



Centrale
nucléaire
du Bugey

Réacteur n°3

Route départementale 20
01 150 Saint-Vulbas



Enquête publique sur le rapport du 4^e réexamen périodique,
au-delà de la 35^e année de fonctionnement du réacteur
électronucléaire n°3 de l'Installation Nucléaire de Base n°78,
situé sur le Centre Nucléaire de Production d'Électricité du
Bugey sur la commune de Saint-Vulbas dans l'Ain.

DOCUMENT **3** BIS

Document relatif aux effets sur
l'environnement associés à
l'exploitation du réacteur pour
les dix années suivantes

	Pages
Introduction	2
1. L'exploitant de la centrale du Bugey et le contexte du réexamen périodique	3
1.1. L'exploitant de la centrale du Bugey	3
1.2. Contexte du réexamen périodique et cadre réglementaire	4
2. Poursuite du fonctionnement des réacteurs du Bugey	8
2.1. La centrale nucléaire du Bugey	8
2.2. Fonctionnement de la centrale	9
2.3. La poursuite du fonctionnement	11
3. Procédure d'enquête publique relative au réexamen périodique	15
3.1. Procédure réglementaire en France	15
3.2. Consultation internationale	16
3.3. Calendrier de la procédure réglementaire	17
4. Sûreté de la centrale nucléaire	18
4.1. Radioprotection	18
4.2. Sûreté nucléaire en fonctionnement	19
4.3. Maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence	26
4.4. Sûreté nucléaire, réacteur en mise à l'arrêt définitif	27
5. Évaluation des effets de l'exploitation sur l'environnement	28
5.1. Démarche	28
5.2. Méthodes d'évaluation des impacts	29
5.3. Incertitudes liées à l'évaluation des impacts	33
5.4. Données utilisées dans l'évaluation	33
5.5. État actuel de l'environnement	34
5.6. Interactions de la centrale de Bugey avec l'environnement	43
5.7. Projection sur 10 ans des effets sur l'environnement	54
6. Évaluation des effets transfrontaliers	70
6.1. Exigences en matière de conséquences radiologiques	71
6.2. Conséquences radiologiques	73
6.3. Mesures de maîtrise des risques radiologiques	80
7. Surveillance de l'environnement	89
7.1. Mesures de surveillance associées au fonctionnement normal	89
7.2. Mesures de surveillance associées aux risques radiologiques	92
8. Conclusion	93
Glossaire	95

INTRODUCTION

Centrale nucléaire du Bugey, Ain
Copyright EDF / BERNARD Gaëtan

En France, la création d'un réacteur nucléaire est autorisée par décret du ministre chargé de la sûreté nucléaire. Cette autorisation ne comporte pas de limitation de durée de fonctionnement. Pour autant, l'exploitant est tenu de procéder à un réexamen périodique effectué tous les 10 ans pour apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques et inconvénients que l'installation présente pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement, appelés les intérêts protégés.

Les quatre réacteurs à eau pressurisée de 900 MWe de la centrale nucléaire du Bugey, exploités par Electricité de France (EDF, www.edf.fr), font l'objet de leur 4^e réexamen périodique.

À l'issue de chacun de ces réexamens, EDF établit un rapport de réexamen (RCR) présentant ses conclusions du réexamen et les dispositions envisagées pour améliorer la protection des intérêts protégés. Les rapports des réacteurs n°2 à 5 de la centrale du Bugey ont été transmis au Gouvernement et à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR, www.asnr.fr) respectivement les 27 avril 2021, 30 avril 2024, 21 décembre 2021 et 15 juin 2022.

Au-delà de la 35^e année de fonctionnement, le rapport de réexamen fait l'objet d'une enquête publique.

Le présent document est l'une des pièces du dossier de l'enquête publique réalisée dans le cadre du 4^e réexamen périodique du réacteur n°3 du Bugey. Il est commun aux quatre réacteurs du site du Bugey.

Il est relatif aux effets sur l'environnement associés à l'exploitation de ces réacteurs pour les dix années suivant leur 4^e réexamen périodique, y compris les conséquences, radiologiques ou non, d'éventuels incidents ou accidents. Il décrit également dans ce cadre les éventuels effets transfrontaliers, puisqu'il est transmis, le cas échéant, lors d'une consultation d'un État étranger contiguë, ou d'un autre État membre de l'Union européenne ou partie à la convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière, signée à Espoo du 25 février 1991.

L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection tient compte des résultats de l'enquête publique, y compris ceux concernant les effets sur l'environnement présentés dans ce document, dans son analyse du rapport de réexamen et dans les prescriptions qu'elle pourrait prendre concernant les réacteurs du site du Bugey.

1. L'EXPLOITANT DE LA CENTRALE DU BUGHEY ET LE CONTEXTE DU RÉEXAMEN PÉRIODIQUE

Centrale nucléaire du Bugey, Ain
Copyright EDF /
BERNARD Gaëtan / CAPA PICTURES

1.1. L'exploitant de la centrale du Bugey

EDF est l'exploitant de la centrale électronucléaire du Bugey et à ce titre responsable des 4^e réexamens périodiques de ses réacteurs.

EDF est une société anonyme détenue à 100% par l'État français. Elle emploie près de 180 000 personnes dans le monde, dont plus de 100 000 en France. Acteur majeur de la transition énergétique, EDF est un énergéticien intégré, présent sur un ensemble de métiers : la production, la distribution, le négoce, les services énergétiques et la vente d'énergie. EDF a développé un mix de production diversifié basé principalement sur le nucléaire et les énergies renouvelables dont l'hydroélectricité.

EDF est le plus grand producteur d'électricité en Europe, avec une capacité installée totale de 117 GW en 2024. Avec plus de 94% de production décarbonée, EDF a une intensité carbone parmi les plus faibles au monde de 33 gCO₂/kWh à comparer avec une moyenne européenne de 230 gCO₂/kWh. En 2024, la production d'électricité du groupe EDF a été d'environ 520 TWh, dont 78 % proviennent de la production nucléaire.

EDF est le premier exploitant nucléaire mondial avec une capacité installée de 63 GWe. EDF exploite 57 réacteurs nucléaires répartis sur 18 sites en France.

En 2024, la centrale nucléaire du Bugey a produit près de 18,5 milliards de kilowattheure d'électricité bas carbone ce qui représente la consommation électrique de près de 4 millions de foyers français, soit environ 5% de la production d'électricité française d'origine nucléaire. La centrale nucléaire du Bugey soutient les objectifs climatiques de la France et de l'Union Européenne ainsi que la sécurité de l'approvisionnement en électricité.

La centrale du Bugey est un des premiers employeurs du territoire avec plus de 2000 personnes présentes sur le site, salariés EDF et prestataires permanents, auxquels s'ajoutent entre 600 et 2000 salariés d'entreprises partenaires pour réaliser les opérations régulières de maintenance des unités de production. Elle s'implique fortement dans la formation des jeunes avec près de 250 apprentis ou stagiaires accueillis en 2024. Elle est attentive à la vie du territoire et soutient de nombreuses initiatives et associations en faveur de l'environnement, de la biodiversité, de la mobilité douce, de la solidarité et de l'insertion. Elle contribue par ailleurs à la fiscalité locale, avec 45,7 millions d'euros en 2024.

1.2. Contexte du réexamen périodique et cadre réglementaire

1.2.1. La procédure du réexamen périodique

La centrale électronucléaire du Bugey comprend quatre Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) d'une puissance électrique unitaire de 900 MWe refroidis par l'eau du Rhône en circuit ouvert (réacteur n°2 et 3), ou en circuit dit « fermé » par des aéroréfrigérants (réacteurs n°4 et 5). Ces réacteurs ont été mis en service en 1978 et 1979. Ils contribuent à la production d'électricité décarbonée de manière fiable depuis plus de 40 ans. EDF procède au 4^e réexamen périodique de chacun de ces quatre réacteurs en fonctionnement du site du Bugey.

Afin d'identifier les améliorations à mettre en œuvre dans le cadre de ces réexamens, les thèmes abordés ainsi que les objectifs d'amélioration associés ont été précisés par EDF dans un Dossier d'Orientations du Réexamen (DOR), fin 2013. L'instruction de ce DOR a été menée par l'ASNR, qui a saisi son expertise technique, a consulté les groupes permanents d'experts (GPE)¹, puis a consulté le public avant de se prononcer. L'instruction de cette partie « orientations » du réexamen s'est conclue en avril 2016 par une prise de position de l'ASNR, assortie de demandes à l'exploitant EDF².

Pour le 4^e réexamen périodique des centrales nucléaires de 900 MWe, EDF a retenu comme orientation générale de tendre vers les objectifs de sûreté nucléaire des réacteurs de dernière génération dont le réacteur de référence EDF est l'EPR Flamanville 3.

Lors du réexamen périodique, les améliorations concernant les effets sur l'environnement des installations sont instruites suivant deux volets :

- un **volet « risques »** relatif à la prévention des événements incidentels ou accidentels et la limitation de leurs conséquences potentielles radiologiques (rejets radioactifs) ou non radiologiques (effets thermiques ou toxiques ou de surpression). On distingue 2 familles de risques :
 1. les **risques radiologiques**, liés à la présence de substances radioactives,
 2. les **risques conventionnels**³, liés par exemple à l'entreposage et l'utilisation de produits inflammables, de produits chimiques ou de produits faiblement radiologiques au sein des installations conventionnelles.
- un **volet « inconvénients »** relatif à la maîtrise des effets sur la santé et l'environnement occasionnés par l'installation en fonctionnement normal du fait des prélèvements d'eau et rejets, et des nuisances qu'elle est susceptible d'engendrer (dispersion de micro-organismes pathogènes, bruits et vibrations, odeurs ou envol de poussières). La gestion des déchets est rattachée au volet inconvénients.

¹ Pour préparer ses décisions les plus importantes relatives aux enjeux de sûreté nucléaire ou de radioprotection, l'ASNR s'appuie sur les avis et les recommandations de groupes permanents d'experts.

² ASNR – Orientations génériques du 4^e réexamen périodique 900 MWe – CODEP - DCN-2016-007286 du 20 avril 2016.

³ Voir glossaire

Chacun de ces deux volets est divisé en deux parties :

- **Vérification de la conformité** de l'installation aux règles qui lui sont applicables.
- **Réévaluation de l'appréciation des risques ou inconvénients liés à l'installation** répondant à l'objectif d'améliorer autant que raisonnablement possible la protection des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'environnement, c'est-à-dire la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement.

Le quatrième réexamen périodique comporte un troisième volet relatif à la « poursuite du fonctionnement après 40 ans » qui couvre la **maîtrise du vieillissement** des matériels et le **maintien de la qualification** des matériels aux conditions accidentelles.

Le 4^e réexamen périodique des réacteurs du Bugey s'est déroulé en deux phases :

- une première phase dite générique, où sont traités les sujets communs aux réacteurs de conception similaire du parc nucléaire français ainsi que le permet la réglementation française. Les réacteurs du Bugey font partie du palier des réacteurs de 900 MWe de ce parc. Cette phase générique s'est achevée par la publication le 23 février 2021 de la décision n° 2021-DC-0706 de l'ASNR4 sur la phase générique du 4^e réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe assorti de prescriptions génériques qui ont fait l'objet au préalable d'une consultation du public ;
- une deuxième phase spécifique à chaque réacteur du Bugey.

À l'issue du réexamen⁵, le RCR de chacun des 4 réacteurs du Bugey est transmis par EDF au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'ASNR. Ce rapport présente les conclusions du réexamen en regard de ses objectifs, une synthèse des méthodes mises en œuvre et des principaux résultats. Il identifie les dispositions envisagées par EDF pour l'amélioration de la sûreté nucléaire et de la protection de la santé et de l'environnement.

Ce rapport, dont l'échéance de réalisation est fixée par la réglementation, est en général élaboré après la visite décennale du réacteur concerné, pendant laquelle des opérations de contrôle et de maintenance sont réalisées, ainsi que des modifications répondant aux objectifs du réexamen. L'ensemble des dispositions relevant du réexamen fait l'objet d'un programme industriel de déploiement pendant la visite décennale et les arrêts suivants, ou via un programme spécifique, lorsque le réacteur est en fonctionnement (voir § 3.3).

Pour ce 4^e réexamen périodique des réacteurs du Bugey, le rapport de réexamen fait l'objet d'une enquête publique.

L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection tiendra compte des conclusions de l'enquête publique et des résultats de la consultation des États étrangers dans son analyse du rapport et, le cas échéant, dans les nouvelles prescriptions encadrant la poursuite du fonctionnement des réacteurs du Bugey.

A l'issue du réexamen, la poursuite du fonctionnement des réacteurs du Bugey contribuera, pour les dix années à venir, à la sécurité d'approvisionnement du pays en électricité, dans le respect des objectifs climatiques de la France et de l'Union Européenne.

1.2.2. Lien avec la procédure d'arrêt définitif d'un réacteur

Si les conditions de la poursuite du fonctionnement d'un réacteur, réévaluées lors des réexamens périodiques, ne pouvaient être réunies, EDF envisagerait son arrêt définitif, et serait tenu de procéder à son démantèlement. Dans

⁴ Cette Décision a été modifiée le 19 décembre 2023 par la Décision 2023-DC-0774

⁵ L'article R.593-62 du code de l'environnement dispose que « l'obligation de réexamen périodique est réputée satisfaite lorsque l'exploitant remet au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection son rapport sur ce réexamen ».

ce cas, au moins 2 ans avant la date envisagée, l'exploitant déclare au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'ASNR son intention d'arrêter définitivement son installation. Il transmet au Gouvernement son dossier de démantèlement qui précise, en particulier, les opérations de démantèlement envisagées ainsi que les dispositions prises pour en limiter les effets sur les personnes et l'environnement. Le démantèlement de l'installation est par suite prescrit par un décret, pris après avis de l'ASNR : le décret de démantèlement. Les étapes du démantèlement sont les suivantes :

Étape préliminaire : opérations de préparation au démantèlement

Cette étape, qui commence dès l'arrêt définitif, permet de :

- réduire les risques présents sur l'installation : évacuation des combustibles usés et neufs, des déchets et des effluents, vidange des circuits, décontamination de certains circuits. À ce stade, la majorité des substances radioactives est évacuée ;
- préparer l'installation pour les opérations de démantèlement : organisation des accès et zones de circulation, adaptation des fonctions supports notamment ventilation et manutention, évacuation de certains matériels ;
- affiner la connaissance de l'état de l'installation : inventaire des matières et substances dangereuses, repérage amiante, prélèvements pour analyses radiologiques.

Étape 1 : le démantèlement électromécanique

Cette étape, qui nécessite l'entrée en vigueur du décret de démantèlement, consiste à déposer et découper tous les équipements présents et à les conditionner en déchets. Ne sont laissés en place que les matériels nécessaires au déroulement des travaux d'assainissement en étape 2. Dans chaque bâtiment, les travaux de démantèlement électromécanique se décomposent en grandes opérations. Cela concerne :

- le Bâtiment Réacteur (BR) avec le découpage et l'évacuation de gros composants, et le démantèlement des boucles du circuit primaire, des internes de cuves, de la cuve et des autres circuits et fonctions supports ;
- le bâtiment combustible (BK) avec le démantèlement des compartiments de la piscine, des différents équipements, et des fonctions supports ;
- les Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) et bâtiment périphérique (BW) avec le découpage et l'évacuation de gros composants, et le démantèlement des équipements en deux phases, en commençant par les fonctions qui ne sont pas requises pour le démantèlement, puis les derniers équipements présents.

Étape 2 : l'assainissement des structures

Cela concerne uniquement les locaux nucléaires. La radioactivité (activation, dépôt ou migration de contamination) susceptible d'être présente au niveau des parois du local est retirée. Les travaux d'assainissement d'un local peuvent débuter dès la fin de l'étape de démantèlement électromécanique de ce même local et après accord de l'ASNR sur la méthodologie d'assainissement.

A l'issue des travaux d'assainissement et des campagnes de mesures de vérification, un dossier de déclaration de déclassement des zones concernées est transmis à l'ASNR. Lorsque l'ensemble d'une zone de locaux est traité, les éléments restants sont alors considérés comme des déchets conventionnels.

Étape 3 : la démolition des bâtiments.

Pour les bâtiments conventionnels devant être démolis, la démolition peut commencer lorsque ces bâtiments n'ont plus d'utilité pour le démantèlement. Cette démolition classique ne sera pas obligatoirement précédée d'une phase de retrait des équipements situés dans les bâtiments.

Pour les bâtiments nucléaires, la démolition sera réalisée après l'envoi à l'ASNR du dossier de déclaration pour le déclassement de ces locaux. Au sein d'un bâtiment nucléaire, certaines zones de locaux éventuellement non assainis peuvent faire l'objet d'une démolition nucléaire préalable.

Étape 4 : la réhabilitation du site de l'installation

Elle consiste à s'assurer de la compatibilité entre l'état des sols et l'usage futur. Les éventuelles zones présentant un marquage chimique ou radiologique font l'objet de mesures de gestion adaptées. A l'issue de la phase de réhabilitation du site de l'installation, une demande de déclassement sera soumise à décision de l'ASNR.

2. POURSUITE DU FONCTIONNEMENT DES RÉACTEURS DU BUGEY

Centrale nucléaire du Bugey, Ain
Copyright EDF / CONTY Bruno

2.1. La centrale nucléaire du Bugey

La centrale électronucléaire EDF est implantée sur la commune de Saint-Vulbas dans le département de l'Ain et à proximité immédiate du département de l'Isère, en région Auvergne-Rhône-Alpes. Elle se situe sur la rive droite du Rhône et en limite sud-ouest du massif du Bugey.

Les agglomérations les plus importantes situées à proximité de la centrale sont l'agglomération lyonnaise à 25 km, L'Isle d'Abeau (Isère) à 30 km, Ambérieu-en-Bugey à 19 km, Lagnieu à 12 km, Charvieu-Chavagneux à 10 km, Crémieu à 9 km et Loyettes à 5 km de la centrale.

Elle est notamment à proximité de zones NATURA 2000, d'Espaces Naturels Sensibles, et de deux sites du Conservatoire des Espaces Naturels.

La centrale nucléaire du Bugey comprend quatre Réacteurs à Eau Pressurisée (REP), mis en service en 1978 et 1979, qui sont concernés par les 4^e réexamens périodiques.

CENTRALE NUCLEAIRE DU BUGEY (AIN)



Les grandes villes
et axes de communication



- Préfecture de région
- Préfecture départementale
- Sous-préfecture
- Autre ville
- Chef-lieu de canton

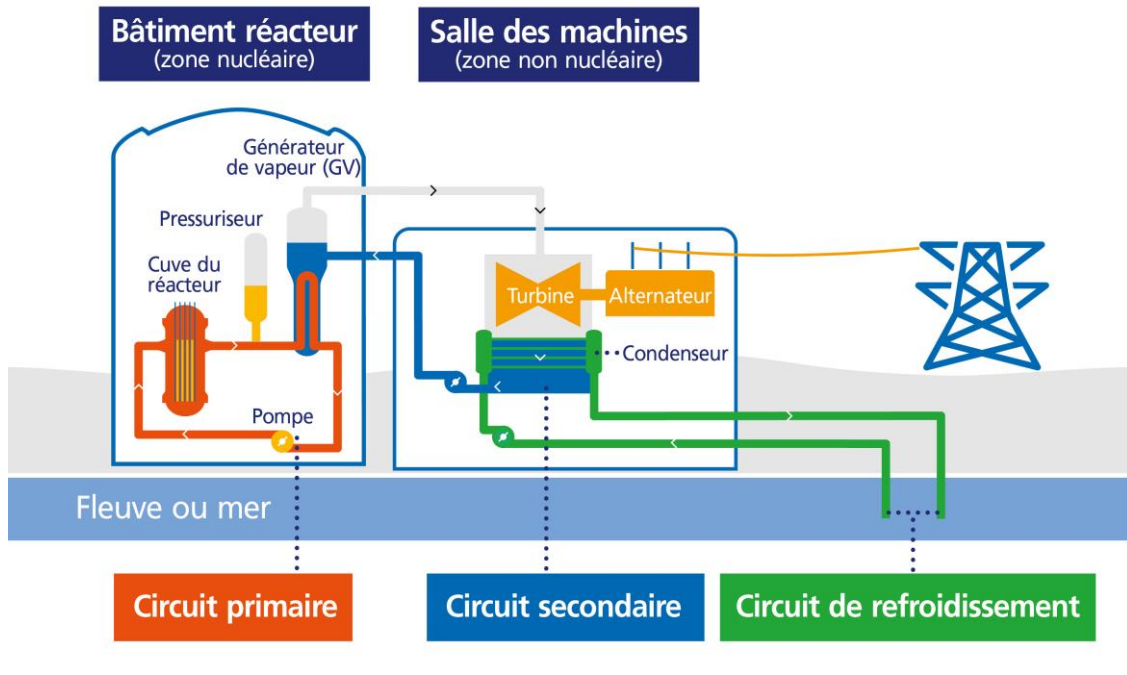
2.2. Fonctionnement de la centrale

Dans une centrale de type thermique classique ou nucléaire, le mode de production de l'électricité est identique : un combustible produit de la chaleur qui transforme de l'eau en vapeur et met ainsi en mouvement une turbine et un alternateur qui produit de l'électricité. Dans une centrale thermique classique, la chaleur provient de la combustion d'un combustible fossile (charbon, fioul, ...). Dans un réacteur nucléaire, la chaleur provient de la fission d'atomes d'uranium.

La centrale nucléaire du Bugey comprend quatre réacteurs à eau pressurisée d'une puissance électrique unitaire de 900 MWe. Le fonctionnement d'un réacteur nucléaire à eau pressurisée s'articule autour de trois circuits indépendants et étanches les uns par rapport aux autres (voir schéma ci-dessous), qui opèrent des échanges thermiques en évitant toute dispersion de substance radioactive vers l'extérieur des installations.

LA CENTRALE NUCLÉAIRE

Principe de fonctionnement, sans aéroréfrigérant



1. Le **circuit primaire** : dans le réacteur, la fission des atomes d'uranium produit une grande quantité de chaleur qui chauffe l'eau qui circule autour des assemblages de combustible à 320°C. L'eau est maintenue sous pression pour l'empêcher de bouillir. Elle transmet sa chaleur à l'eau d'un deuxième circuit fermé.
2. Le **circuit secondaire** : l'échange de chaleur entre l'eau du circuit primaire et l'eau du circuit secondaire se fait par l'intermédiaire de générateurs de vapeur dans lesquels l'eau du circuit secondaire est vaporisée. La pression de cette vapeur fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur. Ce dernier produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit pour qu'il puisse être plus facilement transporté à grande distance dans les lignes très haute tension.
3. Le **circuit de refroidissement** : à la sortie de la turbine, la vapeur du circuit secondaire est à nouveau transformée en eau, grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide, en provenance de la mer ou d'un cours d'eau. Ce troisième circuit est appelé circuit de refroidissement. Pour la centrale du Bugey, pour Bugey 2 et Bugey 3, l'eau de ce 3^e circuit est refroidie directement par un circuit ouvert sur le Rhône, et pour Bugey 4 et 5, elle est refroidie au contact de l'air dans des tours aéroréfrigérantes.

En 2024, la centrale nucléaire du Bugey a produit près de 18,5 milliards de kilowattheure d'électricité décarbonée ce qui couvre la consommation électrique de l'ordre de 4 millions de foyers, soit 5% de la production d'électricité française d'origine nucléaire.

2.3. La poursuite du fonctionnement

« Construire un avenir énergétique neutre en CO₂ conciliant préservation de la planète, bien-être et développement, grâce à l'électricité et à des solutions de service innovants » est la raison d'être d'EDF ; elle contribue à l'objectif de neutralité carbone fixé en 2050 par l'Union Européenne et repris en France dans la stratégie française pour l'énergie et le climat. Dans ce cadre, les centrales électronucléaires d'EDF jouent un rôle majeur dans la fourniture d'une électricité décarbonée, pilotable et compétitive.

Ainsi, EDF entend poursuivre le fonctionnement de ses réacteurs en prenant les dispositions nécessaires au respect des exigences de sûreté applicables.

