan des réactions chimiques. Il ne peut y avoir de rétention dans les sols comme c'est généralement le cas avec d'autres éléments : césium, mercure, etc. C'est pourquoi le tritium est réputé très mobile dans l'environnement.

Comme le montre les analyses faites dans les aquifères (figure K3), ces derniers ont emmagasiné une partie de la dite pollution à des niveaux variables selon leur localisation. Ils

en ont conservé la mémoire sur une durée difficile à préciser, jamais communiquée par l'exploitant, principalement fonction de leur taux de renouvellement, semble-t-il de plusieurs années pour certains. En fonction des écoulements ou échanges entre les aquifères la pollution s'est étendue géographiquement au fil du temps alimentant les résurgences, puits et cours d'eau selon les endroits.

Si l'infiltration dans les sols de ces eaux contaminées est à l'origine de la pollution de l'environnement constatée à l'époque, pour autant d'autres contributions ou mécanismes de contamination doivent être pris en compte pour expliquer la persistance de cette pollution. Aujourd'hui encore les eaux souterraines et superficielles des environs du centre présentent des niveaux en tritium importants qui dépassent pour certains les normes de potabilité.

Note relative à l'incident tritium de 1976 (1)

« [...] Dès que le revêtement de bitume fixé sur la dalle de béton, formant la toiture de la tranchée, a été entamé, une bouffée importante de vapeur d'eau tritiée s'est échappée. Après l'attaque de la dalle béton, le sable qui comblait les vides entre les déchets, a été retiré tandis que de l'eau présente au fond des cases [d'une hauteur de 3 m (ndlr)] a été épuisée par pompage à diverses reprises, au cours du chantier (hauteur de l'ordre de 75 cm, environ 4 TBq/m³) [...] »

(1) Document ANDRA remis au Groupe Radioécologie Nord Cotentin en décembre 1997.

²⁶ Note ANDRA de décembre 1997 à l'attention du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin.

²⁷ Rapport de sûreté, mars 1998, volume II, chapitre 3 (source ANDRA).

Un relâchement permanent par les colis

Le tritium migre à travers les matériaux, quelle que soit leur nature, soit sous la forme d'eau tritiée ou de gaz. A l'état de gaz, hydrogène tritié, il diffuse même à travers l'acier inoxydable pourtant imperméable ; les propriétés physiques de l'hydrogène sont à l'origine du phénomène. En présence d'une eau tritiée de concentration importante, comme celle retrouvée dans les cases de l'ouvrage TB2 par exemple, il y a hydrolyse partielle de cette eau, laquelle crée du tritium gazeux (hydrogène tritié) qui peut alors diffuser à travers les emballages. Il est donc impossible de conserver du tritium, tout du moins dans l'état où il est entreposé au CSM.

En conséquence, tous les colis tritiés (et ouvrages qui les abritent) relâchent du tritium à des degrés divers, contribuant ainsi au transfert diffus de ce radioélément dans l'environnement. Ce phénomène n'est pas récent. Il a existé dès la réception du premier colis et perdure encore aujourd'hui. De plus, la lixiviation des colis et des ouvrages durant au moins les 15 premières années a augmenté considérablement les relâchements, très probablement de plusieurs ordres de grandeur. L'absence d'une protection suffisante comme la couverture a favorisé l'infiltration des eaux de pluie au contact des déchets. Celles-ci se sont alors « chargées ». Et le phénomène a pu prendre de l'ampleur vu la qualité des emballages et du stockage, notamment provisoire, durant les premières années d'exploitation.

Si la quasi-totalité des ouvrages contiennent du tritium, pour autant sa répartition n'est pas homogène. Il existe même de grandes disparités, donc des relâchements potentiellement plus importants à certains endroits qu'à d'autres. Avec ses « 600 TBq » entreposés de manière précaire, l'ouvrage TB2 est incontestablement le principal contributeur.

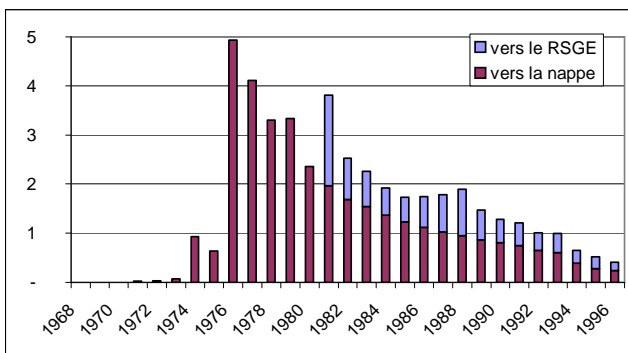


Figure J1 : Quantité annuelles (en TBq) de tritium relâchée par les ouvrages et transférée soit à la nappe, soit au réseau de drainage ; période allant de 1969 à 1996 – évaluation ANDRA

Devenir du tritium libéré des ouvrages

Le tritium libéré suit principalement les voies naturelles de l'eau. Il y a donc de multiples échanges entre les différents compartiments de l'environnement. Mais un constat s'impose : le tritium qui s'est échappé des ouvrages est voué à être « éliminé », d'une manière ou d'une autre, par dilution et dispersion dans le milieu naturel. Ce constat, d'actualité, est également valable pour les autres radionucléides.

Une fraction du tritium relâché tend donc à rejoindre l'atmosphère. « Dès la mise en place de la couverture [début des années 90 (ndlr)], on a mesuré du tritium dans son réseau de drainage sur et sous la membrane bitumineuse. Le réseau des eaux pluviales est ainsi marqué de façon permanente par le tritium. La mise en place de la couverture [...] ne suffira pas à confiner le tritium dans le stockage. »²⁸ Néanmoins celle-ci a considérablement limité les transferts. Sans empêcher le tritium de diffuser à l'extérieur des colis et ouvrages, elle a supprimé un problème déterminant. En protégeant les déchets des eaux de pluie, la couverture a empêché leur lixiviation, laquelle produisait des eaux « très chargées » qui retournaient inévitablement pour une bonne partie à l'atmosphère par suite d'évaporation. L'évapotranspiration des sols est un phénomène naturel qui mobilise d'importants volumes d'eau : pour une prairie naturelle, 60% des eaux précipitées retournent à l'atmosphère.

Depuis l'achèvement des travaux, le tritium ayant diffusé à l'extérieur des ouvrages et qui s'est condensé au contact de la membrane bitumeuse et de son réseau de drainage est collecté puis géré comme un effluent à risque. Il est rejeté en mer via la conduite de Cogéma-La Hague, hormis en période de forte pluviosité où il est dirigé vers la Sainte Helène.

Avant la pose de la membrane, ce tritium « s'évanouissait » dans l'atmosphère dans des proportions variables selon les conditions météorologiques.

Une autre fraction tend à migrer vers les aquifères

situés sous le centre comme le document référencé ANDRA/DEX/CSM/94.371 NV, daté du 25 avril 1994, le précisait à l'époque : « [...] L'ANDRA n'ayant pas d'autorisation de rejet dans l'environnement et, comme ne manquent pas de nous le faire remarquer certaines associations ou organisations syndicales, laisse migrer le tritium dans la nappe. » Là encore la pluie a été un facteur déterminant mais pas le seul. L'inadaptation du drainage au contact des ouvrages jusqu'au début des années 80 a favorisé le transfert du tritium en direction de la nappe. Rappelons qu'avant d'atteindre la nappe, le tritium contamine les sols.

Quant aux eaux drainées, elles ont été rejetées en mer et dans la Ste Hélène selon une partition qui a évolué avec les années. Actuellement toutes les eaux de drainage sont rejetées en mer.

Une évaluation des quantités annuelles relâchées par les ouvrages et transférées soit à la nappe, soit au réseau de drainage (RSGE) a été réalisée dans le rapport de sûreté²⁹

²⁸ Extrait de la note interne ANDRA DQCI/CPM/94.0028 du 20/01/1994 publiée dans « L'ACRONIQUE du nucléaire » n°32 de mars 1996

²⁹ Rapport de sûreté référencé SUR RP ADCS 98-002 de mars 1998 ; volume II, chapitre 1.

accompagnant la demande de passage en phase de surveillance. Les résultats (figure J1) font état d'un relâchement en direction de la nappe d'environ 35 TBq cumulés à la date du 31/12/96, dont 5 TBq pour la seule année 1976 (année de l'incident).

Une telle estimation est surprenante. D'abord sa précision est remarquable compte tenu des incertitudes sur les quantités entreposées. Puis, pour les années 70, elle est agréablement faible si on tient compte de l'importance des activités dans un état précaire au niveau de l'ouvrage TB2, l'absence de protection contre les eaux de pluies, la mauvaise gestion des eaux collectées et, enfin, la qualité des emballages et l'état du stockage, notamment provisoire, de l'époque, etc.

Mais cette estimation a le mérite de proposer une évaluation des transferts en direction de la nappe située sous le centre, communément appelés rejets, normalement illégaux.

Par ailleurs, elle invite à s'interroger sur le bilan entrée-sortie du tritium. L'élimination des déchets nucléaires pour être effective, suppose dans le cas du stockage que les matières ne quittent pas les ouvrages le temps de la décroissance radioactive. Quelle est donc la quantité de tritium n'ayant pas respecté la règle ?

Quantité de tritium mobilisé à l'extérieur des ouvrages

Etablir un bilan exhaustif suppose de préciser les flux en direction de la nappe, des sols, de l'atmosphère et de connaître les rejets effectués dans des conditions organisées et contrôlées. On aurait pu s'attendre à ce qu'un tel bilan existe, au moins pour les rejets réglementés. Malheureusement, aucune reconstitution n'est disponible pour les années antérieures à 1987 hormis l'évaluation présentée ci-dessus. Pour la période postérieure, des données sont accessibles mais les transferts à l'atmosphère par exemple ne sont pas quantifiés. Hors, l'évapotranspiration des sols a pu mobiliser d'importants volumes d'eau contaminée jusqu'à la pose de la couverture.

Quelques chiffres circulent, toujours en rapport avec un événement précis. Dans une note datée du 18 décembre 1992, l'ANDRA estimait à 1850 TBq l'activité perdue dans le sol à la suite de l'incident de 1976. Comparé à l'inventaire du site, c'est 130% du tritium entreposé en 25 ans qui se serait « évanouie » dans les sols juste pour cet incident ! Toujours en rapport avec cet événement, le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin³⁰ estimait que l'opération de reprise des déchets tritiés présents dans l'ouvrage incriminé aurait donné lieu à un rejet atmosphérique d'environ 32 TBq, soit l'équivalent d'une année de rejet en mer de l'un des réacteurs de Flamanville !

A partir des données communiquées dans le rapport de sûreté de mars 1998, on peut risquer une évaluation. Les années 87 et 88 sont intéressantes pour la reconstitution car la pluviométrie, les aménagements à proximité de TB2 (principal terme source) et la gestion des eaux sont peu différentes de celles des années antérieures. Pour 1 TBq transférés à la nappe, 7 sont collectés par les différents drains, donc mobilisés avec les eaux d'infiltration. Tenant compte de ce rapport et des données connues pour les années postérieures, un minimum d'environ 260 TBq (au total) auraient été mobilisés hors des ouvrages à la fin 2005 dont 35 en direction des aquifères sous-jacents. En d'autres termes, **au moins 20% du tritium stockés se seraient « évanouis » dans l'environnement à la date d'aujourd'hui.**

année	Pluviométrie (en mm)	Flux (TBq) de tritium collecté par les drains des ouvrages, destiné à un rejet en mer	Flux (TBq) de tritium collecté par le pluvial, destiné à un rejet en cours d'eau	Flux (TBq) de tritium transféré à la nappe (estimation ANDRA)
1987	1017	6,90	0,490	≅ 1,00
1988	969	6,50	0,049	≅ 0,95

Tableau J1 : inventaire des flux de tritium collecté et transféré à la nappe phréatique ; années 1987 & 1988

³⁰ Inventaire des rejets radioactifs des installations nucléaires. Volume 1 – juillet 1999. GRNC

K – Etat des eaux souterraines depuis 1977

Hydrogéologie

La roche sous-jacente présente une fracturation assez dense et la « nappe » est principalement installée dans ces fissures. Néanmoins, il existe une bonne connexion hydraulique qui permet au delà de quelques dizaines de mètres de résolution de considérer qu'il s'agit d'un milieu poreux équivalent. On retiendra un écoulement probable dans les 35 premiers mètres du sol, globalement dirigé vers le nord.

Au sud du centre, le pompage des eaux depuis 1982 rabat la nappe dans cette direction. Passé la ligne de partage des eaux est-ouest, les écoulements sont orientés selon deux directions. Les eaux infiltrées au nord-ouest du centre se dirigent vers le cours d'eau Sainte-Hélène au lieu dit « le Pont Durand ». Celles infiltrées au nord-est migrent en direction de la source du Grand Bel, au lieu dit « Hameau à Clerges ». Comme le montrent les analyses réalisées par l'ACRO, Les Roteures, autre cours d'eau, est également concerné du fait de résurgences en aval de sa source.

Enfin, les sols seraient plus perméables au sud du centre et les travaux, tout comme le pompage, n'auraient pas affectés significativement le sens d'écoulement et les niveaux de la nappe.

Résultats

En 1977, 21 piézomètres permettent le contrôle des aquifères situés sous le site et dans son environnement. Parmi eux, le C0101, à la limite nord-est du centre, affiche des concentrations en tritium proches des 600 000 Bq/L. La contamination s'étend en direction du cours d'eau Sainte-Hélène vers le nord-ouest. Néanmoins dans les autres compartiments de la nappe, les concentrations n'excèdent pas quelques milliers de becquerel par litre (figure K4).

On pense le pire passé. Depuis l'incident tritium, plus de deux ans se sont écoulés durant lesquels les concentrations ont globalement décliné. Mais en juillet 1979, le Pz705 situé en domaine public donne l'alerte. Une « bouffée » tritium de 173 900 Bq/L est enregistrée alors que les concentrations n'excèdent généralement pas les quelques centaines de becquerels par litre. Quelques mois plus tard, en décembre, les contrôles effectués à l'aide des piézomètres C0059 et D029B confirment : 129 000 ... 296 000 Bq/L. L'apothéose sera finalement atteinte dans le courant de la matinée du 21 avril 1983 avec 1 132 200 Bq/L dans l'aquifère contrôlé à l'aide du piézomètre C0101 (10 fois plus que d'habitude). La même année, deux nouveaux forages réalisés non loin témoignent de concentrations pouvant atteindre jusqu'à près de 6 millions de becquerels par litre ! Que s'est-il passé : expérimentations, incidents ?

