



RAPPORT TRANSPARENCE ET SÉCURITÉ NUCLÉAIRE 2018

Réacteur Haut Flux - Institut Laue-Langevin



SOMMAIRE

Introduction.....	4
Présentation de l’Institut et du Réacteur à Haut Flux.....	4
Le réacteur	5
L’utilisation des neutrons par les scientifiques.....	8
Quelques exemples de belles réussites scientifiques en 2018	9
Modernisation des instruments.....	11
Dispositions prises en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection.....	12
Dispositions générales d’organisation.....	12
Dispositions techniques en matière de sûreté nucléaire	13
Généralités	13
Faits marquants en matière de sûreté	15
Contrôles internes et externes.....	15
Bilan des transports de matières radioactives	15
Exercices de préparation aux situations d’urgence.....	16
Perspectives pour l’année 2019	16
Dispositions techniques en matière de radioprotection.....	16
Généralités	16
Faits marquants de l’année 2018	17
Dosimétrie du personnel : résultats.....	17
Événements significatifs en matière de sûreté et de radioprotection	19
Généralités.....	19
Bilan 2018.....	20
Résultats des mesures des rejets liquides et gazeux.....	25
Les rejets gazeux	25
Les rejets liquides.....	27
Les rejets non radioactifs.....	28
Impact des rejets sur l’environnement.....	28

Impact des rejets gazeux	29
Impact des rejets liquides	29
Gestion des déchets radioactifs.....	31
Quantité de déchets évacués en 2018	31
Déchets de laboratoire	31
Déchets TFA	31
Déchets FA/MA/HA.....	31
Quantité de déchets présents dans l’installation en fin d’année 2018.....	32
Glossaire.....	33
Avis du CHSCT.....	35

Introduction

L'Institut Laue Langevin (ILL) est un organisme de recherche de renommée internationale en sciences et techniques neutroniques. L'ILL propose aux scientifiques une instrumentation de haute technologie. Institut de service, il met ses équipements à la disposition de la communauté scientifique internationale. Plus de 750 expériences sont effectuées chaque année à l'ILL, et environ 1500 chercheurs viennent y réaliser leurs programmes, sélectionnés par un comité scientifique.

L'Institut est doté d'une source de neutrons très intense, le Réacteur nucléaire à Haut Flux qui constitue l'Installation Nucléaire de Base n° 67. L'installation est soumise au Décret n° 94-1042 du 5 décembre 1994 portant nouvelle autorisation de création par l'Institut Max Von Laue-Paul Langevin d'une installation dénommée Réacteur à Haut Flux, sur le site de Grenoble (Isère).

Conformément à l'article L125-15 du Code de l'Environnement, l'Institut Laue Langevin, en tant qu'exploitant d'une Installation Nucléaire de Base, doit produire chaque année le présent rapport d'information du public.

Présentation de l'Institut et du Réacteur à Haut Flux

L'Institut Laue Langevin et le Réacteur à Haut Flux sont situés au Nord du polygone scientifique de Grenoble (voir photo ci-dessous), sur le site EPN-Campus regroupant plusieurs organismes scientifiques :

- ✓ l'ILL,
- ✓ l'ESRF, European Synchrotron Radiation Facility,
- ✓ l'EMBL, European Molecular Biology Laboratory,
- ✓ le CIBB, Carl-Ivar Bränden Building, bâtiment abritant des partenariats scientifiques en biologie structurale et en virologie,
- ✓ l'IBS, Institut de Biologie structurale, depuis fin août 2013.

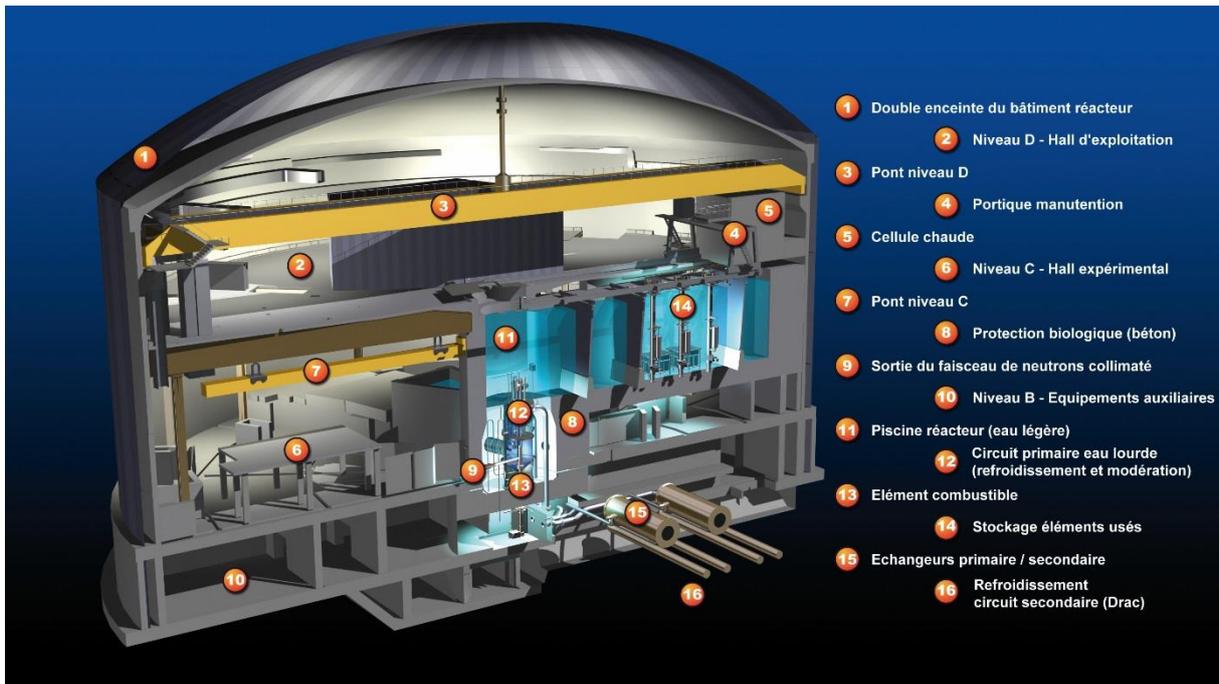
Environ 1300 personnes travaillent sur le site.

L'Institut Laue Langevin est géré par trois pays associés, la France (CEA et CNRS), l'Allemagne et le Royaume Uni. Dix partenaires scientifiques participent également à son financement. Son budget pour 2018 était de 101,407 M€. 500 personnes d'une quarantaine de nationalités différentes travaillent à l'ILL.



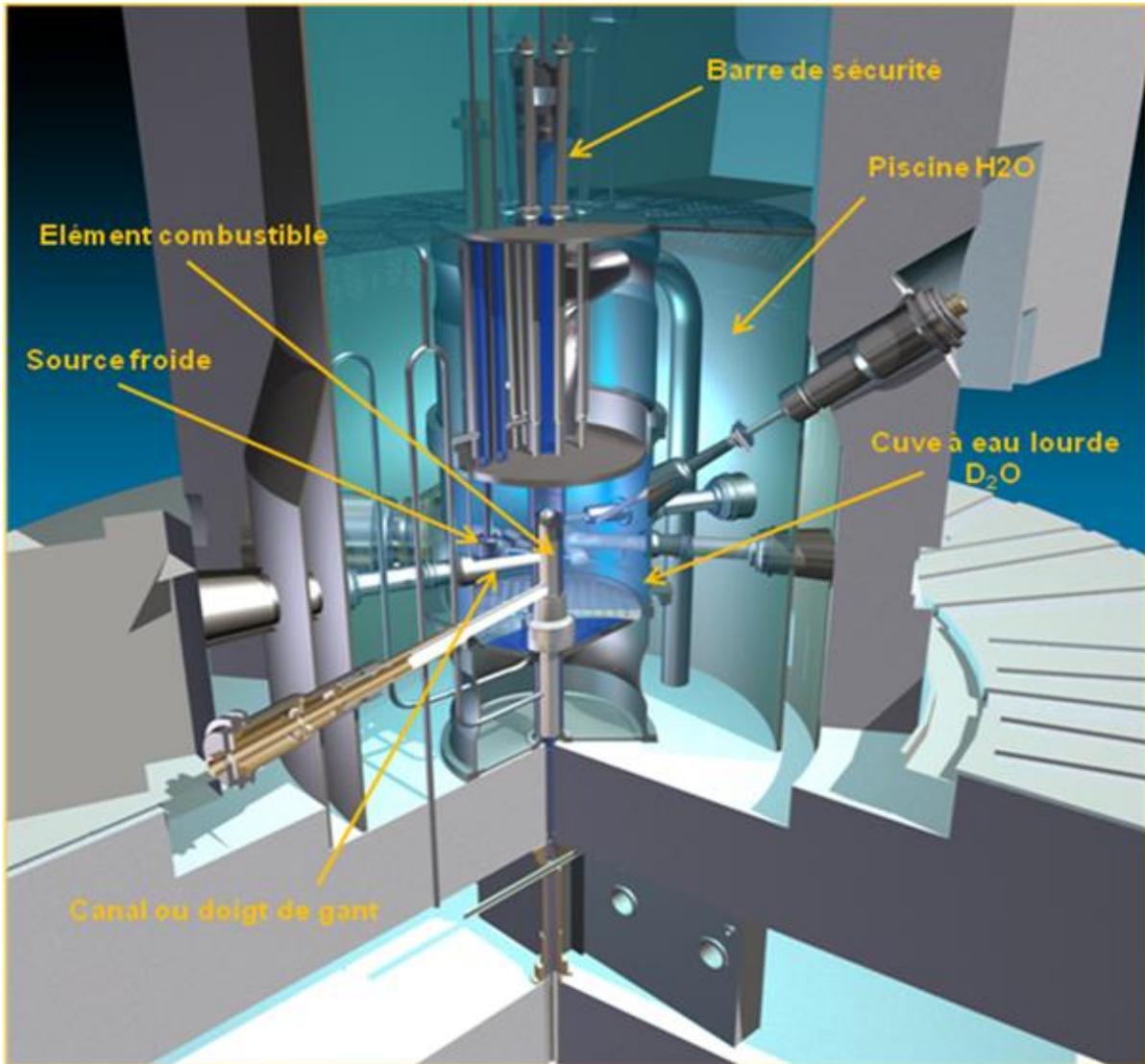
Le réacteur

Le Réacteur à Haut Flux de l'ILL fonctionne en continu durant des cycles de 50 jours. Son cœur est constitué d'un élément combustible unique d'uranium très enrichi refroidi à l'eau lourde et permet ainsi de produire le flux de neutrons le plus intense du monde soit $1,5 \times 10^{15}$ neutrons par seconde et par cm^2 . La puissance thermique, de 58 MW est évacuée par un circuit secondaire alimenté par l'eau du DRAC. La cuve à eau lourde contenant le cœur est située dans une piscine remplie d'eau déminéralisée qui assure une protection vis-à-vis des rayonnements neutrons et gammas émis par le cœur. Le réacteur est piloté au moyen d'une barre absorbante de neutrons que l'on extrait au fur et à mesure de la consommation de l'uranium. Il possède, en outre, 5 barres de sécurité, également absorbantes de neutrons, dont la fonction est l'arrêt d'urgence du réacteur.