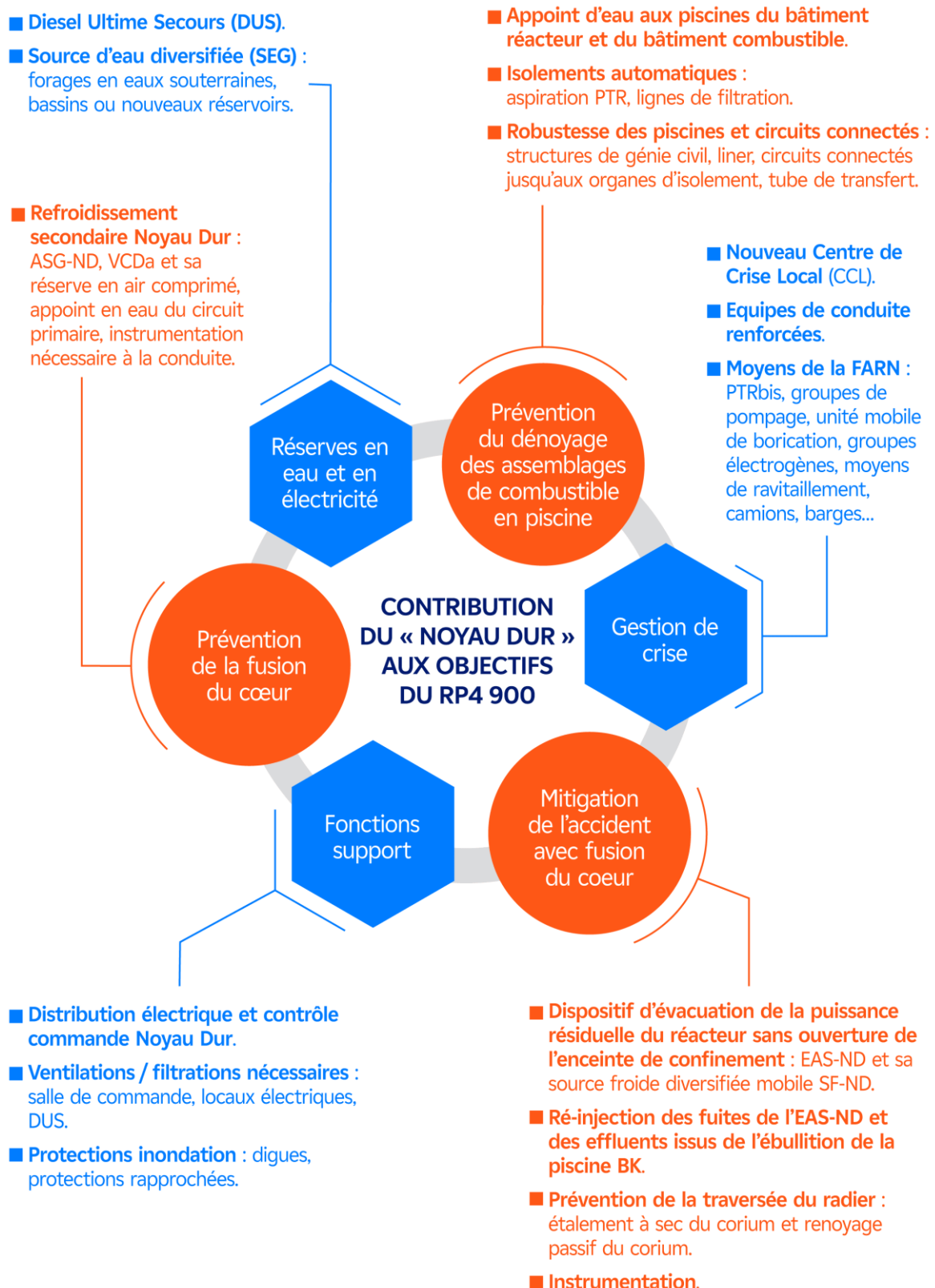
2.3.1. Les dispositions proposées

Au regard des objectifs d'amélioration définis pour le 4^e réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, la poursuite du fonctionnement sur 10 ans s'accompagne de la mise en œuvre de dispositions proposées par EDF dans le rapport de réexamen, complétées par les prescriptions de l'ASNR qui encadre les conditions de la poursuite du fonctionnement.

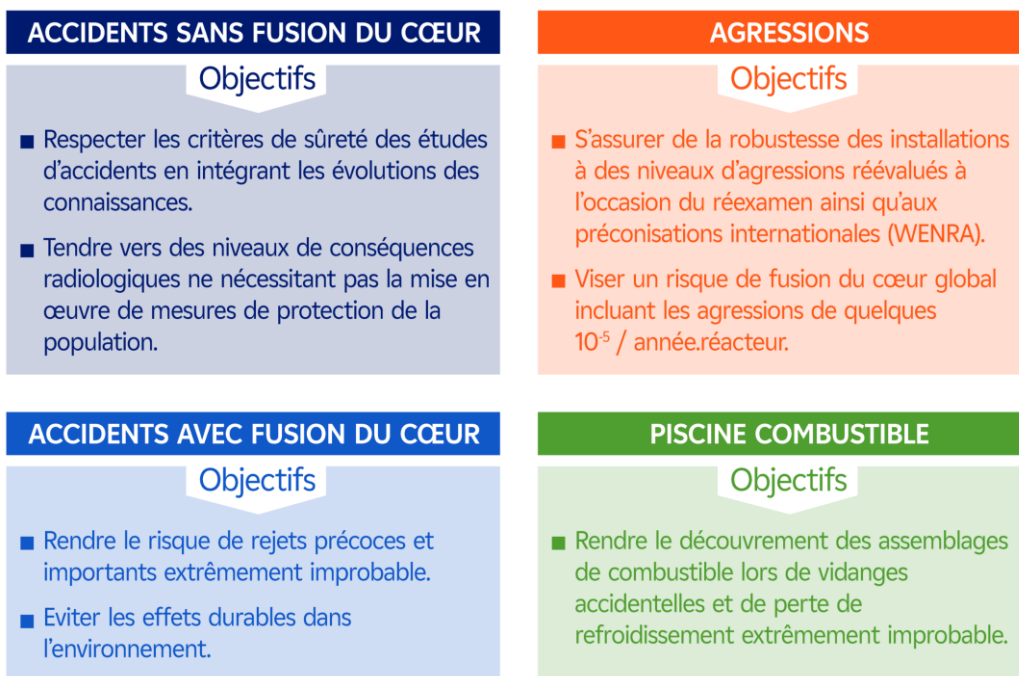
Les dispositions d'amélioration consistent, d'une part, à prendre en compte dans la démonstration de sûreté des réacteurs les moyens mis en place pour intégrer le retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi (Japon) survenu en mars 2011. Ce faisant, ces moyens sont renforcés à la suite du réexamen en un ensemble de dispositions appelées « Noyau Dur ».

Le Noyau Dur est un ensemble de moyens matériels fixes et robustes complétés par des moyens mobiles visant à éviter des rejets radioactifs massifs et des effets durables dans l'environnement pour des situations consécutives à une agression naturelle externe extrême. Il s'agit principalement de situation de séisme, d'inondation externe et des phénomènes associés (foudre, grêle, grands vents, pluies de forte intensité), ou encore de la tornade.

Principales dispositions « Noyau Dur » (ND) reprises par grandes thématiques de sûreté



D'autre part, les autres dispositions d'amélioration du 4^e réexamen périodique du Bugey répondent à l'orientation générale de ce réexamen de tendre vers les objectifs de sûreté nucléaire des réacteurs de dernière génération dont le réacteur de référence EDF est l'EPR-Flamanville 3, et qui se décline en quatre thématiques :



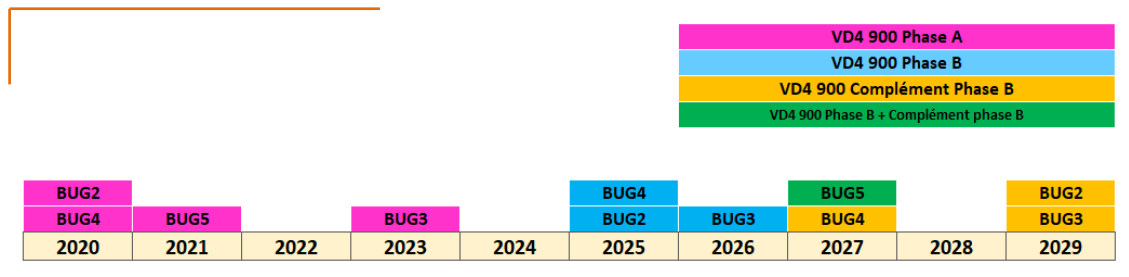
2.3.2. Programme industriel issu du 4^e réexamen périodique

Le programme industriel du 4^e Réexamen Périodique du palier 900 se décline en trois phases tenant compte de l'ampleur des actions et des impacts induits pour les personnes et les organisations en place sur les sites nucléaires⁶ :

- La **Phase A** correspond aux opérations réalisées en Tranche En Marche ou durant les arrêts de type Visite Décennale. Ces opérations s'accompagnent d'une mise à jour de la documentation d'exploitation ;
- La **Phase B** correspond aux opérations réalisées en Tranche En Marche ou durant les arrêts de Tranche au plus tard 6 ans après la remise du rapport de réexamen ;
- Le **Complément Phase B** comprend le déploiement de certaines actions issues de l'instruction du quatrième réexamen périodique par l'ASNR qui, compte tenu de leur nature (comme par exemple la nécessité de qualifier un nouveau matériel à des conditions ambiantes très sévères), nécessitent un délai d'instruction d'environ 5 ans. Elles sont réalisées en Tranche En Marche ou durant les arrêts de Tranche au plus tard 8 ans après la remise du rapport de réexamen.

⁶ Pour élaborer le calendrier, EDF tient également compte du contexte industriel très chargé en France, compte tenu des visites décennales à effectuer également sur les autres paliers. A cette fin, EDF s'est organisée en mode projet pour mener le réexamen, au sein du programme baptisé « Grand Carénage ».

Le schéma suivant présente l'échéancier annuel des modifications liées au 4^e réexamen des réacteurs du Bugey :





3.1. Procédure réglementaire en France

Conformément à l'article L.593-18 du code de l'environnement, EDF réalise un réexamen périodique de ses réacteurs tous les dix ans afin « d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques ou inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1, en tenant compte notamment de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances, dont celles sur le changement climatique et ses effets, et des règles applicables aux installations similaires. Cette appréciation des risques tient compte des conséquences du changement climatique sur les agressions externes à prendre en considération dans le cadre de celle-ci. »

L'article R.593-62 du code de l'environnement dispose que « l'obligation de réexamen périodique est réputée satisfaite lorsque l'exploitant remet au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection son rapport sur ce réexamen ».

Ce rapport comporte « les conclusions de l'examen prévu à l'article L. 593-18 et, le cas échéant, les dispositions qu'il envisage de prendre pour remédier aux anomalies constatées ou pour améliorer la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1. » (Article L.593-19 du code de l'environnement)

Conformément à l'article L.593-19, « pour les réexamens au-delà de la trente-cinquième année de fonctionnement d'un réacteur électronucléaire, le rapport mentionné au premier alinéa du présent article fait l'objet d'une enquête publique. »

Dans ce contexte, les articles R.593-62-2 à R.593-62-9 du code de l'environnement clarifient la procédure à suivre pour cette enquête publique.

3.2. Consultation internationale

Dans le cadre de cette enquête publique portant sur le RCR, l'article R.593-62-6 du code de l'environnement prévoit une procédure de consultation des États étrangers. Lorsqu'une partie du territoire d'un État étranger est contiguë au périmètre de l'enquête publique, ou lorsque la condition de contiguïté n'est pas remplie mais que le préfet estime, de sa propre initiative ou à la demande des autorités d'un autre État membre de l'Union européenne ou partie à la convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière, signée à Espoo du 25 février 1991, que le fonctionnement du réacteur est susceptible d'avoir des incidences notables sur l'environnement de cet État :

- Le préfet notifie à cet État l'arrêté d'ouverture de l'enquête publique et lui transmet, en particulier, un exemplaire du dossier d'enquête.
- La notification de l'arrêté d'ouverture d'enquête fixe le délai dont disposent les autorités de cet État pour manifester leur intention de participer à l'enquête publique. L'enquête publique ne peut alors commencer avant l'expiration de ce délai.
- Le dossier est transmis par le préfet au ministre des affaires étrangères.

La carte ci-dessous permet de localiser la centrale du Bugey et d'apprécier sa distance aux États voisins de la France, au moins jusqu'à 1000 kilomètres.

CENTRALE NUCLEAIRE DU BUGEY (NORD)

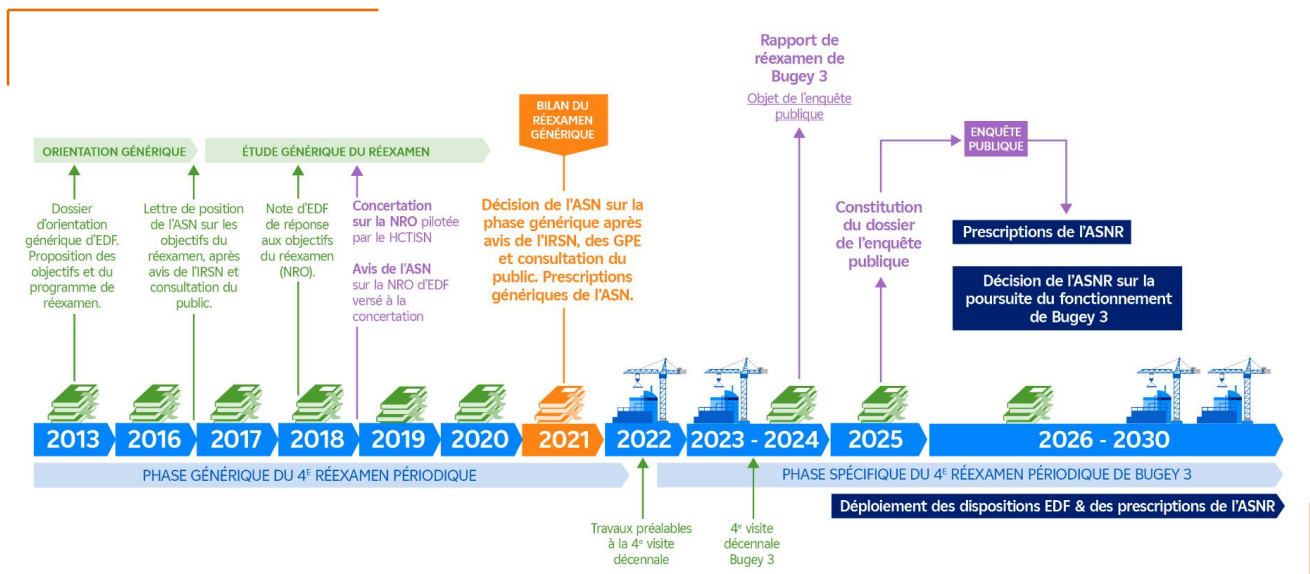


Localisation de la centrale du Bugey au regard des États étrangers

3.3. Calendrier de la procédure réglementaire

Le préfet du département de l'Ain détermine notamment la date d'ouverture de l'enquête et sa durée (Article R.123-9 du code de l'environnement).

Le déroulement du réexamen périodique est rappelé ci-dessous pour le réacteur n°3 du Bugey.



4. SURETÉ DE LA CENTRALE NUCLÉAIRE



Centrale nucléaire du Bugey, Ain
Copyright EDF /
BERNARD Gaëtan / CAPA PICTURES

4.1. Radioprotection

La **radioprotection** est l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement. Elle repose sur trois grands principes : la justification, l'optimisation et la limitation des doses.

- **Justification** : toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition de l'homme aux rayonnements ionisants doit être justifiée par les avantages qu'elle procure. Ses bénéfices doivent être supérieurs à ses inconvénients.
- **Optimisation** : pour une source donnée, l'objectif général est de maintenir les valeurs de doses individuelles et collectives, au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques et des facteurs socio-économiques. C'est le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable⁷).
- **Limitation des doses** : l'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une « activité nucléaire » ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou de recherche biomédicale

⁷ Aussi bas que raisonnablement possible.

Dans la suite du document, les informations liées aux émissions radioactives, à leur impact et à leur surveillance, sont relatives au fonctionnement normal des réacteurs ou aux situations d'accident.

4.2. Sûreté nucléaire en fonctionnement

En tant qu'installation industrielle, une centrale nucléaire comporte intrinsèquement des risques susceptibles de porter atteinte à la santé et à l'environnement. Le réacteur nucléaire renferme des substances radioactives ; l'installation contient des substances dangereuses (telles que des bouteilles de gaz, des matières inflammables ou des produits chimiques) utiles à son fonctionnement.

La conception et l'exploitation des centrales nucléaires visent à maîtriser l'ensemble des risques en réduisant à la fois la probabilité d'apparition de défaillances de l'installation par des mesures de prévention, et les conséquences de ces défaillances à l'extérieur du site par des mesures de protection. Plus les effets identifiés peuvent être importants, plus la probabilité de l'événement initiateur doit être rendue faible afin que le niveau de risque soit aussi bas que raisonnablement possible dans des conditions économiquement acceptables.

La maîtrise des risques est intégrée dans la démarche de sûreté nucléaire mise en œuvre tout au long de la vie des installations nucléaires ; elle consiste à interposer plusieurs lignes de défense successives pour atteindre un haut niveau de maîtrise.

Le recensement des risques prend en compte les défaillances de la partie nucléaire de l'installation mais aussi des autres équipements qui sont nécessaires à son bon fonctionnement. Pour chaque risque sont définis :

- les événements initiateurs : dysfonctionnement d'un équipement ou agression de cause interne (ex : rupture de tuyauterie) ou externe (ex : séisme),
- les conséquences potentielles à l'extérieur du site et sur le fonctionnement de l'installation elle-même.

Tous ces risques font l'objet de dispositions de conception et d'exploitation au titre de la sûreté nucléaire et de la protection de l'environnement qui permettent par l'interposition de parades successives :

- de réduire l'occurrence d'incident et d'accident sur l'installation,
- de surveiller et de maintenir l'installation dans un état sûr,
- de limiter les conséquences des incidents et accidents sur l'installation et dans l'environnement.

Compte tenu de leurs spécificités, on distingue 2 familles de risques :

1. **les risques radiologiques**, liés à la présence de substances radioactives,
2. **les risques conventionnels**, liés par exemple à l'entreposage et l'utilisation de produits inflammables, de produits chimiques ou de produits faiblement radiologiques.

Les risques radiologiques sont de deux types :

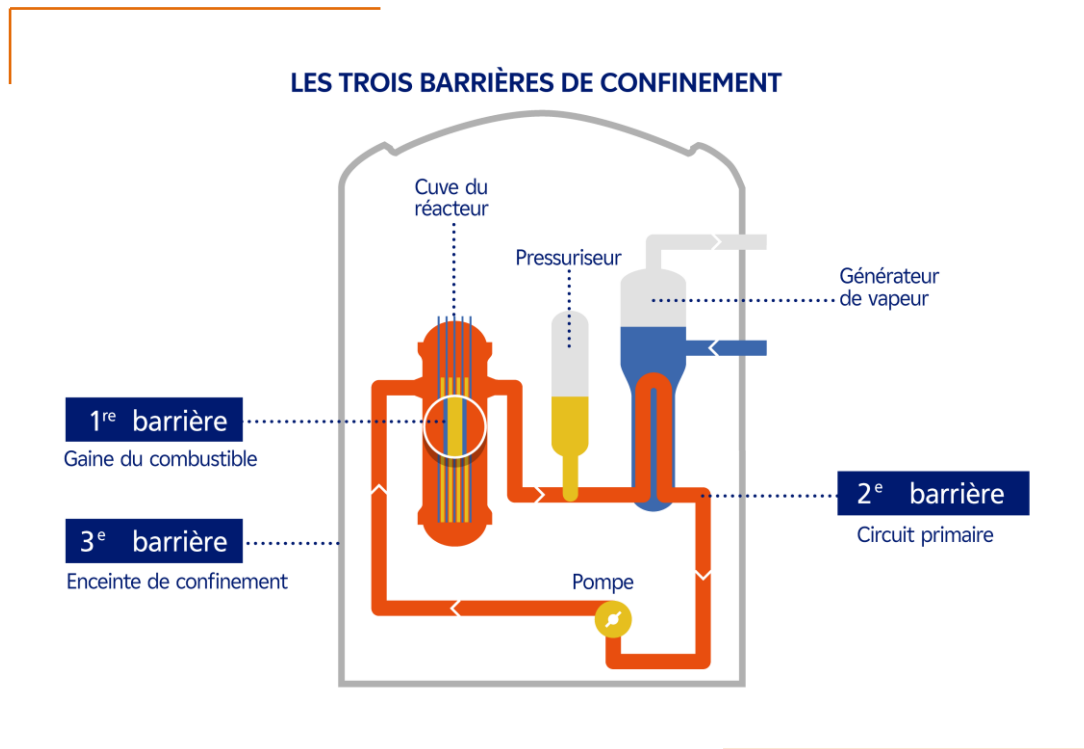
- l'exposition directe aux rayonnements, appelée exposition externe,
- l'exposition aux rayonnements par ingestion et/ou inhalation de produits radioactifs, appelée exposition interne.

4.2.1. Maîtrise des risques radiologiques

Les matières radioactives sont placées dans des enceintes étanches équipées d'écrans de protection (ou « protections biologiques ») adaptées au rayonnement afin de se prémunir des risques radiologiques d'exposition et de dissémination. Les frontières de ces enceintes sont appelées barrières de confinement. Ces barrières sont emboîtées les unes dans les autres selon le principe des poupées gigognes. Ces barrières, à la fois étanches, résistantes et indépendantes, s'interposent en série entre le combustible et l'environnement.

Ainsi, trois barrières physiques, résistantes, étanches et indépendantes concourent au confinement de la radioactivité :

- la gaine des crayons de combustible,
- l'enveloppe du circuit primaire,
- l'enceinte de confinement.



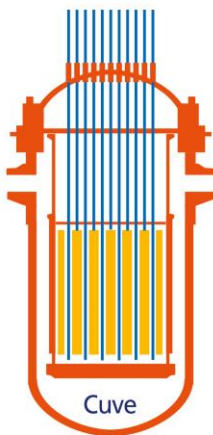
La méthode d'analyse des risques consiste à rechercher les causes possibles de dispersion de produits radioactifs hors des barrières de confinement, et à définir des dispositions permettant de réduire l'occurrence et la gravité des conséquences de tels événements, à des niveaux les plus faibles possibles.

Afin de maintenir l'efficacité dans le temps et dans toutes les situations des barrières de confinement, des matériels et systèmes sont conçus pour assurer en permanence les trois « fonctions de sûreté ».

LES TROIS FONCTIONS DE SÛRETÉ

1 Contrôler la réaction en chaîne

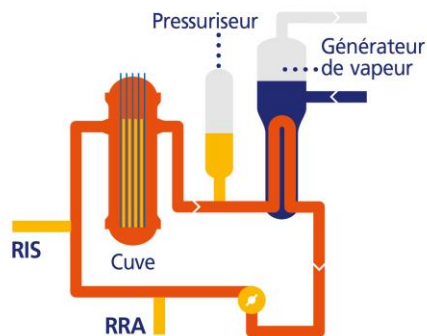
- Position des grappes de commande
- Concentration du bore dans l'eau



2 Refroidir le combustible

Évacuation de la chaleur :

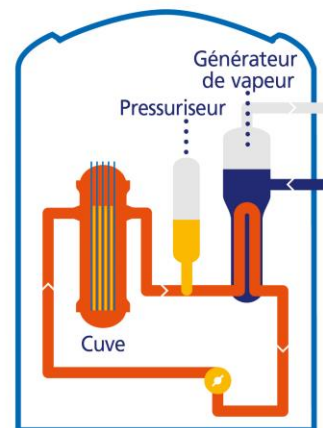
- par les générateurs de vapeur en fonctionnement normal,
- par le circuit de réfrigération à l'arrêt du réacteur (RRA),
- par les systèmes d'injection de sécurité (RIS).



3 Confiner la radioactivité

Par les trois barrières :

- gaine du combustible
- circuit primaire
- enceinte de confinement



Les dispositions mises en œuvre pour assurer ces trois fonctions fondamentales de sûreté permettent **d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants**, et donc de prendre en compte cette quatrième fonction de sûreté introduite par l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, dit « arrêté INB ».