Au fil des années le nombre de forages de contrôle augmente. Pour autant, l'incident de 1976 n'a pas invité dans l'immédiat à augmenter très nettement ce nombre,

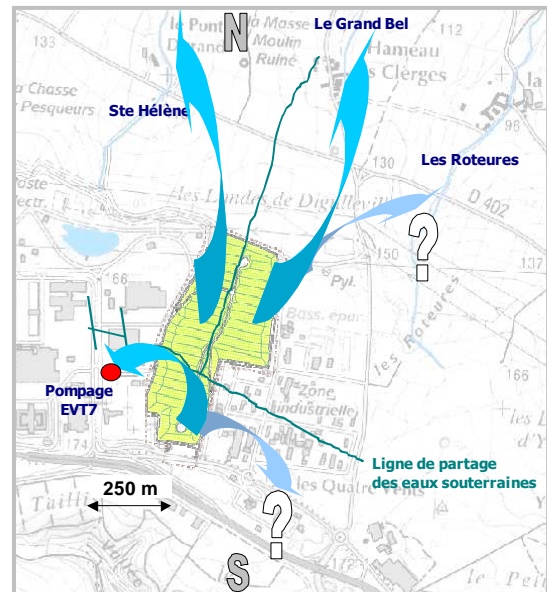


Figure K1 : Direction des écoulements des eaux souterraines

notamment à l'extérieur du centre, ne serait-ce pour améliorer la connaissance du niveau et de l'étendue de la pollution. Trois ans après l'incident, 21 piézomètres sont toujours utilisés. Paradoxalement, c'est à partir de 1995 (après l'achèvement de la couverture) que le plus grand nombre de piézomètres est exploité (104). Avant, on ouvre ... on ferme. Pour illustration, parmi les 99 « trous » disponibles en 1987, 42 sont exploités et 57 ont été définitivement fermés. A l'intérieur du centre, les forages de contrôle ont dû céder la place aux ouvrages de stockage puis à la couverture.

Entre 1997 et 2002. Dresser un état de la contamination des eaux souterraines est délicat. La nappe est installée dans des fissures ; le niveau de contamination fluctue très fortement d'un endroit à l'autre. Des phénomènes extérieurs inconnus ont pu entraîner des variations conséquentes ponctuelles. Enfin, la gestion des forages de contrôle rend difficile le recoupement des données.

Les concentrations « maximales » mesurées entre 1977 et 2002 doivent donc s'appréhender par rapport aux périodes d'exploitation des piézomètres. Certains ont été utilisés durant 25 ans, d'autres le temps d'une mesure. Certains rendent compte de la contamination durant les 25 années, d'autres font référence aux seules années 90. Etc.

L'ACRO n'ayant pas accès aux différents aquifères, l'analyse porte sur les données communiquées par l'ANDRA (note technique 2003 et Bilans de surveillance de 2003 à 2008). Il s'agit des résultats des contrôles tritium effectués par l'ANDRA depuis 1977.

Rares sont les forages qui n'ont pas témoigné de la présence de tritium lorsqu'on se réfère à la carte des concentrations maximales (figure K5 et son zoom). La contamination s'est étendue bien au delà de la limite cadastrale du centre affectant même des aquifères, au sud comme à l'est, normalement situés hors d'influence. Ce constat, pour le moins surprenant, est encore plus marqué sous le centre. Certes la contamination est massive au nord-est du centre, non loin de l'ouvrage TB2 mais on constate qu'elle s'étend en direction du sud-ouest, a contrario de l'écoulement naturel des eaux, ce qui suppose plusieurs contributions.

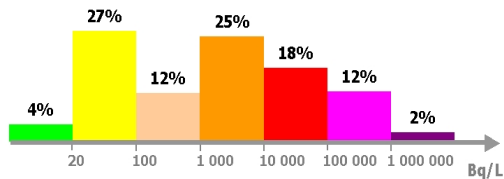


Figure K2 : Répartition des concentrations maximales en tritium mesurées entre 1977 et 2002 dans les aquifères contrôlés par l'ANDRA

La figure K2 fait état de la répartition des eaux contrôlées en fonction de leur niveau de contamination maximale. Entre 1977 et 2002, au moins un tiers des eaux souterraines contrôlées ont été contaminées à des niveaux dépassant largement les limites de potabilité. Rappelons que certaines d'entre elles ont pu atteindre jusqu'à 6 000 000 Bq/L ; des concentrations inimaginables pour le milieu naturel. Certes ces eaux n'ont jamais été utilisées directement pour la consommation humaine mais elles le sont pour le bétail et même le jardin. Qui plus est, il existe de tout temps une obligation morale de préservation des ressources naturelles en eau et d'action vis-à-vis de pollution d'une telle intensité.

Avec l'arrêt du stockage et l'achèvement des travaux de la couverture en 96, la situation s'est globalement améliorée. Pour autant, 12 ans après, la contamination n'a pas disparu et, dans certains aquifères, elle se maintient, voire progresse, et dépasse toujours la limite de potabilité.

En 2002, un tiers des eaux contrôlées ont une concentration en tritium qui excède la valeur paramétrique de 100 Bq/L retenue en droit européen comme seuil d'action pour l'eau potable. Parmi elles, 20% sont totalement inutilisables pour une éventuelle consommation car elle dépasse le seuil de potabilité fixé par l'OMS ; la contamination peut atteindre près de 300 000 Bq/L.

Aujourd'hui (en 2008), la contamination reste élevée sous le centre. L'ANDRA mesure jusqu'à 170 000 Bq/L au nord ouest du site.

Conformément à l'arrêté de rejets du 10 janvier 2003, un plan de surveillance définit les modalités de contrôle du centre et de son environnement avec 73 piézomètres suivis mensuellement (dont 13 appartenant à l'établissement AREVA). Près des deux tiers d'entre eux dépassent encore la valeur de 100 Bq/L. Dans l'ensemble,

les données traduisent une amélioration qu'il convient de tempérer. Une partie des aquifères contaminés ne témoigne pas de la diminution attendue si on conjugue la décroissance radioactive au renouvellement des eaux. Fait étrange, certains tendent même à augmenter, y compris à l'extérieur du centre, alors que depuis 15 ans celui-ci est en veille. Le tritium est décidément capricieux dans la Hague.

Quand le tritium ne décroît plus sur le plateau de la Hague

Pour l'ANDRA, « le marquage ancien en tritium de la nappe aquifère sous le centre s'estompe avec une tendance similaire à la décroissance radioactive ». Pour démontrer ce postulat, l'exploitant s'appuie sur une moyenne arithmétique de l'ensemble des piézomètres surveillés au droit du centre depuis 1996 comparée à la décroissance radioactive attendue pour le tritium.

Le procédé est quelque peu discutable puisqu'il globalise des situations hydrologiques particulières, telle la zone sud ouest du site influencée par le drainage au niveau du bâtiment EEVSE d'AREVA-La Hague qui capte une partie des eaux tritiées transitant sous la partie sud du centre de stockage. Ensuite, il est à noter que la moyenne n'intègre pas forcément le même nombre de puits de contrôle au cours du temps, certains disparaissant du suivi.

Mais là où l'argument devient le plus contestable, c'est qu'il ne base l'amélioration attendue que sur la seule décroissance radioactive du tritium, ne tenant absolument pas compte du renouvellement des nappes phréatiques qui aurait pu accélérer la diminution des concentrations en tritium au cours du temps. Le postulat retenu par l'exploitant est donc qu'aucune goutte d'eau ne serait tombée sur le plateau de la Hague depuis 12 ans !

L'amélioration de la situation mise en avant par l'exploitant n'est d'ailleurs nullement observée à quelques centaines de mètres de là, à la source du Grand Bel, où depuis plus de dix ans, la concentration en tritium dans l'eau reste quasi-stable autour de 700 Bq/L (voir chapitre suivant).

Si l'on regarde de plus près, la courbe moyennée présentée par l'exploitant cache l'absence de décroissance dans certaines nappes souterraines au nord du centre, voir même des augmentations des niveaux de tritium pour certaines d'entre elles (voir figure K7).

A ces progressions en tritium inattendues dans les nappes s'ajoutent des variations saisonnières importantes qu'il convient de prendre en compte. Ainsi, la contamination en tritium peut varier d'un facteur 20 entre le printemps et l'automne, cas du piézomètre 113 situé au nord du centre en limite de la ligne de partage des eaux (voir figure K3)

Compte tenu de ces variations « cycliques », on ajoutera l'incertitude sur la représentativité des échantillonnages réalisés par l'ANDRA dans le cadre de sa surveillance, du fait de la méthode de prélèvement utilisée liée à un contexte hydrogéologique complexe (voir encadré).

Le tritium est extrêmement mobile, il rend compte des limites du stockage. Si le centre continue de se vider du tritium qu'il contient, qu'en est-il des autres éléments dans un temps beaucoup plus long ?

L'attitude passive de l'exploitant vis-à-vis de la pollution des nappes souterraines est choquante. Il n'est pas acceptable de voir le gestionnaire d'un centre de stockage de déchets nucléaires démissionner devant un élément radioactif qu'il n'a pu (et ne peut) contenir sur son site et se réfugier derrière l'argument qu'il ne s'agit que d'un problème du passé... Seules les associations se préoccupent d'une pollution toujours présente et qui de surcroît ne semble pas diminuer comme on devrait s'y attendre.

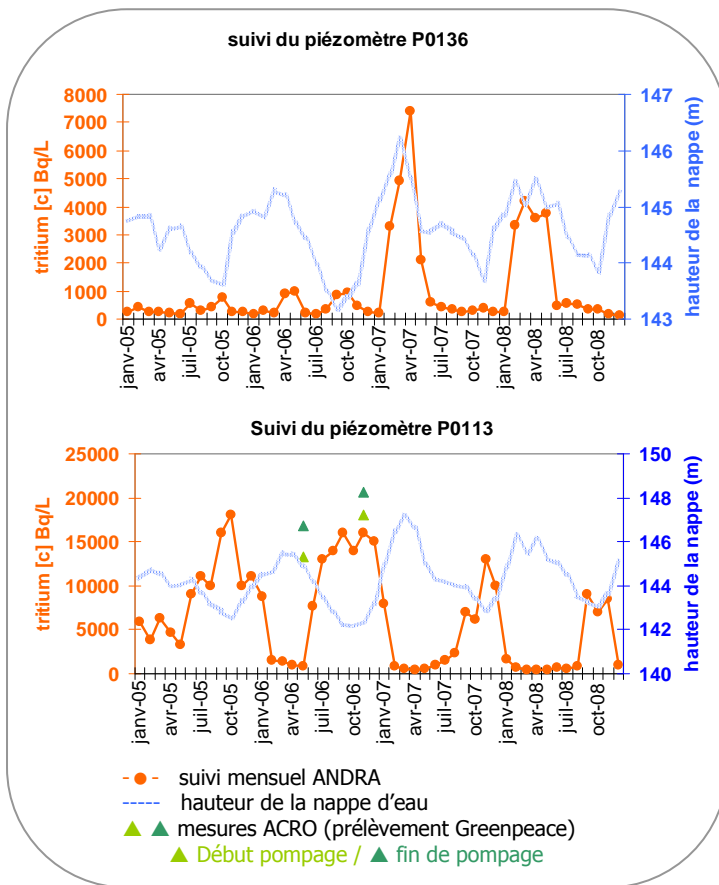


Figure K3 : Variations mensuelles des concentrations en tritium mesurées par l'ANDRA dans les aquifères au droit des piézomètres P0136 P0113 situés au nord du centre, en fonction de la hauteur des nappes d'eau. Sur la figure du bas sont indiquées les concentrations mesurées par l'ACRO (eau collectée en début et fin de pompage) suite aux deux prélèvements effectués par Greenpeace en mai et novembre 2006.

Influence de la méthode d'échantillonnage sur la qualité du suivi des eaux souterraines

Il existe une incertitude sur les données fournies par l'exploitant liée à la méthode de prélèvement retenue.

En effet, dans le cadre de la surveillance des eaux souterraines, les normes techniques [1] préconisent soit de purger plusieurs fois le volume des forages avant de procéder à l'échantillonnage (cas d'un échantillonnage par pompage), soit de vérifier la stratification à l'intérieur de la colonne d'eau (cas d'un échantillonnage statique en profondeur). Le non respect de ces recommandations ne permet pas de certifier la représentativité des échantillons.

Pour preuve les mesures réalisées par l'ACRO sur des eaux de nappes prélevées par Greenpeace au droit du puits de contrôle (P0113) situé au nord du site en zone publique. En mai 2006, l'eau collectée en fin de pompage (soit conformément aux recommandations de la norme) présentait près du double de contamination en tritium que l'échantillon prélevé par l'ANDRA dans le cadre de sa surveillance mensuelle (16 800 Bq/L contre 7700 Bq/L). Lors d'une deuxième campagne réalisée en novembre de la même année, un écart supérieur de 22% était encore constaté avec les données de l'exploitant.

Dans une étude réalisée en 2006, dans le cadre d'un stage de Master à AREVA-La Hague, il est montré une sous-estimation systématique des concentrations de tritium mesurées lorsque l'échantillonnage est pratiqué sans pompage permettant le renouvellement de la colonne d'eau et qui plus est, lorsque la profondeur de collecte n'est pas maîtrisée (ce qui semble être le cas à l'époque).

En réponse aux interrogations de l'ACRO quant à la représentativité des échantillons collectés, l'ANDRA a récemment expliqué que le pompage n'était pas adapté à l'hydrogéologie locale (relèvement faible des nappes) et que celui-ci pouvait induire un biais en modifiant les écoulements naturels des nappes. Il est pourtant surprenant de constater que systématiquement ce « biais » ait pour conséquence un apport supplémentaire en tritium. Il n'y aurait donc plus de zones exemptes de contamination en tritium dans les sous-sols environnant ?

Il est donc indispensable d'affiner la surveillance des nappes phréatiques et donc, il est essentiel que des laboratoires indépendants puissent avoir accès aux puits de contrôle. Les sous sols ne font-ils pas partie de la zone publique ?

Sur ce point, l'ACRO propose depuis 2 ans à la CLI du CSM une étude [2] comparative des méthodes de prélèvements et leur influence sur les niveaux mesurés. A ce jour, le projet est toujours en dormance.

[1] Norme internationale ISO 5667-11, relative à l'échantillonnage des eaux souterraine; guide RECORD Surveillance des eaux souterraines (INERIS, août 2008).

[2] Projet d'étude comparative des protocoles de prélèvement d'eaux souterraines envoyé à la commission de surveillance du CSM, le 3 décembre 2007.

Refus d'assainir

Suite à la demande du chef du Service central de sûreté des installations nucléaires, l'ANDRA s'était s'interrogée en 1983 sur l'intérêt d'une éventuelle intervention pour, si ce n'est supprimer, au moins limiter les répercussions de l'accident tritium de 1976. Pour juger de l'opportunité de la mise en œuvre d'actions correctives, le détrimement causé aux hommes avait été évalué sur le plan économique selon les standards de la Commission Internationale de Protection Radiologique. Et le coût de ces actions devait alors rester en deçà de 13000 F (moins de 2000 €) maximum...

Plus récemment, il a été demandé³¹ à l'ANDRA d'effectuer une action corrective au nord du site afin d'apurer la pollution des eaux. Car les eaux souterraines contaminent depuis plus de 30 ans les résurgences, cours d'eau et puits, donc l'eau de surface susceptible d'être en contact avec l'homme.

En l'absence de solutions efficaces pour arrêter la diffusion du tritium depuis les ouvrages, l'ACRO a donc proposé de recourir à la méthode éprouvée du pompage dans la nappe et de son rejet avec les effluents du RSGE dans l'espoir d'obtenir une diminution progressive de la contamination des eaux de surfaces et de gérer de manière contrôlée et organisée les flux de radioactivité en direction de l'environnement.