Les neutrons produits dans le réacteur par la **réaction de fission** ont une très grande énergie (vitesse : 20 000 km/s). Ils sont ralentis par l'eau lourde afin de pouvoir à la fois provoquer de nouvelles fissions pour entretenir la réaction en chaîne (neutrons thermiques dont la vitesse est de 2,2 km/s) et alimenter les dispositifs expérimentaux des scientifiques.

Trois dispositifs situés à proximité immédiate du cœur permettent également de produire des neutrons chauds (10 km/s) ainsi que les neutrons froids et ultra-froids (700 m/s et 10 m/s) : il s'agit d'une part de la source chaude, constituée d'une sphère de graphite maintenue à 2600°C et de deux sources froides, dont la plus importante est constituée d'une sphère contenant 20 litres de Deutérium maintenue à l'état liquide à -248°C dans laquelle les neutrons, par une succession de collisions avec les atomes de deutérium sont ralentis à l'énergie recherchée. Les neutrons sont alors prélevés au sein de la cuve par une vingtaine de canaux, dont certains pointent sur l'une des sources froides ou chaude. Ces canaux, prolongés par des guides de neutrons alimentent ensuite une quarantaine d'aires expérimentales équipées d'une instrumentation de pointe situées jusqu'à 100 mètres du réacteur.



Trois cycles de fonctionnement ont été effectués en 2018 avec un taux de disponibilité allant de presque 87 % à plus de 99 %. Les périodes inter-cycle ont été mises à profit pour le changement de 2 doigts de gant, le remplacement d'une des barres de sécurité.

L'utilisation des neutrons par les scientifiques

Les neutrons permettent d'explorer la matière de façon non-destructive, dans les domaines scientifiques les plus variés : physique, chimie, biologie et biotechnologies, nanotechnologies, géosciences ou génie civil. Le principe de la majorité des expériences est toujours le même : les scientifiques placent l'échantillon de matière à étudier dans le faisceau de neutrons issu du réacteur (après avoir sélectionné finement l'énergie des neutrons au moyen de monochromateurs et de sélecteurs) ; les neutrons sont diffusés par l'échantillon ; la détection et la mesure des neutrons diffusés leur fournissent, après traitement, des informations sur les caractéristiques physiques de leur échantillon. L'objectif essentiel est d'approfondir les connaissances sur la matière, quel que soit son état, afin de développer les matériaux et les médicaments du futur.

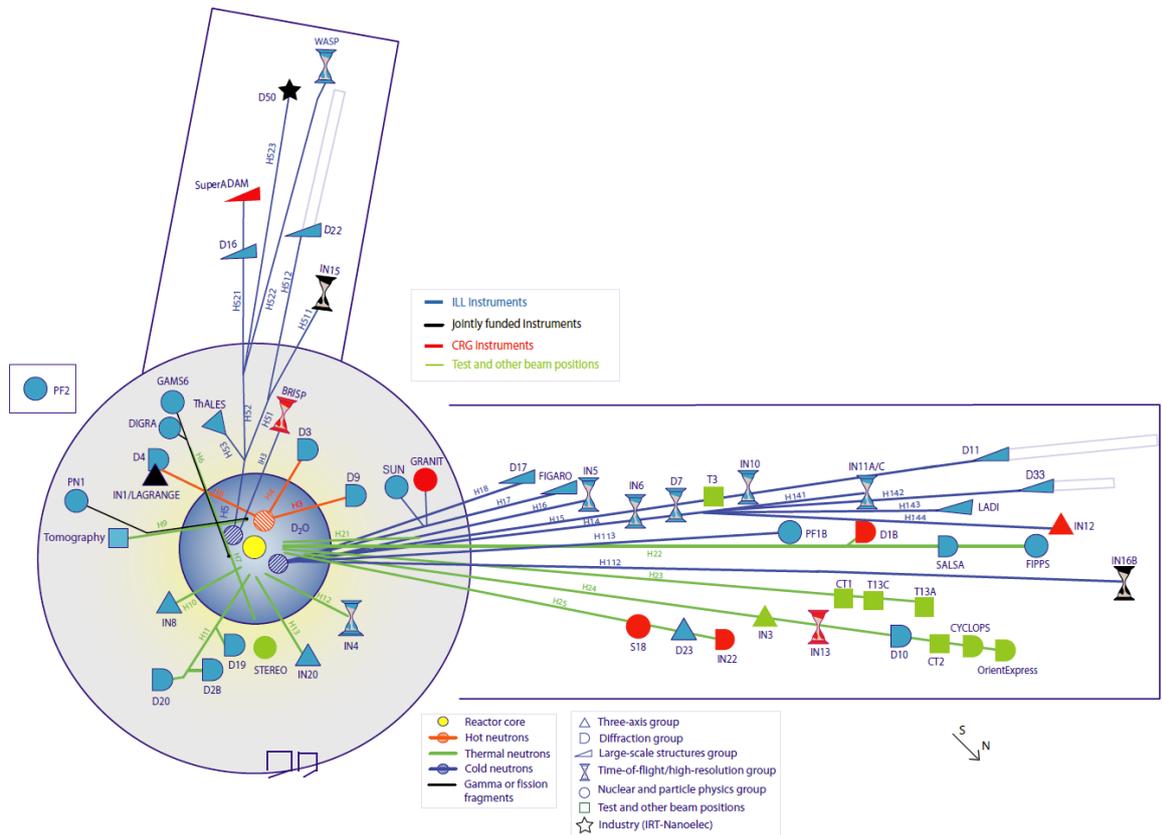


Hall d'expériences



Une aire expérimentale

Plus de cinquante instruments (voir schéma ci-dessous) permettent ainsi aux physiciens du monde entier de venir effectuer des expériences, dont les résultats devront être publics (publication dans des revues scientifiques) et dont les applications devront rester dans le domaine civil.



Quelques exemples de belles réussites scientifiques en 2018

Les secrets du limoncello

Le limoncello fait partie d'un groupe de liqueurs qui présentent un « effet ouzo », du nom de cette liqueur normalement transparente qui devient laiteuse et opaque lorsqu'on y ajoute de l'eau, un phénomène qui peut perdurer pendant une longue période.

Cet effet est dû à un mélange d'alcool, d'huile et d'eau, qui intéresse particulièrement les scientifiques. Puisque l'huile et l'eau sont deux liquides non miscibles, il est nécessaire d'ajouter un détergent ou une molécule tensioactive similaire pour réussir à les mélanger. Pour l'ouzo et les liqueurs du même type, c'est l'alcool qui agit comme un liant.

Au-delà des alcools, les industries chimiques sont fortement intéressées par la possibilité de créer une émulsion sans savon pour solubiliser dans l'eau une molécule hydrophobe. « L'intérêt pour l'étude des propriétés de ce type d'émulsion a émergé dans les années 2010 pour éviter l'ajout d'un surfactant, comme l'explique Leonardo Chiappisi. L'étude du limoncello en particulier pourrait aider les secteurs en développement à mettre au point des solvants « verts » à base d'huiles essentielles d'agrumes, ainsi que des matières plastiques et des insecticides plus écologiques.

La composition chimique du limoncello a déjà été étudiée par le passé, mais l'expérience menée par le Dr Chiappisi, publiée dans la revue ACS Omega, est la première qui s'intéresse à la structure physique à l'échelle microscopique. On sait que la structure physique des aliments conditionne leur saveur, leur apparence et leur durée de conservation, mais il est souvent difficile de l'étudier à l'échelle microscopique. Pour regarder ces minuscules gouttelettes, le Dr Chiappisi a utilisé les faisceaux de neutrons de l'ILL. La

diffusion des neutrons, sensible au nombre de neutrons contenus dans une molécule, est une des rares techniques permettant d'étudier la structure des matières dites molles, telles que le limoncello, à une échelle de longueur comprise entre 1 et plusieurs centaines de nanomètres. L'huile essentielle de citron étant naturellement riche en hydrogène, qui ne contient pas de neutrons, l'équipe a travaillé dans un mélange d'eau et d'éthanol deutérié, un isotope de l'hydrogène doté d'un neutron supplémentaire. Les études ont montré que le limoncello est formé de minuscules gouttelettes d'huile, d'un rayon d'environ 100 nm, en suspension dans un mélange d'alcool et d'eau.

Le limoncello se boit dans des verres très frais et doit être dégusté lentement, ce qui implique qu'il a souvent le temps de se réchauffer. Pour déterminer si les propriétés physiques changent à mesure que la température augmente, le Dr Chiappisi a fait varier la température de mesure de la diffusion des neutrons.

Lorsque la teneur en eau est d'environ 50 %, ce qui correspond à un limoncello de bonne qualité acheté dans le commerce, seuls les deux tiers de l'huile sont encapsulés dans des gouttelettes. Le reste est libre et donne le parfum de citron, qui fait tout le charme de cette boisson.

Les chercheurs espèrent que cette étude contribuera au développement d'émulsions sans surfactant avec de nombreuses applications possibles, depuis les catalyseurs industriels jusqu'aux huiles essentielles naturelles utilisées dans des produits chimiques spécialisés.

Des progrès sur la connaissance des galectines, protéines associées aux maladies cardiaques et au cancer du sein

Les galectines s'attachent aux autres protéines via les glucides situés à leur surface ; elles ont la capacité de fixer le sucre. En tant que telles, elles ont un impact sur une série de processus cellulaires associés à de nombreuses maladies, notamment les maladies cardiaques et le cancer du sein, le plus répandu chez les femmes dans le monde.

Comprendre comment les galectines se lient aux différents sucres et les différencient doit aider à orienter la conception de nouvelles molécules inhibitrices – en bloquant ce processus elles limiteraient ainsi le développement de certaines maladies. Cependant, les chercheurs commencent à peine à avoir une idée complète des schémas de liaison impliqués, et les détails exacts des interactions entre les différents sucres et la protéine n'ont pas été bien définis. Une connaissance détaillée des réseaux de liaisons hydrogène dans les complexes protéine-sucre est essentielle pour mieux fonder les efforts de conception de nouveaux inhibiteurs efficaces de la galectine.

Jusqu'à présent, notre compréhension de ces processus de liaison reposait en grande partie sur des études aux rayons X, avec des difficultés à déterminer la position des atomes d'hydrogène en raison de la faible diffusion de l'hydrogène par les rayons X. Même dans les expériences de cristallographie aux rayons X à résolution extrêmement élevée, on ne peut observer que la moitié des atomes d'hydrogène les plus ordonnés. La cristallographie neutronique, quant à elle, est une technique idéale pour révéler les positions des atomes d'hydrogène et donc la géométrie des liaisons hydrogène, car les atomes d'hydrogène diffusent des neutrons ayant à peu près la même taille que les autres éléments d'une protéine (carbone, azote, oxygène et soufre). Ainsi, les positions des atomes d'hydrogène sont directement détectées avec des neutrons plutôt que déduites des positions d'atomes plus lourds comme dans la cristallographie aux rayons X.