L'état « sûr » d'un réacteur se caractérise par la maîtrise des trois fonctions de sûreté :

- contrôle de la réaction nucléaire en chaîne dans le réacteur,
 - refroidissement du combustible,
 - confinement des substances radioactives,
- ainsi que le bon fonctionnement des systèmes nécessaires pour le maintien de ces conditions.

Afin de garantir un haut niveau de sûreté de la centrale, la conception et l'exploitation des réacteurs repose sur l'application du concept de défense en profondeur, qui conduit à prévoir des moyens supplémentaires pour protéger ces barrières et limiter les conséquences d'un accident à un niveau acceptable sur les personnes et l'environnement. Des lignes de défense successives, aussi fiables et indépendantes que possible, sont ainsi prévues par la mise en place de dispositions techniques, humaines ou organisationnelles supplémentaires, permettant d'éviter ces accidents ou d'en limiter les conséquences.

À la conception et en exploitation, la défense en profondeur se décline en cinq niveaux :

- 1. la prévention (niveau 1) :** éviter que la défaillance ne se produise ;
- 2. la surveillance ou la détection (niveau 2) :** anticiper l'apparition de la défaillance par des contrôles, des tests, ou détecter la défaillance dès qu'elle survient pour rétablir une situation de fonctionnement normal ;
- 3. les moyens d'actions (niveau 3) :** maîtriser les conséquences de la défaillance ou à défaut limiter leur aggravation en reprenant la maîtrise de l'installation (procédures incidentelles et accidentelles) ;
- 4. l'atténuation (niveau 4) :** gérer les situations de façon à limiter les conséquences radiologiques pour l'environnement et les personnes (procédures ultimes) ;
- 5. la protection des populations (niveau 5).** Ce 5^e niveau de la défense en profondeur est du ressort des pouvoirs publics et correspond à la mise en œuvre du Plan Particulier d'Intervention (PPI) (mise à l'abri, prise de pastilles d'iodes, évacuations, ...).

La démonstration de la maîtrise des risques radiologiques des réacteurs du Bugey, retranscrite dans leur rapport de sûreté, consiste à vérifier que les objectifs généraux de sûreté sont respectés dans toutes les séquences incidentelles et accidentelles. Pour ce faire, de nombreux scénarios incidentels et accidentels ont été retenus et classés en catégories selon leurs fréquences d'occurrence. La conception des installations doit également permettre de garantir une protection appropriée contre les scénarios induits par un cumul de défaillances, ou toute agression interne ou externe susceptible de nuire aux fonctions fondamentales de sûreté. À l'occasion de leur 4^e réexamen périodique, les réacteurs du Bugey intègrent dans leur référentiel une conception robuste aux accidents avec fusion du cœur. Les scénarios étudiés conduisent à la mise en place de dispositions⁸ pour limiter les conséquences de ces accidents en préservant l'intégrité de la 3^e barrière de confinement.

Les études de sûreté sont réalisées avec une démarche conservatrice, c'est-à-dire en pénalisant les hypothèses ou paramètres influents, vis-à-vis de l'état des systèmes et de leur fonctionnement, et des phénomènes physiques associés aux scénarios. Au besoin, des hypothèses de découplage sont prises pour prendre en compte les incertitudes. Cela garantit des marges de conception vis-à-vis des situations redoutées. Ainsi, aucune lacune de connaissance identifiée n'est de nature à remettre en cause les conclusions de ces études.

L'étude des conséquences radiologiques de tous ces scénarios vise à vérifier le bien-fondé des dispositions prises à la conception et en exploitation pour assurer l'intégrité des barrières de confinement des substances radioactives (gainage du combustible, enveloppe du circuit primaire et enceinte du bâtiment réacteur). Cela permet également de vérifier que les relâchements de produits radioactifs à l'extérieur de la centrale, consécutifs à ces incidents/accidents, entraînent des conséquences limitées pour les personnes du public et l'environnement.

On distinguera :

- les conséquences radiologiques des incidents et accidents de dimensionnement (retenus à la conception),
- les conséquences radiologiques des accidents du domaine dit complémentaire, non prévus initialement à la conception et correspondant à des scénarios de cumul de défaillances. Ces accidents sont étudiés afin de réduire les risques liés à l'installation en intégrant dans le référentiel d'exigences des dispositions complémentaires. C'est le cas en particulier de l'accident de Rupture de Tuyauterie Vapeur (RTV) cumulée à de multiples Ruptures de Tube de Générateurs de Vapeur (RTGV),
- les conséquences radiologiques des accidents avec fusion du cœur hypothétiques.

⁸ Un certain nombre d'améliorations sont applicables au palier 900 MWe, ce qui conduit parfois à évoquer cela dans la suite du document.

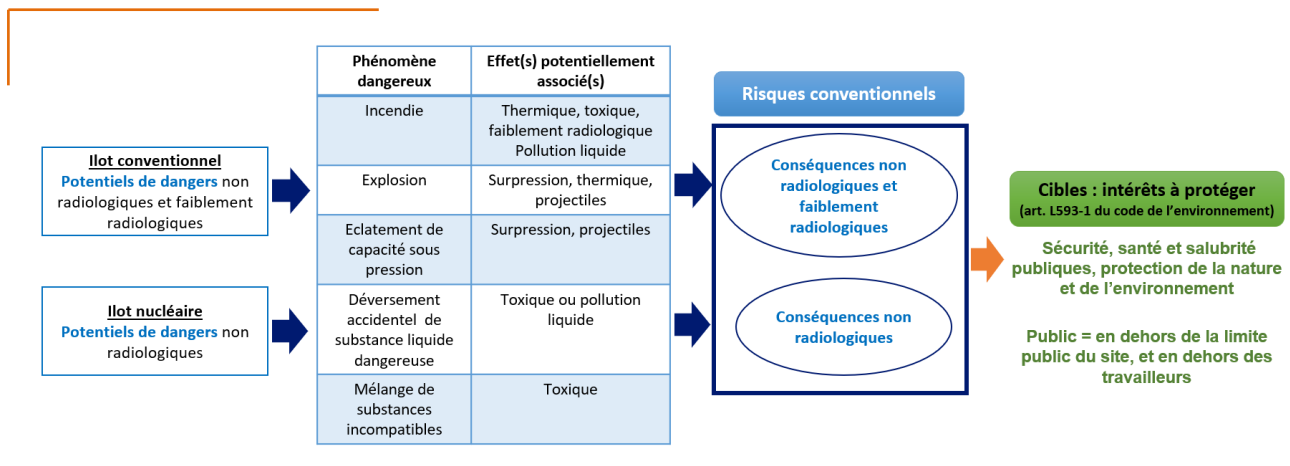
4.2.2. Maîtrise des risques conventionnels

4.2.2.1. Méthodologie de l'analyse de risques

Les risques conventionnels sont liés par exemple à l'entreposage et l'utilisation de produits inflammables ou de produits chimiques ou de produits faiblement radiologiques au sein des installations conventionnelles.

La démonstration de sûreté vise à démontrer que ces risques conventionnels sont acceptables vis-à-vis des intérêts à protéger :

- la population : le périmètre d'analyse prend en compte toutes les zones accessibles au public, au-delà des limites du site ;
- l'environnement naturel.



Les effets potentiellement induits à l'extérieur du site par ces risques conventionnels de nature non radiologique ou faiblement radiologique sont les suivants :

- Des effets par voie aérienne :
 - effets thermiques liés à l'incendie, à un jet enflammé et à l'explosion,
 - effets toxiques provenant de la dispersion atmosphérique de fumées d'incendie, de l'évaporation de nappe d'un produit toxique, de la fuite d'un gaz toxique ou du mélange de substances incompatibles,
 - effets de surpression dus à une explosion ou à un éclatement de capacité,
 - effets faiblement radiologiques provoqués par la dispersion de radionucléides en cas d'incendie d'une installation faiblement radiologique,
 - effets liés à l'émission de projectiles issus de machines tournantes, résultant d'une explosion ou de l'éclatement d'une capacité.
- Des effets par voie liquide : effets liés au déversement de substances liquides dangereuses ou faiblement radioactives dans l'environnement.

Les potentiels de dangers sont identifiés et caractérisés au travers des effets qu'ils peuvent engendrer sur les intérêts à protéger. Les potentiels de dangers identifiés englobent les potentiels de dangers associés aux produits mis en œuvre ou entreposés ainsi que les potentiels de dangers associés aux activités.

La maîtrise des accidents conventionnels est obtenue par l'application du principe de défense en profondeur et par la maîtrise des fonctions de sûreté suivantes :

- le confinement des substances dangereuses et faiblement radioactives,
- la protection des personnes et de l'environnement contre les effets toxiques, les effets de surpression, les effets thermiques et les effets liés à l'impact de projectiles.

L'analyse est menée d'une manière itérative jusqu'à démontrer l'acceptabilité du risque en agissant sur les leviers suivants :

- réduction du risque à la source : recherche de la possibilité de réduire les quantités de produits ou d'utiliser des produits de substitution si les contraintes d'exploitation le permettent,
- identification et valorisation de mesures de maîtrise des risques (prévention, surveillance, mitigation) en vue de diminuer l'occurrence et/ou les conséquences du scénario d'accident.

Toutes les installations comprenant des activités à risques ou entreposant des produits dangereux sont soumises à des contrôles périodiques. Des opérations de maintenance préventive sont réalisées en conformité avec les prescriptions des constructeurs ou selon le retour d'expérience acquis sur le matériel. Toute anomalie constatée fait l'objet d'une action corrective de remise en état.

L'incendie fait l'objet d'une prise en compte particulière (Plan d'Action Incendie et Projet Maîtrise du Risque Incendie), et d'une analyse actualisée au fil du retour d'expérience dans le cadre de la démarche d'amélioration continue. La maîtrise des risques liés à l'incendie s'appuie sur la prévention des départs de feu, la détection rapide des départs de feu et leur extinction, la limitation de l'aggravation et de la propagation d'un incendie.

Pour les effets par voie liquide liés au déversement accidentel de substances liquides dangereuses ou faiblement radioactives, la maîtrise des risques est assurée par la mise en place de dispositifs assurant le **confinement** des substances déversées. Certains de ces dispositifs constituant l'ultime barrière pour la protection de l'environnement sont définis comme des Eléments Importants pour la Protection des intérêts (EIP) avec les exigences associées pour leur bon fonctionnement. **Le respect par l'exploitant de ces exigences fait l'objet de dispositions particulières (surveillance, contrôle, maintenance) garantissant ainsi la maîtrise des risques.**

Pour les effets par voie aérienne, une analyse préliminaire permet d'identifier les scénarios d'accident enveloppes susceptibles d'avoir un effet à l'extérieur du site ainsi que les dispositions prises pour maîtriser ces risques. Pour chacun de ces scénarios d'accident une analyse approfondie est menée afin de déterminer la probabilité d'occurrence d'un tel accident ainsi que la gravité des conséquences. Les mesures identifiées pour démontrer la maîtrise des risques conventionnels sont alors définies comme des Activités ou des Eléments Importants pour la Protection des intérêts (EIP et AIP) avec des exigences associées mises en œuvre pour le bon fonctionnement et dont le respect par l'exploitant fait l'objet de dispositions particulières (surveillance, contrôle, maintenance).

Ces mesures font l'objet d'un suivi en exploitation.

4.2.2.2. Synthèse pour Bugey

■ Risques par voie aérienne

Les risques par voie aérienne des scénarios accidentels envisagés, à l'exception des scénarios cités ci-après, n'ont pas d'effets à l'extérieur des limites de site.

L'analyse de risques menée pour la centrale de Bugey a mis en évidence deux scénarios d'accidents conventionnels susceptibles d'impacter les intérêts à protéger :

- Sur l'aire de stockage de packings située au niveau de l'installation de traitement et d'entreposage de déchets pathogènes, un scénario d'incendie généralisé suite à un départ de feu causé par l'engin de manutention utilisé sur cette aire pour manoeuvrer les packings, pourrait générer des effets thermiques ;
- Sur les aires de dépotage du bâtiment de traitement monochloramine et de la station de déminéralisation, où plusieurs produits peuvent être dépotés par camion-citernes, un scénario de dispersion d'un nuage toxique de chlore suite à un mélange incompatible inter-installation est susceptible de survenir pendant une opération de dépotage.

Les nombreuses mesures de prévention mises en place permettent d'éviter la survenue de tels accidents : formation des intervenants, mise en œuvre de procédures détaillées, mise en œuvre de signalétiques visuelles et détrompeurs afin de limiter les risques d'erreur de raccordement, mise en œuvre des pratiques de fiabilisation humaine des activités, etc...

La maîtrise des risques est assurée par des dispositions de prévention, de surveillance et de limitation des effets prises à la conception des installations et/ou en phase d'exploitation au titre du principe de défense en profondeur. Les dispositions de maîtrise des risques existantes sont les suivantes :

- La composition des packings entartrés ne présente pas de propension à l'inflammation ;
- La source d'ignition est circonscrite et limitée à l'utilisation du chariot de manutention et associée à une présence humaine ;
- Ces zones et leurs alentours sont surveillées en permanence par la protection de site et une organisation est en place sur le site afin d'intervenir dans les plus brefs délais.

D'autres part, l'installation d'entreposage des déchets pathogènes est en place depuis 2005 et n'a fait l'objet d'aucun départ de feu. De plus, un plan de résorption des aires d'entreposage de packings est établi sur le site dans l'objectif de vider ces aires dans les années à venir.

Le scénario d'incendie généralisé sur l'aire de stockage de packings située au niveau de l'installation de traitement et d'entreposage de déchets pathogènes présente un niveau de risque acceptable. Sa probabilité d'occurrence est associée à un événement très improbable (moins d'1 fois tous les 1 000 ans).

Pour le scénario de mélanges incompatibles, des mesures de prévention spécifiques sont mises en œuvre afin de réduire leur probabilité d'occurrence. Ces mesures de maîtrise des risques sont définies comme des Activités Importantes pour la Protection des Intérêts (AIP) et sont spécifiques à chaque scénario. Ces mesures de prévention, devant se réaliser avant le dépotage, sont les suivantes :

- Une escorte systématique des camions depuis l'entrée du site jusqu'aux aires de dépotage où ils sont attendus pour les livraisons à destination de l'installation du CTE et de la station de déminéralisation, et ce afin de limiter la probabilité de confusion d'aire de dépotage ;
- Un contrôle du produit livré par échantillonnage pour s'assurer physiquement que le produit reçu est conforme au produit attendu ;
- Un contrôle par une tierce personne permettant de s'assurer de l'autorisation de dépotage par une action physique (tel que déconsignation de vanne).

Le scénario de mélanges incompatibles, compte tenu des dispositions mises en place, présente une probabilité d'occurrences associée à un événement extrêmement peu probable (moins d'1 fois tous les 100 000 ans).

A l'issue de la démarche de défense en profondeur et l'identification de plusieurs leviers de maîtrise des risques, les scénarios d'accidents sont tous maîtrisés pour les intérêts à protéger.

■ **Risques par voie liquide**

Vis-à-vis des risques par voie liquide, pour se prémunir des déversements accidentels de substances dangereuses ou faiblement radioactives liquides dans l'environnement, le confinement des liquides déversés est assuré par la mise en place de dispositifs adaptés. Les scénarios de déversement liquide n'ont donc pas d'effets sur l'environnement.

Les risques conventionnels que présente la centrale du Bugey vis à vis des intérêts à protéger sont donc maîtrisés.

4.3. Maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence

La démarche de maîtrise du vieillissement et du traitement de l'obsolescence pour les réacteurs en fonctionnement d'EDF s'appuie sur :

- la maîtrise du vieillissement des systèmes, structures et composants,
- la maintenance,
- le traitement de l'obsolescence des matériels et pièces de rechange.

Les principales dispositions prises ou proposées par l'exploitant dans ce domaine répondent à 2 objectifs :

- démontrer l'aptitude des matériels non remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans :
 - Concernant la cuve des réacteurs du Bugey,
 - l'épreuve hydraulique est réalisée lors de la visite décennale pour la requalification complète du Circuit Primaire Principal (CPP) ;
 - des dossiers de synthèse sont constitués pour démontrer sa tenue en service selon une démarche déterministe conservatrice (neutronique, matériaux, mécanique, ...). Ils traitent à la fois de l'étude théorique du plus gros défaut générique hypothétique non détectable (couvrant toute les cuves des centrales 900 MWe) et des études spécifiques à chaque cuve selon les résultats des contrôles réalisés lors de la 4^e visite décennale (VD4) ;
 - l'introduction d'hafnium, un matériau absorbeur de neutrons, dans les assemblages de combustible des réacteurs du Bugey, en face des zones de cuve les plus irradiées par les neutrons, permet de réduire la fluence neutronique (flux de neutrons intégré dans la durée de fonctionnement du réacteur) vue par la cuve.
 - Concernant les enceintes de confinement, leur état de performance mécanique fait l'objet d'un suivi en continu par les dispositifs d'auscultation (mesure de déformation par exemple) et d'une épreuve en pression de l'enceinte réalisée à chaque visite décennale.
- démontrer l'aptitude des matériels remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans ou procéder soit à leur remplacement soit à leur rénovation.

Les composants dont les performances sont susceptibles de diminuer du fait de leur vieillissement et dont la défaillance peut avoir un impact sur la sûreté font l'objet d'un suivi documenté et mis à jour périodiquement : fiche d'analyse du vieillissement par matériel et dossier de synthèse d'aptitude à la poursuite du fonctionnement par réacteur. A ce titre, des inspections ainsi que des contrôles et actions de maintenance sont réalisés lors de la VD4 des réacteurs du Bugey sur les différents systèmes, structures et composants suivants : structure de génie civil,

contrôle commande, câbles électriques qualifiés en ambiance nucléaire, traversées électriques, matériels mécaniques et électromécaniques, matériels électriques et instrumentation.

4.4. Sûreté nucléaire, réacteur en mise à l'arrêt définitif

A chaque étape du démantèlement est associé un référentiel de sûreté nucléaire permettant d'exécuter les opérations de ladite étape.

Tant que le combustible nucléaire est présent dans l'installation, certains objectifs de sûreté nucléaire décrits dans le Référentiel de Sûreté d'Exploitation de l'installation sont maintenus, en particulier ceux liés à la piscine du bâtiment combustible :

- Le contrôle de la réactivité des assemblages de combustible usé est assuré à l'aide des râteliers d'entreposage qui maintiennent la sous-criticité du combustible en incorporant des matériaux absorbant les neutrons, et par de l'eau borée.
- Si le refroidissement des piscines est interrompu, l'élimination de la puissance résiduelle du combustible n'est pas compromise à court terme en raison de la très faible puissance de chaleur résiduelle du combustible et de la grande quantité d'eau dans les piscines. Bien que la restauration du refroidissement soit l'objectif principal, la chaleur résiduelle pourrait également être éliminée en laissant l'eau bouillir et en alimentant les piscines en eau. L'appoint en eau dans la piscine est possible par différents systèmes de la centrale, dont de nouveaux moyens d'appoint mise en place à la suite de l'accident de Fukushima Daishi, puis intégrés dans le référentiel de sûreté du 4^e réexamen.

Une fois le combustible usé évacué, la sûreté nucléaire repose sur la maîtrise des risques de dissémination des matières et substances dangereuses (solides, liquides ou gazeuses) et d'exposition aux phénomènes dangereux (effets toxiques par dispersions liquides et/ou aériennes, effets thermiques, de surpression, projectiles, exposition radiologique de faible ampleur).

Les choix techniques à retenir sont ceux qui appliquent le principe de défense en profondeur en empêchant toute dispersion majeure de substances radioactives hors du site et limitant l'exposition des personnes du public. Ils seront déclinés dans l'étude de maîtrise des risques qui est à joindre dans le dossier de démantèlement requis par l'article R. 593-67 du code de l'environnement.

5. ÉVALUATION DES EFFETS DE L'EXPLOITATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Centrale nucléaire du Bugey, Ain
Copyright EDF / COLIN Mathieu / TOMA

5.1. Démarche

Le Paragraphe 5 présente l'évaluation des effets de l'exploitation de la centrale de Bugey sur l'environnement, dans l'état actuel et pour les 10 ans à venir.

Les premiers sous paragraphes présentent :

- les méthodes retenues pour l'évaluation des effets sur l'environnement (§ 5.2),
- les incertitudes liées à l'évaluation des impacts (§ 5.3),
- les données utilisées dans l'évaluation (§ 5.4),
- l'état actuel de l'environnement (§ 5.5).

Le sous paragraphe 5.6 présente les interactions de l'exploitation de la centrale de Bugey avec l'environnement, actuellement et pour les 10 ans à venir.

Le sous paragraphe 5.7 présente les impacts de l'exploitation de la centrale de Bugey sur l'environnement, actuellement et pour les 10 ans à venir. Les impacts d'un arrêt définitif de la centrale sont présentés au paragraphe 5.7.10.

5.2. Méthodes d'évaluation des impacts

Les méthodes d'évaluation des impacts, présentées par domaine, visent à évaluer les conséquences du fonctionnement de la centrale de Bugey sur la santé et l'environnement et à justifier son caractère acceptable.

■ **Air et facteurs climatiques**

L'analyse des incidences du fonctionnement de la centrale de Bugey sur le climat s'appuie sur l'analyse du cycle de vie (ACV) du kWh du nucléaire, pour le parc actuel en exploitation d'EDF. Elle a été réalisée par EDF selon une méthode normalisée et a fait l'objet d'une revue critique par un panel d'experts indépendants. Elle repose sur l'inventaire des flux de matière et d'énergie pour les différentes phases du cycle de vie du produit, de l'extraction des matières premières jusqu'à la gestion des déchets.

L'analyse des incidences sur la qualité de l'air s'appuie sur une comparaison des concentrations des substances rejetées avec les normes de qualité de l'air définies dans le code de l'environnement (article R. 221-1).

■ **Eaux de surface**

L'évaluation des incidences des rejets d'effluents chimiques liquides sur la qualité des eaux de surface repose sur :

- une analyse rétrospective de l'incidence des rejets chimiques liquides passés et actuels à partir des données issues de la surveillance chimique et hydroécologique réalisée à l'amont et à l'aval du site ;
- une évaluation quantitative substance par substance de l'incidence des rejets chimiques liquides basée sur la comparaison des concentrations calculées dans le milieu avec des valeurs de référence (seuils, valeurs-guides, données écotoxicologiques...).

■ **Sols et eaux souterraines**

L'évaluation des incidences sur les sols et les eaux souterraines se base sur :

- la réalisation d'un état des sols et des eaux souterraines de la centrale, établi à partir d'une analyse des éléments historiques et d'un bilan de la surveillance piézométrique mise en oeuvre au droit du site, complétés par des campagnes de mesure ;
- la comparaison à des données de référence pour les sols : données de qualité des sols environnants (hors zones potentiellement influencées par l'installation), données issues d'études spécifiques ou de programmes nationaux ;
- la comparaison à des seuils de qualité d'eau relatifs aux eaux souterraines (arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines, Directives sur la qualité de l'eau de boisson de l'OMS de 2017, et directive 2013/59/EURATOM du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants).

■ **Radioécologie**

L'évaluation des incidences des rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques sur l'environnement repose sur :

- une analyse rétrospective de l'incidence des rejets effectués jusqu'à ce jour en considérant les résultats de l'état de référence initial, les bilans décennaux et les suivis annuels ;
- une analyse prospective réalisée avec l'outil européen ERICA (Environmental Risks from Ionising Contaminants : Assessment and management) d'évaluation du risque radiologique sur les écosystèmes terrestre et aquatique lié aux rejets d'effluents radioactifs du site du Bugey, en considérant les limites de rejets autorisées.

Le principe de cette évaluation repose sur une comparaison du débit de dose induit par les rejets radioactifs avec une valeur de débit de dose sans effet pour chaque organisme de référence. Cette comparaison se traduit par le calcul d'un indice de risque. Si l'indice de risque est inférieur à 1, il peut être conclu que le risque est négligeable.