On aurait pu s'attendre à un refus de la part du gestionnaire du centre au motif qu'une telle solution n'est pas satisfaisante sur le plan environnemental puisqu'elle privilégie le transfert de pollution d'un écosystème à un autre, et non sa rétention à la source. A la place, la réponse fut plus prosaïque : *« Le tritium est un traceur précieux, et la contamination est minime. »*



Photo : La rivière Sainte Hélène au lieu dit « la brasserie », marquée durablement par le tritium

³¹ Demande de l'ACRO lors de la réunion de la commission de surveillance du CSM du 22 décembre 2005.

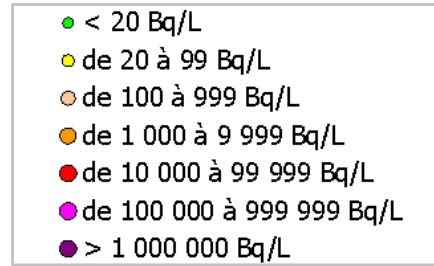
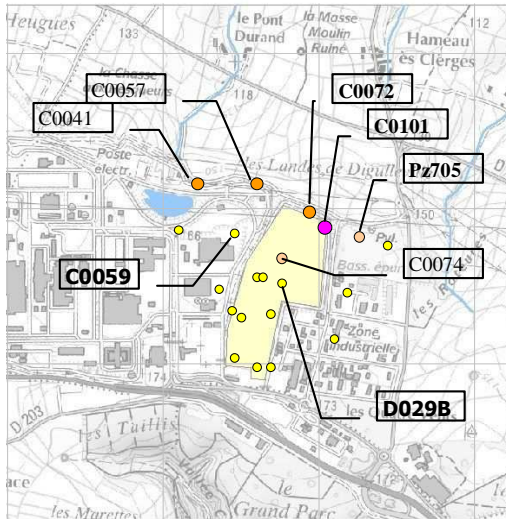


Figure K4 : Concentration moyenne annuelle en tritium mesurée par l'ANDRA dans les aquifères ayant fait l'objet d'un contrôle en 1977.

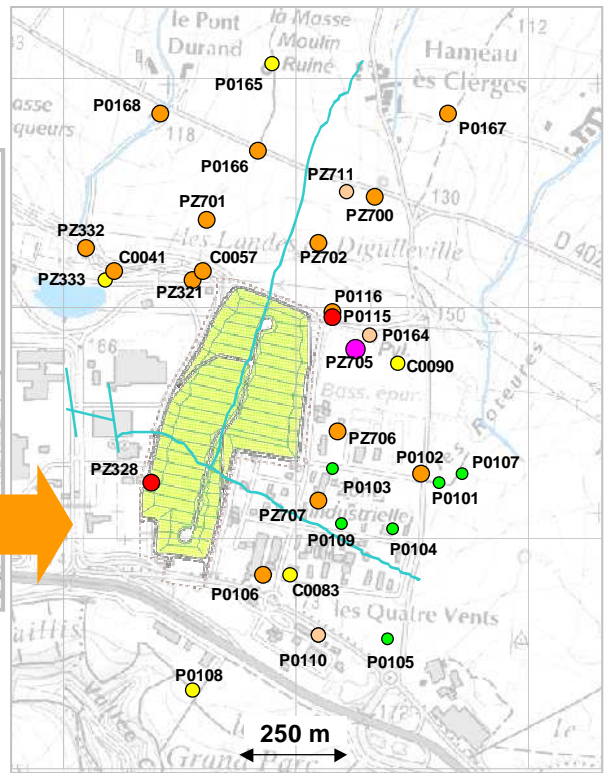
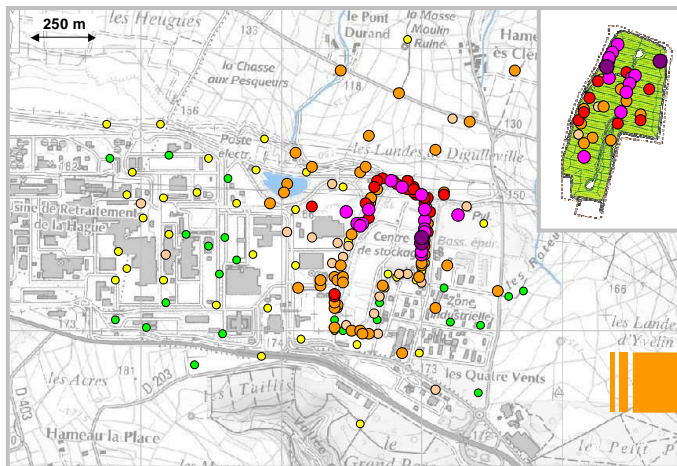


Figure K5 : Concentration maximale en tritium mesurée par l'ANDRA dans un chacun des aquifères ayant fait l'objet d'un contrôle entre 1977 et 2002 (ci-dessus) et zoom (ci-contre) sur les piézomètres extérieurs au site.

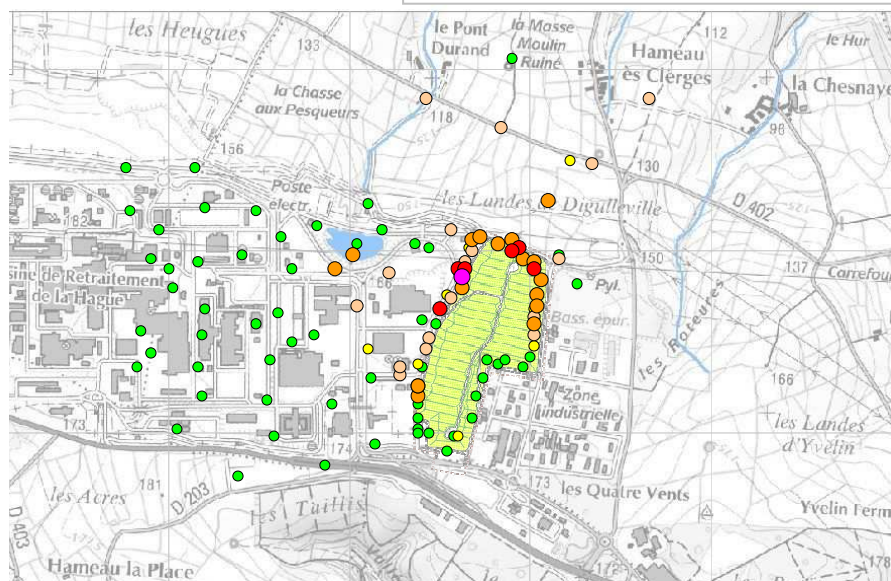


Figure K6 : Concentration moyenne annuelle en tritium mesurée par l'ANDRA dans les aquifères ayant fait l'objet d'un contrôle en 2002.

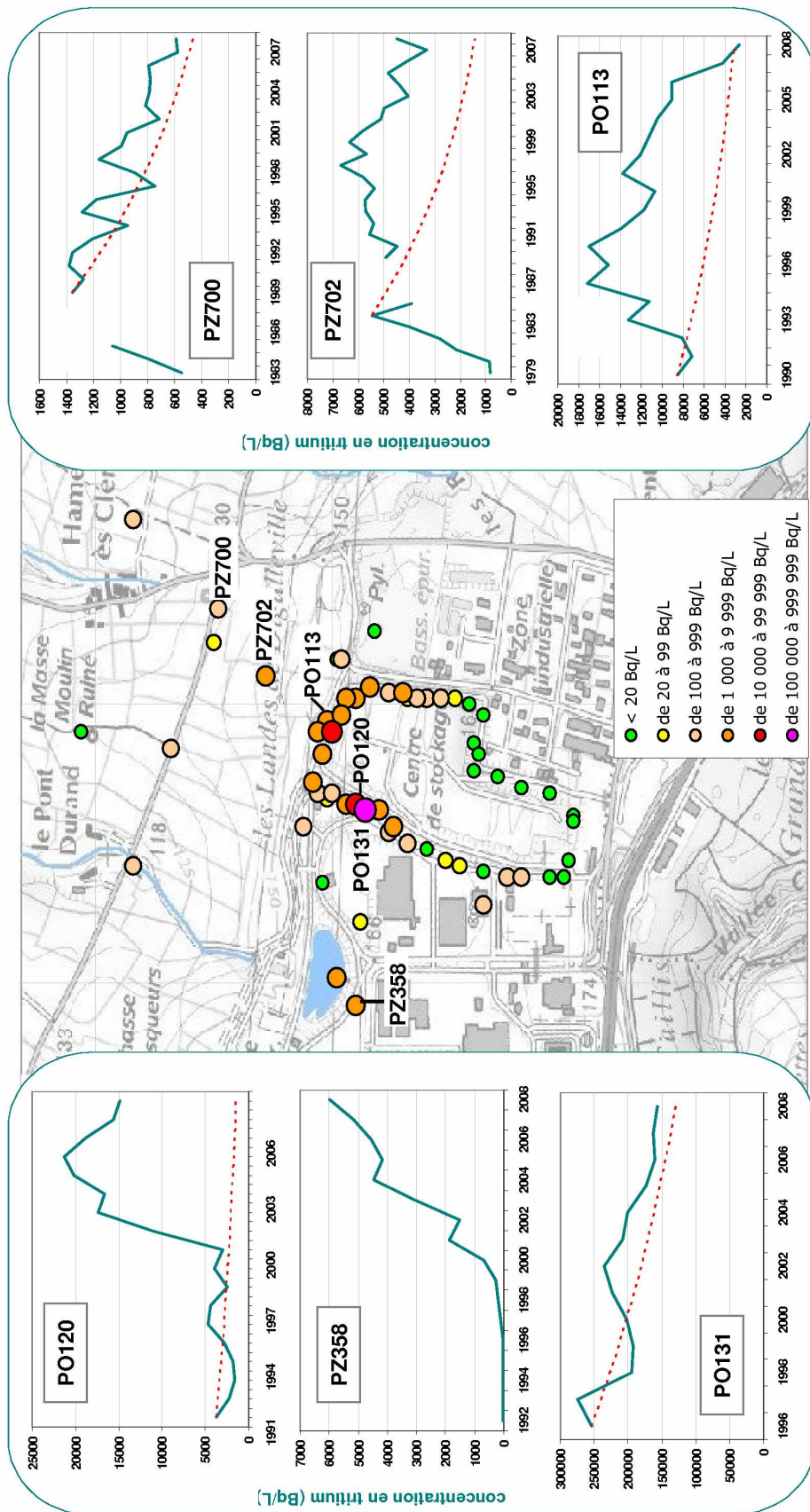


Figure K7 : Au centre, la cartographie présente les concentrations moyennes annuelles en tritium mesurées en 2008 dans les aquifères. Sur les cotés, les graphiques présentent des exemples de variations significatives des concentrations en tritium au cours des dernières années. *Source :*

Données ANDRA et données IRSN et AREVA (piézomètre PZ358).

Tableau K1 : Informations relatives aux aquifères contrôlés par l'ANDRA.

1^{ère} colonne
E (extérieur au centre) / P (périphérique)

2^{ème} colonne
Référence du piézomètre utilisé pour le contrôle

3^{ème} et 4^{ème} colonne
Période d'exploitation

5^{ème} et 6^{ème} colonne
Concentration maximale mesurée durant la période d'exploitation et année

Colonnes suivantes
Concentrations moyennes annuelles pour les années indiquées.

Surligné : concentration ne présentant pas de diminution attendue.

Remarque :
- l'absence de valeur signifie que le piézomètre n'existait pas.
- « non suivi » : aucune donnée disponible,
- (*) données AREVA

Référence	Concentration MAX		Concentration moyenne annuelle en Bq/L (données ANDRA)						
	Piézo	max année	1984	1996	2002	2005	2006	2007	2008
P P0131	380 000	1996		290 000	235 000	173 000	160 000	162 000	156 000
P P0120	23 000	2002		5 013	17 333	21 300	18 888	15 600	14 900
P P0137	33 000	1996		16 867	23 417	18 500	15 500	15 300	12 800
P P0140	51 000	1995		25 000	15 000	11 400	10 000	7 730	6 230
E PZ358	5 967	2 008		21	1503	4150 (*)	4558 (*)	5150 (*)	5967 (*)
E PZ702	8 400	1999	4 371	5 800	4 791	4 830	4 140	3 300	4 480
P P0143	43 000	1996		37 750	8 800	7 350	6 600	4 450	4 440
P P0139	33 000	1996		30 500	9 800	7 770	6 060	4 950	4 180
P P0132	3 900	2006			785	2 000	2 820	2 470	2 730
P P0113	26 000	1993		15 125	12 058	9 080	9 100	4 250	2 590
P P0180	18 000	1995		6 238	4 217	2 580	2 360	1 780	2 410
E PZ371	4 800	1999		3 600	3 692	4 090	4 350	4 680	2 280
P P0138	27 000	1995		13 375	1 150	1 510	1 480	2 540	2 220
P P0135	38 600	1993		22 375	5 000	3 080	2 570	1 970	1 790
P P0114	26 000	1991		7 938	3 250	2 230	2 170	1 980	1 490
P P0136	79 000	1995		56 357	3 044	338	485	1 700	1 470
P P0153	158 000	1993		46 875	246	1 460	2 270	1 260	1 460
E P0117	21 000	1992			3 700	1 880	1 620	1 330	1 040
P P0156	14 000	1993		7 688	2 550	1 840	1 820	1 130	966
E PZ700	1 700	1993	75	1 177	711	777	793	577	588
P PZ326	70 000	1992	2 124	2 478	1 238	675	634	959	558
P P0172	18 000	1995		14 011	2 358	988	693	585	514
P P0152	1 900	1998			1 300	858	658	568	467
P P0157	7 200	1993		2 000	675	638	798	287	368
P P0142	8 800	1996		7 667	1 013	625	608	367	322
P P0134	28 000	1995		1 233	1 543	164	202	208	272
P P0171	3 000	1999		1 733	1 036	437	337	273	258
P PZ324	100 000	1 992	4 292	63 600	83	-	396	363	240
E PZ379	5 300	1999		2 800	768	481	364	320	221
P P0133	5 200	1995		448	374	277	119	283	214
E P0167	1 000	1 993		287	240	non suivi	non suivi	non suivi	195
E P0168	2 200	1996		1 116	325	273	247	203	172
E P0115	16 000	1991		4 522	447	295	248	185	159
P P0155	2 900	1993		598	134	228	250	144	140
E P0166	1 600	1 992		577	272	non suivi	non suivi	non suivi	135
E PZ321	8 600	1983	5 150	1 256	197	68	66	124	121
E PZ340	16 000	1993		6 056	523	222	198	131	98
P P0174	1 500	1994		661	160	85	75	64	52
P P0158	190	1998			57	58	56	60	49
P P0154	18 600	1993		1 010	< 66	69	81	55	42
P P0150	410	1998			135	54	42	44	37
P PZ711	430	1989	53	92	< 49	27	31	34	32
P PZ322	29 000	1988	18 850	35	< 43	23	21	79	20
P P0175	46	1994		< 14	< 19	9	15	11	< 19
P P0177	< 19	2000		13	< 19	< 19	< 18	< 19	< 18
P P0160	83	1993		< 11	< 19	< 18	< 18	< 18	< 18
P P0161	< 20	1998		< 11	< 19	< 18	< 18	< 18	< 18
P P0170	< 20			< 11	< 19	< 18	< 18	< 18	< 18
P P0176	18	1999		16	< 19	< 18	< 18	< 19	< 18
E P0116	2 500	1991		116	< 16	< 16	< 16	< 16	< 18
P P0162	85	1993		< 13	< 19	< 14	< 18	15	< 18
E P0165	25	1 996		< 15	< 19	non suivi	non suivi	non suivi	18
E PZ705	173 900	1979	185	< 10	< 19	19	16	16	17
E PZ712	46	1986		< 10	< 19	18	16	17	17
E PZ320	770	1984	149	< 11	< 16	17	17	19	17
P P0151	110	1999		< 20	16	< 16	16	16	17
P P0178	24	2002		< 11	23	14	15	13	17
P P0159	159	1995		24	< 17	18	14	17	16
P P0173	1 200	1996		403	< 16	18	25	15	16

L – Etat actuel des eaux superficielles [2002 – 2008]

Les contrôles effectués par les différents laboratoires ont notablement évolué au fil des années. L'incident tritium en octobre 1976 a été déterminant. Auparavant, on suppose en l'absence de résultat qu'aucun dosage du tritium n'était effectué dans les eaux naturelles par le gestionnaire du centre ; seul le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI) effectuait des contrôles.