La publication qui en résulte démontre qu'en utilisant la cristallographie à neutrons, les positions des atomes d'hydrogène et des réseaux de liaisons hydrogène peuvent être observées, ce qui permet de mieux comprendre les interactions de liaison en jeu, même à des résolutions modestes.

En outre, en déterminant la structure neutronique de la forme sans sucre de la galectine-3C (apo-galectine-3C), les positions et les orientations des molécules d'eau dans le site de liaison avant la liaison ont été révélées. Ainsi, la comparaison des structures liées à l'apo et au sucre nous a permis d'observer l'évolution des interactions lors de la liaison et a permis d'améliorer notre compréhension du rôle joué par l'eau dans le processus de liaison.

Cette expérience a permis de confirmer que la conception de médicaments anti-galectines avait bien fait de se concentrer jusqu'à présent sur les molécules dérivées des sucres, car les interactions révélées seraient difficiles à imiter avec d'autres formes moléculaires. Les chercheurs ont maintenant les éléments nécessaires pour prédire avec précision les interactions de liaison-clés et pour aider l'industrie pharmaceutique à développer de nouveaux médicaments.

Modernisation des instruments

Vers « Endurance 2 »

Pour maintenir son leadership mondial, l'ILL a multiplié ses capacités d'innovation, d'ingénierie et de réalisation de nouveaux instruments toujours plus performants. C'est le cas du programme Millénum qui s'achève avec le dernier instrument WASP qui a reçu ses premiers neutrons en fin d'année 2018, et d'Endurance phase 1 qui a débuté en 2016.

Le succès de l'appel à projets du programme Endurance 2 a conduit l'ILL et ses partenaires à sélectionner et proposer un programme en trois packages, qui vont s'étaler jusqu'en 2023. En fonction du financement, ce nouveau programme devrait encore améliorer les performances des instruments pour proposer à nos utilisateurs l'excellence en matière d'utilisation des neutrons. Ce programme ambitieux nécessitera une planification minutieuse afin de s'assurer que le planning de construction des nouveaux instruments soit coordonné avec les cycles de fonctionnement du réacteur dans le but de garantir une production ininterrompue de neutron pour les instruments existants.

Les gains de performance attendus avec les nouveaux instruments doivent s'accompagner d'un programme de recherche et d'innovation dans tous les domaines techniques, y compris la simulation (calculs, réalité virtuelle...) pour améliorer la conception des instruments et de leur environnement.

Tout ce programme de nouveaux projets, de recherche et développement permettra aux instruments de l'ILL de devenir une référence dans l'utilisation des neutrons.

En plus de ces projets de modernisation, le personnel de l'ILL s'investit pleinement dans des activités nécessaires au quotidien comme les travaux de maintenance et de rénovation des infrastructures techniques et des équipements informatiques associés.

Dispositions prises en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection

L'une des spécificités des installations nucléaires est de présenter des risques potentiels liés à la mise en œuvre de substances radioactives émettant des **rayonnements ionisants**. Dans le cas du Réacteur à Haut Flux, il s'agit essentiellement des **produits de fission radioactifs** produits dans le cœur du réacteur par la réaction de fission et **des produits d'activation** résultant de l'action des neutrons (issus de la fission) sur les matériaux constituant les structures proches du cœur. En cas d'accident, ces substances radioactives, si elles étaient relâchées dans les bâtiments de l'installation et dans l'environnement, pourraient entraîner des expositions significatives des travailleurs et des personnes du public, ainsi que des contaminations de l'environnement. C'est pourquoi, à l'ILL, comme dans toute installation nucléaire, des dispositions techniques et organisationnelles sont mises en œuvre pour réduire les risques à un niveau jugé acceptable. Ceci constitue le domaine de la sûreté nucléaire, qui recouvre les dispositions destinées à :

- Assurer le fonctionnement normal du réacteur en respectant les normes en matière de rejets d'effluents radioactifs (gazeux et liquides) et en matière d'exposition du personnel.
- Prévenir les incidents et accidents.
- Limiter les conséquences des incidents et accidents susceptibles de se produire malgré les mesures prises pour les éviter.

Dispositions générales d'organisation

L'Institut Laue-Langevin exploitant nucléaire du Réacteur à Haut Flux est organisé en quatre divisions :

- la Division Science (DS), qui regroupe les scientifiques et les techniciens affectés aux aires expérimentales,
- la Division Projets Techniques (DPT) qui conçoit et assure la maintenance des outils expérimentaux : guides neutrons, monochromateurs, spectromètres, diffractomètres, détecteurs, cryostats et cryo aimants...
- la Division Administration (DA), chargée des aspects finances et ressources humaines,
- la Division Réacteur (DRe) qui est chargée d'assurer le fonctionnement, la maintenance et la sûreté du réacteur.

Le Chef de la Division Réacteur est le Chef de l'INB 67 par délégation du Directeur de l'ILL. Il est responsable de la sûreté nucléaire et de l'exploitation du Réacteur à Haut Flux. Il s'appuie pour cela sur **la Cellule Sûreté (CS)** et 3 services responsables de l'exploitation et de la conduite du réacteur, ainsi que de sa maintenance (soit environ 90 personnes).

La conduite du réacteur est assurée par 6 équipes de quart, composées chacune de 5 agents et travaillant en 2x12h.

Un Ingénieur est d'astreinte en permanence et assume, par délégation du chef de la Division Réacteur, la responsabilité d'intervention immédiate dans les différentes phases de fonctionnement du réacteur.

L'exploitation du Réacteur à Haut Flux est réalisée conformément à son référentiel de sûreté, composé d'un rapport de sûreté et de règles générales d'exploitation approuvés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), ainsi que de prescriptions techniques notifiées par cette dernière pour le domaine de fonctionnement autorisé. Toute modification de l'installation, visant par exemple à atteindre un meilleur niveau de sûreté ou à l'adapter aux besoins évolutifs de la recherche est soumise à autorisation de l'ASN

si elle nécessite une évolution de la démonstration de sûreté, tout en restant conforme au décret d'autorisation de création.

La maîtrise des situations d'urgence repose sur une organisation décrite dans le **Plan d'Urgence Interne (PUI)** approuvé par l'ASN. Si les conséquences d'une situation d'urgence dépassaient les limites du site de l'ILL, la préfecture appliquerait le Plan Particulier d'Intervention (PPI). Chaque année, au moins un exercice PUI permet aux personnes impliquées dans l'organisation de crise de s'entraîner. En ce qui concerne le risque incendie, trois personnes formant l'EPI (Equipe de Première Intervention) sont disponibles à tout moment pour intervenir sur un départ de feu avant l'arrivée de la FLS (Formation Locale de Sécurité) du CEA Grenoble et/ou du SDIS38. Il s'agit de personnels formés et entraînés au risque incendie qui assument cette fonction en plus de leur poste de travail.

La Cellule Qualité Sûreté Risque (CQSR) est chargée de la définition et de la mise en œuvre du système de management intégré qui permet d'assurer que les exigences relatives à la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement sont systématiquement prises en compte dans toute décision concernant l'installation.

Le Service Radioprotection Sécurité et Environnement (SRSE) rattaché à la direction de l'institut est chargé d'assurer la protection contre les rayonnements ionisants du personnel de l'ILL ainsi que la sécurité du travail ; en outre, le responsable de ce service assure également la fonction de conseiller à la sécurité des transports de matières radioactives au sens de la réglementation des transports de matières radioactives. L'activité de surveillance de l'environnement auparavant assurée par le CEA Grenoble pour le compte de l'ILL est maintenant assurée par le Laboratoire de surveillance de l'environnement du SRSE. Ce service gère également les déchets radioactifs et la dosimétrie du personnel.

Le Service Médical du Travail assure le suivi particulier des salariés travaillant en milieu ionisant.

Dispositions techniques en matière de sûreté nucléaire

Généralités

Les études de sûreté réalisées tout au long de la vie de l'installation (conceptions, modifications) reposent sur le principe de la défense en profondeur, qui comporte cinq niveaux.

- Premier niveau : Prévention des anomalies de fonctionnement et des défaillances des systèmes.
Le premier niveau comprend donc un ensemble de dispositions visant à réduire le risque de sortie du domaine de fonctionnement normal. Il s'agit de dispositions de conception prenant en compte des marges de sécurité, de mise en œuvre de programmes de maintenance préventive, de l'établissement de procédures particulières pour les opérations réalisées par les opérateurs;
- Deuxième niveau : Maintien de l'installation dans le domaine autorisé.
Le deuxième niveau vise donc à maîtriser les écarts par rapport au fonctionnement normal, avant que ceux-ci ne puissent conduire à un accident. Cela peut concerner non seulement la mise en place de systèmes d'arrêt d'urgence, mais aussi la réalisation de contrôles périodiques de bon fonctionnement.
- Troisième niveau : Maîtrise des accidents sans fusion de cœur (prévention).

Le troisième niveau vise donc à mettre en place des systèmes de sauvegarde ou des dispositions permettant de limiter les conséquences des accidents en postulant la défaillance des premiers et deuxièmes niveaux. En particulier, pour les réacteurs, ce niveau vise à prévenir les risques d'accidents pouvant conduire à une fusion du cœur du réacteur.

- Quatrième niveau : Maîtrise des accidents avec fusion de cœur (mitigation).

Le quatrième niveau vise donc à mettre en place des systèmes de mitigation. En particulier, pour les réacteurs, ce niveau permet de limiter les rejets consécutifs à une fusion de cœur

- Cinquième niveau : Limitation des conséquences radiologiques en cas de rejets importants (crise).

L'exemple des produits de fissions présents dans l'élément combustible dès que le réacteur a fonctionné quelques heures permet d'illustrer ces principes :

- L'élément a été conçu et fabriqué pour que la gaine entourant le combustible nucléaire et donc les produits de fission qui s'y accumulent au cours du cycle de fonctionnement de 50 jours soit une barrière étanche dans les conditions normales de fonctionnement. Le circuit primaire, lui, a été dimensionné pour assurer l'évacuation de la puissance thermique dégagée par la fission et maintenir l'élément en dessous de sa température de fusion : cela constitue l'un des éléments du premier niveau.
- La pression de l'eau du circuit primaire est un des paramètres nécessaires au bon refroidissement du combustible lors du fonctionnement du réacteur. La pression doit donc être supérieure à une valeur minimale pour garantir une marge satisfaisante sur le refroidissement du combustible. Elle est mesurée en permanence par trois capteurs redondants qui provoquent un arrêt automatique du réacteur, par la chute des barres de sécurité, en cas de détection par deux de ces trois capteurs d'une pression inférieure au minimum requis. Cette action est donc bien une action qui relève du second niveau de la défense en profondeur.
- Dans le cas d'un scénario où les systèmes du second niveau seraient inopérants, par exemple brèche importante sur un des canaux permettant la sortie des neutrons utilisés par les scientifiques, un système de détection de fuite permet la fermeture automatique de vannes de sécurité permettant de reconstituer l'étanchéité du circuit primaire et donc d'éviter le dénoyage du combustible. Celui-ci est alors toujours correctement refroidi en simple convection naturelle. Le système de sauvegarde constitué de la détection et de la vanne de sécurité dans chaque canal est donc un système permettant de prévenir le risque de fusion du cœur lors d'un accident de brèche sur le circuit primaire. Il relève donc bien du troisième niveau de la défense en profondeur.
- Enfin, en postulant la défaillance des trois niveaux précédents, la fusion du cœur conduit au relâchement, dans l'enceinte de confinement, d'une partie des produits de fission radioactifs qui s'y sont accumulés pendant le fonctionnement. Le confinement de ces produits de fission est alors assuré par une double enceinte avec une pressurisation de 135 mbar dans l'espace entre les deux enceintes (spécificité du RHF). Le confinement est aussi assuré par les systèmes de filtration associés. Ces équipements nécessaires au maintien du confinement permettent par conséquent de limiter l'activité rejetée à l'extérieur. Ils participent donc bien au quatrième niveau de la défense en profondeur.