■ **Biodiversité**

L'analyse des incidences du fonctionnement de la centrale du Bugey sur la biodiversité repose sur :

- l'étude des espaces naturels, des habitats, de la faune, de la flore et des fonctionnalités écologiques présents au niveau de l'aire d'étude (études bibliographiques et investigations de terrain) ;
- l'analyse de l'effet de chaque interaction de la centrale du Bugey avec les espaces naturels, la faune, la flore et les fonctionnalités écologiques.

■ **Population et santé humaine**

L'impact dosimétrique des rejets d'effluents radioactifs prend en compte l'exposition interne et externe associée aux rejets d'effluents radioactifs liquides et à l'atmosphère.

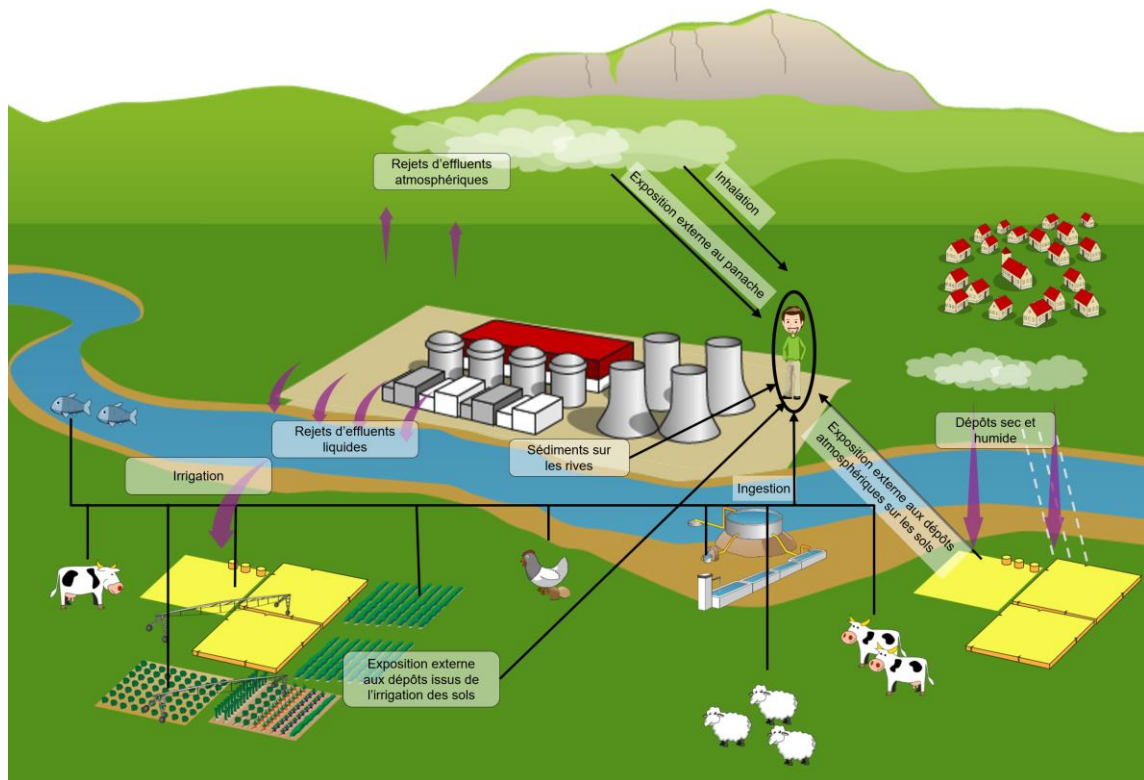
Les voies d'exposition prises en compte sont les suivantes (cf. Figure ci-après) :

- exposition externe aux effluents radioactifs atmosphériques, aux dépôts atmosphériques radioactifs sur les sols, aux dépôts issus de l'irrigation des sols, aux sédiments sur les rives ;
- exposition interne par inhalation, par ingestion de denrées alimentaires.

Pour évaluer l'impact dosimétrique sur la population des rejets d'effluents radioactifs liés au fonctionnement des centrales nucléaires, EDF dispose d'un outil développé par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) (aujourd'hui Autorité de sécurité nucléaire et de radioprotection - ASNR).

L'évaluation est réalisée selon les étapes suivantes :

- caractérisation des rejets d'effluents radioactifs ;
- caractérisation de l'environnement autour du site ;
- évaluation des transferts des radionucléides rejetés dans les différents compartiments de l'environnement jusqu'à l'homme : milieu atmosphérique, milieu fluvial, milieu agricole (végétaux, animaux, sols) ;
- évaluation de l'exposition des populations riveraines ;
- présentation des résultats avec comparaison de la dose efficace totale reçue par la personne représentative, à la valeur limite réglementaire de 1 mSv/an.



Voies d'exposition aux rejets d'effluents radioactifs ©EDF

Concernant **l'évaluation des risques sanitaires** liée aux rejets de substances chimiques liquides, la méthodologie suivie se réfère au guide méthodologique de l'Institut National de l'Environnement et des RISques (INERIS) « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires ». La démarche s'articule en deux étapes :

- l'Interprétation de l'État des Milieux (IEM), réalisée sur la base des données de surveillance et de mesures spécifiques ;
- l'Évaluation Prospective des Risques Sanitaires (EPRS), basée sur la modélisation des rejets attribuables au site du Bugey. L'EPRS est structurée en cinq étapes :
 - bilan des substances rejetées,
 - bilan des enjeux et des voies d'exposition,
 - identification des dangers, évaluation des relations dose-réponse et identification des traceurs de risque sanitaire,
 - évaluation de l'exposition des populations,
 - caractérisation des risques.

Les risques sanitaires liés aux rejets chimiques à l'atmosphère sont évalués de manière qualitative compte tenu des faibles quantités de rejets chimiques à l'atmosphère, de leur courte durée, de leur faible occurrence ou de l'absence de valeur toxicologique de référence (VTR).

L'évaluation de **l'impact sonore** de la centrale de Bugey repose sur des campagnes de mesures acoustiques dans l'environnement, au niveau de Zones à Émergence Réglementée et en limite de l'établissement. Ces campagnes s'appuient sur une méthodologie issue de la norme NF S 31-010 relative à la caractérisation et au mesurage des bruits de l'environnement.

■ **Activités humaines**

L'évaluation des incidences sur les activités humaines est réalisée à partir des enjeux environnementaux :

- en s'appuyant sur des données publiques et validées (par exemple : données relatives au trafic routier, à l'occupation des sols, aux usages de l'eau) ;
- en s'appuyant sur les évaluations des incidences des rejets de la centrale sur la santé.

■ **Gestion des déchets**

L'incidence des déchets produits s'appuie essentiellement sur l'analyse des dispositions mises en œuvre en matière de zonage déchets, de caractérisation, de tri, de traitement, de conditionnement et de contrôle.

La quantification des déchets produits et l'estimation des quantités prévisionnelles de déchets à produire dans les années à venir se basent sur les données issues des bilans annuels de gestion des déchets établis par la centrale. Ces bilans fournissent les données quantitatives et qualitatives des déchets produits par la centrale et précisent les filières vers lesquelles les déchets ont été dirigés.

5.3. Incertitudes liées à l'évaluation des impacts

Les méthodes d'évaluation des impacts, présentées au paragraphe précédent, sont à l'état de l'art et élaborées à partir des résultats scientifiques disponibles.

Les progrès scientifiques permettent d'enrichir au fur et à mesure la surveillance de l'environnement et le développement des hypothèses et des outils de calcul.

Des conservatismes sont intégrés dans les évaluations d'impact. Le principal conservatisme est de considérer des interactions avec l'environnement raisonnablement enveloppes des interactions qui seront effectivement observées. D'autres conservatismes sont intégrés dans les différentes évaluations, notamment dans les scénarios d'exposition. Par exemple, il est considéré que les populations riveraines consomment exclusivement de l'eau du robinet provenant du captage le plus proche, sans prise en compte de phénomènes de dégradation des substances.

5.4. Données utilisées dans l'évaluation

Les données utilisées pour évaluer l'impact du fonctionnement de la centrale de Bugey sont les suivantes :

- des données relatives aux interactions de la centrale avec l'environnement, détaillées au paragraphe 5.6 ;
- des données relatives à l'état actuel de l'environnement, acquises en grande partie par les études environnementales réalisées par la centrale du Bugey. Ces données sont présentées au paragraphe 5.5 et concernent :
 - la qualité de l'air ;
 - la météorologie ;
 - la qualité des eaux de surface ;
 - l'état des sols et des eaux souterraines ;
 - l'état radiologique de l'environnement ;
 - la biodiversité ;
 - la population et les activités humaines.

La centrale du Bugey communique régulièrement les données relatives à la surveillance de ses rejets et de l'environnement :

- Les résultats de la surveillance de l'environnement autour de la centrale sont transmis au Réseau National de Mesures de la radioactivité dans l'environnement, développé sous l'égide de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection. Les données sont disponibles sur le site internet du Réseau National de Mesures (<https://www.mesure-radioactivite.fr/>).
- Une communication mensuelle des données relatives à la surveillance des rejets et de l'environnement est réalisée par la centrale sur [son site internet](#).
- Un rapport annuel de surveillance de l'environnement est également mis à disposition sur [le site](#).

Pour aller plus loin, le [guide « centrales nucléaires et environnement »](#) présente les interactions des centrales nucléaires avec l'environnement et les modalités de surveillance associées.

5.5. État actuel de l'environnement

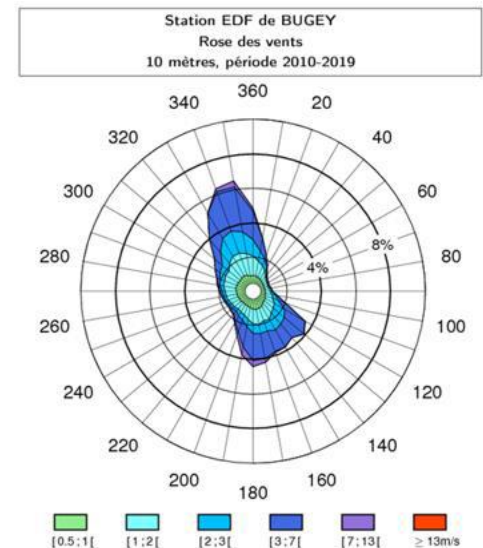
5.5.1. Air et facteurs climatiques

■ Climat

La région du site du Bugey est soumise à un climat tempéré avec de récurrents épisodes de chaleur au cours de l'été et de fréquents épisodes de gel en hiver. Des effets orographiques liés à la vallée du Rhône ainsi qu'à la proximité des massifs montagneux sont présents. Les moyennes mensuelles de température à Bugey sont comprises entre 3,6°C en janvier et 21,5°C en juillet. Il pleut environ 180 jours par an (période 2010-2019) et les vents sont majoritairement du secteur nord-nord-ouest et sud.

■ Qualité de l'air

La qualité de l'air aux alentours du site du Bugey, malgré la présence de nombreuses Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), est considérée comme bonne.



Rose des vents mesurés à 10 mètres à la station
météorologique du site de Bugey,
période 2010-2019

5.5.2. Eaux de surface

■ Hydrologie

Le Rhône prend sa source dans les Alpes à très haute altitude, parcourt 290 km en Suisse, traverse le lac Léman puis parcourt 520 km en France avant d'atteindre la mer Méditerranée. D'abord de type glaciaire au pied du Mont-Blanc, le régime hydrologique se diversifie en aval du lac Léman avec une influence nivale puis pluviale. Le Rhône est un fleuve profondément aménagé d'une série d'ouvrages hydroélectriques sur l'ensemble de son linéaire, dont six en amont du site du Bugey.

Le module interannuel du Rhône sur la période 1920-2018 est de 455 m³/s. La période de basses eaux dans le secteur du site du Bugey se situe entre août et décembre, avec un étiage généralement entre septembre et novembre. Depuis la construction du barrage de Sault-Brénaz en 1986, l'établissement d'une convention entre le site du Bugey et la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) garantit un débit minimal de 150 m³/s au droit du site.



Localisation du site du Bugey sur le bassin versant du Rhône

■ Régime thermique

L'analyse du régime thermique du Rhône en amont de la centrale du Bugey a été réalisée sur la base de la chronique des températures du Rhône mesurées en amont de la centrale sur la période 1977-2018.

Le bilan issu de cette analyse est le suivant :

- La variabilité infra-journalière est plus importante en été, avec des écarts moyens sur la journée de l'ordre de 1,1°C alors qu'ils sont de l'ordre de 0,3°C à 0,4°C en hiver.
- La variabilité saisonnière conduit à des températures médianes de l'ordre de 19°C en été et de 6°C en hiver. Sur l'ensemble de la période estivale (de juin à septembre), la température du Rhône en amont de la centrale dépasse 23°C pendant 5 % du temps et la valeur de 25°C moins de 0,5 % du temps.
- L'analyse des variations interannuelles observées montre une tendance d'évolution des températures de l'eau à la hausse depuis la fin des années 1970. L'évolution moyenne constatée est globalement de + 0,8°C entre les périodes 1977-1997 et 1998-2018, avec une hausse plus marquée sur les températures moyennes estivales.

■ **Qualité physico-chimique et biologique**

Le site du Bugey se trouve au droit de la masse d'eau superficielle « **FRDR2004** ». Cette masse d'eau délimite la portion du Rhône comprise entre le barrage de Sault-Brénaz et le pont de Jons et appartient à la catégorie des masses d'eau naturelles.

D'après l'état des lieux adopté par le comité de Bassin Rhône Méditerranée Corse en 2019, cette masse d'eau présente un bon état écologique et un bon état chimique.

Les résultats de la surveillance chimique et hydroécologique réalisée au droit du site du Bugey sur la période 2009-2018 font ressortir une qualité satisfaisante du milieu aquatique, que ce soit au niveau des paramètres chimiques, physico-chimiques ou des indices biologiques.

L'état écologique d'une masse d'eau de surface au sens de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) est défini à partir de l'agrégation de plusieurs critères : des éléments de physico-chimie générale soutenant la biologie, des polluants spécifiques, des éléments relatifs à l'hydromorphologie et des éléments de biologie (indices biologiques pour les macroinvertébrés, les poissons, les macrophytes et les diatomées).

L'état chimique d'une masse d'eau de surface est déterminé selon sa concentration en certains polluants (substances chimiques) dans différentes matrices (eau, biote et/ou sédiments), comparée aux Normes de Qualité Environnementales (NQE).

5.5.3.Sols et eaux souterraines

■ **Géologie**

Les terrains superficiels au droit du site du Bugey sont constitués d'alluvions sablo-graveleuses, sur une épaisseur de 6 à 14 m, en place ou en remblai.

Sous ces terrains, le substratum est constitué de molasse de faible perméabilité formant un « dôme » sous les îlots nucléaires qui y sont fondés directement.

Au nord du site ainsi qu'au sud, le toit de la molasse s'abaisse et deux couches d'argile et de « poudingue » s'intercalent entre les alluvions superficielles et le substratum molassique.

Une **molasse** désigne un ensemble de roches sédimentaires présent en périphérie des chaînes de montagnes. Les molasses sont souvent des grès à ciment de calcaire argileux.

Un **poudingue** est une roche sédimentaire détritique constituée de cailloux roulés, liés entre eux par un ciment naturel.

■ **Hydrogéologie**

Deux nappes sont présentes dans le sous-sol du site : une nappe libre dans les alluvions superficielles et une nappe dans la molasse.

La nappe de la molasse est légèrement en charge par rapport à celle des alluvions (quelques décimètres). Il existe donc un écoulement ascendant à travers la molasse, qui alimente très faiblement la nappe des alluvions.

Lors du terrassement du site, des enceintes géotechniques ont été réalisées afin de maintenir les fouilles à sec. Ces enceintes ont été ancrées superficiellement dans la molasse, d'environ 0,5 m et ont été conservées après les travaux de terrassement.

Aujourd'hui, on peut distinguer la physionomie de la nappe à l'extérieur et à l'intérieur des enceintes géotechniques.

- À l'extérieur des enceintes, la nappe est séparée en deux par le coin nord-ouest de l'enceinte des aéroréfrigérants. Une partie de l'eau rejoint le Rhône au nord de la centrale, le gradient hydraulique dans cette zone est de l'ordre de 1,3 % avec une charge évoluant entre 191 m NGF et 196 m NGF. L'autre partie longe la centrale par l'ouest et rejoint le Rhône près du réacteur n° 1, le gradient hydraulique est de l'ordre de 0,5 % avec une charge évoluant entre 191 m NGF et 196 m NGF. Les enceintes géotechniques sont alimentées par la nappe à l'ouest, et sont drainées par l'est, côté Rhône, à travers les brèches.
- À l'intérieur des enceintes géotechniques, les écoulements contournent les bâtiments fondés sur la molasse et empruntent des chemins préférentiels dans les remblais. Le niveau de la nappe à l'intérieur de ces enceintes varie entre 193 m NGF et 194 m NGF côté réacteurs 4/5 et entre 192 m NGF et 193 m NGF côté réacteurs 2/3.

■ **État des sols**

Le bruit de fond géochimique au droit du site a été déterminé à partir de bases de données nationales. Pour les éléments traces métalliques en particulier, le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS⁹) fournit des valeurs de bruit de fond local.

Concernant les radionucléides, un suivi radioécologique est réalisé annuellement. Il inclut le prélèvement d'échantillons de couches superficielles des terres à proximité du site et l'analyse sur ces échantillons des principaux radionucléides d'origine artificielle présents dans les rejets d'effluents à l'atmosphère du site.

5.5.4. Radioécologie

L'environnement au voisinage du site du Bugey a fait l'objet d'études radiologiques destinées d'une part à caractériser les niveaux de radioactivité dans l'environnement terrestre et aquatique avant l'exploitation du site (état de référence initial), et d'autre part à évaluer sur le long terme dans quelle mesure les rejets d'effluents du site contribuent à l'apport de radioactivité dans l'environnement au regard des autres sources identifiées.

■ **Origine de la radioactivité dans l'environnement**

L'exploitation des mesures de radioactivité nécessite de distinguer les radionucléides produits naturellement dans l'environnement (origines cosmique et tellurique) de ceux produits artificiellement lors de réactions nucléaires de fission ou d'activation (essais nucléaires atmosphériques, accidents nucléaires, rejets d'effluents radioactifs industriels et hospitaliers réalisés dans le strict respect des limites réglementaires).

■ **État radiologique de l'environnement**

L'analyse des résultats des études radioécologiques réalisées par l'exploitant dans l'environnement terrestre et aquatique au voisinage du site du Bugey met en évidence la composante majoritairement d'origine naturelle de la radioactivité due principalement au potassium 40 et au béryllium 7.

Par ailleurs, la radioactivité d'origine artificielle provient majoritairement de la rémanence des retombées atmosphériques des essais nucléaires aériens, des accidents de Tchernobyl et dans une moindre mesure de Fukushima, de l'industrie horlogère installée dans le passé dans le Haut-Rhône ainsi que celle des rejets autorisés d'effluents radioactifs atmosphériques et liquides du site du Bugey et des installations du site de Creys-Malville situé en amont sur le Rhône.

5.5.5. Biodiversité

L'analyse des enjeux écologiques autour de la centrale du Bugey a été réalisée :

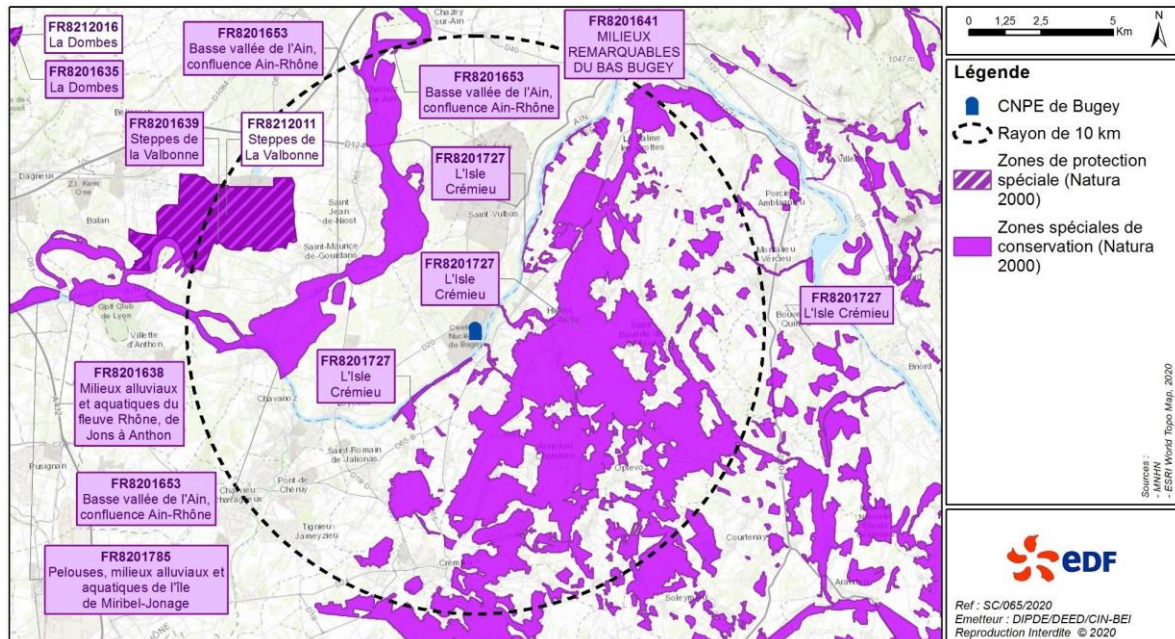
- dans un premier temps en décrivant les espaces naturels remarquables et fonctionnalités écologiques dans un périmètre de 10 km autour de la centrale ;
- dans un deuxième temps, en réalisant une étude des incidences sur l'aire d'étude définie comme la superposition de la zone d'influence potentielle sur le milieu terrestre avec celle sur le milieu aquatique. Celle-ci correspond à un rayon de 7 km centré sur le site du Bugey.

■ **Espaces naturels remarquables**

Les espaces naturels remarquables recensés dans un périmètre de 10 km autour de la centrale du Bugey sont les suivants :

- quatre sites du réseau Natura 2000 : trois Zones Spéciales de Conservation (ZSC FR8201653 – Basse vallée de l'Ain, confluence Ain-Rhône ; ZSC FR8201727 – L'Isle-Crémieu et ZSC FR8201639 – Steppes de la Valbonne) et une Zone de Protection Spéciale (ZPS FR8212011 – Steppes de la Valbonne).

⁹ En 2001, l'INRA a mis en place le programme national du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS). Ce réseau se compose de 2240 sites agricoles et forestiers répartis selon une maille carrée de 16 km sur l'ensemble du territoire national (DOM-TOM inclus). Les sites sont échantillonnés tous les 10 ans. L'objectif est de suivre, à long terme, l'évolution des sols français, indépendamment de l'occupation ou des pratiques agricoles.



Sites Natura 2000 localisés dans un rayon de 10 km autour du site du Bugey

- seize Espaces Naturels Sensibles (ENS) ;
- cent treize zone humides ;
- quatorze Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope (APPB) ;
- deux sites du Conservatoire des Espaces Naturels (CEN) ;
- cinquante-neuf Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type I et six ZNIEFF de type II ;
- 465 pelouses sèches.

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique, dites ZNIEFF correspondent à des secteurs du territoire d'intérêt écologique, abritant une biodiversité patrimoniale. Elles constituent un outil de connaissance des milieux naturels.

■ Habitats naturels

Au niveau de l'aire d'étude, on observe des habitats diversifiés qui appartiennent à cinq grands ensembles : les milieux anthropiques (transformés et modifiés par l'Homme), les milieux humides et formations aquatiques, les milieux ouverts (pelouses, prairies), les milieux semi-ouverts (fourrés, landes, fruticées) et les milieux forestiers. Les surfaces agricoles recouvrent la plus vaste superficie. Les milieux boisés sont également bien représentés à l'est du Rhône, sur le plateau de l'Isle Crémieu et des ripisylves à état de conservation variable sur les bords de l'Ain et du Rhône.

Les habitats à forts enjeux sont les pelouses sableuses, les pelouses sèches, les dalles à orpins, les tourbières basses alcalines, les forêts mixtes de pentes et de ravins, les boisements alluviaux (forêts de Frênes et d'Aulnes et forêts mixtes des grands fleuves), les boisements marécageux et le plateau de Larina.