A partir de 1994, le laboratoire de l'ACRO met au point la mesure du tritium dans les eaux. Dans un premier temps, le suivi concerne les eaux des ruisseaux et de rivières ; par la suite, il est étendu. Depuis 2002, l'ACRO privilégie une démarche d'investigation et tente d'évaluer la contamination des puits, résurgences et cours d'eau que compte la Hague.

Entre 2002 et 2008, 97 sites ont ainsi fait l'objet d'un contrôle, unique ou mensuel ; les figures L5 et L6 font état de leur localisation et de leur concentration. L'effort est concentré sur le versant nord (du centre de stockage), exutoire privilégié des eaux souterraines contaminées suite au stockage de déchets tritiés.

Au nord, le bassin versant est principalement drainé par deux cours d'eau que sont la Sainte-Hélène et la Wallace. La première est entretenue artificiellement. Depuis la construction des installations nucléaires, sa source n'existe plus ; en domaine public elle est matérialisée par un ouvrage dénommé déversoir. Un bassin (dit d'écrtage ou appelé GPNE) sert à l'alimentation. Il reçoit les eaux pluviales drainées sur les sites du CSM et principalement de Cogéma-La Hague ; selon les besoins, les eaux de l'aquifère sous-jacent sont utilisées. Ce cours d'eau sert donc d'exutoire. Il compte parmi ses affluents, le Grand Bel dont la source située dans le hameau ès Clerges se trouve à quelques centaines de mètres du centre de stockage.

Quant à la Wallace, située plus à l'est, elle a pour principal affluent le cours d'eau dénommé les Roteures dont la source est localisée dans la zone industrielle attenante au CSM. Comme la Sainte-Hélène, la Wallace se jette en mer.

Tous ces cours d'eau ont en commun d'être contaminés par le tritium, à des niveaux variables compris entre une dizaine et plusieurs centaines de becquerels par litre (actuellement).

S'intéressant à la Wallace, son affluent les Roteures est influencé par le stockage de déchets tritiés. Cette situation n'est pas nouvelle. Par le passé, les contrôles effectués par l'ANDRA à la source ont pu révéler des concentrations atteignant 440 Bq/L (en février 1982) contre une dizaine actuellement. Comme la Ste-Hélène, la pollution n'est pas seulement présente à la source, elle est entretenue tout au long de l'écoulement par de multiples résurgences dont le niveau de contamination peut-être (actuellement) jusqu'à 20 fois supérieur à celui de la source. Les figures L2 et L4 illustrent bien ce propos. Ainsi, découvre-t-on à plus d'un kilomètre du centre de stockage l'existence d'une source (la Galerie) dont la concentration en tritium dépasse régulièrement ces dernières années l'objectif qualité des eaux potables (100 Bq/L).

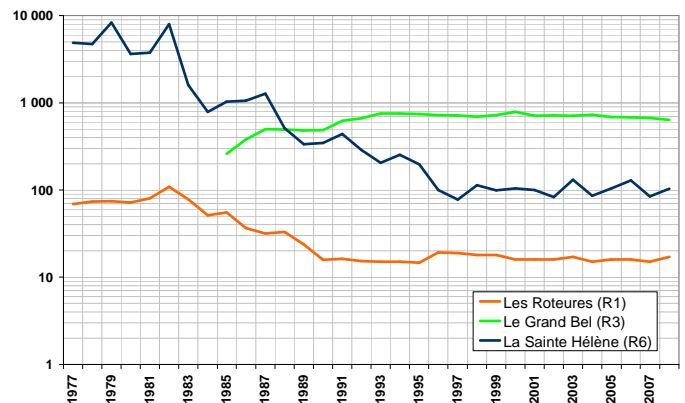


Figure L1 : Concentration moyenne annuelle (Bq /L) en tritium des eaux de la Ste Hélène ; du Grand bel et des Roteures entre 1977 et 2008 (source ANDRA).

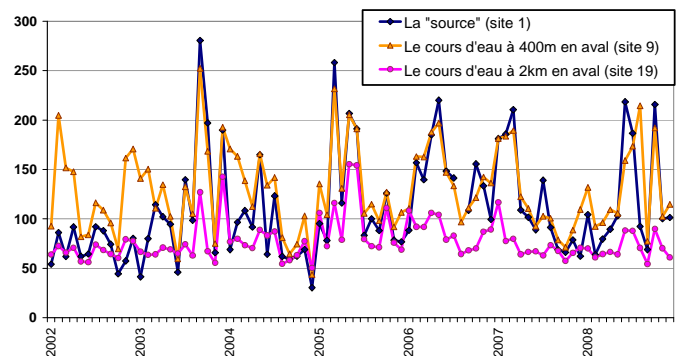


Figure L2 : Concentration mensuelle (Bq /L) en tritium des eaux du cours d'eau Ste Hélène; Résultats pour la période 2002-2008 (source ACRO).

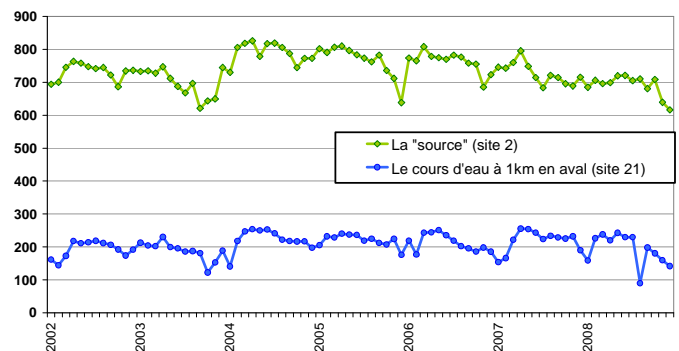


Figure L3 : Concentration mensuelle (Bq /L) en tritium des eaux du cours d'eau le Grand Bel entre 2002 et 2008 (source ACRO).

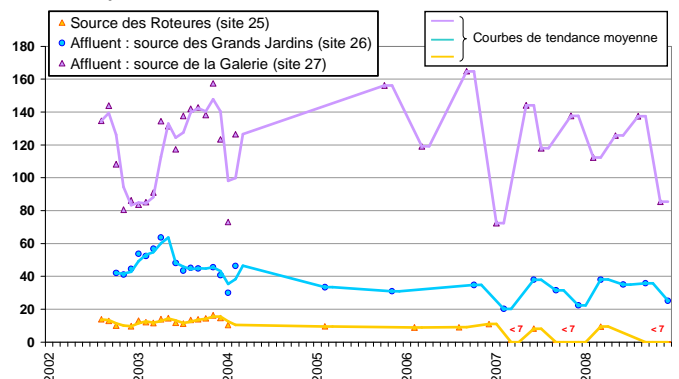


Figure L4 : Concentration mensuelle (Bq /L) en tritium des eaux du cours d'eau les Roteures et de deux affluents entre 2002 et 2008 (source ACRO).

Concernant la Sainte-Hélène, exutoire privilégié, la situation s'est incontestablement améliorée. Encore faudra-t-il attendre la fin des années 80. Mais il faut noter qu'il ne pouvait en être autrement en regard du niveau de pollution initial : exorbitant. Avec une contamination des eaux fréquemment de l'ordre de 10 000 Bq/L et pouvant même dépasser les 50 000 Bq/L (en octobre 1982), était-ce encore de l'eau ou un effluent radioactif destiné à être évacué en mer ... via un cours d'eau ?

Ces dernières années, la contamination à la « source » oscille autour de 100 Bq/L. Pour autant, certaines mesures doivent retenir l'attention. Depuis le 10 janvier 2003, un arrêté encadre les rejets tritiés effectués dans la Sainte-Hélène et précise que la concentration moyenne quotidienne doit rester inférieure à 200 Bq/L sans toutefois dépasser en moyenne sur la semaine 100 Bq/L. Or les contrôles effectués par l'ACRO attestent de la présence (parfois) de tritium à des niveaux supérieurs. Certes nos mesures sont en rapport avec des prélèvements ponctuels mais il ne faut pas oublier que les eaux déversées proviennent d'un bassin d'une capacité maximale de 6600m³ et qu'il existe donc une certaine inertie. En conséquence, on peut s'interroger sur le respect systématique des valeurs limites réglementaires.

Mais les rejets directs dans la Sainte-Hélène sont loin d'être la seule source de contamination. En aval, les aquifères pollués par le tritium entreposé sur le centre de stockage contribuent à la dégradation radiologique des eaux comme en atteste la [figure L2](#). Des résurgences apportent des eaux dont la concentration en tritium est très largement supérieure à celle du cours d'eau au même endroit. En conséquence, la contamination des eaux augmente le long du premier kilomètre et, en aval de la confluence avec le Grand Bel les niveaux sont voisins de ceux mesurés à la source alors que le débit du cours d'eau a doublé. Là encore cette situation n'est pas nouvelle. Il y a dix ans, l'ACRO soulignait déjà ce problème et mesurait des concentrations en tritium voisines de 1000 Bq/L dans une résurgence (R11') au pied d'une maison familiale. Il semble que les années ne suffisent pas pour supprimer cette pollution diffuse.

Pour le Grand Bel, affluent de la Sainte-Hélène, la situation est différente par rapport aux autres cours d'eau. D'une part, la pollution est massive à la source (un puits communal) et on ne note pas d'apports diffus le long de son écoulement ([figure L3](#)). D'autre part, la qualité radiologique des eaux n'a cessé de se dégrader jusqu'en 1994 pour ensuite se stabiliser. Actuellement, la concentration en tritium des eaux à la source reste de l'ordre de 700 (± 100) Bq/L avec une légère inflexion (à confirmer dans le temps) bien moindre que la diminution attendue par la seule décroissance radioactive du tritium.

Comme nous le disions dans le chapitre consacré à l'état des eaux souterraines : *le tritium est capricieux dans la Hague*. Voilà bientôt 15 ans que le centre de stockage de la Manche a reçu ses derniers colis et qu'une « peau » imperméable les protège de l'infiltration des eaux pluies. Que reste-t-il dans l'environnement ? Du tritium inlassablement. Certes la situation s'est améliorée dans un cours d'eau comme la Sainte-Hélène, dès lors que les

rejets ont été maîtrisés ; 20 ans auront été nécessaires pour tendre vers une situation plus clémente. Mais certaines observations pour les eaux superficielles, particulièrement les résurgences, posent question, comme pour une partie des eaux souterraines.

Pourquoi la contamination par le tritium n'a pas décliné drastiquement comme on aurait pu s'y attendre si on conjugue la dilution et la décroissance radioactive ? Ne considérant que le phénomène de décroissance radioactive, les niveaux auraient dû diminuer de plus de 50% par rapport à 1994. Or, dans le Grand Bel la contamination est sensiblement la même depuis 15 ans. Un tel constat suppose que la quantité de tritium mobilisée a augmenté. Le centre de stockage de la Manche se viderait-il de son tritium ? Si on ne peut plus rien faire dans la Hague semble-t-il, la question n'en reste pas moins pertinente pour le centre de stockage de l'Aube où les autorisations actuelles permettent d'envisager le stockage de 3 fois plus de tritium que dans la Manche.

Enfin, est-il acceptable que ce tritium ne soit pas canalisé pour être éliminé dans des conditions organisées et contrôlées, au lieu d'être abandonné au pied des maisons, au fond des champs sous prétexte que la contamination est faible ?

Quand la surveillance citoyenne influence le contrôle de l'exploitant

Dans son dernier bilan annuel (2008), l'ANDRA présente les résultats d'une campagne *de recherche de marquage de la nappe en aval du cours d'eau des Roteures*. Ces investigations, réalisées dans un lieu considéré jusqu'à présent par l'exploitant comme hors influence du CSM, ont été motivées, entre autre, par les mesures réalisées par l'ACRO depuis 2002, en aval de la source du cours d'eau (lieu dit, La Galerie, présentant une concentration en tritium régulièrement supérieure à 100 Bq/L).

Les résultats présentés par l'exploitant confirment l'impact radiologique du CSM dans la partie aval du ruisseau, du fait de résurgences. Une influence qui avait jusqu'alors échappé à l'ANDRA puisque non visible au niveau de son ancien lieu de prélèvement situé plus en amont. Suite à cette constatation, l'exploitant a décidé de déplacer son point de contrôle afin d'intégrer l'ensemble des contributions de la nappe dans ce ruisseau.