Les études de sûreté prennent en compte non seulement les défaillances intrinsèques possibles des circuits ou éléments d'installations étudiés, mais aussi les agresseurs de type interne (risques d'incendie, risques liés aux chutes de charge, risques d'explosion...) et les agresseurs externes (risques sismique, risques d'explosion externe, risques d'inondation, risques de chute d'avion ...).

Ce sont ces études de sûreté que l'on trouve dans le rapport de sûreté de l'installation et qui conduisent à définir le domaine de fonctionnement de l'installation dans les RGE (Règles Générales d'Exploitation).

Ces documents étant établis, la sûreté en exploitation vise à s'assurer que l'installation est exploitée conformément aux règles établies, à mettre en place les procédures et consignes nécessaires, ainsi qu'à analyser toute nouvelle opération ou toute modification envisagée sous l'angle de la sûreté.

Faits marquants en matière de sûreté

- Essai de qualification du débit du Circuit d'Eau Nappe.
- Remplacement de la source de démarrage et mise en place de la source de démarrage n° 5.
- Remplacement de la barre de sécurité n° 2 par une barre de sécurité en Hafnium.
- Découpe de quatre éléments combustibles en cellule chaude.
- Déploiement du SMI (Système de Management Intégré):
 - Définition et suivi des indicateurs de suivi des processus ;
 - Sensibilisation et formation du personnel ILL (51 sessions réalisées).

Contrôles internes et externes

En ce qui concerne les contrôles internes à l'ILL, l'accent est mis sur la présence et la disponibilité des acteurs de la sûreté et de la qualité auprès des opérateurs réalisant les opérations d'exploitation, de contrôle et de maintenance de l'installation. Ainsi, toutes les procédures d'exploitation sont vérifiées par la Cellule Qualité Sûreté Risque de la Direction ou par la Cellule Sûreté de la Division Réacteur.

Onze audits ont été effectués, sept internes et quatre externes :

- GBR Sud-Est : audit du prestataire chargé de la réalisation du SAS camion, et du bâtiment GEL ;
- DAUPHELEC : audit du prestataire chargé de réaliser, fabriquer et monter l'armoire contrôle commande au PCS3 ;
- CNIM : audit du prestataire chargé de la fabrication de doigts de gant ;
- ABIOLAB APSOSAN : audit du prestataire chargé de réaliser les analyses chimiques des exécutoires eaux usés, eaux pluviales et égout spécial (hors rejet) ;
- Audit du processus « Contrôles et Essais Périodiques (CEP) » ;
- Audit du processus « Gestion des déchets » ;
- Audit du processus « Gestion des évolutions et modifications des installations » ;
- Audit du processus « Gestion des compétences, de la formation et de la qualification du personnel » ;
- Audit du processus « Exploitation des sources froides et de la source chaude » ;
- Audit du processus « Surveillance des intervenants extérieurs » ;
- Audit du processus « Gestion des anomalies et des écarts ».

Bilan des transports de matières radioactives

Les transports de matières radioactives sont soumis à une réglementation particulière contenue dans l'arrêté du 29 mai 2009 (arrêté TMD) pour les transports par route. En 2018, le bilan des transports de matières radioactives est le suivant :

- Éléments combustibles usés vers l'usine de retraitement d'AREVA à la Hague : 3 éléments pour 1 transport ;
- Echantillons et sources : 24 départs, 23 arrivées
- Emballages vides : 2 départs, 17 arrivées
- Colis de déchets : 3 départs
- Mouvements de matériels contaminés : 1 départ, 1 arrivé.

Exercices de préparation aux situations d'urgence

- **Exercices sécuritaires** : 4 exercices sécuritaires (protection physique) ;
- **Exercices de sécurité** : 7 exercices ont été effectués dans l'année, dont 4 pour le recyclage des Equipes de Première Intervention (EPI), 1 exercice avec le SDIS, 1 exercice d'évacuation site, 1 exercice national de crise.

Perspectives pour l'année 2019

- Suite de la mise en œuvre du plan d'action (2018-2023) suite à la transmission du dossier de réexamen de sûreté le 2 Novembre 2017 ;
- Finalisation du déploiement du SMI (Système de Management Intégré).

Dispositions techniques en matière de radioprotection

Généralités

La radioprotection est l'ensemble des règles et des moyens de prévention et de surveillance visant à éviter ou à réduire l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants. A l'ILL, ces rayonnements proviennent essentiellement du réacteur lui-même (neutrons, gammas de haute énergie) et des substances radioactives produites par l'action des neutrons sur tous les matériaux de structure qu'ils rencontrent. La radioprotection repose sur trois principes fondamentaux :

- Le principe de justification : L'exposition aux rayonnements ionisants est justifiée lorsque le bénéfice qu'elle peut apporter est supérieur aux inconvénients de cette utilisation.
- Le principe d'optimisation ou principe ALARA: les expositions individuelles et collectives doivent être maintenues aussi bas qu'il est raisonnablement possible en dessous des limites et ce, compte tenu de l'état des techniques et des facteurs économiques et sociétaux.
- Le principe de limitation : les expositions individuelles ne doivent pas dépasser les limites de doses réglementaires.

Le premier principe se traduit par la raison d'être de l'ILL qui est de faire progresser la connaissance scientifique. Le Service chargé de la radioprotection est le garant des deux principes suivants qui se traduisent, par exemple, par la mise en place de méthodes de travail appropriées ou d'écrans de protections vis-à-vis des rayonnements.

Les agents de radioprotection sont présents auprès des personnels amenés à travailler dans des zones où les rayonnements ionisants sont présents afin d'effectuer des mesures et de proposer des moyens de protections adaptés. Leurs missions sont :

- La responsabilisation des acteurs qui passe par la formation et la sensibilisation.
- La prise en compte technique du risque radiologique dès la conception des nouvelles installations à risques radiologiques comme, par exemple, les nouveaux instruments de physique. La réalisation systématique d'un bilan dosimétrique prévisionnel lors des opérations à risque, et la recherche de moyens de limitation et d'optimisation des doses par la mise en place d'écrans de protection vis-à-vis des rayonnements par exemple.
- L'utilisation de moyens techniques performants pour la surveillance en continu des niveaux de rayonnements dans l'installation : Les agents de radioprotection exploitent ainsi une « chaîne de santé », qui regroupe une quarantaine de capteurs dans l'installation. Ils réalisent également de nombreuses mesures dans les différentes zones de l'installation avant toute intervention de personnel ; ils sont présents lors des chantiers pour assister les opérateurs du point de vue de la radioprotection.
- L'organisation du suivi dosimétrique des personnels.

Faits marquants de l'année 2018

De façon générique, les actions suivantes ont été poursuivies en 2018 :

- Formation radioprotection des nouveaux arrivants (22 sessions) et recyclage (4 sessions) du personnel tous les trois ans ;
- Examen de toutes les interventions à risque radiologique en vue d'une optimisation ;
- Avis du service compétent en radioprotection sur les créations ou modifications d'équipement nucléaire ou d'activité se déroulant en milieu nucléaire.



Dosimétrie du personnel : résultats

L'évaluation des doses reçues par les salariés en matière d'exposition externe est réalisée au moyen de deux types de dosimétrie conformément à la réglementation :

- La dosimétrie passive, qui repose sur l'utilisation de dosimètres à lecture différée dont la durée de port est le mois (travailleurs catégorie A) ou le trimestre (travailleurs catégorie B) : les travailleurs exposés aux rayonnements sont classés en catégorie A ou B selon qu'ils sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, des doses supérieures ou non à 6 mSv/an (le **Svert** étant l'unité de mesure des doses). La limite annuelle pour les travailleurs de catégorie A est de 20 mSv/an. Cette dosimétrie est présentée dans le tableau ci-dessous pour l'ensemble du personnel.
- La dosimétrie opérationnelle qui repose sur l'utilisation de dosimètres électroniques permettant de mesurer en temps réel l'exposition reçue et qui délivrent des alarmes sur seuils prédéfinis de dose ou de **débit de dose**.

Le tableau suivant synthétise les résultats de la dosimétrie passive pour l'année 2018 pour les différentes catégories de personnel intervenant dans l'installation nucléaire de base :

	ILL	EMBL	LTV*	Expérimentateurs (hors LTV)	Entreprises intervenantes	Total
Nombre de personnes suivies	468	12	79	1487	295	2341
Nombre de doses nulles	410	10	70	1458	289	2237
Dose collective [Homme.mSv]	19,12	0,16	0,87	4,71	0,64	25,50
Dose individuelle maximale [mSv]	1,67	0,09	0,20	0,95	0,20	1,67
Dose individuelle moyenne [mSv]	0,041	0,013	0,011	0,003	0,002	0,011

*Long Term Visitor

**Les doses nulles correspondent à des doses inférieures au seuil d'enregistrement des dosimètres, soit 0,05 mSv.

La dose collective passive reçue sur le site de l'ILL en 2018 est de 25,50 H.mSv. Elle se répartit de la manière suivante : 75,0 % pour le personnel de l'ILL, 0,6 % pour le personnel de l'EMBL, 21,9 % pour les expérimentateurs extérieurs (LTV inclus), 2,5 % pour le personnel des entreprises intervenantes.

L'évolution de la dose collective passive en référence à celle de l'année 2017 est la suivante :

- Site ILL : diminution de 4,6 H.mSv,
- Personnel ILL : diminution de 6,16 H.mSv,
- Expérimentateurs extérieurs (LTV inclus) : augmentation de 4,02 H.mSv (car trois cycles en 2018 par rapport à un seul cycle en 2017),
- Personnel EMBL : augmentation de 0,16 H.mSv (la dose était nulle en 2017),
- Entreprises intervenantes : diminution de 2,62 H.mSv (-80,4 %).

En résumé, la dose collective passive reçue sur le site de l'ILL en 2018 a diminué par rapport à celle de l'année 2017. Cette diminution est consécutive à celle du nombre des chantiers nucléaires lourds. En effet, après une année 2017 essentiellement consacrée à des travaux sur les installations (un seul cycle de fonctionnement réacteur), l'année 2018 a vu le retour à une activité scientifique plus étendue avec 3 cycles de fonctionnement réacteur et la présence d'environ 1500 expérimentateurs invités. Ceci s'est bien entendu traduit par une augmentation des doses collectives reçues dans le domaine expérimental. En tenant compte de la durée de fonctionnement du réacteur, on observe que ces doses sont restées de faible niveau et cohérentes avec celles reçues en 2017. Il semble cependant se dessiner une tendance à la stabilisation voire à une légère augmentation des doses dans le domaine expérimental, alors que la tendance était à la baisse depuis de nombreuses années. Ce point sera un point de vigilance pour la surveillance dosimétrique de l'année 2019.