■ Végétation

Environ 300 espèces (terrestres, semi-aquatiques et aquatiques) sont référencées sur les communes situées dans l'aire d'étude, dont 120 espèces remarquables (protégées et/ou patrimoniales) ce qui confère un enjeu écologique moyen à fort à l'aire d'étude.

Par ailleurs, 8 espèces exotiques envahissantes ont été recensées sur l'aire d'étude ce qui lui confère un enjeu fort vis-à-vis de cette problématique.



Pulsatille rouge (Anemone rubra)



Ambroise élevée (Ambrosia artemisiifolia)

■ Faune

Au niveau de l'aire d'étude, la majorité des espèces faunistiques sont communes à très communes et participent à la biodiversité ordinaire.

Les données bibliographiques complétées par des inventaires de terrain ont permis d'identifier 135 espèces de macro-invertébrés, 27 espèces d'insectes dont 14 protégées, 2 espèces de mollusques, 29 espèces de poissons dont 2 menacées de disparition (anguille et brochet), 16 espèces protégées d'amphibiens, 11 espèces protégées de reptiles, 110 espèces d'oiseaux dont 94 protégées, 25 espèces de chiroptères (chauves-souris) et 10 espèces de mammifères dont 9 protégées et 1 en danger critique d'extinction, le putois d'Europe (chassable).

Ces résultats traduisent la présence de nombreuses espèces au niveau de l'aire d'étude pouvant être qualifiées de remarquables compte tenu de leur statut de protection et/ou de leur patrimonialité. Les espèces présentant le plus de sensibilité au regard du site sont celles inféodées au réseau hydrographique (Rhône et Ain) et à leurs annexes.

Des espèces exotiques invasives de macro-invertébrés et de poissons ont aussi été recensées sur l'aire d'étude.



Couleuvre helvétique (Natrix helvetica)



Castor d'Europe

■ Fonctionnalités écologiques

Le site du Bugey se situe en bordure du Rhône, élément structurant de la trame bleue (i.e. réseau formé de continuités aquatiques) et axe migratoire privilégié utilisé par de nombreuses espèces, qui présente globalement un état de conservation « à remettre en bon état ».

D'après le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) Rhône-Alpes, le site du Bugey est situé en zone artificielle qui occasionne des impacts négatifs sur les continuités écologiques. Néanmoins, à l'échelle plus locale, le site n'est pas situé à proximité d'espaces identifiés par le SRCE comme des **réservoirs de biodiversité** ou des **corridors écologiques**.

Les **réservoirs de biodiversité** sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie, et qui abritent des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou qui sont susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces.

Les **corridors écologiques** assurent des connexions entre des réservoirs de biodiversité, offrant aux espèces des conditions favorables à leur déplacement et à l'accomplissement de leur cycle de vie.

5.5.6. Population et santé humaine

■ Population

Le périmètre d'étude élargi de 50 km est destiné à présenter la répartition de la population autour du site du Bugey alors que le périmètre d'étude local de 10 km s'attache à identifier les populations d'intérêt.

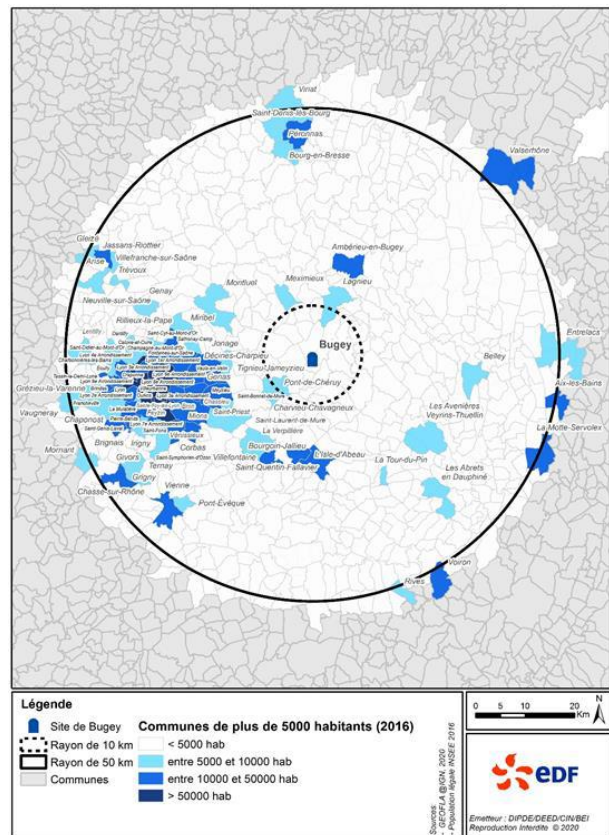
Dans le rayon de 50 km, la densité moyenne de population est d'environ 300 habitants/km² tandis qu'elle est de 173 hab./km² environ dans le rayon de 10 km, ce qui pour les deux rayons est supérieur à la valeur moyenne en France Métropolitaine de l'ordre de 120 hab./km².

Dans un rayon de 50 km, les communes les plus importantes sont : Lyon (515 695 hab.), Villeurbanne (149 019 hab.) et Vénissieux (65 405 hab.).

Au sein du périmètre d'étude de 10 km, seules les communes de Charvieu-Chavagneux (9 292 hab.), Meximieux (7 669 hab.), Tignieu-Jameyzieu (7 145 hab.), Lagnieu (7 090 hab.) et Pont-de-Chéruy (5 703 hab.) dépassent les 5 000 habitants.

Les populations sensibles les plus proches (établissements scolaires, de santé publique, sociaux et médico-sociaux) sont localisées à environ 600 mètres au nord des limites foncières du site, sur la commune de Saint-Vulbas.

Les habitations les plus proches du site du Bugey sont localisées à proximité immédiate des limites foncières nord du site, sur la commune de Saint-Vulbas.



Communes de plus de 5 000 habitants dans un rayon
de 50 km autour du site du Bugey

■ **Environnement sonore et lumineux**

Une campagne de mesure des niveaux d'émission sonore a été menée autour du site du Bugey en octobre 2019. Les émissions lumineuses au voisinage du site du Bugey ont pour principales origines l'éclairage des installations du Parc Industriel de la Plaine de l'Ain et l'éclairage public de la commune de Pont-de-Chéruy.

5.5.7. Activités humaines

■ **Usage des terres**

Les terres situées dans un rayon de 10 km autour du site du Bugey se caractérisent par plusieurs types d'usages, dont les principaux sont les terres arables hors périmètres d'irrigation (environ 34 %) et les forêts de feuillus (18 %). De manière globale, les surfaces agricoles, les surfaces forestières et les territoires artificialisés (tissu urbain discontinu, zones industrielles et commerciales, extraction de matériaux) représentent respectivement 61 %, 22 % et 14 % du périmètre considéré.

■ **Paysage et Patrimoine culturel**

Cinq ensembles paysagers prédominant dans un rayon de 10 km autour du site du Bugey :

- Les basses terres rhodaniennes constituent un fond de vallée suivant le cours du Rhône, délimité par le plateau de l'île Crémieu et les falaises du Bugey. Il s'agit de l'entité paysagère occupant la plus faible proportion des surfaces (moins de 1 %) dans le périmètre de 10 km autour du site.
- L'agglomération de Charvieu-Chavagneux/Pont-de-Chéruy/Tignieu-Jamezieu, zone fortement anthropisée, ne recouvre que 2 % de l'aire d'étude.
- La plaine de l'est Lyonnais, caractérisée par 65 % de terres agricoles et de nombreuses zones industrielles, couvre près de 15 % de l'aire d'étude.
- Le plateau de l'île Crémieu, à l'est du site du Bugey, caractérisé respectivement par 62 % et 31 % de surfaces agricoles et forestières, couvre 34 % de l'aire d'étude.
- Enfin, la plaine de l'Ain et la plaine du Rhône en amont de Loyettes, caractérisée par 61 % de surfaces agricoles et des infrastructures industrielles (site du Bugey, parc industriel de la plaine de l'Ain), est la plus vaste entité paysagère de l'aire d'étude (48 %).

Dans un rayon de 10 km autour du site du Bugey, sont recensés :

- deux sites classés : le confluent de l'Ain et du Rhône à environ 4 km à l'ouest du site et les Grottes de la Balme à environ 7 km au nord-est du site ;
- un site inscrit, le centre ancien de la cité médiévale de Crémieu situé à environ 7 km au sud du site.

■ **Usages de l'eau**

Sur les communes situées dans le rayon de 10 km autour du site du Bugey, les prélèvements d'eau répondent à trois types d'usage :

- eau potable : le premier point de captage à l'aval du site du Bugey est un puits en nappe alluviale situé à environ 8,2 km sur la commune d'Anthon. Aucun prélèvement pour l'adduction d'eau potable n'est effectué directement dans le Rhône.
- eau agricole : le premier point de prélèvement d'eau à l'aval du site du Bugey est un puits en nappe alluviale situé à environ 1,4 km sur la commune de Saint-Vulbas. Plusieurs captages sont implantés directement dans le Rhône en aval du site du Bugey, dont le premier situé à environ 3,2 km sur la commune de Loyettes.
- eau industrielle : le premier captage à l'aval du site du Bugey est un puits en nappe alluviale situé à environ 7 km sur la commune de Saint-Romain-de-Jalionas. Il n'y a pas de point de prélèvement implanté directement dans le Rhône.

■ **Infrastructures et voies de communication**

Dans un rayon de 10 km autour du site du Bugey :

- plusieurs routes départementales sont présentes dont la D20 qui longe les limites foncières ouest du site du Bugey ;
- deux voies ferrées passent à proximité du site du Bugey, celle qui relie le site à Ambérieu-en-Bugey en passant par le parc industriel de la plaine de l'Ain au trafic faible et celle de Lyon à Crémieu qui n'est plus exploitée ;
- bien que le Rhône soit navigable sur 330 km de Lyon à Port-Saint-Louis, le tronçon du Rhône situé entre la commune de Montalieu-Vercieu à 11 km en amont du site, et Lyon à 36 km en aval, est non navigable.

■ **Environnement industriel**

Dans un rayon de 10 km autour du site du Bugey sont recensés une soixantaine d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), dont quatre sont classées SEVESO seuil haut et cinq SEVESO seuil bas. Ces installations sont présentes sur le parc industriel de la plaine de l'Ain.

Depuis 2015, la directive 2012/18/UE du 4 juillet 2012 dite « directive Seveso 3 » impose aux États membres de l'Union européenne d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs, appelés « sites **SEVESO** », et d'y maintenir un haut niveau de prévention.

■ **Espaces et activités de loisirs**

La chasse et la pêche sont pratiquées autour du site du Bugey. Le petit et le grand gibier sédentaire ainsi que les oiseaux de passage et gibiers d'eau sont les principales espèces chassées. Les principales espèces pêchées sont le brochet, le sandre, le saumon de fontaine, la truite en mer, la truite fario, la truite arc-en-ciel, l'ombre commun, l'anguille jaune, les grenouilles vertes, ainsi que les grenouilles rousses. La pêche de l'anguille argentée et des écrevisses est interdite.

La région autour du site du Bugey propose de nombreuses activités sportives et de loisirs (randonnée, équitation, accrobranche, escalade...) mais aussi culturelles et touristiques (musées, parcs naturels, visites, monuments historiques...).

Le site touristique le plus proche est situé à 2 kilomètres à l'est du site. Il s'agit de la Maison du Patrimoine de Hières-sur-Amby (musée).

Il n'est pas autorisé de se baigner dans le Rhône en aval proche du site du Bugey. Une zone de baignade est localisée dans un rayon de 10 kilomètres autour du site du Bugey ; il s'agit du camping « Les Plages de l'Ain », situé à environ 6 kilomètres à l'ouest du site, au bord du cours de l'eau de l'Ain.

■ **Autres usages**

L'association des pêcheurs professionnels de la Saône, du Doubs et du Haut-Rhône compte une trentaine de membres. Cette grande association s'étend sur les départements de la Haute-Saône, du Doubs, du Jura, du territoire de Belfort, de la Côte-d'Or, de la Saône-et-Loire, de l'Ain et du Rhône.

Les pêcheurs professionnels de cette association exploitent des lots situés sur l'ensemble du linéaire, sur le Haut-Rhône entre la frontière suisse et Lyon, la Saône, la Seille, affluent de la rive gauche de la Saône et le Doubs. Chaque pêcheur exploite de 5 à 10 kilomètres de cours d'eau.

Les espèces pêchées sont essentiellement le sandre et les petits poissons.

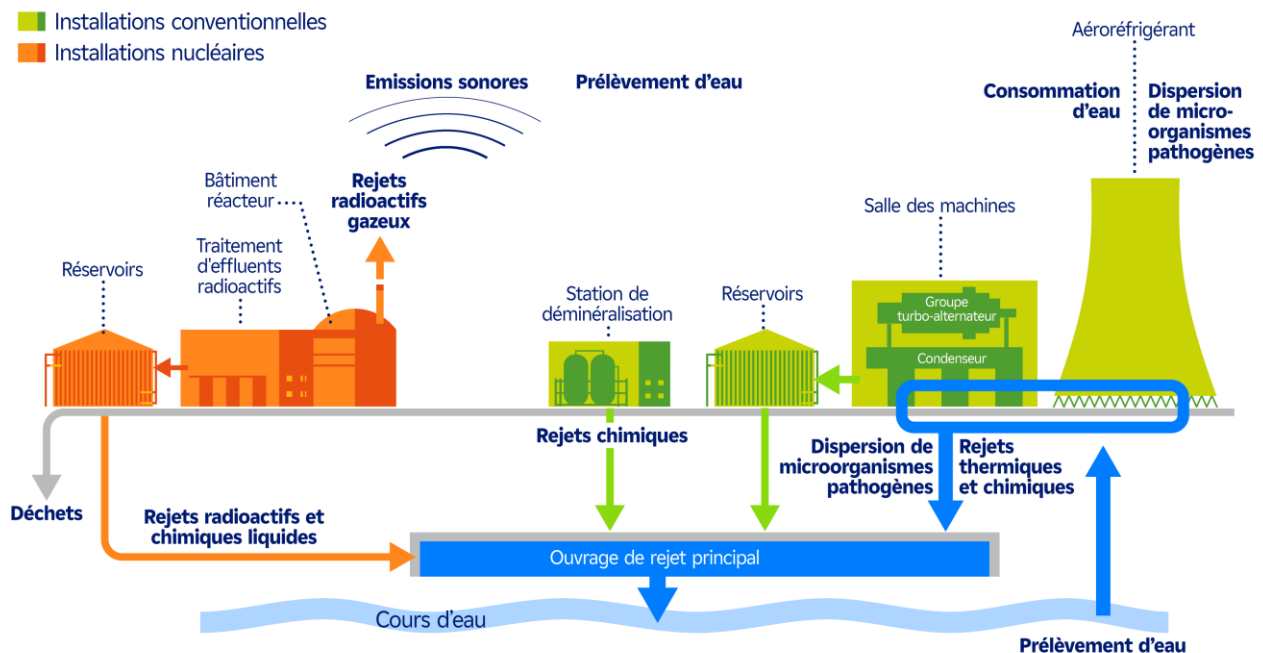
■ **Consommation énergétique**

En 2024 la centrale du Bugey a produit 18,5 TWh d'électricité, ce qui couvre les besoins de 40 % de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

5.6. Interactions de la centrale de Bugey avec l'environnement

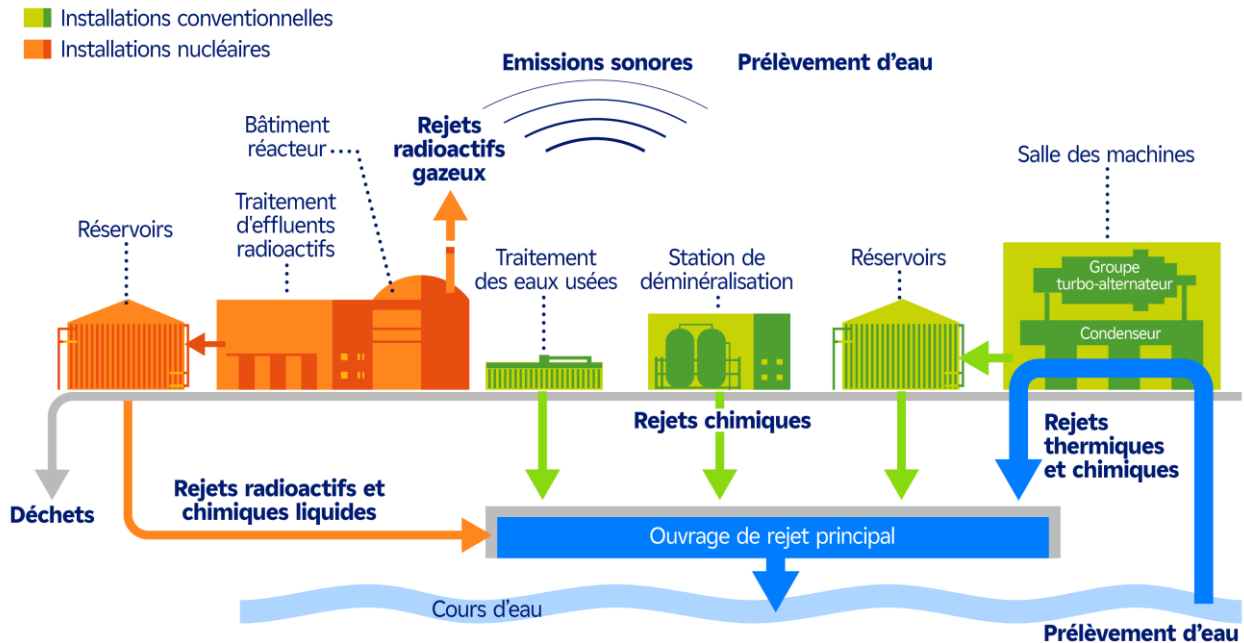
Ce sous paragraphe 5.6 présente les interactions de l'exploitation la centrale de Bugey avec l'environnement, actuellement et pour les 10 ans à venir. Ces interactions sont schématisées sur la figure ci-dessous. L'origine de ces interactions et leurs caractéristiques sont détaillées dans les sous paragraphes 5.6.1 à 5.6.8. Le sous-paragraphe 5.6.9 présente l'évolution de ces interactions pour les dix ans à venir.

REPRÉSENTATION DES INCONVÉNIENTS SELON LES PARTIES DE L'INSTALLATION Source froide en circuit "fermé"



Représentation des inconconvénients pour les tranches 4-5 du Bugey

REPRÉSENTATION DES INCONVÉNIENTS SELON LES PARTIES DE L'INSTALLATION Source froide en circuit "ouvert"



Représentation des inconvénients pour les tranches 2-3 du Bugey

5.6.1. Prélèvements et consommation d'eau

Pour le fonctionnement de ses installations, la centrale du Bugey prélève de l'eau dans les milieux suivants :

- dans le Rhône : pour l'alimentation des circuits de lavage des tambours filtrant, la réfrigération des auxiliaires des chaudières nucléaires, des auxiliaires des salles des machines, des condenseurs, la préparation de l'eau industrielle et de l'eau d'incendie.
- dans la nappe d'accompagnement du Rhône : pour les essais périodiques du système d'alimentation en eau brute généralisée pour l'ultime secours.

En complément, le réseau de Saint-Vulbas fournit en eau potable le site pour ses besoins ordinaires (restauration, fontaines à eau, sanitaires et laverie).

Pour la centrale du Bugey il existe 2 types de circuits de refroidissement :

- Un circuit de refroidissement ouvert pour les réacteurs n° 2 et n° 3. Le prélèvement de l'eau du Rhône est de 92 m³/s en moyenne et est restitué en intégralité.
- Un circuit de refroidissement fermé pour les réacteurs n° 4 et n° 5, avec 2 réfrigérants atmosphériques par réacteur. Le prélèvement de l'eau du Rhône est de 12 m³/s en moyenne.

Les valeurs limites de prélèvement d'eau sont fixées réglementairement par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection. Ces valeurs limites sont des valeurs maximales à ne pas dépasser, définies pour permettre le fonctionnement normal de la centrale en intégrant quelques aléas de fonctionnement et pour s'assurer de la protection de l'environnement.

Les prélèvements réellement réalisés demeurent ainsi inférieurs aux limites réglementaires (décision n° 2022-DC-0726¹⁰).

Le tableau suivant présente les valeurs limites de prélèvements ainsi que le bilan des prélèvements réalisés sur dix ans.

Pour les dix prochaines années, il n'est pas prévu d'évolution des prélèvements d'eau et il n'est ainsi pas prévu de demande de modification des limites réglementaires présentées ci-dessous.

Origine du prélèvement	Usage	Volume maximal	
		Limite réglementaire (volume annuel)	Volumes moyens annuels 2013-2022
Eau du Rhône	Eaux de refroidissement et eaux industrielles	3 300 millions de m ³	2 750 millions de m ³
Nappe d'accompagnement du Rhône	Appoint ultime en eau	6000 m ³ (46 000 m ³ pendant les essais)	4 620 m ³ *
Eau potable	Eau potable	/	166 000 m ³

(*) : moyenne calculée sur année 2018-2022 (réalisation essais)

Tableau 1 : Limites réglementaires et bilan des prélèvements d'eau du site de Bugey

5.6.2. Rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux

Le réacteur nucléaire est le siège de la formation de substances radioactives (radionucléides) dont une infime partie se retrouve dans les effluents. Ces effluents sont collectés de façon sélective puis orientés vers les systèmes de traitement et/ou d'entreposage appropriés avant d'être rejetés dans le Rhône pour les liquides, via le canal de rejet, ou à l'atmosphère pour les gaz, par l'intermédiaire des cheminées situées sur les bâtiments des auxiliaires nucléaires de la centrale.



© EDF

Cheminée d'un bâtiment des auxiliaires
nucléaires de la centrale

¹⁰ Décision n° 2022-DC-0726 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 28 juin 2022 modifiant la décision n°2014-DC-0442 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 15 juillet 2014 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvements et de consommation d'eau et de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n°45, n°78, n°89 et n°173 exploitées par Electricité de France (EDF-SA) dans la commune de Saint-Vulbas (département de l'Ain)

La centrale rejette cinq catégories de radionucléides :

- Le carbone 14 est produit essentiellement par activation neutronique de l'oxygène 17 et de l'azote 14 présents dans l'eau du circuit primaire, et de l'oxygène 17 présent dans le combustible. Seule une faible partie du carbone 14 se retrouve dans les rejets d'effluents liquides, la majeure partie est retenue par les systèmes de traitement. Le carbone 14 rejeté sous forme gazeuse provient principalement du dégazage de l'eau du circuit primaire.
- Le tritium est produit par fission de l'uranium dans les crayons de combustible et par activation des produits de conditionnement (bore et lithium). Le tritium produit dans les crayons du combustible y reste en quasi-totalité confiné. C'est le tritium produit par activation qui se retrouve en majorité dans les effluents liquides et gazeux. Actuellement, aucun moyen industriel ne permet techniquement et économiquement de l'éliminer de ces effluents en raison de sa faible activité volumique ; ainsi, au fil de sa production, le tritium est rejeté dans l'environnement du fait de son faible impact radiologique.
- Les iodes sont produits par fission de l'uranium et restent majoritairement confinés dans les crayons de combustible. Toutefois, une faible quantité peut migrer dans l'eau du circuit primaire en cas d'inétanchéité du gainage des crayons du combustible. Les iodes présents dans les effluents radioactifs liquides sont piégés par les systèmes de traitement et leurs périodes radioactives courtes font qu'ils disparaissent rapidement.
- Les autres Produits de Fission ou d'Activation (« autres PF/PA ») sont produits par fission comme les césiums 134 et 137 qui restent confinés dans le crayon mais peuvent migrer pour les raisons précitées, ou par activation comme les cobalts 58 et 60, le manganèse 54 et l'antimoine 124. Ces produits « autres PF/PA » présents sous forme d'aérosols dans les effluents gazeux sont traités par décroissance radioactive dans les réservoirs d'entreposage et/ou retenus par passage sur des pièges à iodes (charbon actif) et sur des filtres à très haute efficacité. Dans les effluents liquides, les « autres PF/PA » sont retenus en grande partie par les systèmes de traitement (filtres ou résines) du circuit de purification en continu de l'eau du circuit primaire et du circuit de traitement des effluents.
- Les gaz rares sont produits par fission et restent majoritairement confinés dans les crayons de combustible. Toutefois, une faible quantité peut migrer dans l'eau du circuit primaire pour les raisons précitées et se retrouver dans les effluents radioactifs gazeux. Ces effluents sont rejetés à l'atmosphère après décroissance radioactive suffisante dans des réservoirs d'entreposage.