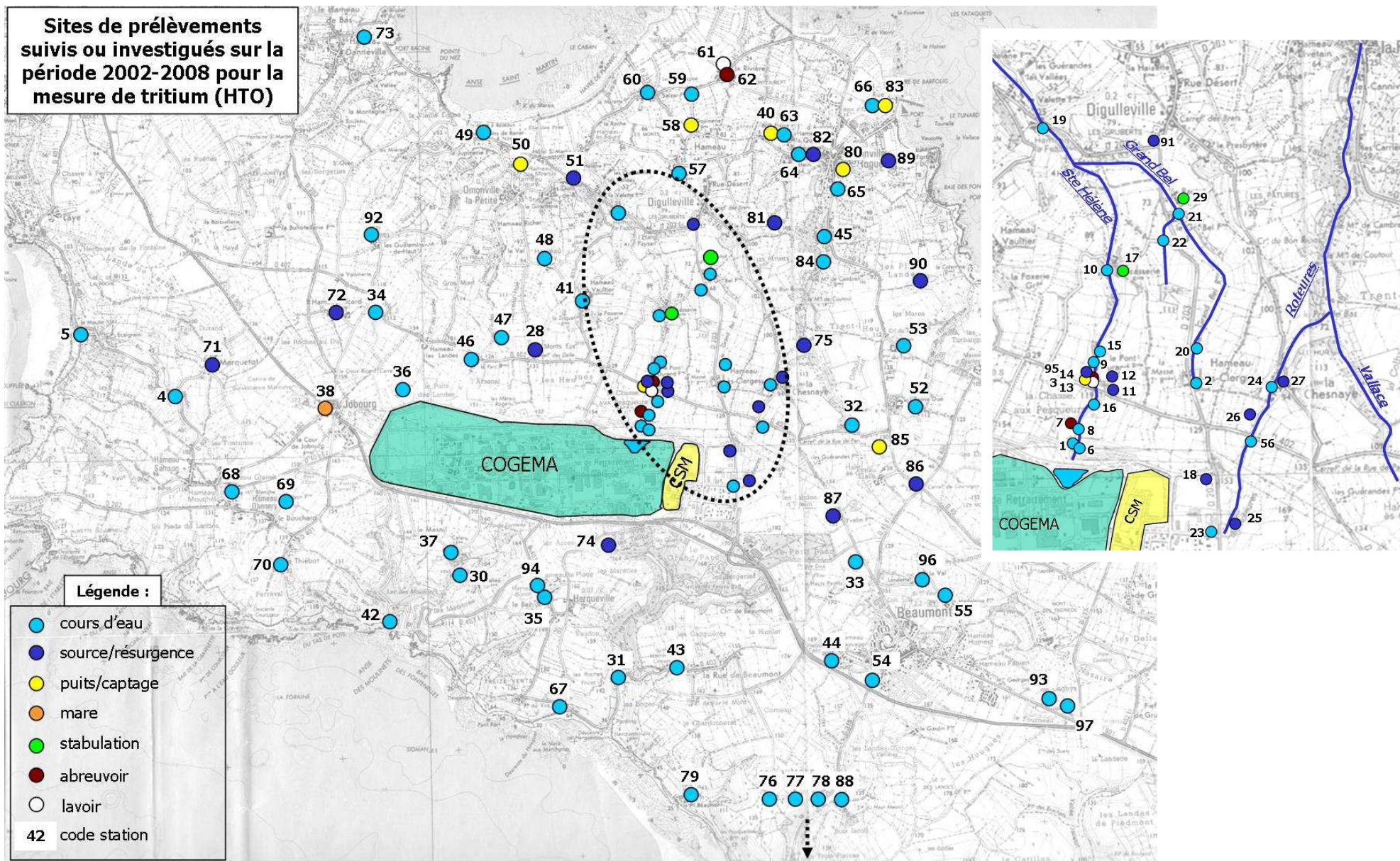


Figure L6 : Concentrations maximales en tritium mesurées entre 2002 et 2008 (source ACRO)

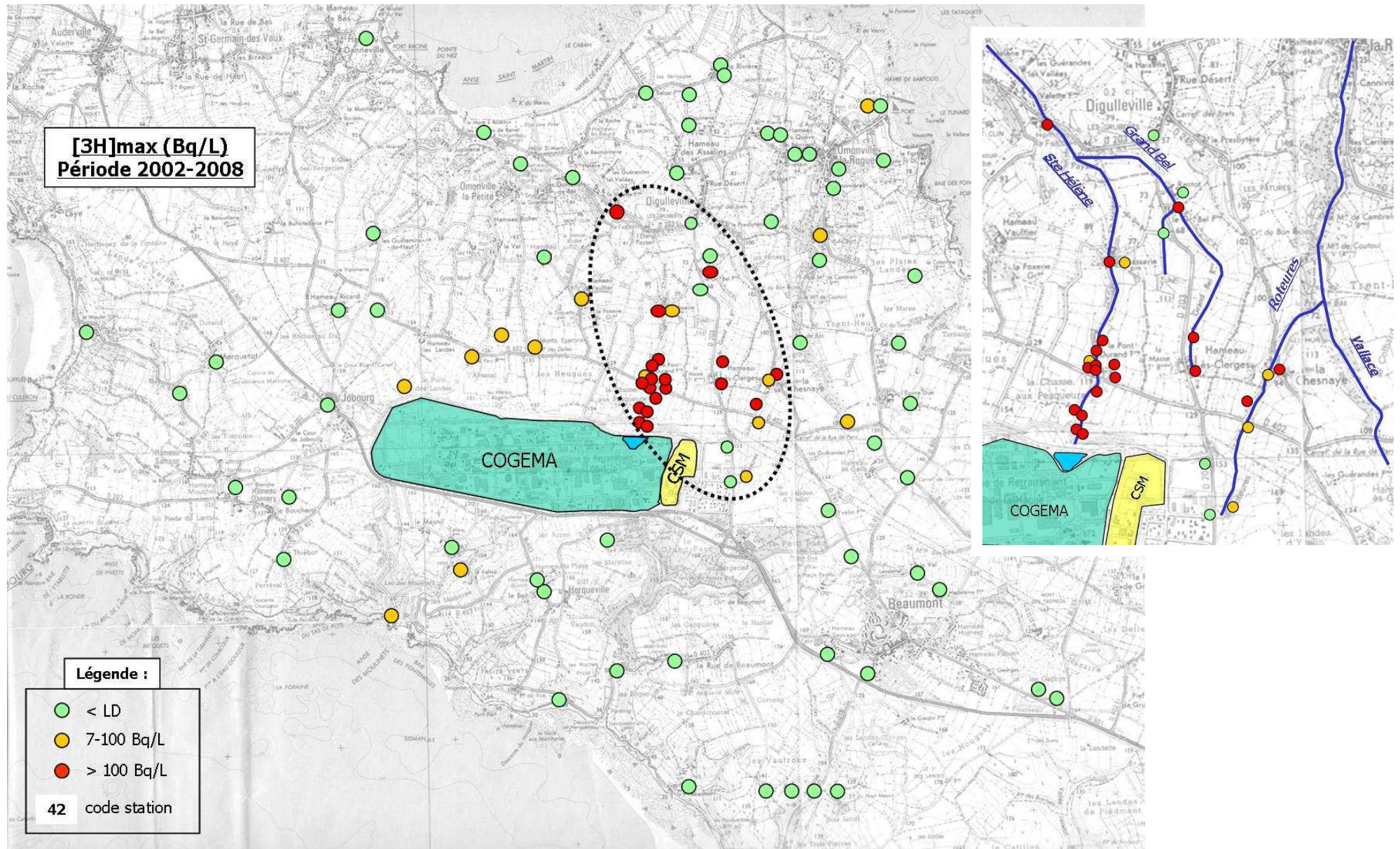


Tableau L7 : Teneurs (minimales, maximales et moyennes annuelles) en tritium des eaux contrôlées par l'ACRO à la suite de prélèvements effectués dans les environs du centre de stockage de la Manche entre janvier 2002 et décembre 2008. Les résultats sont communiqués en Bq/L.

Site	Codificaton	Localisation	Type	Nb val	Extremums		[C] moyenne annuelle						
					min	max	2002	2003	2004	2005*	2006	2007	2008
1	ST480	Sainte-Hélène/déversoir	cours d'eau	83	30	280	71	121	83	125	143	115	119
2	SGB	Source Grand-Bel	cours d'eau	84	616	826	731	697	790	766	762	727	690
3	PPD	Puits Pont Durand	puits	28	17	116	73	58	76			42	
4	Mo	Le Moulin (amont)	cours d'eau	83		< 7							
5	Mp	Le Moulin (aval)	cours d'eau	25		< 7							
6	ST4D	Sainte-Hélène	cours d'eau	28	7,7	27	13	15	27	13	12	7,7	12
7	Abreuvior	Sainte-Hélène	abreuvior	26	30	294	72	115		64	133	199	
8	ST10	Sainte-Hélène	cours d'eau	30	39	286	68	118	110	72	150	166	77
9	ST12	Sainte-Hélène	cours d'eau	84	44	252	124	135	116	137	142	119	131
10	STB	Sainte-Hélène/La Brasserie	cours d'eau	28	69	238	106	124	109		205		104
11	ST11S	Sainte-Hélène	résurgence	20	238	666	451	525	507	620	498	353	384
12	ST11S1	Sainte-Hélène	résurgence	16	246	629	371	470	337	533	497	261	336
13	LPD	Lavoir Pont Durand	lavoir	26	32	107	68	55	107				
14	BPD	Bassin Pont Durand	bassin	11	79	217		129	108	146	169		
15	ST13	Sainte-Hélène	cours d'eau	18	41	263	161	197	65	191	154		41
16	ST20	Sainte-Hélène	cours d'eau	22	40	393	69	154	211	365	260	149	173
17	SBLB	Sainte-Hélène/La Brasserie	stabulation	6	8,0	8,1		8,0					8,1
18	Les Carrières	Digulleville	résurgence	3		< 7							
19	HLF	Sainte-Hélène	cours d'eau	84	51	155	68	77	72	97	87	72	71
20	GB20	Grand Bel	cours d'eau	26	325	667	571	540		570			613
21	GB21	Grand Bel	cours d'eau	84	90	256	193	189	223	220	213	219	193
22	Timboeuf	Digulleville	cours d'eau	15		< 7							
23	ZID	Digulleville	source	8		< 7							
24	La Chesnaye CHN	Les Roteurs	cours d'eau	36	8,5	37	21	14		10			22
25	Roteurs S	Les Roteurs	cours d'eau	28	8,2	16	12	13	11	10	10	8,2	9,4
26	Les Grands Jardins GDJD	Les Roteurs	source	26	20	64	43	49	38	32	35	28	34
27	La Galerie GAL	Les Roteurs	cours d'eau	30	72	165	111	124	100	156	142	118	115
28	Les Delles Source	Les Delles	source	5	-	9		9					
29	Rantot S	Digulleville/ferme	stabulation	3		< 7							
30	La Vallée	Herqueville	cours d'eau	17	7,1	8,7	7,5	8,5		7,3		8,7	7,8
31	Herquemoulin	Ru. d'Herquemoulin	cours d'eau	15		< 7							
32	La Vallace	La Vallace/D402	cours d'eau	6	-	7,9			7,9				
33	La Sabine	Beaumont/La Sabine	cours d'eau	5		< 7							
34	Vau Jouan	Jobourg/Le Vau Jouan	cours d'eau	6		< 7							
35	Herqueville	Herqueville/Le Val	cours d'eau	12		< 7							
36	Ru des Landes	Jobourg/Le Ru des Landes	cours d'eau	8	7,2	11	9,0	10	11	7,2		11	9,4
37	Calais	Herqueville/Ferme	cours d'eau	14		< 7							
38	Mare église Jobourg MEJB	Jobourg	mare	3		< 7							
40	Forage Biche Pierre	OMRogue	puits	1		< 7							
41	Hameau Vautier	Digulleville	cours d'eau	5	7,1	8,7		8,7					7,1
42	Moulinets ADM	Ru. Des Moulinets	cours d'eau	82	7,1	64	22	19	18	17	16	13	10
43	Ru de Beaumont	La Rue de Beaumont	cours d'eau	1		< 7							
44	Hameau Sauvage	Beaumont/La Vallée	cours d'eau	1		< 7							
45	Moulin des Vaux	OMRogue/La Vallace	cours d'eau	1		< 7							
46	Les Combes	OMPette/Les Combes	cours d'eau	6	7,1	10			7,1	7,6		10	
47	Marais Roger	OMPette	cours d'eau	5	7,3	10	7,3		8,4			10	
48	Hameau Henry	OMPette/Les Delles	cours d'eau	0		< 7							
49	Le Moulin (Renet)	OMPette	cours d'eau	1		< 7							
50	Hameau Mesnil	OMPette/Les Delles	captage	1		< 7							
51	Les Fondas	OMPette	cours d'eau	1		< 7							
52	L'Epine d'Hue	OMRogue/Epine Due	cours d'eau	1		< 7							
53	Le Tourp	OMRogue/Ferme	cours d'eau	1		< 7							
54	Beaumont L'Eglise	Beaumont	cours d'eau	1		< 7							
55	Beaumont La Madeleine	Beaumont	cours d'eau	1		< 7							
56	Roteurs 402	Digulleville/Les Roteurs	cours d'eau	3	-	8,9	8,9		8,9				
57	Douville	Digulleville/Manoir	cours d'eau	1		< 7							
58	La Gouinerie	Digulleville/Ferme	puits	1		< 7							
59	Salzar	Digulleville/ferme	cours d'eau	1		< 7							
60	Le Vaudelin	Digulleville	cours d'eau	1		< 7							
61	La Rivière Lavoir	Digulleville/Heau La Rivière	lavoir	1		< 7							
62	La Rivière Abreuvior	Digulleville/Heau La Rivière	abreuvior	1		< 7							
63	Hameau Hochet	OMRogue	cours d'eau	1		< 7							
64	Hameau Divetaïn	OMRogue	cours d'eau	2		< 7							
65	Hameau Les Cannivières	OMRogue	cours d'eau	1		< 7							
66	La Vallace embouchure	OMRogue/La Vallace	cours d'eau	1	-	10			10				
67	La Mare aux marchands	Herqueville	cours d'eau	1		< 7							
68	Maison Blanche	Jobourg/aval STEP	cours d'eau	1		< 7							
69	Hameau Ribon	Jobourg/Ferme	cours d'eau	1		< 7							
70	Hameau Thiébot	Jobourg/La Vallée Margot	cours d'eau	3		< 7							
71	Merquetot village	Jobourg/ Le Moulin	source	1		< 7							
72	Hameau Ricard	Jobourg	source	1		< 7							
73	Port Racine	St Germain des Vaux	cours d'eau	1		< 7							
74	Les Varenbergs	Herqueville/Les Taillis	résurgence	1		< 7							
75	Le pré de bas	Digulleville/La Vallace	résurgence	1		< 7							
76	La Crécque	Vauville/La Vallée	cours d'eau	2		< 7							
77	Le Petit Douet	Vauville/Le Pt Douet	cours d'eau	1		< 7							
78	La Grande Vallée	Vauville/La Gde Vallée	cours d'eau	1		< 7							
79	Le Petit Beaumont	Beaumont	cours d'eau	2		< 7							
80	La Forge	OMRogue	puits	1		< 7							
81	Hutch Here	OMRogue	source	1		< 7							
82	Les Beurriers	OMRogue	source	1		< 7							
83	Le Hable	OMRogue	puits	1		< 7							
84	La Pelluette	OMRogue/La Vallace	cours d'eau	1		< 7							
85	Les Campagnes	300m N Es Galles Beaumont	captage	1		< 7							
86	Le Couvigny	GAEC Es Galles	source	1		< 7							
87	Yvelin	ferme S Es Galles	source	1		< 7							
88	Le Quesdoy	Fiamanville S CNPE	cours d'eau	7		< 7							
89	L'Etimbart	OMRogue SO fort	source	1		< 7							
90	La Cotentine	OMRogue entre OM et Eculleville	source	1		< 7							
91	Le Bosq	Digulleville entre Rantot Les Grut	source	1		< 7							
92	Guillemins de Haut	SO OMPette	cours d'eau	1		< 7							
93	Fosse Yvon	Beaumont aval ZI bassin décant	cours d'eau	1		< 7							
94	Herqueville Lavoir	Herqueville	lavoir	2		< 7							
95	BCPD	Basse cour Pont Durand BCPD	résurgence	1	-	50							50
96	STEP Beaumont (aval)	Le Val Beaumont	cours d'eau	1		< 7							
97	Les Cagbys Est	Beaumont EST ZI	cours d'eau	1		< 7							

* Dans le précédent rapport (RAP060418(01)-CSM-v4.0), les résultats pris en compte étaient ceux de la période allant de janvier 2002 à octobre 2005, les valeurs moyennes pour l'année 2005 ont été mises à jour.

M – Transfert à la chaîne alimentaire : juste un exemple

Certes les eaux des résurgences et de cours d'eau ne sont pas utilisées pour la consommation humaine, mais elles le sont pour le bétail et même le jardin. Dans le cas d'une vache alimentée de manière chronique avec de l'eau tritiée, des transferts ont été mis en évidence de façon expérimentale vers le lait (cf. publications ci-après).