En ce qui concerne les doses individuelles maximales reçues sur le site, on observe leur maîtrise à des niveaux faibles depuis plusieurs années (dose individuelle maximale inférieure à 2 mSv). Il faut souligner que ce bon résultat découle de l'adhésion de tous à un objectif de progrès continu dans le domaine de la sécurité radiologique et au très efficace travail d'optimisation qui en découle.

Événements significatifs en matière de sûreté et de radioprotection

Généralités

Le retour d'expérience des installations nucléaires est organisé en priorité sur la base de la détection et de l'analyse des écarts et anomalies d'exploitation (par exemple, constatation lors d'un essai périodique, d'un défaut d'efficacité d'un filtre de la ventilation nucléaire).

L'ASN a défini aux exploitants nucléaires des critères précis de déclaration des événements significatifs dans les domaines de la sûreté, de la radioprotection et des transports. Chaque événement significatif fait l'objet d'une déclaration rapide, puis d'une analyse qui vise à établir les faits, à en comprendre les causes, à examiner ce qui pourrait se passer dans des circonstances différentes, pour finalement décider des meilleures solutions à apporter aux problèmes rencontrés. L'analyse des événements significatifs est ainsi un outil essentiel d'évaluation continue et d'amélioration de la sûreté.

Les événements déclarés à l'ASN, à l'exception des événements liés à l'environnement, sont accompagnés d'une proposition de classement dans l'échelle INES (voir tableau ci-dessous). Cette échelle est utilisée au plan international depuis 1991 et permet à l'ASN de classer tous les événements se produisant dans les Installations Nucléaires de Base et lors des transports radioactifs. Elle se fonde sur trois critères de classement (colonnes 2, 3 et 4 du tableau).

		CONSEQUENCES A L'EXTERIEUR DU SITE	CONSEQUENCE A L'INTERIEUR DU SITE	DEGRADATION DE LA DEFENSE EN PROFONDEUR
7	ACCIDENT MAJEUR	Rejet majeur : effets considérables sur la santé et l'environnement		
6	ACCIDENT GRAVE	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5	ACCIDENT	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contres mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur ou des barrières radiologiques	
4	ACCIDENT	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement grave du cœur du réacteur ou des barrières radiologiques ou exposition mortelle d'un travailleur	
3	INCIDENT GRAVE	Très faible rejet : exposition du public représentant au moins un pourcentage des limites fixées par le guide AIEA*	Contamination grave ou effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu ou perte des barrières
2	INCIDENT		Contamination importante ou surexposition d'un travailleur	Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1	ANOMALIE			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0	ECART			

En France, plusieurs centaines d'événements sont classés chaque année au niveau 0 et environ une centaine au niveau 1. Le niveau 2 ne concerne que quelques événements par an. Les incidents de niveaux plus élevés sont rares, y compris dans le monde. Le niveau maximal atteint en France est le niveau 4, avec, en 1980, l'endommagement du cœur à la centrale de Saint Laurent des Eaux. Le dernier accident de niveau

4 est l'accident de criticité de Tokai-mura en 1999 qui a fait deux victimes et occasionné de faibles rejets radioactifs. Le niveau 5 a été atteint en 1979 aux Etats Unis avec l'accident de la centrale de Three Mile Island (fusion partielle du cœur). L'accident ayant affecté 4 des 6 réacteurs de la centrale de Fukushima Daiichi a été classé au niveau 7, comme l'accident de Tchernobyl en 1986.

Bilan 2018

En 2018, 8 événements au niveau 0 (INES: « Ecart ») sont survenus et ont été déclarés à l'Autorité de Sûreté Nucléaire :

- **25/01/2018 – Travail dans une zone réglementée sans dosimétrie (niveau 0 ; Radioprotection : critère 10) :** L'autorisation de travail AT-19639 a été délivrée afin que la société GATEL, et son sous-traitant SOTEB, puissent tirer des câbles pour alimenter ARO depuis ASO. Le 23/01/2018 à 16h, un employé de l'ILL s'aperçoit que le personnel de l'entreprise extérieur travaille dans la salle S29 (zone verte) sans port de la dosimétrie.
 - Causes de l'événement : Le personnel de l'entreprise SOTEB n'était pas formé pour intervenir en zone réglementée. De ce fait, ils n'ont pas eu conscience de travailler en zone réglementée. Le risque radiologique n'a été identifié ni dans la spécification technique décrivant les travaux ni dans le plan de prévention. Il n'y a pas eu de visite terrain lors du rajout de l'entreprise SOTEB au plan de prévention. Dans l'autorisation de travail, les locaux concernés par les travaux ont été listés de manière imprécise, le local S29 n'était pas identifié.
 - Conséquences réelles : Aucune ; les conditions radiologiques étaient compatibles avec le déclassement de ces zones en zones non réglementées.
 - Conséquences potentielles : En cas de conditions radiologiques différentes, le travail aurait pu avoir lieu réellement dans une zone présentant un débit de dose correspondant à une zone contrôlée verte.
 - Actions correctives immédiates : Le chantier a été arrêté. Une cartographie de vérification des locaux concernés a été réalisée permettant une délimitation et un déclassement des zones de chantier dans ces locaux.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : La signification des trisecteurs radioactifs a été rajoutée sur la plaquette remise à toutes les entreprises extérieures. La signalisation de l'ensemble des locaux en zone réglementée a été vérifiée. Un plan de prévention spécifique pour les opérations de tirage de câbles intéressant plusieurs locaux est mis en place. Il est prévu :
 - un renforcement du processus OPE-3I « surveillance des intervenants extérieurs »,
 - la création d'une procédure Qualité pour aider à la rédaction exhaustive des spécifications avec un chapitre dédié au travail en zone réglementée
 - une sensibilisation accrue aux obligations relatives aux zones réglementées (port dosimétrie)
 - un rappel sur la rigueur à apporter dans la rédaction des bons de travaux.
- **15/03/2018 – Défauts dans l'étiquetage et l'emballage de déchets (niveau 0 ; Environnement : critère 9) :** Lors du dernier essai avant démarrage, le lundi 9 janvier 2017 le système n'a pas fonctionné. Il a alors été demandé de le dépanner sous 5 jours ouvrés pour respecter l'indisponibilité spécifiée dans la RGE n° 10. C'est à cette occasion qu'il est apparu que ce système était en panne depuis au moins le 6 décembre 2016, date de l'essai de communication avec l'ASN.

- Causes de l'événement : L'antenne radio qui semble à l'origine de la perturbation du système IRIDIUM.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : Aucune, en effet le système est redondant et le 2ème téléphone satellitaire était disponible.
 - Actions correctives immédiates : Déplacement de l'antenne radio. Dépannage du système IRIDIUM chaîne B.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Mise à jour du processus du SMI « Gestion des écarts » pour que le groupe opérationnel responsable de l'équipement conduise l'analyse technique qui permet de faire le bon diagnostic sur les fiches d'écart.
- **20/03/2018 – Contrôle périodique de la charge calorifique des locaux - 5 ans (niveau 0 ; Sûreté : critère 3)** : Le contrôle de la charge calorifique tous les 5 ans est inscrit dans la RGE n° 5 depuis août 2004 avec la procédure associée AQ-0-123. Lors de l'inspection Codep-Lyo-2013-018604, l'ASN a demandé d'étendre le contrôle de la DCC à l'ensemble des locaux étudiés dans l'Évaluation du Risque Incendie (ERI) de 2007, pour mise en conformité avec l'arrêté du 31 décembre 1999. L'ERI de 2007 et la DCC associée a été mise à jour en 2017 dans le cadre du réexamen de sûreté des locaux des bâtiments ILL5, ILL5D et ILL4. A la date du 19/03/2018, l'engagement d'étendre le contrôle de la DCC à l'ensemble des locaux étudiés dans l'ERI de 2007 est toujours en cours de finalisation, ce qui constitue un écart à la RGE n° 5 qui exige « un contrôle de la charge calorifique des locaux » tous les 5 ans.
 - Causes de l'événement : La réalisation du contrôle de la charge calorifique pour les locaux complémentaires a été repoussée plusieurs fois à cause de difficultés de réalisation.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : Dépassement non détecté de limites de DCC pouvant éventuellement remettre en cause l'analyse du risque d'incendie des locaux concernés.
 - Actions correctives immédiates : La DCC des locaux dans les bâtiments ILL7 et ILL 22 a été établie. Mise en place d'un plan d'action pour finaliser le contrôle de la DCC du périmètre de l'ERI de 2007.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Le périmètre de contrôle de la charge calorifique va être précisé dans la procédure AQ-0-168. Le processus PIL-4c « Suivi des engagements » est modifié pour que les tableaux de suivi des engagements externes soient datés et signés (report des échéances et solde des actions) par le pilote de processus et contresignés par le Chef d'INB ou le Chef du SRSE selon les domaines concernés.
- **19/04/2018 – Arrêt automatique du réacteur suite à une perturbation du réseau électrique 20 kV de RTE (niveau 0 ; Sûreté : critère 2)** : Le 17/04/2018, suite à une perturbation électrique sur le réseau 20 kV de Gaz Electricité de Grenoble, une fausse alarme de détection de manque de tension s'est déclenchée. Cette alarme a entraîné la reprise en secours de l'alimentation électrique par le Diesel n°1. L'enchaînement des systèmes de sauvegarde a amené à l'arrêt automatique du réacteur via la chute des barres de sécurité.
 - Causes de l'événement : La fausse alarme détection de manque de tension est due à un dysfonctionnement de la carte de détection.
 - Conséquences réelles : Aucune.