L'activation neutronique est l'action de rendre radioactif un ou plusieurs éléments contenus dans une substance en l'irradiant par un flux de neutrons.

Les valeurs limites de rejets d'effluents radioactifs de la centrale de Bugey sont fixées réglementairement par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (décision n° 2022-DC-0727¹¹).

¹¹ Décision n° 2022-DC-0727 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 28 juin 2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 15 juillet 2024 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n°45, n°78, n°89 et n°173 exploitées par Electricité de France (EDF-SA) dans la commune de Saint-Vulbas (département de l'Ain)

ARTICULATION ENTRE LIMITES DE REJETS ET REJETS REELS

Les limites de rejets sont fixées pour l'acceptabilité de leurs impacts sur l'environnement et sur la base des meilleures techniques disponibles dans des conditions techniquement et économiquement acceptables en prenant en considération les caractéristiques de l'installation, son implantation géographique et les conditions locales de l'environnement. Elles constituent les valeurs maximales à ne pas dépasser. De surcroît, l'exploitant définit chaque année une prévision optimisée des rejets en fonction des activités programmées et analyse la cohérence des rejets réels avec ces objectifs de performance et en tire le retour d'expérience en termes d'amélioration continue.

Ainsi, l'évaluation de l'impact des rejets, réalisée sur la base des limites réglementaires, est enveloppe des rejets réels du site.

Les rejets prévus pour le fonctionnement de la centrale du Bugey pour les dix années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans tous les cas inférieurs aux limites de rejet.

Les tableaux suivants présentent un bilan des rejets radioactifs rejetés par la centrale du Bugey sur une période de 10 ans (moyenne des rejets de 2013 à 2022).

- Bilan des rejets radioactifs liquides rejetés de 2013 à 2022 :

	Limites annuelles (GBq/an)	Activité moyenne annuelle rejetée GBq/an
Tritium	90 000	45 090
Carbone 14	260	22,2
Iode	0,4	0,017
Autres produits de fission et d'activation	36	1,36

- Bilan des rejets radioactifs gazeux rejetés de 2013 à 2022 :

	Limites annuelles (GBq/an)	Activité moyenne annuelle rejetée GBq/an
Tritium	8 000	688
Carbone 14	2 200	480
Gaz rares	60 000	1 439
Iode	1,2	0,039
Autres produits de fission et d'activation	0,28	0,003

5.6.3. Rejets d'effluents chimiques liquides et gazeux

Le fonctionnement d'une centrale nucléaire nécessite l'utilisation de substances chimiques et génère des rejets d'effluents chimiques liquides (issus des substances liées au conditionnement des circuits, de la station de déminéralisation et des stations d'épuration) et, dans une moindre mesure, des rejets à l'atmosphère (issus du fonctionnement des circuits et des équipements).

Sur les circuits de refroidissement dits « fermés » avec des aéroréfrigérants (Bugey 4 et 5), des traitements sont nécessaires afin de :

- limiter l'encrassement des circuits par l'eau du Rhône naturellement chargée en matières en suspension et en sels minéraux, via l'injection d'un antitartre en complément du renouvellement de l'eau de refroidissement,
- maîtriser le risque de dispersion de micro-organismes pathogènes (légionelles et amibes) via l'entretien préventif des circuits et la mise en œuvre de traitements biocides par injection de monochloramine produite par réaction entre hypochlorite de sodium et ammoniac.

■ Effluents chimiques liquides

Le fonctionnement d'une centrale nucléaire nécessite l'utilisation de substances chimiques qui produisent des rejets d'effluents par voie liquide ou atmosphérique dans l'environnement. D'autres substances issues de l'usure des circuits et équipements sont également rejetées. Les principaux paramètres représentatifs des rejets d'effluents chimiques de la centrale du Bugey proviennent de la voie liquide.

Les substances dont les rejets dans l'environnement présentent un enjeu sont :

- l'acide borique, l'hydrazine, la morpholine et l'azote total issus du conditionnement des circuits primaires et secondaires ;
- les phosphates, issus du conditionnement de certains circuits auxiliaires nucléaires et conventionnels, principalement pour les circuits de réfrigération intermédiaire et d'eau surchauffée ;
- les polyacrylates et le sodium issus du traitement pour la prévention de la formation de tartre dans les circuits de refroidissement ;
- les AOX (organo-halogénés formés par réaction entre un agent biocide oxydant contenant un halogène et de la matière organique), le CRT (Chlore Résiduel Total), le sodium, les chlorures, l'ammonium, les nitrites et les nitrates issus du traitement biocide des circuits de refroidissement.

De la même manière que pour les rejets radioactifs, des valeurs maximales de rejets des substances chimiques sont fixées pour l'acceptabilité de leurs impacts sur l'environnement et sur la base des meilleures techniques disponibles applicables à la centrale pour son fonctionnement. Ainsi, l'évaluation de l'impact des rejets, réalisée sur la base de ces valeurs maximales, est enveloppe des rejets réels du site.

Les rejets à venir devraient être du même ordre de grandeur que les rejets passés et dans tous les cas inférieurs aux valeurs maximales de rejet. Les résultats de l'évaluation de l'impact des rejets présentés dans ce document sont donc valables pour les dix années à venir.

Le tableau suivant présente les valeurs maximales de rejet dans le Rhône (issues des décisions limites et modalités actuellement en vigueur) ainsi qu'un bilan des rejets passés de substances chimiques provenant de l'exploitation de la centrale, à enjeu sur une période de 10 ans.

Substances	Flux annuel (kg)	
	Valeurs maximales de rejet	Quantité rejetée (moyenne 2013-2022)
Acide borique	23 000	9 005
Morpholine	2090	629
Hydrazine	32	2,5
Azote total	8 900	3 106*
Phosphates	1 550	696
Polyacrylates	Pas de limite en flux annuel	242 294**
Sodium	462 990	23 705
Chlorures	191 857	36 363
Ammonium	25 410	631
Nitrates	226 418	31 448
Nitrites	4 261	409
AOX	1 500	305
CRT	13 000	1338

(*) Azote total calculé sur la période (2015-2022)

(**) Polyacrylates calculé sur période (2015-2022)

■ Effluents chimiques rejetés à l'atmosphère

Les substances chimiques rejetées à l'atmosphère sont les suivantes :

- des gaz d'échappement issus des installations de combustion de secours (oxydes de soufre et d'azote) ;
- des émanations de formol et de monoxyde de carbone émises par les calorifuges neufs en laine de verre au cours de leur première montée en température ;
- des rejets d'ammoniac émis par le contournement turbine (VCDa) provenant de l'eau d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG) et de la destruction thermique de l'hydrazine contenue dans la solution de conservation des générateurs de vapeur lors du redémarrage du réacteur ;
- des rejets de morpholine ou d'éthanolamine émis par VCDa provenant de l'eau ASG ou du cracking thermique consécutif à la conservation humide des générateurs de vapeur (GV) ;
- de l'ammoniac provenant du circuit d'extraction des incondensables du circuit secondaire lors du maintien sous vide du condenseur et rejeté par la cheminée du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) ;
- des rejets de chlore résiduel total (CRT), ammoniac, acide hypochloreux (HOCl) et trihalométhanes (THM) émis par les tours aéroréfrigérantes lors de la mise en oeuvre des traitements biocides ;
- des émissions diffuses de fluides frigorigènes et de SF₆ utilisés respectivement dans les groupes frigorifiques (pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs) et au niveau des postes électriques d'évacuation d'énergie de la centrale. Ces émissions sont quantifiées lors des opérations de maintenance de ces installations.

5.6.4. Rejets thermiques

Dans une centrale nucléaire, environ un tiers de l'énergie thermique produite par le réacteur est converti en électricité, en vertu du principe thermodynamique de Carnot. Le reste, soit environ les deux tiers, est transféré sous forme de chaleur via le condenseur à une source froide, laquelle peut être soit le milieu aquatique (source froide dite en « circuit ouvert »), soit l'atmosphère (via des tours aéroréfrigérantes, source froide dite en « circuit fermé »). Il y a donc des rejets thermiques dans le milieu naturel.

Le circuit de refroidissement de la centrale du Bugey présente une particularité : les réacteurs n° 2 et 3 sont refroidis par un circuit ouvert, tandis que les réacteurs 4 et 5 sont refroidis par un circuit fermé.

Pour la centrale du Bugey, les paramètres réglementés associés aux rejets thermiques sont l'échauffement amont-aval après mélange et la température en aval calculée après mélange.

Le refroidissement des condenseurs des réacteurs n° 2 et 3 de la centrale du Bugey est effectué en circuit de type « ouvert » : l'eau de refroidissement est prélevée dans le Rhône, avant d'y être intégralement rejetée.

Le refroidissement des condenseurs des réacteurs n° 4 et 5 est effectué en circuit dit « fermé » : l'eau échauffée sortant des condenseurs est refroidie par un courant d'air dans des tours aéroréfrigérantes puis renvoyée en majorité dans les circuits de refroidissement. La chaleur s'évacue par la vapeur d'eau qui forme un panache au-dessus des tours. Un appoint continu en eau aux circuits est nécessaire pour compenser l'eau évaporée dans les tours et pour renouveler l'eau des circuits afin d'en limiter l'entartrage. L'appoint de renouvellement induit des rejets d'eaux faiblement échauffées dans le Rhône via les purges de déconcentration à partir des bassins froids des aéroréfrigérants.

Les rejets thermiques sont encadrés par la réglementation qui limite l'échauffement de l'eau après mélange dans le Rhône et fixe une température moyenne journalière calculée en aval après mélange

Limites des rejets thermiques de la centrale
du Bugey

	Echauffement amont-aval calculé après mélange (°C)	Température calculée en aval après mélange (°C)
Valeur limite en conditions climatiques normales*	5°C – 7°C	24°C – 26°C
Valeur limite en conditions climatiques exceptionnelles	1°C	27°C

* valeur différente suivant la période de
l'année (du 01/05 au 15/09 ou du 16/09 au
30/04)

L'échauffement amont-aval calculé après mélange est en moyenne de 2,1 °C pendant la période 2009-2018, avec une valeur maximale relevée de 6,7°C.

La température moyenne calculée en aval après mélange est de 14,9°C, avec une valeur maximale relevée de 26°C. La centrale du Bugey a respecté les limites applicables aux rejets thermiques sur la période considérée, en réalisant dans certains cas des baisses de charge pour les réacteurs n° 2 et/ou n° 3 (a minima).







5.6.5. Production de déchets

L'exploitation de la centrale du Bugey génère des déchets radioactifs et des déchets conventionnels.

Les **déchets radioactifs** sont issus notamment du traitement des effluents radioactifs (filtres, charbons actifs, concentrats d'évaporation, résines échangeuses d'ions, boues...), des opérations de maintenance courante (pièces mécaniques actives rebutées, déchets de linge...), des opérations de manutention du combustible (grappes, étuis de crayon, squelettes d'assemblage...).

Les **déchets conventionnels** sont des déchets produits dans des zones ne contenant aucune substance radioactive. Ils sont composés de déchets inertes (gravats, terre...), de déchets non dangereux (bois, emballages, papier, carton, verre, plastique, métaux...) et de déchets dangereux (peintures, déchets hydrocarbonés, amiante...).

Catégories de déchets radioactifs et filières de gestion associés

Période radioactive* Activité**	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g	 Gestion par décroissance radioactive	 Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g		 Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	 Stockage à faible profondeur à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g			 Stockage géologique profond en projet (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable	 Stockage géologique profond en projet (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

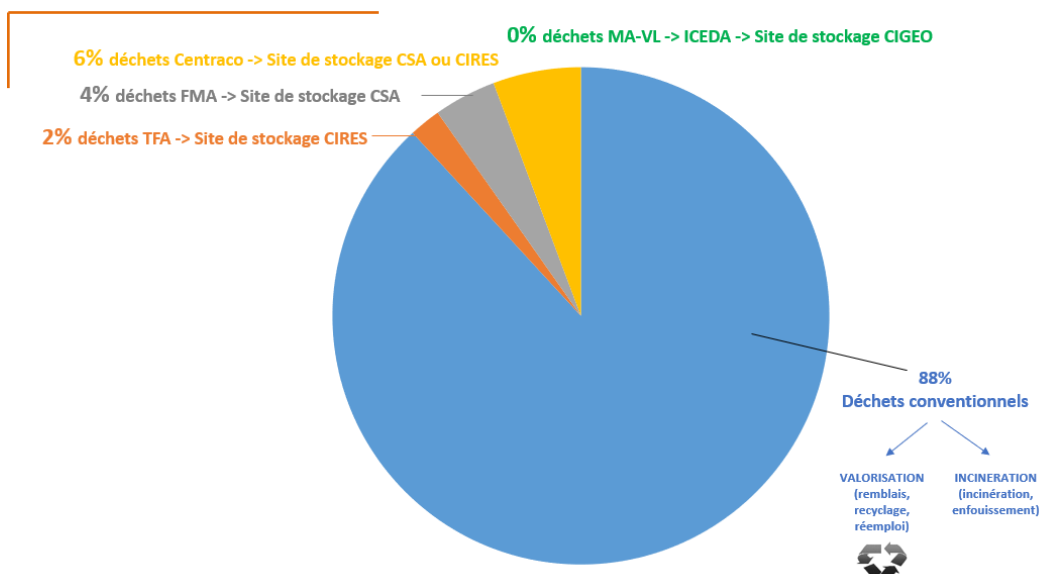
** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).

En France, la classification des déchets radioactifs s'appuie sur deux critères :

- le niveau de radioactivité : Haute Activité (HA) ; Moyenne Activité (MA) ; Faible Activité (FA) ; Très Faible Activité (TFA),
- la période radioactive, qui correspond au temps au bout duquel la radioactivité est divisée par deux : vie très courte (vtc) ; vie courte (vc) ; vie longue (vl).

Les activités liées au fonctionnement de la centrale de Bugey produisent des déchets conventionnels (93 % des déchets produits) et radioactifs (7 % des déchets produits).



Proportions relatives de déchets et exutoires correspondants, issus de l'exploitation de la centrale du Bugey

Le tableau suivant présente le bilan des déchets radioactifs produits sur 10 ans par la centrale de Bugey et un prévisionnel pour les années à venir.

Globalement, la quantité de déchets radioactifs qu'il est prévu de produire dans les prochaines années par la centrale nucléaire du Bugey est du même ordre de grandeur que la quantité de déchets produits sur la période de référence. L'augmentation de la quantité de déchets solides FA-VC à traiter dans les années à venir est due à la planification d'activités de maintenance supplémentaires planifiées ainsi qu'à la politique de désentreposage en cours sur le site. La diminution de la quantité de déchets liquides FA-VC à traiter est due au fait que les effluents de lessivage des générateurs de vapeur étaient évacués vers Centraco pour incinération sur la période 2013-2022. Dans la mesure du possible, ces effluents seront traités sur site.

Déchets radioactifs	Volume moyen annuel de colis (m ³) (moyenne 2013-2022)	Volume moyen annuel prévisionnel de colis (m ³) (moyenne 2025-2028)
Déchets solides TFA à stocker au CIREs	244	248
Déchets solides MA-VC à stocker au CSA	351	462
Déchets solides FA-VC à stocker directement au CSA	127	124
Déchets solides FA-VC à traiter (fusion)	96	146
Déchets solides FA-VC à traiter (incinération)	481	506
Déchets liquides FA-VC à traiter (incinération)	98	9

5.6.6. Émissions sonores et vibratoires

Sur un site nucléaire, certains équipements ainsi que des opérations ou chantiers ponctuels peuvent être sources de bruit. EDF réalise des mesures de niveaux d'émission sonore ainsi que des modélisations acoustiques permettant d'en identifier les origines.

Par ailleurs, le fonctionnement des installations est à l'origine de vibrations (machines tournantes essentiellement) ressenties seulement à l'intérieur des installations du fait de la conception des bâtiments et de la constitution des sols.

Concernant les éventuels chantiers de génie civil et de voirie et réseaux divers, sources de vibrations, ceux-ci sont confinés à l'enceinte du site, ont une durée limitée dans le temps et se déroulent en journée les jours ouvrables.

5.6.7. Usages des terres

Le site du Bugey s'étend sur une superficie de 100 hectares et constitue une zone sur laquelle sont implantées diverses activités industrielles. La majorité de cette superficie est anthropisée (bâtiments, voies de circulation, espaces verts anthropiques). Il n'est pas envisagé d'évolution de la superficie foncière nécessaire à l'exploitation des 4 réacteurs de la centrale du Bugey pour les dix prochaines années.

5.6.8. Autres interactions

Les autres interactions de la centrale du Bugey avec son environnement étudiées sont : odeurs, émissions lumineuses, trafics routier, consommation d'énergie, chaleur et radiation. Il n'est pas envisagé d'évolution de ces interactions pour les dix prochaines années.

5.6.9. Projection sur 10 ans des interactions de la centrale du Bugey avec l'environnement

Les interactions passées et actuelles de l'exploitation de la centrale du Bugey avec l'environnement ont été présentées dans les paragraphes 5.6.1 à 5.6.8 précédents.

Comme l'illustre le tableau suivant, les interactions de l'exploitation de la centrale du Bugey avec l'environnement resteront similaires pour les dix prochaines années à celles de la décennie précédente.

Interaction avec l'environnement	Fonctionnement passé	Projection sur 10 ans
Prélèvements et consommation d'eau	Les différents besoins en eau de la centrale de Bugey sont satisfaits par des prélèvements dans le Rhône, dans la nappe d'accompagnement du Rhône et via le réseau de Saint-Vulbas pour l'eau potable. Les prélèvements réglementés (Rhône et nappe) sont toujours restés inférieurs aux limites réglementaires (décision n°2022-DC-0726 ¹⁰).	Il n'est pas prévu d'évolution des modalités d'approvisionnement en eau. Les volumes prélevés prévus pour le fonctionnement de la centrale de Bugey pour les 10 années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans le respect des limites réglementaires.
Rejets d'effluents radioactifs liquides	Le point de rejet des effluents radioactifs est réalisé dans le Rhône via les canaux de rejets. Les rejets sont encadrés par les décisions n°2022-DC-0726 ¹⁰ et n° 2022-DC-0727 ¹¹ .	Il n'est pas prévu d'évolution de l'emplacement des points de rejet. Les rejets prévus pour le fonctionnement de la centrale de Bugey pour les 10 années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans le respect des limites réglementaires.
Rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère	Les effluents radioactifs atmosphériques sont rejetés par les cheminées des bâtiments des auxiliaires nucléaires. Les rejets sont encadrés par les décisions n° 2022-DC-0726 ¹⁰ et 2022-DC-0727 ¹¹ .	Il n'est pas prévu d'évolution des points de rejet à l'atmosphère. Les rejets prévus pour le fonctionnement de la centrale de Bugey pour les 10 années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans le respect des limites réglementaires.
Rejets d'effluents chimiques	Les rejets d'effluents chimiques liquides sont encadrés par les décisions n° 2022-DC-0726 ¹⁰ et 2022-DC-0727 ¹¹ .	Les rejets d'effluents chimiques liquides prévus pour le fonctionnement de la centrale de Bugey pour les 10 années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans le respect des limites réglementaires.
Rejets thermiques	Les rejets thermiques sont encadrés par la réglementation qui limite l'échauffement de l'eau après mélange dans le Rhône et la température de l'eau du Rhône calculée après mélange	Il n'est pas prévu d'évolution des rejets thermiques qui s'inscriront dans le respect des limites réglementaires

Interaction avec l'environnement	Fonctionnement passé	Projection sur 10 ans
Production de déchets radioactifs	Volumes annuels de déchets (m ³) - Très faiblement actifs : 244 - Faiblement actifs : 802 - Moyennement actifs : 851	Les volumes de déchets radioactifs prévus seront globalement du même ordre de grandeur que les volumes des déchets produits au cours de la dernière décennie. Une augmentation des volumes de déchets FA-VC solides à traiter est prévue en raison de la planification d'activités de maintenance supplémentaires et à la politique de désentreposage en cours sur le site
Émissions sonores	La centrale de Bugey fait l'objet de campagnes de mesure des émissions sonores tous les dix ans. La dernière campagne de mesure montre que les niveaux sonores sont conformes aux objectifs fixés par la réglementation	Pas de changements majeurs, mais des bruits et des vibrations temporaires peuvent être causés par d'éventuelles modifications et travaux de construction.
Usages des terres	La centrale de Bugey s'étend sur une superficie de 100 hectares	Il n'est pas envisagé d'évolution de la superficie foncière nécessaire à l'exploitation des 4 réacteurs de la centrale de Bugey pour les dix prochaines années.
Autres interactions	Les autres interactions avec l'environnement sont : odeurs, émissions lumineuses, trafics routier et ferroviaire, consommation d'énergie, chaleur et radiation	Il n'est pas envisagé d'évolution de ces interactions pour les dix prochaines années.

5.7. Projection sur 10 ans des effets sur l'environnement

Ce paragraphe traite des effets réels et potentiels sur la santé et l'environnement que la centrale nucléaire de production d'électricité de Bugey peut présenter en fonctionnement normal, au cours des dix prochaines années, du fait des prélèvements d'eau, des rejets et déchets ainsi que des nuisances qu'elle est susceptible d'engendrer (dispersion de micro-organismes pathogènes, bruits, émissions lumineuses, consommation énergétique, émission de chaleur et de radiations, trafic routier et ferroviaire, vibrations, odeurs ou envol de poussières). L'analyse intègre également les dispositions prises pour améliorer la protection des intérêts dans le cadre du 4^e réexamen périodique. Comme montré au paragraphe 5.6, les interactions de l'exploitation de la centrale de Bugey avec l'environnement resteront similaires pour les dix prochaines années à celles de la décennie précédente.

Les effets sur l'environnement du fonctionnement de la centrale de Bugey sont présentés par domaine (sous-paragraphe 5.7.1 à 5.7.8) ; ils sont locaux et concernent principalement les environs de la centrale selon le périmètre d'étude présenté au paragraphe 5.5.5. Il n'y a pas d'effet transfrontalier du fonctionnement normal de la centrale (cf. paragraphe 6 pour les effets transfrontaliers des accidents). Les effets comparés sur le changement climatique de la poursuite du fonctionnement et de la mise à l'arrêt définitif (cf. paragraphe 1.2), sont présentés dans le paragraphe 5.7.10.

5.7.1. Air et facteurs climatiques

■ Incidences sur le climat

La production d'électricité d'origine nucléaire génère très peu de dioxyde de carbone (CO₂), principal **gaz à effet de serre**.

Chaque kWh produit par le parc nucléaire d'EDF en France émet l'équivalent de **4 grammes de CO₂**, selon l'étude de la R&D d'EDF « Analyse du cycle de vie ». Un chiffre qui confirme le caractère très bas carbone de cette énergie : [ACV du kWh nucléaire](#).

Les rejets gazeux associés à l'exploitation de la centrale de Bugey ne modifient donc pas la situation actuelle vis-à-vis du climat.

L'analyse de la sensibilité au changement climatique (cf. page suivante) permet de conclure que l'incidence sur le climat des rejets gazeux associés à l'exploitation de la centrale est considérée comme négligeable également pour les 10 années à venir.

Les **gaz à effet de serre** d'origine anthropique sont responsables de l'accroissement de l'effet de serre.

Ce phénomène naturel est provoqué par la présence des gaz à effet de serre qui piègent dans la basse atmosphère une partie de la chaleur émise par la terre.

■ Incidences sur la qualité de l'air

Le code de l'environnement définit des normes de qualité de l'air dont l'objectif est d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble. Ces normes visent les substances atmosphériques présentes dans l'air ambiant extérieur qui représentent un enjeu pour la qualité de l'air : les oxydes de soufre et d'azote, l'ozone, le monoxyde de carbone, les particules, le plomb, le benzène et les métaux lourds. Ces substances sont principalement présentes dans les agglomérations, en raison de la concentration du trafic et de différentes activités humaines (chauffage, émissions industrielles).