Il est intéressant de se remémorer quelques données obtenues dans la Hague, non par l'ACRO mais par l'établissement Cogéma-La Hague dans le cadre de son auto-surveillance : en décembre 1989, le lait collecté chez l'un des sociétaires de la région présente une contamination par le tritium de 180 Bq/L ; deux mois auparavant, la concentration est de 480 Bq/L (ACRONIQUE N°28 – mars 1995) ; l'analyse des données pour ce sociétaire souligne l'existence d'une contamination chronique. Les vaches concernées s'abreuvent simplement d'une eau comme celle qui s'écoule dans la Sainte-Hélène dont les eaux avaient une concentration en tritium comprise entre 59 et 1400 Bq/L. Et que devient le lait ? Il est évidemment consommé par l'homme.

Certes le tritium suit les voies naturelles de l'eau dans l'organisme et s'élimine donc rapidement. Mais les résultats rapportés ne font état que du tritium sous la forme d'eau tritiée (HTO), nullement du tritium dit organiquement lié. Le tritium, hydrogène radioactif,

«s'échange» et entre dans la composition de la matière organique, donc de la vie. Une fraction du tritium va se trouver organifiée dans la caséine, le lactose et la graisse du lait. Une autre fraction va entrer dans la constitution des muscles, chair, etc. Et progressivement l'être vivant va voir son niveau de contamination interne croître avec le niveau de contamination externe, en l'occurrence celui de l'eau et de la nourriture qu'il consomme. Dans un autre domaine, les analyses faites sur les végétaux aquatiques, nombreuses, soulignent bien cet état pour le tritium. Les voies d'atteintes à l'homme se multiplient : lait, viande et légumes cultivés dans les jardins irrigués avec ces eaux.

Sur le plan sanitaire comme celui de la communication, trouver du tritium dans l'eau d'un ruisseau ou dans le lait ou les salades n'a pas du tout la même signification. Faut-il encore le chercher. La mesure du tritium organiquement lié, mesure délicate, ou celle du tritium labile dans le lait, les légumes, etc. ne fait pas partie du programme de surveillance du gestionnaire du centre.

Quel est donc le niveau de contamination du lait et autres produits cultivés ? Et Lorsque les eaux de la Sainte-Hélène dépassaient les 50000 Bq/L par suite de rejets concertés, quel était-il ? N'aurait-on pas sous-estimé l'impact sanitaire du centre depuis qu'il existe ?

Radiat Research 1985 Jul;103(1):105-13.

The transfer of tritium-labeled organic material from grass into cow's milk. [van den Hoek J](#), [ten Have MH](#), [Gerber GB](#), [Kirchmann R](#).

Two lactating cows were given tritiated hay containing organically bound tritium (OBT) only for about 4 weeks. Tritium activity was determined in milk fat, casein, lactose, milk water, and whole milk. In one cow, milk was sampled for approximately 450 days, covering two lactation periods. At steady state, specific tritium activities in casein, lactose, and milk water were 58, 10, and 11%, respectively, of those in milk fat. Some OBT was converted into THO during catabolism and entered the body water pool. This 3H source accounted for nearly 40% of tritium in lactose, but in casein and milk fat about 97% of tritium was derived from ingested OBT. Comparison of the specific activity of milk constituents with the specific activity of ingested hay showed the following values: 0.84 for milk fat, 0.49 for casein, 0.05 for lactose, 0.10 for milk water. About one-half of the tritium transferred to milk was found in organic milk constituents and the other half in milk water. Decrease of tritium activity with time could be represented by three components with different half-lives for the organic milk constituents. Those for milk fat and casein were quite similar, with a slow component of nearly 3 months.

PMID: 4070555 [PubMed - indexed for MEDLINE]

Health Physics 1983 Feb;44(2):127-33.

The metabolism of tritium and water in the lactating dairy cow. [van den Hoek J](#), [ten Have MH](#), [Gerber GB](#).

Two lactating Friesian cows received tritiated water (19 nCi of tritium per ml) to drink for 25 days. Urine and milk samples were collected and analyzed for tritium content. Plateau levels in milk water, and in milk fat, lactose and casein were reached in about 18 days. Tritium concentration in milk water and urine water was about 82% that in drinking water, indicating dilution with water from food and metabolic processes, and as a result of exchange through lungs and skin. At steady state, tritium activity in milk fat, lactose and casein was about 30, 28 and 15% of that in drinking water on a weight basis; at this time, about 1.5% of the daily ingested tritium appeared in one litre of milk in both animals. Comparison of the specific activity of the various milk constituents with the specific activity of the body water showed that the highest tritium incorporation occurred in lactose (0.58), followed by milk fat (0.36) and casein (0.27). Tritium incorporation in milk dry matter (0.45) is considerably higher than in most tissue components of several mammalian species after continuous ingestion of THO as reported in the literature. Tritium levels fell rapidly in milk and urine after the administration of THO was stopped, with half-times of around 4 days for the rapid components in all milk constituents. A slow component of 44 days, 225 days and 24 days half-time was found in milk water, milk fat and casein respectively.

3ème partie

Interview

Ouvert en 1969, recouvert en 1995, le Centre de Stockage de la Manche (CSM) aura connu bien des vicissitudes. Les nappes phréatiques et cours d'eau du plateau de la Hague le reflètent encore actuellement. Ancien ingénieur de l'ANDRA, témoin direct des évolutions du CSM et des errements dans la gestion des déchets, Christian Kernaonet a toujours été le partisan farouche d'une reprise de la première tranche de déchets stockés. Centre Sans Mémoire, le CSM ?

ACRO : - *Christian Kernaonet, votre parcours professionnel a fait que vous êtes l'une des « mémoires » du Centre de Stockage de la Manche, est-ce que vous pouvez nous le détailler ?*

Christian Kernaonet : - Formé en radioprotection à l'armée, j'ai été embauché en 1973 par STMI (Société des Techniques en Milieu Ionisant) comme technicien de radioprotection et de sécurité. STMI était l'opérateur qui intervenait sur le centre pour le compte d'Infratome. A l'époque, et depuis le démarrage du site en 1969, les personnels d'exécution travaillaient comme sur un chantier de terrassement ordinaire. De nombreuses contaminations internes des travailleurs étaient relevées lors des visites médicales sur le site Cogéma, d'où mon embauche pour m'occuper de la radioprotection. En 1979, à sa création, je suis passé ANDRA.

ACRO : *Quelles étaient, à votre arrivée, les conditions de stockage des colis radioactifs ?*

C.K. : Jusqu'en 1975, les déchets étaient stockés en pleine terre. C'est toute cette première tranche qu'il faut reprendre. Après, le stockage s'est amélioré. La seconde puis la troisième tranche en particulier ne me posent pas de souci, mais la première oui ! D'autant plus qu'on est directement sur la nappe phréatique. L'hiver, on faisait des relevés en TO3 (Tranchée Ordinaire n°3), les deux pieds dans la flotte ! Comme je le répète souvent, pour la première tranche, la couverture du Centre c'est « un couvercle en or sur une poubelle sans fond ».

ACRO : *Pour cette période 1969-1975, quelle connaissance aviez-vous des colis de déchets qui rentraient au CSM ?*

C.K. : Le « remplissage » du CSM devait théoriquement s'étaler sur 30 ans, puis être surveillé pendant 300 ans...mais on n'avait pas d'infos sur les radioéléments que contenaient les colis ! Les bordereaux étaient renseignés par les producteurs et la seule information qu'on avait c'était la CMA* (Concentration Maximale Admissible) qui devait être inférieure à 1000.

ACRO : *Et en ce qui concerne l'archivage des bordereaux ?*

C.K. : Au cours d'une tempête, les dossiers des déchets radioactifs de la première tranche ont été rendus inexploitable par l'inondation du bungalow où ils étaient classés. C'est 30 à 40 % des informations qui ont été perdues. Les fiches inexploitable ont été réécrites par la suite en l'absence de toute donnée fiable.

ACRO : *Quelles améliorations ont été apportées par la suite ?*

C.K. : A partir de 1975-1978, la situation s'est nettement améliorée et techniquement on a gagné en qualité (dalles drainées, déchets compactés et bétonnés, remplissage des vides entre colis...). Une nouvelle politique de gestion des déchets s'est mise en place. On a repris les entreposages défectueux encore accessibles. A effectif constant, on a même amélioré la cadence de stockage en passant de 200 à 1400 m³/mois !

ACRO : *Est-ce que la connaissance du contenu des colis s'est également améliorée ?*

C.K. : On avait installé une cellule de contrôle Gamma dernier cri. On s'est alors aperçu que nos contrôles en émetteurs Alpha des colis provenant de Valduc ne correspondaient pas à leurs bordereaux. Valduc se considérant comme le seul expert des radionucléides émetteurs alpha et surtout ne voulant pas remettre en cause sa comptabilité des radionucléides (notamment des Pu), nous avons reçu l'ordre de ne plus mesurer les colis en provenance de Valduc au CSM.

Remarquez, pour l'anecdote, sur Cogéma (la Hague), en tant que Service de Protection Radiologique (SPR), j'ai rencontré un scénario analogue sur une mesure de Plutonium (Pu) dans les boîtes à gants : le Pu retrouvé dans ces boîtes par le SPR ne correspondait pas à la balance Pu déjà écrite. Donc, on nous a demandé « d'oublier » le Pu de la boîte à gants.

ACRO : *nous suivons l'état radiologique des cours d'eau du plateau de la Hague. La pollution en tritium a tendance à baisser un peu partout, sauf la source du Grand Bel qui connaît une pollution permanente. Votre connaissance du terrain vous permet-elle d'avancer quelques hypothèses ?*

C.K. : On avait des points de captage sur le centre. Je m'étais aperçu que la nappe phréatique bougeait car des points se révélaient secs. En fait, le terrain mis en charge par les colis sur la nappe phréatique se comporte exactement comme une éponge : quand on appuie dessus, ça sort par les côtés !

ACRO : *Quelles autres références aviez-vous ?*

C.K. : On suivait en particulier les piézomètres situés sur la zone nord-ouest du centre car c'étaient les plus chargés en tritium (jusqu'à 1 million de Bq/l), jusqu'à ce que j'apprenne un beau jour qu'ils avaient été bétonnés pour ne pas gêner la réalisation de la couverture. J'étais intervenu là-dessus car rien n'empêchait techniquement de les conserver.

ACRO : L'annonce de la couverture du centre est l'événement qui marque le début de vos ennuis professionnels ?

C.K. : C'est vrai. J'ai insisté pour que soit reprise la 1^{ère} tranche avant de faire la couverture afin de la rendre conforme au stockage des tranches 2 et 3. On m'a répondu : « ça ferait prendre trop de risque aux personnels pour déstocker ». Mais pour stocker, on n'a pas fait prendre de risque ?

ACRO : Du coup, vous avez été muté.

C.K. : Il fallait laisser le champ libre pour la couverture. En février 1994, on m'a muté à Bolène dans un « placard » pour une période annoncée de 2 ans, avec promesse de retour. Comme cette promesse n'était pas respectée, je me suis manifesté, et là-dessus, j'ai été licencié pour faute professionnelle. Il a fallu monter jusqu'au Ministère du Travail où on m'a conseillé de la mettre en veilleuse et de négocier mon départ.

ACRO : Etiez-vous le seul à avoir été déplacé ?

C.K. : En réalité, non. Je n'ai pas été le seul à « muter » : le responsable de STMI qui en savait autant que moi sur le CSM a été embauché ingénieur sécurité à Soulaines.

ACRO : On emploie le terme de « colis exotiques » pour définir l'arrivage massif de Pu en provenance des centres CEA de Valduc et Fontenay avant fermeture du CSM. Comme colis exotique, nous avons également entendu parler d'une voiture, une Dauphine semble-t-il...

C.K. : Il y a trois voitures au CSM. Toutes accidentées. Elles appartiennent toutes au même propriétaire.

ACRO (épilogue) : *On peut se demander comment trois voitures (accidentées, mais non compactées) ont pu échapper à l'inventaire scrupuleux des responsables en charge du CSM...on pourrait conclure rapidement à un laxisme d'une autre époque. Cependant, les trop nombreuses approximations, oublis ou peut-être dissimulations jalonnant l'histoire de ce centre de stockage nous interdisent, eu égard aux générations futures, de « refermer le couvercle » aussi... tranquillement.*

*Concentration Maximale Admissible (CMA) : la CMA représentait l'activité radioactive par unité de volume. Elle était exprimée en Curie par m³ et était fonction du radionucléide considéré. Elle n'est plus employée depuis plusieurs années et a été remplacée par la Limite Annuelle d'Ingestion (LAI).

4^{ème} partie

Informations supplémentaires

Glossaire

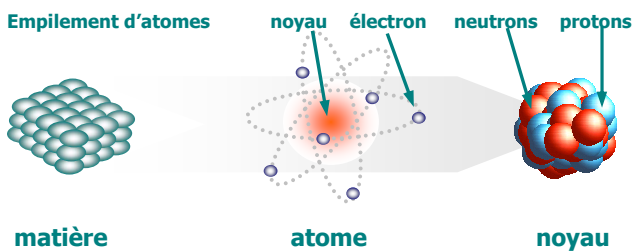
ACRO	<i>Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest.</i>
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs.
banalisation	la banalisation doit permettre aux terrains de retrouver un usage normal sans aucune restriction, la radioactivité ayant déchu à un niveau suffisamment faible pour ne plus présenter de risque significatif pour les personnes et l'environnement et en tout cas pas supérieur à celui correspondant à une fraction (quelques %) des limites de dose pour les personnes du public définies par la réglementation.
Castaing	président d'un groupe de travail du CSSIN qui remit plusieurs rapports concernant la gestion des déchets radioactifs dans les années 1981-1983.
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique.
CFDT	Confédération Française Démocratique des Travailleurs
CIPR	Commission Internationale de Protection Radiologique
CMA	Concentration Maximale Admissible
CSM	Centre de Stockage de la Manche
CSA	Centre de Stockage de l'Aube
CSPI	Commission Spéciale et Permanente d'Information près de l'établissement de La Hague, dite aussi "Commission Hague".
CSSIN	Conseil Supérieur de la Sûreté et d'Information Nucléaire
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires. C'est la compagnie qui gère l'usine de retraitement des combustibles irradiés qui jouxte le centre de stockage. Il s'agit d'une filiale du CEA (actuellement AREVA NC)
CRILAN	Comité de Réflexion, d'Information et de Lutte Anti-Nucléaire. Association loi 1901 qui a porté plainte contre l'ANDRA.
DGSNR	Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection.
DSIN	Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires. Il s'agit de l'autorité de sûreté nucléaire qui dépend des ministères de l'industrie et de l'environnement. Elle a pris le relais le 13 mai 1991 du SCSIN.
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
INB	Installation nucléaire de Base.
IPSN	Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire. Institut de recherche dépendant du CEA.
OPRI	Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants. Organisme dépendant du ministère de la santé chargé de surveiller les installations nucléaires. Il a remplacé le SCPRI.
piézomètre	Forage de petit diamètre qui atteint les nappes phréatiques et par lequel sont faits des prélèvements d'eau souterraine.
RFS	Règles Fondamentales de Sûreté.
SCPRI	Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants. Organisme dépendant du ministère de la santé chargé de surveiller les installations nucléaires. Il a été remplacé par l'OPRI.
SCSIN	Service Central de la Sûreté des Installations Nucléaires. Autorité de sûreté créée le 27 mars 1973 et qui sera remplacée le 13 mai 1991 par la DSIN.
Turpin	Président d'un groupe d'experts indépendants qui a eu pour mission de faire un état des lieux du CSM en 1996.