- Conséquences potentielles : L'évènement est identique à celui d'une coupure réelle et temporaire de l'alimentation électrique du réseau 20 kV de gaz Electricité de Grenoble. En cas de non démarrage du Diesel, la puissance résiduelle du réacteur est évacuée par les pompes CRA sur alimentation maintenue.
- Actions correctives immédiates : Changement de la carte de détection de manque de tension et réalisation d'essai de reprise en 2^{ème} secours pour valider le bon fonctionnement des automatismes.
- Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'évènement : La carte a été envoyée pour expertise chez le fabricant afin de déterminer l'origine du dysfonctionnement. Il sera également étudié le doublement de la détection de manque de tension afin de fiabiliser le système.
- **09/08/2018 – Manœuvre intempestive des vannes du CDS (niveau 0 ; Sûreté : critère 2)** : Le 08/08/2018, des travaux sont en cours afin de remplacer les commutateurs d'inhibition du déclenchement des VPNF du CRU selon la procédure AQ-05-402 NP. Lors des tests de vérification du bon fonctionnement des commutateurs, le CDS et le GAS sont basculés en mode manuel. Une fois les tests terminés, l'opérateur remet les systèmes en mode automatique ; le CDS et le GAS se mettent alors en fonctionnement. L'exploitant arrête le fonctionnement du CDS et du GAS.
 - Causes de l'évènement : L'ordre d'activation du CDS n'a pas été vu sur la baie de confinement en salle de contrôle. La procédure d'intervention ne prenait pas en compte la mémorisation de l'ordre d'activation du CDS dû à une conceptualisation erronée du système.
 - Conséquences réelles : Mise en service intempestive d'un système de sauvegarde. Il y a eu un changement d'émissaire : l'activité rejetée s'est faite pendant 45 secondes via l'émissaire du CDS (prévue en cas de situation accidentelle) au lieu de la cheminée de 45 m (situation normale).
 - Conséquences potentielles : La mise en service intempestive d'un système de sauvegarde peut induire une mauvaise analyse de la situation par l'équipe de quart dans la conduite de l'installation. En présence de contamination dans le bâtiment réacteur, une faible activité aurait été rejetée par la cheminée du CDS, mais cet air aurait été filtré avant rejet (piège à iode et filtres THE du CDS).
 - Actions correctives immédiates : Le CDS et le GAS ont été arrêtés. Les travaux ont été stoppés et la procédure d'intervention mise à jour en tenant compte du retour d'expérience de cet évènement.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'évènement : Un signal sonore sera ajouté pour les ordres de déclenchement des systèmes de sauvegarde du noyau dur. Les documents impactés par la conceptualisation erronée seront mis à jour. Une vérification d'autres procédures sera menée avec l'exploitant.
- **14/08/2018 – Déclenchement intempestif d'une Mise en Sécurité Confinement (niveau 0 ; Sûreté : critère 2)** : Le 13/08/2018, lors de la réalisation de l'essai périodique des circuits de sécurité et de l'Arrêt Réacteur Sismique (ARS) selon la procédure AQ-05-503P, l'opérateur intervient sur l'armoire ARS. En positionnant le câble de l'enregistreur sur la borne à tester, il provoque un court-circuit entraînant l'ouverture du disjoncteur amont 11Q1. Cela induit une coupure de courant qui conduit à l'ordre de mise en service de la mise en sécurité confinement et au démarrage du CDS et du GAS.

- Causes de l'événement : L'opérateur a utilisé un câble multibrin pour connecter l'enregistreur. Les bornes des circuits étant proches, un des fils du câble a touché la borne voisine D1 provoquant le court-circuit.
 - Conséquences réelles : Mise en service intempestive d'un système de sauvegarde, arrêt de la ventilation normale et isolement d'enceinte. Il y a eu un changement d'émissaire : l'activité rejetée s'est faite via l'émissaire du CDS (prévue en cas de situation accidentelle) au lieu de la cheminée de 45 m (situation normale).
 - Conséquences potentielles : La mise en service intempestive d'un système de sauvegarde peut induire une mauvaise analyse de la situation par l'équipe de quart dans la conduite de l'installation. D'autre part, si des chantiers nécessitaient à ce moment la ventilation normale ou les effluents gazeux en service, ces chantiers auraient dû être arrêtés. En présence de contamination dans le bâtiment réacteur, une faible activité aurait été rejetée par la cheminée du CDS, mais cet air aurait été filtré avant rejet (piège à iode et filtres THE du CDS).
 - Actions correctives immédiates : Arrêt du CDS et du GAS, remise en service des circuits de la ventilation normale et des effluents gazeux.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Le personnel du Service Electricité Electronique a été sensibilisé à l'utilisation d'un câble monobrin pour raccorder les appareils de mesures. Une modification de l'armoire actuelle est prévue afin de faciliter l'intervention du personnel lors des essais. Pour la conception ultérieure de systèmes, il sera demandé dans les spécifications de prendre en compte les besoins pour les essais périodiques.
- **07/09/2018 – Arrêt automatique du réacteur pendant l'essai périodique de tracé des paliers HT des chambres neutroniques (niveau 0 ; Sûreté : critère 2)** : Le 07/09/2018, pendant la réalisation de l'essai périodique de tracé des paliers Haute Tension des chambres neutroniques Haute Puissance Sécurité (HPS), les trois chaînes HPS (1, 2, 3) sont mises hors tension à tour de rôle. La voie HPS-A de la baie neutronique n° 3 est mise hors tension pour réaliser les essais. Cette mise hors tension crée deux différences avec les chaînes neutroniques 1 et 2 (situation normale et attendue). Le bruit du signal augmente sur la baie neutronique n°2. Ceci crée donc une nouvelle différence entre les chaînes neutroniques 1, 2, et 3. Il y a donc trois différences entre les chaînes HPS. Cela amène à la détection d'une « discordance » et l'arrêt automatique du réacteur par la chute des 5 barres de sécurité.
 - Causes de l'événement : L'augmentation du bruit n'a pas été détectée puisque la procédure ne prévoit pas la vérification du signal avant d'entamer les essais sur une nouvelle voie.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : Le réacteur aurait pu être arrêté plus longtemps s'il n'y avait pas de voie neutronique HPS de rechange disponible.
 - Actions correctives immédiates : Changement de la voie neutronique HPS-A de la baie neutronique n° 2 par une voie de rechange selon la procédure AQ-05-534.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Mise à jour de la procédure AQ-05-655 EP. Réalisation d'un diagnostic et d'une requalification sur la voie neutronique HPS A.

- **16/10/2018 – Arrêt automatique du réacteur sur pression haute deutérium de la source froide horizontale (niveau 0 ; Sûreté : critère 2) :** La chaîne de mesure entrant dans la boucle de régulation de la pression deutérium de la source froide horizontale est composée d'un capteur (mesure 971 MP 16) et d'un afficheur. Le 14/10/2018, la sortie analogique 4-20 mA de l'afficheur envoie au régulateur un signal de 4 mA traduisant une pression de 0 bar absolu de deutérium. Pour pallier à cet excédent de puissance calorifique, le régulateur ouvre pleinement la vanne de régulation 981 VR 408 conduisant à l'injection d'hélium chaud (27 °C) à l'entrée du condenseur. Cette injection de gaz vaporise le deutérium liquide. La pression du deutérium augmente et atteint à 19h54, le seuil de 2,1 bars absolus. L'atteinte de ce seuil provoque automatiquement une baisse de puissance contrôlée du réacteur. Malgré cette action automatique, la pression du deutérium continue d'augmenter et atteint à 19h55 le seuil haut de 2,35 bars absolus amenant à l'arrêt automatique du réacteur via la chute des 5 barres de sécurité. La pression deutérium quant à elle a continué d'augmenter jusqu'à atteindre sa pression nominale à chaud soit 3,4 bar absolu environ.
 - Causes de l'événement : La sortie analogique du capteur 917 MP 16 est tombée en panne et a donné une mauvaise information au régulateur.
 - Conséquences réelles : Le réacteur a été arrêté pendant 2 jours.
 - Conséquences potentielles : Si les postes de chute de barres associés à la pression très haute deutérium n'avaient pas fonctionnés, l'apport de chaleur fourni par le réacteur aurait conduit à la destruction de la gourde de la source froide. Le deutérium aurait alors migré dans le doigt de gant H5 maintenu sous vide. La pression dans le doigt de gant aurait augmenté menant à une chute de barre sur détection de la pression haute du vide du doigt de gant. Aucun rejet n'aurait été occasionné par cet événement. Le traitement de cet incident aurait alors conduit par la suite à un rejet concerté.
 - Actions correctives immédiates : La turbine B de détente de l'hélium a été arrêtée afin de diminuer la réfrigération des sources pendant que le réacteur est à l'arrêt. La régulation de la source froide horizontale est basculée sur le capteur de secours 971 MP 32 jusqu'à la fin du cycle.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Tous les afficheurs du tableau B42 seront remplacés.

Résultats des mesures des rejets liquides et gazeux

Les rejets liquides et gazeux de l'ILL sont régis par l'arrêté du 3 août 2007. Cet arrêté a été établi sur la base d'une étude d'impact environnemental présentée en enquête publique en 2007.

Les rejets gazeux

La surveillance des effluents radioactifs gazeux est assurée au niveau de 2 émissaires, en aval des systèmes de filtration des effluents :

- La cheminée de 45 m du réacteur
- La cheminée de 17 m du bâtiment de détritiation

Les rejets gazeux sont classés en 5 catégories de radionucléides :

- Les gaz autres que le tritium
- Le tritium
- Les iodes
- Les aérosols
- Le carbone 14

Les 5 catégories sont quantifiées à la cheminée de 45 mètres du réacteur, par deux ensembles de chaînes de mesure redondantes. Le bâtiment de détritiation n'étant susceptible de rejeter que du tritium, sa cheminée de 17 mètres est équipée de deux mesures tritium redondantes.

Les rejets en gaz sont quantifiés par la voie de mesure des gaz temps réel et par un prélèvement représentatif hebdomadaire mesuré en laboratoire pour établir le spectre des radioéléments gazeux. Le tritium et le carbone 14 sont piégés en continu par barbotage, les barboteurs étant relevés et mesurés chaque semaine en laboratoire. Les iodes et les aérosols sont prélevés en continu respectivement sur cartouche de charbon actif et sur filtre mesurés également chaque semaine en laboratoire.

Le tableau suivant présente les rejets gazeux en 2018 exprimés en **Tera-Becquerel (TBq)** ou en **Mega-Becquerel (MBq)**

EFFLUENTS GAZEUX	Rejets 2018	Limite annuelle Arrêté du 03/08/2007
Gaz rares (TBq)	0,90	10
Tritium (TBq)	8,8	75
Carbone 14 (TBq)	0,12	2
Iodes (MBq)	1,1	1000
Aérosols (MBq)	0,33	100

Le principal gaz rare radioactif émis est l'argon 41 (⁴¹Ar) qui possède une période radioactive courte (< 2 heures). Ce gaz provient majoritairement de l'activation par les neutrons de l'air contenu dans l'eau légère de la piscine réacteur.