Parmi les rejets chimiques à l'atmosphère de la centrale du Bugey, seuls les rejets d'oxydes d'azote et de soufre et les émanations de monoxyde de carbone font l'objet d'une norme de qualité de l'air. L'évaluation des incidences sur la qualité de l'air de ces rejets ne montre pas d'influence du site sur la qualité de l'air. Concernant les substances non réglementées par une norme de qualité de l'air (telles que le formol, l'ammoniac, SF₆, fluides frigorigènes), leurs concentrations dans l'environnement n'engendrent pas d'effet sur la qualité de l'air.

Le secteur étudié n'est pas concerné par un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA).

▶ PLANS DE PROTECTION DE L'ATMOSPHERE (PPA)

Les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) ont été introduits par la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 modifiée le 14 juin 2006 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (dite « loi LAURE »). Ils doivent être élaborés dans trois cas de figure différents :

- la zone connaît des dépassements des valeurs limites et/ou des valeurs cibles de la qualité de l'air ;
- la zone risque de connaître des dépassements ;
- la zone englobe une ou plusieurs agglomérations de plus de 250 000 habitants.

Les PPA ont pour objectif de définir les mesures à prendre afin de veiller au respect des valeurs limites ainsi que les mesures d'urgence à mettre en place en cas de risque de dépassement des seuils d'alerte. Ils doivent être compatibles avec les objectifs régionaux pour la qualité de l'air (SRADDET).

SCHEMA REGIONAL D'AMENAGEMENT, DE DEVELOPPEMENT DURABLE ET D'EGALITE DES TERRITOIRES (SRADDET)

La loi NOTRE du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République crée un nouveau schéma de planification dont l'élaboration est confiée aux régions : le « Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires » (SRADDET).

Ce schéma doit respecter les règles générales d'aménagement et d'urbanisme à caractère obligatoire ainsi que les servitudes d'utilité publique affectant l'utilisation des sols. Il doit être compatible avec les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE), ainsi qu'avec les Plans de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI). Il doit prendre en compte les projets d'intérêt général, une gestion équilibrée de la ressource en eau, les infrastructures et équipements en projet et les activités économiques, les chartes des parcs nationaux sans oublier les schémas de développement de massif. Il se substitue ainsi aux schémas préexistants tels que le Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE), le schéma régional de l'intermodalité, et le Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD), le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE).

Le SRADDET Auvergne-Rhône-Alpes a été adopté par le Conseil régional les 19 et 20 décembre 2019 et a été approuvé par arrêté du préfet de région le 10 avril 2020. Le SRADDET Auvergne-Rhône-Alpes fixe les objectifs de moyen et long terme sur le territoire de la région pour 11 thématiques.

■ Sensibilité au changement climatique

Les projections locales des principaux facteurs climatiques réalisées par EDF R&D montrent une tendance d'évolution à la hausse des moyennes annuelles des températures d'air, avec des évolutions suivant les scénarios climatiques de l'ordre de + 1,1°C à + 1,3°C en moyenne annuelle à horizon 2035, par rapport à la période historique retenue (1982-2012).

Hormis un besoin en refroidissement des locaux tertiaires et industriels légèrement plus important, les évolutions climatiques présentées ne modifient pas l'analyse d'incidence des rejets atmosphériques du site du Bugey sur la qualité de l'air et le climat.

5.7.2. Eaux de surface

■ Incidences sur l'hydrologie

Influence sur le débit

L'eau prélevée dans le Rhône par les réacteurs 2 et 3 est intégralement et presque immédiatement restituée au fleuve, alors que celle prélevée par les réacteurs 4 et 5 est partiellement restituée au fleuve car une partie est évaporée via les aéroréfrigérants. Ce débit évaporé est en moyenne de 1,2 m³/s, ce qui représente environ 0,3 % du module interannuel du Rhône et 0,9 % du débit d'étiage sévère de 150 m³/s, qui est le débit minimal garanti par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) au niveau du site du Bugey.

Quelle que soit la situation hydrologique considérée (normale ou étiage), les débits évaporés sont faibles et n'influencent pas la continuité des usages sur le fleuve.

Influence sur l'écoulement

Le Rhône au niveau du site du Bugey n'est pas classé comme cours d'eau navigable. Par ailleurs, la prise d'eau du site du Bugey n'est pas de nature à constituer une entrave et donc à modifier sensiblement l'écoulement du Rhône.

■ Incidences sur la température des eaux de surface

À l'échelle locale, le panache thermique de la centrale du Bugey (lié à la restitution d'eau échauffée au Rhône) est localisé en rive droite du Rhône sur les cinq premiers kilomètres et se dilue progressivement pour atteindre un mélange complet au niveau de la confluence avec l'Ain, soit à une distance de l'ordre de 10 km en aval des rejets de la centrale. Pour les plus faibles débits du Rhône, le mélange complet est atteint plus rapidement.

À l'échelle régionale, les échauffements apportés par la centrale se propagent en aval en s'atténuant, avec un échauffement résiduel moyen lié à l'influence du fonctionnement de la centrale de 0,7°C environ 95 km en aval, à l'amont de la centrale de Saint-Alban, et inférieur à 0,3°C à Arles, plus de 320 km en aval.

■ Incidences sur la qualité des eaux de surface

L'analyse des résultats de la surveillance chimique et hydroécologique de l'environnement montre que les évolutions physico-chimiques, chimiques et biologiques du milieu observé en amont et en aval du site du Bugey ne sont pas liées aux rejets passés et actuels du site.

L'évaluation substance par substance de l'impact des rejets chimiques liquides en approches moyenne et maximale ne met pas en évidence d'impact environnemental sur l'écosystème du Rhône en aval du site du Bugey.

Nota : l'évaluation des effets des rejets radioactifs est présentée au paragraphe 5.7.4

■ Sensibilité au changement climatique

Concernant l'évolution de la température de l'eau, les projections réalisées par EDF R&D sur une période de 30 ans permettent d'estimer à environ + 0,3 à + 0,4°C par décennie l'augmentation de la température moyenne annuelle de l'eau du Rhône liée aux évolutions climatiques. Il est considéré que cette évolution n'aura pas d'impact sur les conclusions de l'étude d'impact pour les 10 années à venir.

Concernant l'évolution des débits moyens du Rhône, les projections réalisées par EDF R&D en climat futur montrent que les débits moyens annuels du Rhône seraient en moyenne plus faibles sur la période 2020-2050, mais de manière peu significative (tendance à la baisse de l'ordre de ± 1 % en moyenne annuelle sur 2020-2050), avec un renforcement de la saisonnalité des débits (débits plus faibles en été et plus élevés en hiver). Il est ainsi considéré que les diminutions potentielles du débit sur les 10 années à venir seront relativement faibles par rapport aux variations saisonnières et interannuelles déjà observées sur le Rhône et n'auront donc pas d'impact sur les conclusions de l'étude d'impact pour les 10 ans à venir.

➤ ETUDE DU CUMUL DES INCIDENCES DES CENTRALES SITUÉES SUR LE RHÔNE

EDF a réalisé en 2023 une étude du cumul des incidences des centrales nucléaires situées sur le Rhône. L'étude a été réalisée selon deux approches complémentaires :

- une approche qualitative, qui s'appuie sur les données de surveillance de l'environnement en amont et en aval des sites afin de détecter s'il y a eu des évolutions sur le fleuve ;
- une approche quantitative des impacts environnementaux et sanitaires, basée sur la modélisation du cumul des rejets réels réalisés par les sites le long du cours d'eau au cours des années 2018 et 2017 représentatives respectivement d'une année moyenne et d'une année avec un étiage marqué.

L'approche qualitative montre que les rejets chimiques liquides n'ont pas d'influence notable sur la chimie, la physico-chimie et la biologie, à l'exception des suivis réalisés au Bugey concernant les macroinvertébrés benthiques et les peuplements piscicoles, où des différences de peuplement sont observées probablement en lien avec les facteurs thermiques et des facteurs stationnels. L'approche quantitative ne met pas en évidence d'incidence notable sur l'écosystème du Rhône au niveau des quatre points d'évaluation étudiés. Ces quatre points sont répartis le long du fleuve, de façon à pouvoir effectuer un cumul progressif jusqu'à l'embouchure du Rhône.

Par ailleurs, l'analyse de l'incidence des rejets thermiques a été réalisée selon le même principe. Les simulations ont fourni l'évolution dans le temps et dans l'espace de la température de l'eau du Rhône et l'échauffement résiduel (différence entre la température de l'eau du Rhône lorsque les réacteurs sont en production et la température de l'eau si toutes les centrales étaient à l'arrêt) lié aux rejets thermiques des sites. Les échauffements du Rhône liés aux rejets des centrales ne s'additionnent pas de manière arithmétique d'amont en aval, mais ils s'atténuent progressivement : lorsque le Rhône reçoit un échauffement supplémentaire, celui-ci est dissipé progressivement en fonction des conditions météorologiques et de l'apport des affluents, notamment de la Saône et de l'Isère. En période d'étiage les échauffements sont plus élevés mais avec une atténuation similaire. Les évolutions des régimes thermiques et hydrologiques ou de la qualité des eaux modifient le fonctionnement des communautés et de l'écosystème aquatique. Cependant, malgré des évolutions écologiques se faisant en concomitance d'évolutions physiques identifiées, le lien entre ces composantes n'est pas aisé à établir.

5.7.3. Sols et eaux souterraines

■ Incidences sur les sols

L'aménagement du site a modifié la topographie et la géologie du site et a anthropisé l'ensemble de la surface du site.

L'étude des données historiques et environnementales relatives à l'état des sols du site du Bugey s'est appuyée sur des recherches documentaires, des témoignages de personnels du site et des visites des installations et des reconnaissances des sols, dont un diagnostic réalisé en octobre 2019.

En conclusion, les résultats de l'état des sols de la centrale ont mis en évidence :

- un terme source radioactif de très faible activité massique resté piégé dans les résines échangeuses d'ions enterrées au niveau de la « butte de Bugey », répertorié dans l'inventaire national des déchets radioactifs de l'ANDRA (fiche n° RHO 59) réalisé dans le cadre du Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR). Ce dernier fait l'objet d'un suivi dans le cadre de la surveillance réglementaire des eaux souterraines et n'a pas mis en évidence de marquage radiologique ;
- des marquages en Co60 et Cs137 ont été observés au droit de points singuliers le long de la canalisation BONNA PTR lors des investigations réalisées dans le cadre de l'Evènement Significatif pour l'Environnement déclaré en décembre 2017. Cette zone ne nécessite pas la mise en place de mesures de gestion ;
- des marquages en éléments traces métalliques, principalement observés au niveau des sols de surface, sans doute liés à la nature des remblais et ne nécessitant pas la mise en place de mesures de gestion ; des marquages ponctuels en sulfate et azote Kjeldahl, sans lien apparent avec les activités de la centrale et qui ne nécessitent pas la mise en place de mesures de gestion ;
- des marquages en hydrocarbures identifiés au droit de 3 zones distinctes dont l'une a montré l'absence de marquage dans les eaux souterraines. Les deux autres zones font l'objet d'un suivi par deux piézomètres créés en 2021 dans le but de confirmer l'absence de migration dans les eaux souterraines.

■ Incidences sur les eaux souterraines

La construction d'installations et d'ouvrages a eu pour effet de modifier localement les écoulements des eaux souterraines (fondations profondes et ouvrages hydrauliques).

Depuis sa mise en exploitation la centrale du Bugey fait l'objet d'une surveillance qualitative et quantitative de la nappe alluviale présente au droit du site. Cette surveillance a évolué au cours de l'exploitation pour s'adapter aux aménagements et à l'évolution des exigences réglementaires. Elle a été optimisée pour tenir compte des zones d'intérêt.

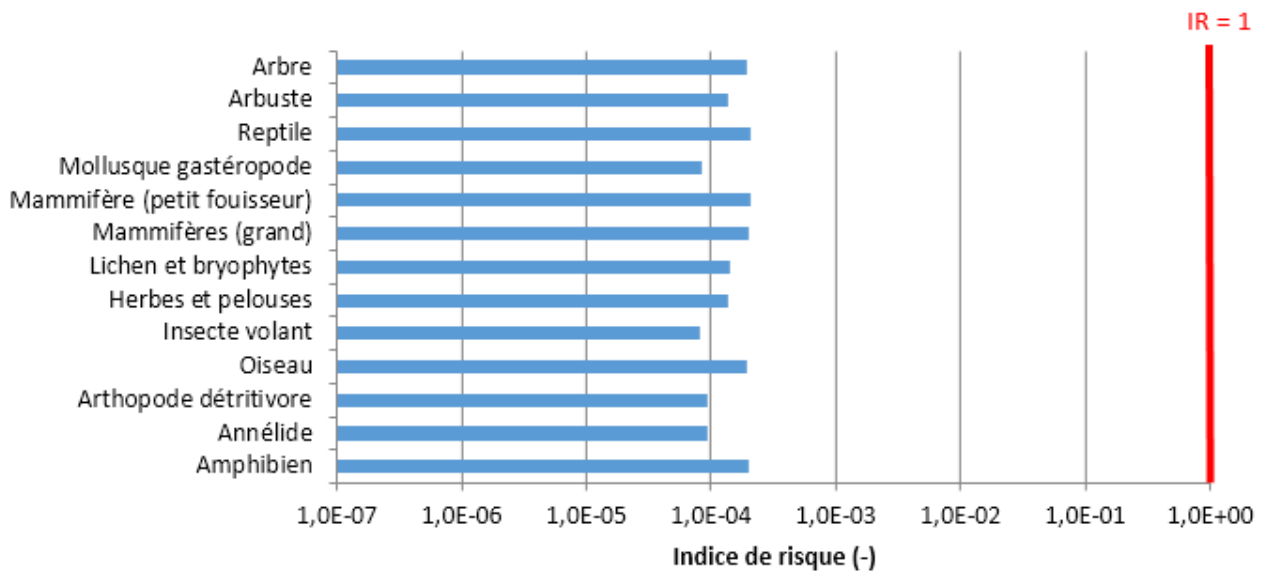
L'examen de l'ensemble des mesures de la surveillance des eaux souterraines réalisée entre 2014 et 2018 met en évidence au niveau des eaux souterraines :

- un marquage chimique (sodium, sulfate, conductivité) au niveau de la station de déminéralisation ayant fait l'objet d'une déclaration d'un Evènement Significatif pour l'Environnement en 2015. Des actions correctives ont été mises en œuvre par l'exploitant, conduisant à des concentrations inférieures aux seuils et valeurs indicatives de qualité, fin 2018 ;
- des marquages radiologiques (tritium) liés à des incidents d'exploitation ayant fait l'objet de déclarations d'Evènements Significatifs pour l'Environnement en 2012, 2014, 2017 et 2023. Les actions curatives et correctives mises en place par l'exploitant ont conduit à une diminution significative des activités volumiques en tritium, désormais inférieures au seuil d'investigation S1 depuis mars 2023. Des actions correctives sont en cours de déploiement pour l'Evènement déclaré en janvier 2023.

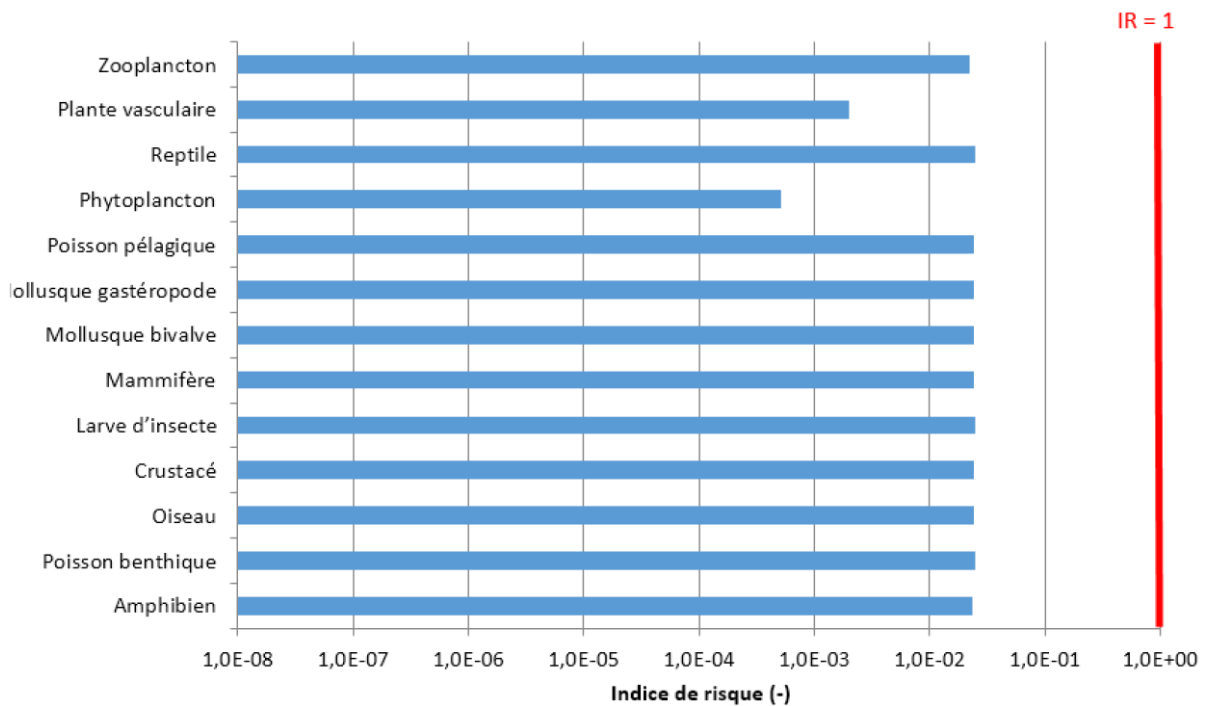
5.7.4. Radioécologie

Comme précisé au paragraphe 5.2, l'évaluation des effets sur l'environnement des rejets radioactifs repose sur une comparaison du débit de dose induit par les rejets radioactifs avec une valeur de débit de dose sans effet pour chaque organisme de référence. Cette comparaison se traduit par le calcul d'un indice de risque. Si l'indice de risque est inférieur à 1, il peut être conclut que le risque est négligeable.

Les graphiques ci-après rendent compte des indices de risque déterminés pour les organismes de références dans les compartiments terrestres et aquatiques.



Indices de risque calculés pour les organismes de référence de l'écosystème terrestre



Indices de risque calculés à la distance de dilution complète pour les organismes de référence de l'écosystème aquatique continental

Avec un indice toujours inférieur à l'unité, le risque environnemental associé aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques du site du Bugey est négligeable, actuellement et pour les 10 années à venir.

▾ ETUDE DU CUMUL DES INCIDENCES DES CENTRALES SITUÉES SUR LE RHÔNE

EDF a réalisé en 2023 une étude du cumul des incidences des centrales nucléaires situées sur le Rhône. L'étude a été réalisée selon deux approches complémentaires :

- une approche qualitative, qui s'appuie sur les données de surveillance de l'environnement en amont et en aval des sites afin de détecter s'il y a eu des évolutions sur le fleuve ;
- une approche quantitative des impacts environnementaux et sanitaires, basée sur la modélisation du cumul des rejets réels réalisés par les sites le long du cours d'eau au cours des années 2018 et 2017 représentatives respectivement d'une année moyenne et d'une année avec un étiage marqué.

L'approche qualitative montre que la radioactivité présente dans le Rhône est majoritairement d'origine naturelle. Dans certaines matrices aquatiques, une influence des rejets radioactifs liquides est visible, principalement en aval des rejets. Pour le tritium et le carbone 14, une augmentation discontinue des niveaux d'activité dans certaines matrices est observée le long du Rhône. L'approche quantitative montre que les indices de risque pour les organismes de référence sont très inférieurs à la valeur de référence et que le risque environnemental est donc négligeable.

5.7.5. Biodiversité

L'analyse des incidences du fonctionnement de la centrale du Bugey sur l'air et les facteurs climatiques, les eaux de surface et l'état radiologique de l'environnement présentée précédemment ne met pas en évidence d'incidence notable de la centrale du Bugey sur les caractéristiques écologiques du milieu.

Ainsi, le fonctionnement de la centrale du Bugey n'a pas d'incidence sur les espaces naturels remarquables et ne remet pas en cause le bon accomplissement du cycle biologique des espèces végétales (aquatiques, semi-aquatiques ou terrestres) et faunistiques (invertébrés, poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifères) présents sur l'aire d'étude.

Par ailleurs, le fonctionnement du site n'a pas d'incidence notable sur les espèces pouvant effectuer des déplacements ou des migrations au sein de l'aire d'étude (poissons migrateurs, oiseaux migrateurs et nicheurs), ni sur les fonctionnalités écologiques des habitats présents sur l'aire d'étude.

Enfin, au regard de l'analyse des incidences directes et indirectes, temporaires ou permanentes du fonctionnement du site du Bugey, celui-ci ne remet pas en cause l'état de conservation des habitats et espèces prioritaires ou d'intérêt communautaire ayant prévalu à la désignation des sites Natura 2000 de l'aire d'étude, à savoir :

- la ZSC n° FR8201727 « l'Isle-Crémieu » ;
- la ZPS n° FR8201653 « Basse vallée de l'Ain, Confluence Ain-Rhône » ;
- la ZSC n° FR8201639 « Steppes de la Valbonne » ;
- la ZPS n° FR8212011 « Steppes de la Valbonne ».

Par ailleurs, le site du Bugey ne remet pas en cause les objectifs de gestion définis dans les DOCOB des sites Natura 2000 FR8201727 « l'Isle-Crémieu », FR8201653 « Basse vallée de l'Ain, Confluence Ain- Rhône », FR8201639 « Steppes de la Valbonne » et FR8212011 « Steppes de la Valbonne ».

5.7.6. Population et santé humaine

■ Évaluation de l'impact dosimétrique sur l'homme

L'impact associé aux rejets d'effluents radioactifs aux limites autorisées de rejet du site du Bugey a été déterminé pour les personnes représentatives, c'est-à-dire pour les personnes susceptibles d'être les plus exposées situées dans un rayon de 5 km autour du site.

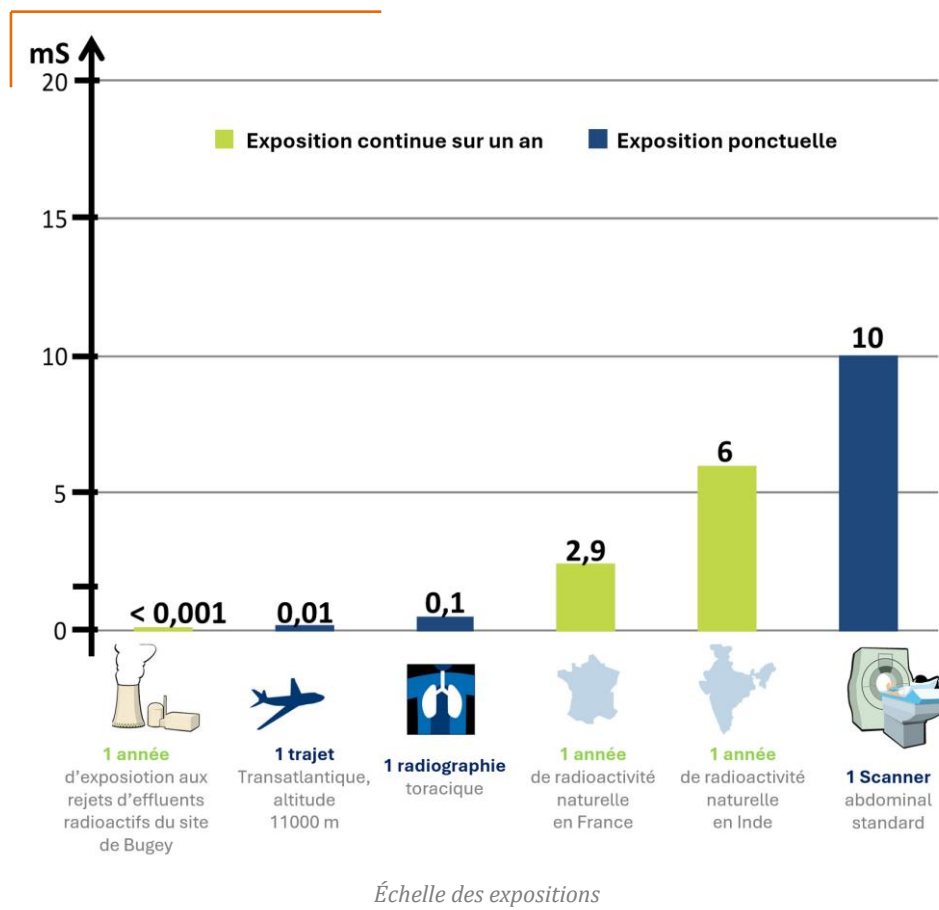
La **dose efficace** totale annuelle, liée à l'exposition interne et externe aux rejets d'effluents radioactifs du site, est évaluée :

- pour l'adulte, à 0,00054 mSv/an ;
- pour l'enfant de 10 ans, à 0,00043 mSv/an ;
- pour l'enfant de 1 an, à 0,00054 mSv/an.