La radioactivité (phénomène, unités, ...)

Transformation spontanée du noyau de l'atome, évènement aléatoire, émission d'un rayonnement sont des critères qui définissent la radioactivité.

De l'atome au noyau...

Unité de matière ou plus petite partie d'un corps pur, **l'atome** est constitué d'un **noyau** autour duquel gravite un ou plusieurs **électrons** qui forment un « nuage » appelé aussi « cortège électronique ».



Le noyau est chargé positivement et les électrons négativement, de telle sorte que l'ensemble est neutre.

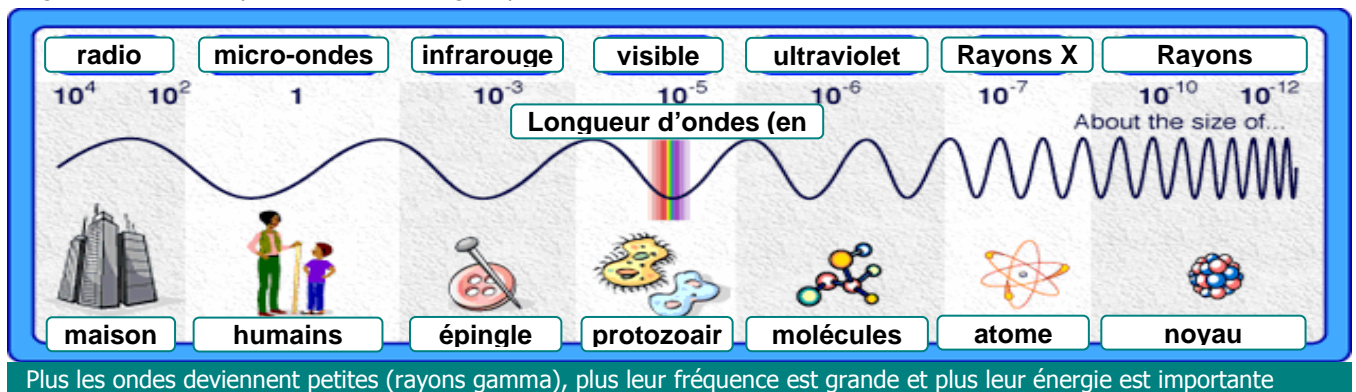
Dans la nature, **on connaît 92 éléments différents (ou corps pur)**, allant de l'hydrogène (le plus léger) à l'uranium (le plus lourd), qui ne peuvent être ni décomposés en substance plus simple, ni synthétisés à partir de réactions chimiques ordinaires.

Le noyau est quant à lui un assemblage de **protons** et de **neutrons** ; ces deux particules de masses voisines sont également appelées **nucléons**. Par convention, le nombre total de nucléons est appelé « nombre de masse » (**A**) alors que le nombre de protons est appelé « numéro atomique » (**Z**).

En fait, l'élément est caractérisé du point de vue chimique par le nombre de protons (Z) et du point de vue nucléaire, par le nombre de nucléons (A).

Deux éléments ayant le même nombre Z et un nombre A différent sont appelés **isotopes** ; ils ont les mêmes propriétés chimiques mais des propriétés nucléaires différentes.

Fig.1 : les différents rayonnements électromagnétiques



Plus les ondes deviennent petites (rayons gamma), plus leur fréquence est grande et plus leur énergie est importante

Du noyau à la radioactivité...

La radioactivité est le résultat de la **transformation spontanée du noyau** de l'atome et seuls les noyaux dits « instables » sont concernés.

Avant la transformation, appelée aussi désintégration, on parle de **noyau père**, après, de **noyau fils**. Il peut y avoir plusieurs transformations successives avant d'arriver à un noyau stable ; on parle alors de **chaîne de désintégration**. Dans une chaîne de désintégration, le père comme ses descendants, hormis le dernier, sont donc tous radioactifs.

Lors d'une désintégration, il y a **émission d'un rayonnement** ; c'est ce rayonnement qui constitue le phénomène de radioactivité.

On observe couramment trois types de rayonnements :

- le **rayonnement alpha (noté « α »)** qui correspond à l'éjection d'un noyau d'hélium (particule) ;
- le **rayonnement bêta (noté « β »)** qui correspond à l'éjection d'un électron (β-) ou d'un positon (β+).
- le **rayonnement gamma (noté « γ »)** qui correspond à l'émission d'un rayonnement analogue à la lumière mais beaucoup plus énergétique. Il s'agit d'un rayonnement dit électromagnétique.

Notation courante



A : nombre de masse
Z : numéro atomique

X : symbole de l'élément chimique

La notation courante des radioéléments est



Lors de l'émission d'un rayonnement gamma, le noyau n'est pas transformé et il bien souvent associé à un rayonnement du type α ou β.

Tous ces rayonnements ont un point commun : ils peuvent **ioniser** la matière qu'ils traversent, c'est-à-dire lui arracher des électrons. Ce sont ces ionisations qui, dans la matière vivante, sont à la base même des dégâts biologiques dits « **radio-induits** ».

Par ailleurs, lorsqu'un élément est déclaré radioactif, on parlera plus volontiers de **radioélément** ou de **radionucléide**.

Si plusieurs éléments ayant exactement les mêmes propriétés chimiques (Z identique) sont radioactifs, on parlera alors de **radio-isotopes**.

De la radioactivité naturelle à l'artificielle

La radioactivité est présente naturellement dans l'environnement et on peut distinguer les radioéléments « **cosmogéniques** » des radioéléments « **primordiaux** »

Les premiers, appelés cosmogéniques, sont fabriqués en permanence dans la très haute atmosphère par interaction des rayonnements cosmiques sur des noyaux stables légers comme ceux de l'azote ou de l'oxygène. Ainsi naissent le carbone-14 (isotope radioactif du carbone noté ^{14}C) et le tritium (isotope radioactif de l'hydrogène noté ^3H) pour ne citer que les plus connus.

Les seconds, appelés radioéléments primordiaux (ou parfois radioéléments telluriques parce qu'ils sont initialement contenus dans l'écorce terrestre), sont nés avec la Terre et subsistent encore de nos jours parce qu'ils ont une très longue période physique. Les plus courants sont : le potassium-40 (^{40}K) qui se désintègre en donnant directement un élément stable ; l'uranium-238 (^{238}U), le thorium-232 (^{232}Th) et l'uranium-235 (^{235}U) qui donnent naissance à des séries de descendants radioactifs.

Cependant, l'homme a la possibilité depuis 1934 de créer des noyaux qui n'existent pas dans la nature. Il s'agit de **radioéléments artificiels**. Généralement, ils sont classés en trois catégories :

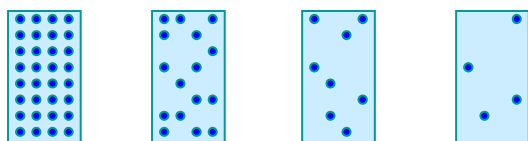
- **les produits d'activation** obtenus suite à la capture par le noyau d'un ou plusieurs neutron(s) ;
- **les produits de fission** qui résultent de la fragmentation de l'uranium-235 ou du plutonium-239 ;
- **les transuraniens** qui correspondent aux éléments plus lourds que l'uranium.

Il faut remarquer que des radioéléments naturels peuvent être produits par l'homme. Pour illustration, l'utilisation civile et militaire de l'énergie nucléaire a introduit de grandes quantités de tritium et de carbone-14 dans l'environnement.

La durée de vie des radioéléments...

Considérant un radioélément donné, il est impossible de dire à quel moment il se désintégrera. Ce phénomène est spontané donc aléatoire. En revanche, il est possible de prévoir le comportement d'un grand nombre de ce même radioélément. La désintégration radioactive suit une loi exponentielle de telle sorte que la moitié des noyaux instables ont disparu après un temps identifié à la **période physique** du radioélément. Chaque radioélément possède sa propre période physique qui varie de moins d'une seconde à plusieurs millions d'années.

Prenant l'exemple de l'iode-131 de période 8 jours :



Aujourd'hui 100% 8 jours après 50% 16 jours après 25% 24 jours après 12,5%

Après 24 jours, il reste 4 noyaux d'iode-131 contre 32 au départ.

Grandeurs et unités...

Grandeur	Unité	Définition
Période physique ou demi-vie	seconde, minute, jour ou année	Représente le temps au bout duquel la masse (ou l'activité) d'un radioélément a été divisée par deux.
Activité	Becquerel (Bq)	1 Bq = 1 désintégration par seconde Correspond au nombre de radioéléments qui se désintègrent par unité de temps L'ancienne unité était le curie (Ci) : 1 Ci = 37 MBq
Dose absorbée	Gray (Gy)	Quantité d'énergie absorbée par la matière vivante ou inerte et par unité de masse.
Dose efficace	Sievert (Sv)	Proche de la dose absorbée, cette grandeur tente de traduire les dommages radiologiques occasionnés. La réglementation fixe une limite annuelle de 1 mSv par an pour le public.

Multiples et sous-multiples usuels...

intitulé	notation	facteur	Exemple
penta	P	10^{15} 1 million de milliard	900 PBq : quantité de ^{137}Cs relâché avec les essais nucléaires atmosphériques.
téra	T	10^{12} mille milliard	1,49 TBq : quantité de ^{137}Cs rejetée en mer par Cogéma-la Hague en 2001.
giga	G	10^9 1 milliard	0,42 GBq : quantité de ^{137}Cs rejetée en mer par la centrale de Penly en 1999.
méga	M	10^6 1 million	1300 MWe : puissance d'un réacteur de Penly.
kilo	k	10^3 mille	661,7 keV : énergie du gamma émis lors de la désintégration du ^{137}Cs
milli	m	10^{-3} 1 millième	1 mBq : plus petite quantité de ^{137}Cs mesurable dans un 1 litre d'eau de mer
micro	μ	10^{-6} 1 millionième	870 μSv : niveau moyen de l'irradiation naturelle dans le calvados
nano	n	10^{-9} 1 milliardième	80 nGy/h : débit de dose moyen liée à l'irradiation naturelle dans le calvados

Le tritium, un risque sanitaire sous estimé

Introduction

Lors d'un colloque de la *Société Française de Radioprotection*, en 1999, le conseiller scientifique de l'ACRO intervenait à la tribune pour réclamer que le risque lié au Tritium soit réévalué prenant en compte des données nouvelles de la littérature scientifique. Depuis le débat a progressé.

Récemment, ce sont les autorités britanniques qui ont secoué le microcosme du nucléaire en faisant leurs conclusions d'un groupe d'experts qui recommandent de multiplier par deux la radiotoxicité du tritium.

Le tritium est de l'hydrogène radioactif, c'est-à-dire le plus petit élément dans la nature. Sa radioactivité, un rayonnement bêta dit « mou » car peu énergétique, est considérée comme peu nocive. Discret donc, mais présent dans presque toutes les installations nucléaires, il est rejeté quasiment intégralement dans l'environnement.

Définir la nocivité de la radioactivité est habituellement du ressort de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR). En France, ses recommandations sont parole d'évangile et il n'est pas possible de les remettre en cause. On mesure donc l'audace britannique qui a ouvert une brèche dans la justification de la politique du tout rejet, concernant cet élément.

Résumé

La solution de facilité dans la gestion d'un déchet radioactif (ici le Tritium), qui consiste à le traiter par un simple rejet banalisé dans l'environnement, est justifiée par les exploitants nucléaires qui insistent sur sa « très faible radiotoxicité ».

Pourtant, des études de plus en plus nombreuses soulignent une sous-estimation du risque lié à ce radionucléide.

Il y a d'abord l'approche biophysique. Les radiations émises par le tritium sont traitées comme le sont les rayonnements pénétrants (radiations gamma) alors que le dépôt d'énergie s'effectue sous forme de traces courtes (où le dépôt d'énergie est plus grand) et très hétérogènes à l'échelle cellulaire.

Il y a ensuite l'approche radiobiologique. Des effets sont insuffisamment pris en compte. C'est d'abord « l'effet isotopique » où il apparaît dans certaines expérimentations que le tritium serait intégré de façon privilégiée par rapport à l'hydrogène et ceci en raison de sa masse. Le rôle joué par les molécules d'eau en interaction étroite avec l'ADN, où un enrichissement en Tritium est maintenant démontré, suggère que les effets sur le patrimoine génétique seraient plus importants que prévu.

En outre, il faut retenir que lorsqu'un atome de Tritium se désintègre, il se transforme en hélium ce qui conduit à la

perte d'un hydrogène au sein d'une molécule. Ce phénomène, appelé « transmutation nucléaire », a des conséquences biologiques dans la cellule qui sont encore mal appréciées (en particulier les mutations générées).

En radioprotection, on utilise des paramètres qui permettent d'estimer le risque radio-induit (par exemple l'induction de cancers) en corrélation avec la dose d'exposition. Parmi ceux-ci figurent un paramètre important, le coefficient d'efficacité biologique relatif (EBR). Pour les radiations émises par le Tritium, l'EBR est toujours pris égal à 1. Pourtant, dans de nombreux travaux concernant des altérations graves du patrimoine génétique (atteinte biologique importante quand on s'intéresse au cancer radio-induit), l'EBR est le plus souvent calculé entre 2 à 3, et jusqu'à 8 dans certaines études. Cela signifie concrètement que, pour ce seul aspect du problème, le risque lié au Tritium est déjà sous-estimé par un facteur 2 à 3.

Enfin, des études récentes sur les modèles biocinétiques, tendent à montrer que la CIPR sous-estime également le processus d'incorporation et de rétention du Tritium dans la matière organique. D'autre part, le Tritium pourrait être bioaccumulé dans la chaîne alimentaire, particulièrement en milieu aquatique. La encore, le rôle des molécules organiques serait prépondérant.

Toutes ces considérations prises globalement vont dans un même sens : il y a une réelle sous-estimation du risque lié au Tritium.

Les voies d'atteintes à l'Homme

Le Tritium est l'isotope radioactif de l'hydrogène. A ce titre, il peut se substituer aux atomes d'hydrogène qui constituent l'un des quatre éléments fondamentaux (avec le carbone, l'azote et l'oxygène) de la matière organique, donc des corps vivants.

Le Tritium rejeté dans l'environnement, sous forme d'eau tritiée [HTO] ou sous forme de gaz (tritium et méthane), sera incorporé par les espèces vivantes de plusieurs façons : par inhalation, par transfert cutané et enfin par ingestion.

En dehors des expositions professionnelles, c'est la voie ingestion qui est le mode d'exposition nettement dominant pour le public.

L'eau tritiée incorporée par un organisme vivant se comporte de manière identique à l'eau constitutive de cet organisme (un peu plus de 70% chez l'homme à plus de 90 % dans certaines espèces végétales et animales) et se répartit dans tout le corps.

Parmi les espèces végétales, plantes en milieu terrestre et phytoplancton en milieu aquatique, l'activité de photosynthèse conduit à l'incorporation d'eau tritiée [HTO] dans des molécules organiques [OBT³²].

Ensuite, par ingestion, les espèces vivantes (et l'homme en bout de chaîne alimentaire) incorporent du Tritium sous forme d'eau tritiée mais également sous forme de tritium organique.

Les effets biologiques

Les atomes radioactifs [3H] se désintègrent en émettant des rayonnements particuliers bêta (β) qui se caractérisent par l'énergie cinétique qui leur est associée.