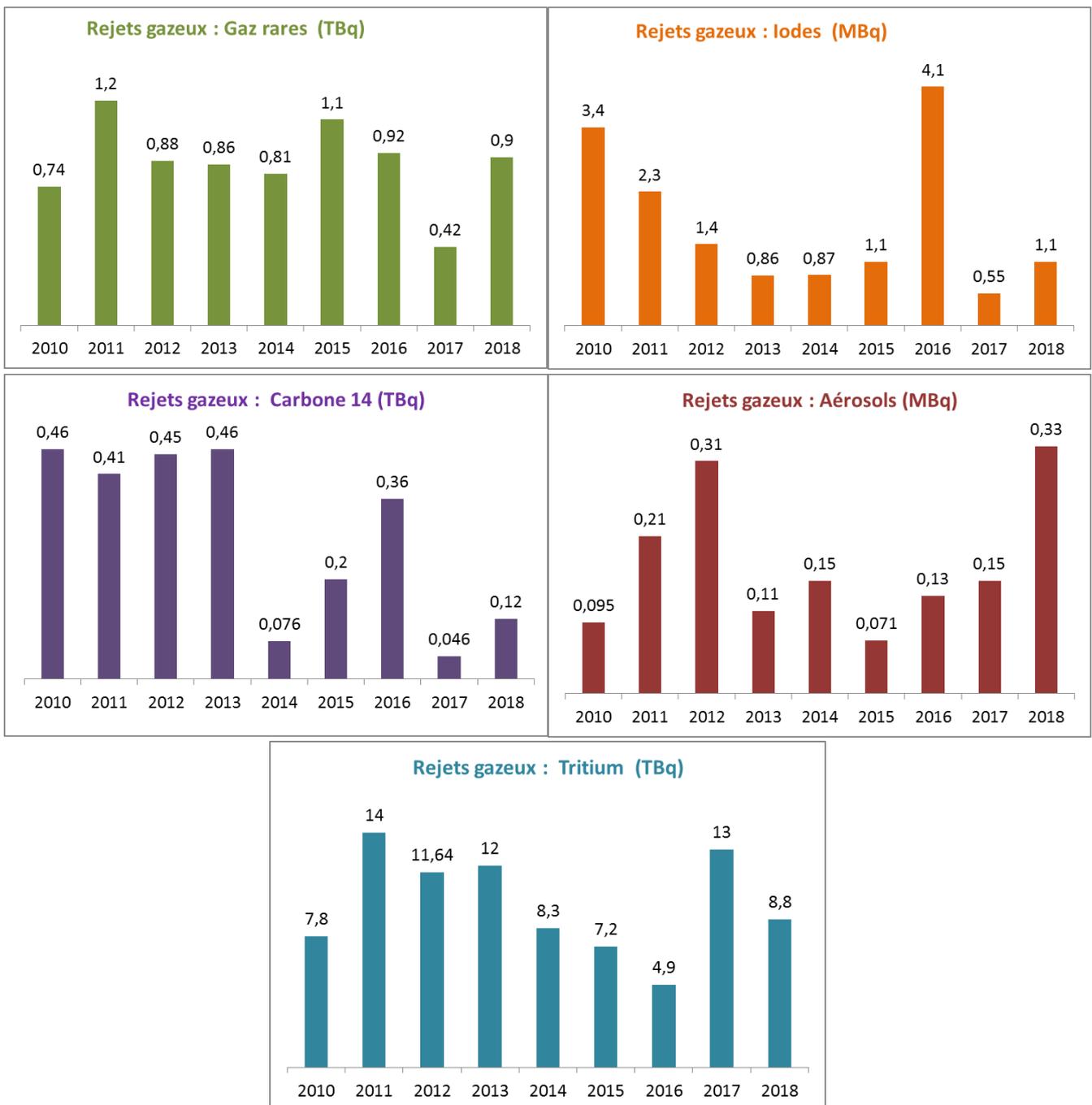
Le tritium (^3H), dont la période radioactive est de 12 ans, provient quant à lui principalement de l'activation du deutérium, contenu dans l'eau lourde. Une infime partie de ce tritium est rejetée par évaporation lors des ouvertures de circuits contenant de l'eau lourde.

Le carbone 14 (^{14}C), dont la période radioactive est de 5730 ans, provient principalement de l'activation par les neutrons de l'oxygène 17 (^{17}O).

L'iode 131 (^{131}I), dont la période est de 8 jours, est un produit de fission. Il peut provenir principalement, dans le cas des rejets, d'une expérience située sur l'un des canaux de neutrons où sont irradiées de petites cibles de matière fissile.

Le radioélément prépondérant dans les aérosols est le cobalt 60 (^{60}Co).

Les histogrammes suivants présentent l'évolution des rejets par catégorie depuis 2010 :



Les rejets gazeux restent en deçà des autorisations avec une marge significative.

Il est à noter qu'en ce qui concerne les rejets d'halogènes et d'aérosols, les activités rejetées sont rarement supérieures à la limite de détection, de l'ordre de quelques millièmes de l'autorisation de rejet.

Les rejets liquides

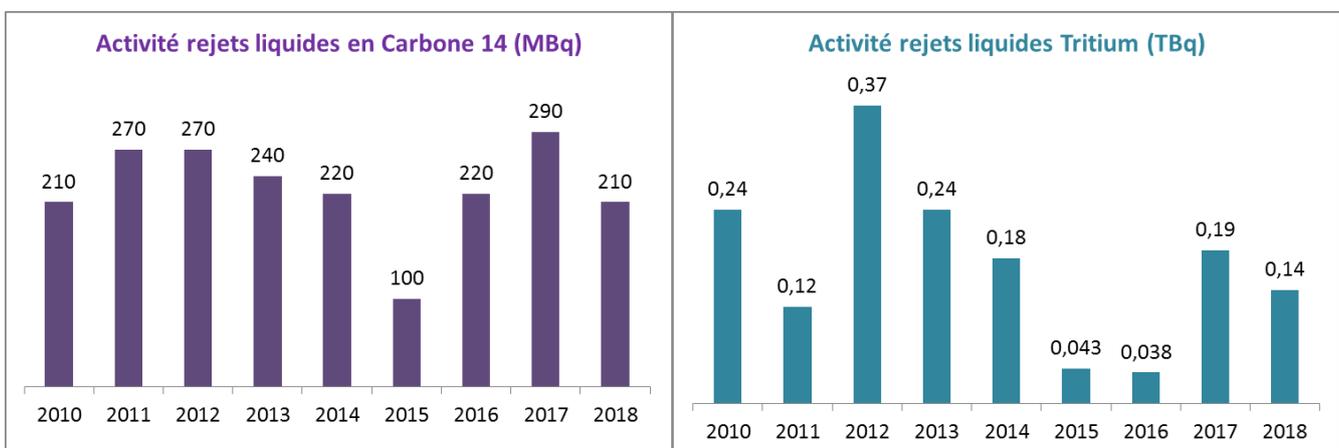
L'émissaire par lequel sont effectués et contrôlés les rejets liquides dans l'Isère est situé 1 km en amont de son confluent avec le Drac. Il s'agit d'une canalisation dont l'extrémité est placée dans le lit de l'Isère. C'est en ce point qu'est réglementée l'autorisation figurant dans l'arrêté du 3 août 2007. Avant rejet dans la canalisation menant au point de rejet, les effluents liquides sont stockés dans des cuves internes à l'installation. Ils y sont caractérisés sur la base d'un prélèvement représentatif effectué après brassage de la cuve. Les mesures effectuées sont les suivantes :

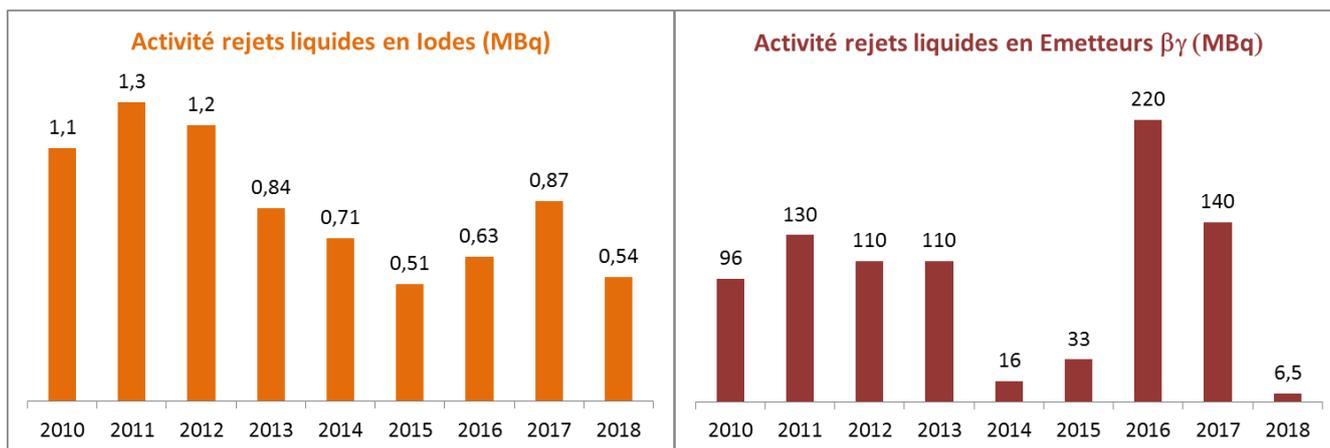
- Emetteurs beta/gamma
- Iodes
- Tritium
- Carbone 14

Le tableau suivant présente le bilan pour 2018, pour un volume rejeté de 797 m³ :

EFFLUENTS LIQUIDES	Rejets 2018	Limite annuelle Arrêté du 03/08/2007
Tritium (TBq)	0,14	1
Carbone 14 (MBq)	210	1500
Iodes (MBq)	0,54	100
Emetteurs beta/gamma (MBq)	6,5	1000

Les histogrammes suivants présentent l'évolution des rejets liquides depuis 2010 :





Les rejets sont largement en deçà des autorisations. L'absence d'émetteurs alpha dans les rejets est également vérifiée à la fois dans les rejets liquides, le seuil de décision étant $0,1 \text{ Bq.l}^{-1}$, et dans les rejets gazeux, le seuil de décision étant $0,0001 \text{ Bq.m}^{-3}$.

Les rejets non radioactifs

Les rejets non radioactifs concernent les eaux pluviales et les eaux issues du pompage dans la nappe phréatique. Ces eaux sont rejetées dans l'Isère. L'arrêté rejet du 3 août 2007 donne des limites en termes de concentrations moyennes sur 24 heures. Ces eaux font l'objet de contrôles spécifiés dans l'arrêté rejet du 3 août 2007 et de limites associées. Le tableau suivant compare les valeurs maximales mesurées et les limites. L'absence de radioactivité est également contrôlée.

Paramètre mesuré	Valeur Maximale 2018 en mg/l	Valeur maximale autorisée Arrêté du 03/08/2007
pH	8,3	$6 < \text{pH} < 8,5$
DBO5 (Demande biologique en oxygène à 5 jours)	2,2	30
DCO (Demande chimique en oxygène)	30	125
MEST (Matières en suspension totales)	6,2	35
Azote global	1,84	30
Phosphore total	0,02	10
Hydrocarbures totaux	0,14	10
Sulfates	49	600
Carbonates	0	100
Nitrates	3,7	30
Sels	876	30000
Métaux	1,45	5

Impact des rejets sur l'environnement

En 2007, une étude d'impact a été réalisée afin d'évaluer par le calcul les conséquences radiologiques maximales des rejets liquides et gazeux de l'ILL pour les populations résidant à proximité de l'installation. Le terme source (c'est-à-dire les quantités d'effluents gazeux et liquides) pris en compte dans cette étude,

correspond aux limites de rejets par catégories figurant dans l'arrêté rejet du 3 août 2007. L'impact des rejets de l'année 2018 a été calculé en retenant les mêmes hypothèses que dans l'étude de référence.