Comme toutes radiations ionisantes, les rayonnements β - du tritium ionisent la matière (arrachent des électrons) et c'est ce phénomène qui, fondamentalement, explique les dégâts biologiques qui en découlent.

Par conséquent, la description des effets biologiques potentiels dus au tritium ne se distinguent pas des effets radio-induits dus à d'autres corps radioactifs.

La compréhension globale de ces lésions induites à l'échelle moléculaire et de leurs conséquences biologiques possibles sont résumés dans l'encadré ci-contre.

Compte-tenu de la nature des rayonnements émis par le tritium (bêtas de faible énergie), il n'y a aucun risque d'exposition externe. Aussi, en-dehors d'expositions professionnelles accidentelles, le risque pour le public exposé à des rejets de tritium dans l'environnement est un risque d'exposition interne à des doses faibles mais reçues de façon chronique. C'est donc le risque d'effets stochastiques qui est à considérer ici.

Le système de radioprotection

En tant qu'isotope de l'hydrogène, le tritium est bien un élément toxique en raison exclusivement de sa nature radioactive. N'en déplaise à ceux qui, inlassablement, cherchent à le distinguer des autres substances radioactives pour mieux le banaliser. En fait, le débat qui s'est instauré depuis plusieurs années dans une partie de la communauté scientifique viserait plutôt à réévaluer à la hausse le risque radio-induit qui est affecté au Tritium³³.

Les radiations ionisantes agissent sur le vivant à travers deux modes d'action :

- l'effet direct qui se traduit par des ruptures dans les liaisons covalentes, ce qui signifie qu'elles « cassent » des molécules. Ainsi de telles cassures sur des molécules d'ADN conduiront soit à des altérations de gènes, soit à des délétions ou aberrations chromosomiques (pouvant entraîner la mort de la cellule).

- l'effet indirect qui conduit à la production de radicaux libres (espèces chimiquement toxiques) à partir de la radiolyse de molécules d'eau. L'action prépondérante de ces espèces radicalaires sur l'ADN constituera des lésions chimiques potentiellement mutagènes et/ou cancérogènes.

Les rayonnements ionisants agissent au hasard. Aussi, au sein d'une cellule, toute molécule peut être la cible de leur action. Cependant, en raison du rôle central du patrimoine génétique dans le fonctionnement cellulaire, les lésions portées sur l'ADN seront responsables de l'essentiel des dégâts biologiques observés. Ils induisent dans la matière irradiée des événements initiaux (ionisations, excitations) pratiquement instantanés (de l'ordre de 10^{-15} sec.) mais dont les conséquences pathologiques éventuelles peuvent n'apparaître que plusieurs années ou décennies plus tard (risque cancérogène), voire dans la descendance (risque génétique).

Certes, des mécanismes de réparation existent et une cellule altérée peut « se débarrasser » d'anomalies radio-induites. Dans d'autres situations, l'anomalie n'est pas réparée ou elle est mal réparée ce qui conduira à une cellule toujours vivante mais comportant une (ou des) mutation(s) susceptible(s) de s'exprimer tardivement : risque de cancers ou d'effets génétiques qui définissent les « effets stochastiques ».

Enfin, lorsque les doses sont élevées, les dégâts induits dans une cellule sont tels qu'ils entraînent la mort de la cellule par nécrose. Quand, dans un tissu ou un organe, un grand nombre de cellules sont ainsi atteintes, c'est le tissu même ou l'organe qui est alors gravement affecté : on parle alors « d'effets déterministes ».

³² Organically Bound Tritium ou tritium organiquement lié

Dans le système de radioprotection actuel, le risque radio-induit est construit pour l'essentiel à partir des conséquences observées sur les survivants de Hiroshima et de Nagasaki qui ont subi une exposition externe à des rayonnements (principalement des photons) de façon aiguë. Quelques cohortes de patients et de travailleurs exposés ont permis de préciser le modèle de risque.

Lorsqu'il s'agit d'une contamination interne chronique, le système de radioprotection (développé par la CIPR³⁴) vise à quantifier le dépôt d'énergie (dû aux substances radioactives incorporées) en le moyennant par tissu ou par organe. Il intègre en outre un coefficient de correction (appelé facteur de pondération, W_R) pour tenir compte de la nature du rayonnement, essentiellement de la densité d'ionisation qu'il produit dans la matière. Par analogie (portant sur les doses équivalentes aux tissus ou aux organes), les coefficients de risques radio-induits issus d'Hiroshima-Nagasaki sont appliqués de la même façon aux situations de contaminations internes.

Le risque lié au tritium est sous-estimé

Cette approche simplificatrice ne tient pas compte de l'hétérogénéité, en particulier à l'échelle cellulaire, du dépôt d'énergie produit par les rayonnements bêta du tritium du fait de son faible parcours dans la matière vivante. Ce parcours de l'ordre du micron (0,6 μm en moyenne et 6 μm au maximum), nettement inférieur au diamètre moyen d'une cellule, peut conduire à ce qu'une quantité d'énergie importante soit déposée dans l'ADN si l'atome de tritium est localisé au niveau de la chromatine³⁵. Cette question est en outre accentuée par une densité d'ionisation élevée due aux bêtas du tritium [tableau n°1] comparativement aux rayonnements de référence (gamma du cobalt-60 ou rayons X de 250 kV) censés représenter le rayonnement externe produit lors des explosions nucléaires.

Tableau n°1 : Dépôt d'énergie par unité de parcours dans la matière			
	Bêtas [3H]	Ray. X (250 kV)	Gammas [60Co]
Transfert linéique d'énergie (keV/ μm)	4,7	1,7	0,22

Il s'agit là, sans doute, d'une des raisons principales qui explique la toxicité particulière du tritium.

En effet, de nombreux travaux scientifiques ont été réalisés pour évaluer les effets biologiques du tritium par comparaison à ceux obtenus à partir des rayonnements de référence. Ils sont très largement concordants pour exprimer, à dose absorbée égale, une radiotoxicité clairement plus élevée du tritium par rapport aux rayonnements de référence. A travers ces expérimentations, les auteurs calculent un coefficient d'efficacité biologique (EBR) qui est le rapport des dégâts biologiques induits par les bêtas du tritium sur ceux induits par les photons (X ou gamma). Ce rapport est souvent voisin de 1,5 à 2 (par comparaison aux rayons X) et de l'ordre de 2 à 4 (par comparaison aux rayons gamma). De tels résultats sont cohérents avec une approche biophysique qui conduit à un EBR théorique de 3,75.

Parmi ces expérimentations, celles qui présentent un intérêt prépondérant sont celles qui étudient des cibles biologiques telles que l'induction de cancers ou des anomalies chromosomiques car elles correspondent aux effets stochastiques. Dans ce cas-là, les EBR servent à construire les facteurs de pondération W_R .

Or, la CIPR a fixé arbitrairement un $W_R = 1$ pour les rayonnements bêta quels qu'ils soient. Concrètement, de ce seul point de vue, cela signifie que le risque radio-induit dû au tritium est sous-évalué d'au moins un facteur 2 à 4.

Par conséquent, toujours pour ce seul argument évoqué ici, les coefficients de dose par unité d'incorporation (CDUI) établis pour le Tritium [tableau n°2] devraient être corrigés à minima par ce même facteur. Ces coefficients permettent de calculer la dose efficace reçue par un individu (en Sv mais plus souvent en mSv ou μSv) à partir de la connaissance de l'activité incorporée (en Bq de tritium).

Tableau n°2 : Coefficient de dose efficace engagée par unité incorporée par ingestion (Sv.Bq-1) pour la population (*)						
Forme chimique	≤ 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
Eau tritiée	6,4.10-11	4,8.10-11	3,1.10-11	2,3.10-11	1,8.10-11	1,8.10-11
OBT	1,2.10-10	1,2.10-10	7,3.10-11	5,7.10-11	4,2.10-11	4,2.10-11

(*) : Directive 96/29/Euratom du 13 mai 1996

³³ Radiation protection n°152. Emerging issues on Tritium and low energy beta emitters. 2008. Report of AGIR. Review of risks from Tritium, 2007.

³⁴ Commission Internationale de Protection Radiologique. Groupe d'experts internationaux qui produit régulièrement des recommandations en matière de radioprotection.

³⁵ Forme condensée sous laquelle se présente l'ADN dans le noyau d'une cellule.

Incorporation de produits organiques tritiés et modèle biocinétique CIPR

D'autres questions relatives à la toxicité du tritium laissent suggérer que la sous-estimation du risque lié à ce radioélément pourrait être plus importante encore.

Le modèle biocinétique pour l'eau tritiée et les composés organiques tritiés est décrit pour le travailleur dans la Publication 78 de la CIPR (1997). Il est représenté par 2 compartiments représentant l'eau totale du corps (A) et l'ensemble de la matière organique (B). Il suppose que 97% de l'eau tritiée [tableau n°3] est en équilibre avec l'eau du corps et sont retenus avec une demi-vie de 10 jours, le restant étant incorporé dans les molécules organiques et retenu avec une demi-vie de 40 jours. Pour les composés organiques du tritium [tableau n°4], 50% de l'activité sont retenus avec la période biologique de l'eau libre (10 jours) et 50% avec la période biologique du carbone organique (40 jours).

Compartiment	Fraction incorporée (%)	Période biologique (jours)
A	97	10
B	3	40

Compartiment	Fraction incorporée (%)	Période biologique (jours)
A	50	10
B	50	40

Le modèle CIPR est mis en défaut par de récentes expérimentations où des rats ont été nourris avec du poisson prélevé dans la Baie de Cardiff (fort marquage en tritium libre et organique). De même des volontaires, ayant consommé des soles de cette région et qui ont été suivis pendant 150 jours, ont globalement confirmé les résultats. Le modèle CIPR sous-estime l'incorporation dans la matière organique et sa rétention dans le corps comme l'indique le tableau suivant :

Compartiment	Fraction incorporée (%)	Période biologique (jours)
A	30	10
B	70	100

D'autres auteurs, qui proposent un modèle alternatif multicompartimental, considèrent également que le modèle de la CIPR sous-estime la concentration en tritium organique présente dans le corps après incorporation.

L'ingestion de produits organiques tritiés est un facteur aggravant qui peut être parfois très élevé. Ainsi des auteurs ont pu montrer que la thymidine³⁶ tritiée est environ 10.000 fois plus radiotoxique que l'eau tritiée. D'autres ont observé que l'arginine³⁷ tritiée, qui est très rapidement incorporée dans l'embryon de souris, est encore plus radiotoxique pour cet élément (au stade de blastocyste).

La transmutation du tritium et l'effet isotopique

Deux autres raisons théoriques viennent renforcer les raisons plausibles qui peuvent expliquer l'existence d'EBR presque toujours supérieurs à 1 avec le tritium.

Tout d'abord, lorsqu'un atome [³H] se désintègre en émettant une particule bêta, il se transforme en [He] (hélium). Pour le tritium organique, cette transmutation conduit à la formation d'un carbone ionisé. Des expérimentations portant sur l'incorporation de bases pyrimidiques³⁸ tritiées dans différents types de cellules ont démontré un rôle mutagène de cette transmutation. Des auteurs utilisant de la thymidine tritiée sur des cellules humaines ont pu établir que 31% des ruptures ne concernant qu'un des deux brins de l'ADN seraient associées à ce phénomène de transmutation.

Par ailleurs, la différence de masse atomique entre des isotopes d'une même famille conduit à ce qui est communément appelé un « effet isotopique ». La différence de masse entre le tritium et l'hydrogène (un facteur 3) est susceptible de produire un effet discriminant entre ces deux éléments. Des données scientifiques plus récentes suggèrent une concentration renforcée de tritium au niveau de la couche d'hydratation intimement liée à l'ADN. Sans être du tritium organiquement lié au sens usuel, Baumgartner et collaborateurs ont clairement montré un enrichissement d'eau tritiée liée à des macromolécules (par comparaison à l'eau libre dans la cellule). Cet enrichissement en tritium est d'un facteur 1,4 pour l'eau d'hydratation des protéines et d'un facteur 2 pour l'eau d'hydratation de l'ADN.

³⁶ Base azotée entrant notamment dans la composition de l'ADN.

³⁷ Acide aminé.

³⁸ Base azotée dérivant de la pyrimidine, entrant notamment dans la composition de l'ADN.

Transferts du Tritium en milieu marin

S'agissant des rejets dans l'environnement et de l'exposition des populations, un autre élément dans l'évaluation des risques apparaît aujourd'hui sous-estimé ; c'est la question des transferts du Tritium dans les milieux aquatiques. Toutes les études d'impact sanitaire qui sont menées considèrent qu'il n'y a pas concentration du Tritium au travers de la chaîne alimentaire. Techniquement, les auteurs retiennent un facteur de concentration égal à 1 (cela signifie que la teneur en Tritium dans une espèce biologique est égale à sa teneur dans l'eau). Or depuis le début des années 2000, des études en radioécologie décrivent très clairement ce que les auteurs appellent un phénomène de « bioaccumulation ». De même, la surveillance menée par les autorités anglaises dans la zone maritime proche de Sellafield (usine de retraitement des combustibles usés) souligne des teneurs en Tritium dans les poissons les mollusques et les crustacés 10 fois supérieures à celles de l'eau de mer. En outre, lorsque le Tritium est incorporé (par processus biologique) dans des molécules organiques, ce phénomène est considérablement accentué comme le montrent les concentrations en Tritium dans les poissons de la baie de Cardiff (où les teneurs en Tritium dans les poissons sont de 1000 à 10000 fois supérieures à celles de l'eau de mer).

En conclusion

Toutes ces considérations prises globalement vont dans un même sens : il y a une réelle sous-estimation du risque lié au Tritium. Certes, même après réajustement, le Tritium restera moins radio-toxique que d'autres radioéléments (tels le Strontium-90 ou le Plutonium-239), mais il faut rappeler que ce radioélément est produit par l'industrie nucléaire en quantités considérables, sans cesse croissantes et que d'autres apports dans l'environnement sont attendus (ITER...).

- Il est essentiel que la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) procède très vite à un réexamen de son modèle biocinétique relatif au Tritium par une démarche qui aille dans le sens du principe de précaution ;
- des travaux de recherche doivent être engagés pour renforcer rapidement les connaissances dans les différents domaines (précédemment évoqués) portant sur les volets biophysiques et radiobiologiques mais également sur les transferts dans l'environnement ;
- la surveillance de l'environnement autour des sites nucléaires doit être améliorée (en particulier par la mesure du tritium organique dans les différentes matrices de l'environnement) ;
- à terme, les exploitants nucléaires, tenant compte des nouvelles données de la littérature et des réexamens par les groupes d'experts, doivent reprendre leurs évaluations d'impact sanitaire concernant les risques liés au Tritium.

Récemment au Canada où une attention particulière est portée sur le tritium du fait de la technologie des réacteurs nucléaires utilisés, un rapport d'expert³⁹ vient de recommander l'abaissement de 7000 Bq/L à 20 Bq/L, la limite admissible en tritium dans les eaux de boisson. Sur le plan international, des groupes d'experts revisitent le risque associé à ce radioélément. C'est donc bien un enjeu réel.

³⁹ Report and advice on the Ontario drinking water quality Standard for Tritium, publié le 21 mai 2009 et rendu public le 9 juin 2009.