Impact des rejets gazeux

Le calcul de l'impact des rejets gazeux consiste à modéliser les transferts des éléments radioactifs dans l'environnement depuis la cheminée du réacteur jusqu'à l'homme, ce, pour toutes les voies d'exposition possibles qui sont :

- **L'exposition externe due à l'irradiation par les radioéléments présents dans le panache radioactif** rejeté à la cheminée de l'installation.
- **L'exposition externe due aux dépôts au sol** : elle résulte du dépôt au sol d'une fraction des radioéléments contenus dans le panache.
- **L'exposition interne due à l'inhalation** des radioéléments contenus dans le panache.
- **L'exposition interne due à l'ingestion de produits végétaux et animaux**, eux-mêmes contaminés par le dépôt d'une fraction des radioéléments contenus dans le panache.

Les calculs reposent sur des modèles reconnus et sur un grand nombre de paramètres et d'hypothèses dont la validité repose soit sur des références bibliographiques reconnues, soit sur des études de sensibilité afin d'aboutir à un calcul majorant. Par exemple, pour ce qui concerne l'exposition due à l'ingestion de produits végétaux et animaux, il est supposé que ces derniers sont tous produits localement et qu'ils sont donc contaminés par les dépôts du panache radioactif (hypothèses correspondant au groupe de référence majorant « Fontaine en autarcie » dans l'étude d'impact de 2007).

Impact des rejets liquides

Le calcul de l'impact des rejets liquides consiste à modéliser les transferts des éléments radioactifs dans l'environnement depuis l'émissaire situé dans l'Isère jusqu'à l'homme. Il dépend du transfert de la radioactivité le long du cours d'eau (dilution, sédimentation), des transferts dans les sols, les végétaux dus à l'irrigation, des transferts aux animaux via l'eau en tant qu'eau de boisson ou via les végétaux contaminés qu'ils ingèrent.

Les voies d'exposition possible pour l'homme sont :

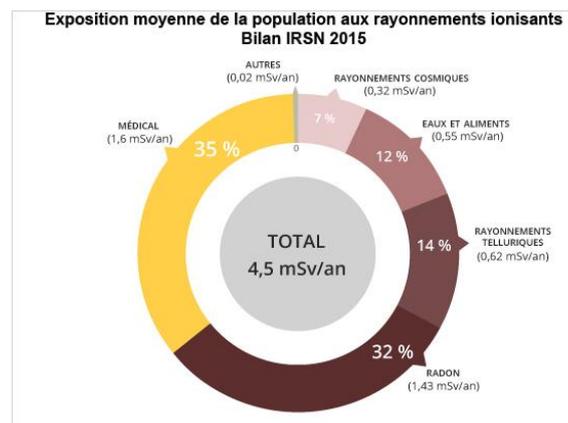
- **L'exposition interne par ingestion directe d'eau contaminée**
- **L'exposition interne par ingestion de poissons**
- **L'exposition interne par ingestion de produits végétaux et animaux contaminés par l'irrigation**

Comme pour le calcul des rejets gazeux, les modèles utilisés sont des modèles reconnus et les hypothèses sont majorantes, comme par exemple l'hypothèse faite que toute l'eau de boisson est constituée d'eau de l'Isère (hypothèses correspondant au groupe de référence majorant « Saint-Egrève Max » dans l'étude d'impact de 2007).

Le tableau suivant présente les résultats des calculs issus du modèle de l'étude d'impact de 2007 ; les doses efficaces sont en micro (μ) Sievert (soit 1 millionième de sievert).

2018	Adulte (μ Sv/an)	Enfant (μ Sv/an)	Bébé (μ Sv/an)
Impact rejets gazeux	0,031	0,026	0,034
Impact rejets liquides	0,0045	0,0032	0,0034

L'impact des rejets est donc extrêmement faible. En effet, il faut savoir que la dose moyenne due à la radioactivité naturelle et médicale est de 4500 μ Sievert par an en France, comme le montre l'illustration fournie par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) :



Gestion des déchets radioactifs

En matière de gestion des déchets radioactifs, la priorité est donnée à l'envoi des déchets aussitôt que raisonnablement possible après leur production vers les filières d'évacuation existantes. L'ensemble des zones de production est sectorisé afin d'identifier en amont les zones de production des déchets nucléaires et les zones de production de déchets conventionnels. Le « zonage déchet » de l'installation est décrit dans un document et matérialisé sur le terrain de façon claire pour les utilisateurs. Le SRSE a la responsabilité de la gestion des déchets.

Quantité de déchets évacués en 2018

Déchets de laboratoire

Les déchets de laboratoire sont évacués directement vers l'ANDRA CIREs par la filière du nucléaire diffus. Au cours de l'année 2018, 4 fûts PEHD de 120 l de déchets solides incinérables, 4 fûts de 120 l de solvants organiques et 2 bonbonnes de 30 l de solutions aqueuses ont été ainsi évacués.

Déchets TFA

Il n'y a pas eu d'expédition de déchets TFA.

Déchets FA/MA/HA

En 2018, 144 fûts PEHD de 200 l ont été expédiés vers SOCODEI-CENTRACO et 3 caissons 5 m³ standard ont été expédiés vers CSA ANDRA.

Quantité de déchets présents dans l'installation en fin d'année 2018

Nature des déchets	Volume	Activité	Radioéléments présents
Déchets de démantèlement			
• 1 source chaude	0,5 m ³	9 TBq	PA, ³ H
• 1 cheminée	0,9 m ³	14 TBq	PA, ³ H
• 1 porte combustible	0,15 m ³	6 TBq	PA, ³ H
• 1 grille rabattue	0,3 m ³	12 TBq	PA, ³ H
Déchets tritiés			
• Huile/Solvant	/	/	/
• Déchets solides	0,25 m ³	100 TBq	³ H
Déchets divers			
• Résines échangeuses d'ions	0,54 m ³	210 GBq	PA, ³ H
• Coques C1PG de REI	22 m ³	2,7 TBq	PA, ³ H
Déchets TFA			
• Déchets solides conditionnés	15 m ³	0,5 GBq	PA
• Déchets inertes (béton)	105 m ³	1 GBq	PA
• Déchets d'exploitation (métalliques et compactables)	106 m ³	350 MBq	PA
Déchets conditionnés			
• Caissons métalliques	15 m ³	260 GBq	PA, ³ H
• Fûts 120L PEHD incinérables	360 l	160 GBq	PA, α
• Fûts 200L incinérables	2 800 l	2,8 GBq	PA, ³ H
• Déchets de laboratoire	480 l	1 MBq	³ H, ¹⁴ C, ³² P
Déchets en attente de conditionnement			
• Déchets solides activés	1 950 l	290 TBq	PA, ³ H
• Déchets solides divers	7,5 m ³	25 GBq	PA, ³ H, α
• Déchets incinérables	7 200 l	8 GBq	PA, ³ H
• Déchets liquides	2 810 l	10 TBq	PA, ³ H, α

Glossaire

AIEA : L'Agence Internationale de l'Energie Atomique est une organisation qui dépend directement du Conseil de sécurité des Nations unies. Fondée en 1957 et basée à Vienne, en Autriche, elle cherche à promouvoir les usages pacifiques de l'énergie nucléaire et à limiter le développement de ses applications militaires.

ANDRA : Agence Nationale pour la gestion de Déchets Radioactifs : Etablissement public à caractère industriel et commercial chargé de la gestion et du stockage des déchets radioactifs solides.

ASN : Autorité de sûreté Nucléaire. Autorité administrative indépendante créée par la loi n° 2006-686 du 13 Juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité nucléaire (dite « loi TSN »), chargée de contrôler les activités nucléaires civiles en France. L'ASN assure, au nom de l'état, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés à l'utilisation du nucléaire. Elle contribue à l'information des citoyens (www.asn.fr).

Rayonnements ionisants : Les éléments radioactifs présents dans notre environnement émettent, lors de leurs désintégrations, des rayonnements alpha, bêta et gamma. Les rayonnements gamma sont des ondes électromagnétiques tandis que les rayonnements alpha et bêta sont des particules qui sont respectivement un noyau d'hélium et un électron. Ces rayonnements produisent des ionisations dans la matière qu'ils traversent et sont de ce fait potentiellement dangereux pour les organismes vivants.

Période radioactive : c'est le temps au bout duquel l'activité (nombre de désintégrations par seconde) d'une source radioactive a décré d'un facteur 2.

Becquerel : Unité de mesure de la radioactivité, c'est-à-dire le nombre d'atomes radioactifs qui se désintègrent par unité de temps (1 Bq = 1 désintégration par seconde). On utilise couramment des multiples du Bq : 1MBq = 1 million de Bq, 1GBq = 1 milliard de Bq, 1 TBq = 1000 milliard de Bq.

Fission : La fission nucléaire est le phénomène par lequel le noyau d'un atome lourd (noyau qui contient beaucoup de nucléons, tels les noyaux d'uranium et de plutonium) est divisé en 2 ou 3 nucléides plus légers après une collision avec un neutron ou de façon spontanée. Cette réaction nucléaire se traduit aussi par l'émission de neutrons, de rayonnements gamma et un dégagement d'énergie très important (environ 200 MeV, à comparer aux énergies des réactions chimiques qui sont de l'ordre de l'eV).

Exposition externe : L'exposition externe de l'homme aux rayonnements provoque une irradiation externe. Elle a lieu lorsque celui-ci se trouve exposé à des sources de rayonnements qui lui sont extérieures (substances radioactives sous forme de nuage ou de dépôt sur le sol, sources à usage industriel ou médical...).

Exposition interne : L'exposition interne est possible lorsque des substances radioactives se trouvent à l'intérieur de l'organisme. Celles-ci provoquent une irradiation interne. Elles ont pu pénétrer par inhalation, par ingestion, par blessure de la peau, et se distribuent ensuite dans l'organisme. On parle alors de contamination interne. Celle-ci ne cesse que lorsque les substances radioactives ont disparu de l'organisme après un temps plus ou moins long par élimination naturelle et décroissance radioactive ou par traitement.

TFA : Très Faible Activité (déchet).

Mesure des effets des rayonnements sur l'homme

- La dose absorbée par la cible des rayonnements est définie comme l'énergie reçue par unité de masse de la cible, en joules par kilogramme, c'est-à-dire en Grays (Gy) dans le système SI. On définit également un **débit de dose**, c'est-à-dire l'énergie absorbée par kilogramme et par unité de temps, c'est-à-dire en gray par heure (Gy/h).
- La dose équivalente, H , est la dose absorbée pondérée d'un facteur représentant la nocivité du type de rayonnement considéré. L'unité du Système International SI est le **Sievert (Sv)**.
- **La dose efficace**, E est la somme pondérée des doses équivalentes H_T aux organes et tissus T irradiés. Elle rend compte du risque d'apparition de cancer. L'unité utilisée est également le Sievert.

Avis du CHSCT



Grenoble, le 2 juillet 2019
DIR/SRSE-19/379-OD/mg

Avis du CHSCT de la réunion plénière du 28 juin 2019
relatif au rapport
TSN 2018 (Transparence et Sécurité Nucléaire)

Conformément à la loi n°2006-686 du 13 Juin 2006 (article 21), le rapport TSN a été soumis au CHSCT.

Les recommandations émises lors de cette réunion ont été prises en compte dans l'établissement de la version définitive de ce rapport.

De ce fait, le CHSCT approuve le rapport TSN 2018.

Membre élu du CHSCT
Olivier DUNY