La **dose efficace** mesure l'effet biologique de la radioactivité. Elle s'exprime en Sievert (Sv) ou plus généralement en millisievert (mSv) ou en microsievert (μSv).

Chacune de ces doses représente moins de 1/1 000 de la limite annuelle d'exposition fixée à 1 mSv par l'article R. 1333-11 du code de la santé publique.

Afin de mettre en perspective ces doses par rapport à d'autres modes d'exposition, la figure ci-après présente des ordres de grandeur de dose résultant de situations courantes.



■ Évaluation des risques sanitaires liés aux rejets chimiques

Les rejets d'effluents chimiques du site par voie liquide ne modifient pas la compatibilité de l'eau du Rhône avec les usages identifiés.

Par ailleurs, l'étude ne met pas en évidence de risque sanitaire dû aux rejets chimiques liquides attribuables au site du Bugey sur les populations avoisinantes potentiellement exposées aux substances, par la consommation d'eau du Rhône et de poissons pêchés dans le Rhône en aval du site du Bugey. De même, l'étude ne met pas en

évidence de risque sanitaire dû aux rejets chimiques à l'atmosphère liés au fonctionnement du site du Bugey sur les populations avoisinantes potentiellement exposées aux substances par inhalation.

▾ ETUDE DU CUMUL DES INCIDENCES DES CENTRALES SITUÉES SUR LE RHÔNE

EDF a réalisé en 2023 une étude du cumul des incidences des centrales nucléaires situées sur le Rhône. L'étude a été réalisée selon deux approches complémentaires :

- une approche qualitative, qui s'appuie sur les données de surveillance de l'environnement en amont et en aval des sites afin de détecter s'il y a eu des évolutions sur le fleuve ;
- une approche quantitative des impacts environnementaux et sanitaires, basée sur la modélisation du cumul des rejets réels réalisés par les sites le long du cours d'eau au cours des années 2018 et 2017 représentatives respectivement d'une année moyenne et d'une année avec un étiage marqué.

Impact radiologique sur la population : les doses efficaces totales liées au cumul des rejets d'effluents radioactifs liquides représentent moins de 1/1 000ième de la valeur limite de dose réglementaire pour le public, fixée à 1 mSv/an.

Impact sanitaire sur la population : la démarche d'interprétation de l'état des milieux conclut que les rejets cumulés dans le Rhône n'ont pas d'influence sur la chimie du fleuve, et par conséquent ne modifient pas la compatibilité de l'eau avec les usages identifiés. L'évaluation quantitative des risques sanitaires ne met pas en évidence de risque sanitaire dû aux rejets chimiques liquides attribuables aux centrales nucléaires situées sur le Rhône sur les populations avoisinantes potentiellement exposées aux substances.

■ **Justification de la maîtrise du risque microbiologique**

Les dispositions de prévention, de surveillance et de lutte mises en œuvre par la centrale du Bugey pour limiter la prolifération et la dispersion d'amibes et de légionelles répondent aux exigences réglementaires.

Le suivi des concentrations des amibes et des légionelles montre que la stratégie de traitement préventif de l'eau permet à la centrale du Bugey de maîtriser le risque sanitaire microbiologique.

■ **Évaluation de l'impact des émissions sonores et vibratoires**

Les résultats de l'analyse de conformité montrent que les niveaux sonores du site du Bugey respectent les objectifs réglementaires.

Par ailleurs, le fonctionnement des installations est à l'origine de vibrations (machines tournantes essentiellement) ressenties seulement à l'intérieur des installations du fait de la conception des bâtiments et de la constitution des sols. Pour les populations environnantes, il n'y a donc aucun risque de gêne lié aux installations existantes.

Concernant les éventuels chantiers de génie civil et de voirie et réseaux divers, sources de vibrations, ceux-ci sont confinés à l'enceinte du site, ont une durée limitée dans le temps et se déroulent en journée les jours ouvrables, ce qui limite la gêne potentielle.

■ **Évaluation de l'impact des émissions lumineuses**

Les émissions lumineuses du site sont essentiellement liées à l'éclairage de sécurité du site (protection contre les intrusions, avertissement des engins aériens, etc.). Elles sont donc indispensables ; leur impact visuel à l'extérieur est minimisé par l'orientation de ces éclairages. L'impact de ces émissions lumineuses est négligeable.

5.7.7. Activités humaines

■ **Analyse des incidences sur l'usage des terres**

L'évaluation de l'impact sur la santé des rejets radioactifs et des rejets chimiques de la centrale du Bugey ne met pas en évidence de risque sanitaire attribuable au fonctionnement de la centrale sur les populations avoisinantes potentiellement exposées (cf. paragraphe 5.7.6).

Ceci permet de conclure à l'absence d'incidence significative sur les usages des terres, en particulier les surfaces agricoles et les biens matériels (habitations, zones industrielles, etc.).

■ **Analyse des incidences sur le paysage et le patrimoine culturel**

La construction du site du Bugey a débuté en 1965. Ainsi, le site est présent depuis 55 ans et fait maintenant partie du paysage.

L'exploitation du site du Bugey ne modifie pas ses incidences sur le paysage et le patrimoine culturel (sites classés, sites inscrits, monuments historiques et sites archéologiques).

■ **Analyse des incidences sur les usages de l'eau**

L'exploitation du site du Bugey s'accompagne de différents besoins en eau dont le plus important permet d'assurer le refroidissement des condenseurs. Les réacteurs n° 2 et 3 sont équipés chacun d'un circuit de refroidissement du condenseur de type ouvert. L'eau prélevée dans le Rhône est intégralement restituée au fleuve. Les deux autres unités de production (réacteurs n° 4 et 5) sont équipées chacune d'un circuit de refroidissement du condenseur de type fermé sur tours aéroréfrigérantes. Les tours aéroréfrigérantes permettent de limiter le volume d'eau prélevé dans le Rhône pour le refroidissement du condenseur.

L'évaluation de l'impact sur la santé des rejets radioactifs et chimiques ne met pas en évidence de risque sanitaire attribuable au fonctionnement de la centrale du Bugey sur les populations avoisinantes potentiellement exposées. Le fonctionnement de la centrale du Bugey n'a ainsi pas d'incidence sur la disponibilité de la ressource en eau et les rejets ne sont pas de nature à remettre en cause les usages de l'eau à proximité du site.

■ **Analyse des incidences sur les infrastructures et voies de communication**

En 2020, l'exploitation du site du Bugey génère un trafic de près de 2 000 véhicules légers par jour et de 80 poids lourds par jour.

Le trafic total généré par le site représente respectivement 36,7 % et 40,0 % (véhicules légers et poids lourds) du trafic total sur les routes départementales D20 (5 664 véhicules) et D65 (5 200 véhicules).

Le trafic généré par le site du Bugey peut être considéré comme important au regard du trafic sur les infrastructures routières passant à proximité.

Le trafic par voie ferrée concerne essentiellement les évacuations de combustibles usés du site (une vingtaine de convois par an). La ligne ferroviaire empruntée est celle qui dessert le parc industriel de la plaine de l'Ain (en 2019, le trafic sur la voie du parc industriel de la plaine de l'Ain représente près de 280 trains).

■ **Analyse des incidences sur l'environnement industriel**

Le site du Bugey n'a pas d'interactions avec les autres installations industrielles du secteur d'étude. De ce fait, l'exploitation du site du Bugey n'a pas d'incidence sur l'environnement industriel.

■ **Analyse des incidences sur les espaces et activités de loisirs**

L'évaluation de l'impact sur la santé des rejets radioactifs et des rejets chimiques associé au fonctionnement de la centrale du Bugey ne met pas en évidence de risque sanitaire sur les populations avoisinantes potentiellement exposées. Par conséquent, les rejets chimiques et radioactifs liés à l'exploitation de la centrale du Bugey n'ont pas d'incidence significative sur les espaces et activités de loisirs.

■ **Analyse des incidences sur les autres usages**

L'exploitation du site n'a pas d'incidence significative avec les autres usages identifiés (pêche professionnelle).

■ **Analyse des incidences sur la consommation énergétique**

L'exploitation de la centrale du Bugey a pour vocation la production d'électricité : 18,5 TWh produite en 2024.

Le site consomme moins de 0,5 TWh par an, ce qui représente moins de 3% de l'électricité produite par la centrale. Notons que des groupes électrogènes diesels de secours sont présents sur le site du Bugey. Des essais sont réalisés périodiquement afin de contrôler leur bon fonctionnement. Entre 2016 et 2018, la consommation moyenne annuelle en combustible associée à ces essais s'élève à environ 181 m³ de Gazole Non Routier (GNR).

5.7.8. Gestion des déchets

5.7.8.1. Déchets produits

Par ses activités de production d'électricité, de maintenance des installations, d'entreposage de déchets et de logistique, l'exploitation de la centrale du Bugey génère des déchets de deux types : les déchets radioactifs et les déchets conventionnels.

- Les déchets radioactifs sont classés selon le niveau d'activité et la durée de vie des radionucléides qu'ils contiennent. Ils peuvent être issus :
 - du traitement des effluents radioactifs : filtres, charbons actifs, concentrats d'évaporation, filtres à eau, résines échangeuses d'ions, boues... ;
 - des opérations de manutention du combustible : grappes, étuis de crayon, squelettes d'assemblage...
 - des opérations de maintenance courante : pièces mécaniques actives rebutées, outils, déchets de linge...
- Les déchets conventionnels sont des déchets produits dans des zones ne contenant aucune substance radioactive. Ils sont composés de déchets inertes (gravats, terre...), de déchets non dangereux non inertes (bois, emballages, papier, carton, verre, plastique, métaux...), et de déchets dangereux (peintures, déchets hydrocarburés, amiante...).

➤ POUR EN SAVOIR PLUS SUR ... LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE EN FRANCE

Un réacteur nucléaire utilise comme principal combustible de l'uranium, ressource naturelle. Le « cycle du combustible » désigne l'ensemble des étapes industrielles associées au combustible, depuis l'extraction du minerai jusqu'au stockage des déchets radioactifs issus des combustibles usés.

Les cycle du combustible se décompose en trois étapes :

- L'amont du cycle : l'uranium est extrait du sol, converti sous forme gazeuse par procédé chimique et enrichi. Cette matière est intégrée sous forme de pastilles dans des tubes métalliques étanches, assemblés pour former des assemblages combustibles UNE (Uranium Naturel Enrichi).
- Le cœur du cycle : ces assemblages sont chargés dans les réacteurs et utilisés pendant quatre à cinq années pour produire de l'électricité.
- L'aval du cycle : après cette période, les assemblages sont déchargés puis entreposés dans la piscine de désactivation située dans le bâtiment combustible de la centrale pendant une première phase de décroissance thermique et radioactive. Ensuite, les assemblages sont recyclés après traitement, selon un « cycle fermé » consistant à extraire les matières énergétiques recyclables du combustible usé (plutonium et uranium) et à ne considérer comme déchets que ce qui n'est pas valorisable.
- Le choix fait par la France du recyclage en « cycle fermé » permet d'économiser des ressources et de diminuer le volume de déchets produits.



5.7.8.2. Modalités et filières de gestion des déchets

Les différentes étapes de la gestion des déchets ont pour objectif de garantir l'acceptabilité des déchets par la ou les filières auxquelles ils sont destinés et d'en limiter l'impact. Ces différentes étapes sont : le tri à la source, la collecte, le contrôle, le conditionnement et l'expédition.

■ **Déchets radioactifs**

Les déchets radioactifs sont triés à la source en fonction de leur Débit d'équivalent de Dose (DeD), inférieur ou supérieur à 2 mSv/h au contact, de leur état physique (solide ou liquide), de leur nature physique et de leur lieu de production.

Ils sont collectés en différents points, contrôlés puis conditionnés afin de répondre aux exigences des spécifications de la filière à laquelle ils sont destinés (conditionnement en coque béton, en fût métallique ou plastique pour les déchets technologiques de faible activité, en big-bag ou en casier pour les déchets technologiques de très faible activité par exemple).

Les zones et installations d'entreposage, ainsi que les durées d'entreposage de référence des déchets radioactifs, tiennent compte de la nature et de l'activité des déchets ainsi que des caractéristiques des installations et zones d'entreposage associées.

Après entreposage, les déchets du site sont évacués selon leurs caractéristiques vers des filières dédiées de l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs (ANDRA) et de Cyclife France (CENTRACO), à savoir :

- la filière d'incinération de Cyclife France (**CENTRACO**), qui permet de traiter les déchets dits technologiques (vinyle, papier, chiffons, etc.), les résines échangeuses d'ions, les effluents aqueux, les concentrats borés, les huiles et les solvants ;
- la filière de fusion de Cyclife France (CENTRACO), qui permet de traiter les déchets métalliques ferreux et mélangés, ainsi que certaines pièces massives sous couvert d'une acceptation sur dossier ;
- les filières de stockage de l'ANDRA (Centre de Stockage de l'Aube - CSA ou Centre Industriel de Regroupement d'Entreposage et de Stockage CIREs), qui permettent de recevoir, traiter si besoin et stocker les déchets très faiblement à moyennement actifs.

CENTRACO (CENTre de TRAiement et de COnditionnement) est une installation industrielle dédiée au traitement des déchets très faiblement à moyennement radioactifs à vie courte.



©EDF

CENTRACO Cyclife - Découpe thermique avant fusion

■ Déchets conventionnels

Les déchets conventionnels sont collectés au plus près des lieux de production, certains sont regroupés et entreposés au niveau de l'aire de transit des déchets conventionnels du site puis évacués après un contrôle aux portiques C3 (appareil de contrôle radiologique permettant de vérifier l'absence de contamination en sortie de site).

Les filières employées par la centrale de Bugey pour les déchets conventionnels sont de deux types, les filières d'élimination ou de valorisation.

Le choix de la filière prend en compte les trois principes suivants :

- la hiérarchie des modes de traitement des déchets consistant à privilégier, dans l'ordre, la réutilisation, le recyclage, toute autre valorisation (notamment la valorisation énergétique), puis l'élimination ;
- le principe de proximité ;
- l'adéquation avec les plans de prévention et de gestion des déchets locaux / régionaux / nationaux.

5.7.9. Mesures d'évitement et de réduction d'impact et mesures compensatoires

➤ MESURES ERC

La séquence « éviter, réduire, compenser » (ERC) a pour objectif d'éviter les atteintes à l'environnement, de réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées et, si possible, de compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits.

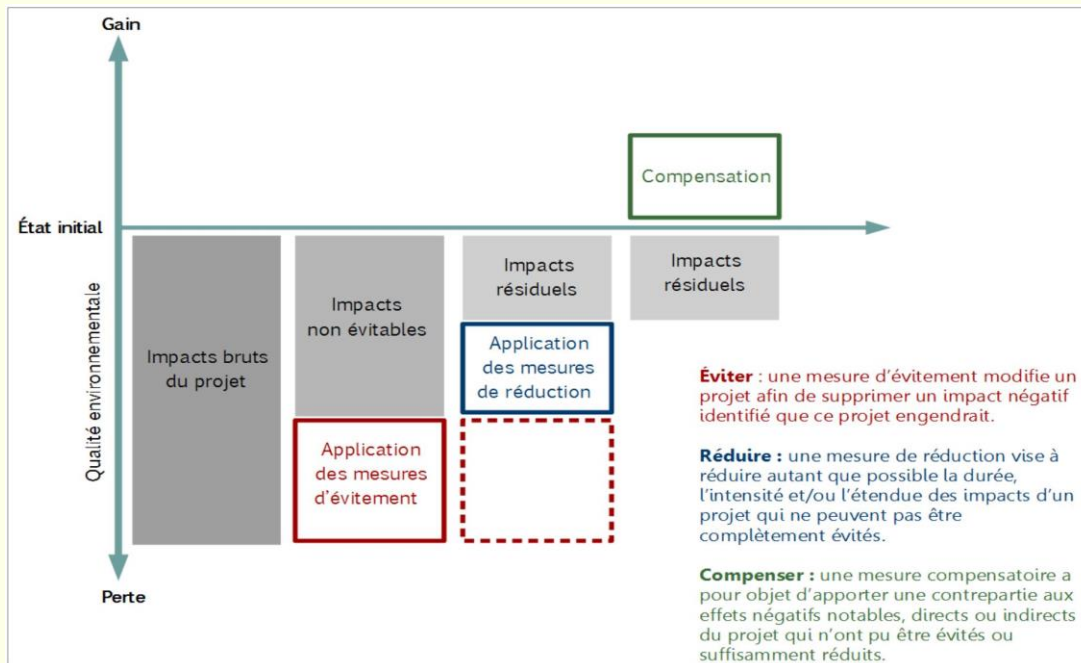


Illustration de la séquence ERC en droit français (Source : environnement.gouv.fr)

■ Air et facteurs climatiques

Des dispositions favorables à la limitation des rejets gazeux sont mises en place sur la centrale :

- Vis-à-vis du fonctionnement des moteurs diesel : utilisation d'un carburant à très faible teneur en soufre et maintien de la propreté des cylindres des moteurs.
- Vis-à-vis de la limitation des gaz à effet de serre :
 - liés à l'exploitation des installations : mise en œuvre d'un plan national de maîtrise des fuites de SF6, un gaz utilisé comme isolant électrique dans des équipements électriques,
 - liés au transport du personnel : mise à disposition de lignes de bus collectifs, développement de la mobilité électrique avec la mise en place de véhicules d'astreinte électriques et l'achat d'un bus électrique en 2019 assurant le transport des salariés entre le parking et l'entrée du site, création d'une communauté de covoiturage en 2019, réduction des navettes internes et de leur fréquence, installation d'un hub mobilité alimenté à l'énergie solaire (abris bus connectés pour favoriser le covoiturage, installations d'ombrières photovoltaïques sur les parkings du site).

■ Eaux de surface

Le site du Bugey mène des actions pour gérer ses effluents de façon optimisée notamment en réduisant à la source leur production, en les collectant de façon sélective, en les traitant sur des installations performantes, et en optimisant le conditionnement des circuits afin de limiter les rejets de substances chimiques au strict nécessaire. Par ailleurs, afin de réduire l'impact des rejets thermiques de la centrale du Bugey, l'exploitation des réacteurs est adaptée dans le respect des exigences réglementaires, notamment en situation climatique particulière comme les épisodes de canicules.

Enfin, la centrale du Bugey prend des mesures pour diminuer ses prélèvements et consommations d'eau, par exemple en réutilisant l'eau de refroidissement des circuits auxiliaires comme appoint aux aéroréfrigérants.

■ **Sols et eaux souterraines**

Les principales mesures d'évitement et de réduction d'impacts sur les sols et sur les eaux souterraines ont pour objectif de réduire au minimum les risques de déversements dans les sols et les eaux souterraines en construisant, en exploitant et en entretenant les équipements dans lesquels des substances qui représentent un risque potentiel de marquage du sol et des eaux souterraines sont manipulées.

Le stockage et l'utilisation des produits dangereux sont strictement réglementés. Ainsi, leur stockage s'effectue en prenant toute précaution pour éviter leur écoulement intempestif dans l'environnement (bacs de rétention, transfert sur des aires étanches) et des kits antipollution sont mis à disposition aux endroits stratégiques en cas de déversement.

Par ailleurs, le site du Bugey dispose de moyens, prévus à la conception ou mis en place dans le cadre de l'amélioration continue, pour éviter et réduire les potentielles incidences de l'exploitation des installations. Un réseau de piézomètres a été créé pour un suivi efficace de l'état de la nappe et une détection précoce de tout type d'incident.

■ **Radioécologie**

Les dispositions de conception et de fonctionnement mises en œuvre permettent de maîtriser les rejets d'effluents radiologiques :

- en réduisant la quantité des effluents à la source (recyclage des effluents du circuit primaire, amélioration de l'étanchéité du gainage du combustible, gainage en alliage de zirconium qui permet de confiner la quasi-totalité du tritium produit par fission dans les crayons du combustible) ;
- en effectuant une **filtration** ou un traitement spécifique avant rejet (résines échangeuses d'ions par exemple) ;
- en optimisant l'activité volumique des radionucléides présents dans les effluents en utilisant la **décroissance radioactive** de ces radionucléides ;
- en contrôlant les rejets.

La **filtration** consiste à piéger la majorité des radionucléides avant rejet. Les centrales nucléaires d'EDF sont équipées de filtres à Très Haute Efficacité (THE).

La **décroissance radioactive** correspond à la diminution de l'activité nucléaire d'une substance radioactive par désintégrations spontanées au cours du temps.

■ **Biodiversité**

L'analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents, à court, moyen et long terme du site du Bugey ne met pas en évidence d'incidence sur les espaces naturels remarquables, la flore, la faune et les fonctionnalités écologiques. Il n'est donc pas nécessaire de mettre en œuvre des mesures supplémentaires d'évitement et de réduction d'impact, ni de mesures compensatoires.

■ **Population et santé humaine**

Les mesures d'évitement et de réduction d'impact concernant les rejets à l'atmosphère et les rejets dans les eaux de surface sont explicitées précédemment.

Concernant les nuisances sonores, des dispositions sont mises en œuvre dès la conception pour réduire les émissions sonores à la source et des mesures sont réalisées sur certains matériels et installations. Des dispositions sont prises pour limiter les nuisances sonores potentielles d'installations ou d'essais temporaires (choix des créneaux les moins gênants, des lieux de réalisation, choix du procédé ou des matériels, mise en place de protections sonores).

Concernant les émissions lumineuses des éclairages, des dispositions sont en place afin d'en limiter les nuisances : orientation préférentielle des projecteurs vers l'intérieur de la zone d'implantation de la centrale et vers le sol, limitation de l'éclairage au minimum requis pour la sécurité du périmètre de la centrale en et hors activités.

■ **Activités humaines**

Étant donné qu'aucun rejet, ni prélèvement n'entraîne d'incidence perceptible sur les activités humaines, aucune mesure d'évitement et de réduction d'impact supplémentaire à celles décrites dans les autres paragraphes n'est mise en œuvre.

Toutefois, afin de limiter l'emprise au sol du site du Bugey, l'agencement des installations est organisé dès la conception de manière à limiter les besoins d'espace, en utilisant autant que possible les installations déjà existantes.

■ **Gestion des déchets**

Le site du Bugey est organisé pour assurer une gestion optimisée des déchets liés à son exploitation qui repose sur :

- la réduction à la source de la quantité et de la nocivité des déchets ;
- le tri et la collecte sélectifs ;
- la maîtrise du respect des dispositions réglementaires sur la gestion des déchets ;
- la réduction de la dangerosité des déchets industriels conventionnels ;
- l'optimisation des modes de conditionnement des déchets, notamment en réduisant si possible leur volume (compactage, déchiquetage, broyage) ou en les rendant conformes pour leur évacuation vers la filière appropriée (benne pour les déchets conventionnels, fût métallique ou plastique pour les déchets technologiques de faible activité) ;
- la réduction des durées d'entreposage des déchets sur le site, en évacuant les colis aussi rapidement que possible. Ce principe permet, entre autres, de mieux gérer les éventuels pics de production (lors opérations de maintenance lorsque le réacteur est à l'arrêt, notamment) ou des indisponibilités momentanées des filières ;
- le recours préférentiel au recyclage et la valorisation.

5.7.10. Effet de la mise à l'arrêt de la centrale sur le changement climatique

Dans l'hypothèse de l'arrêt définitif de la centrale, ses interactions avec l'environnement seraient réduites notamment du fait de moindres prélèvements d'eau et de rejets. Comme vu précédemment, la conception, les améliorations continues apportées au cours de 40 années de production d'électricité, les actions en faveur de la biodiversité, la maîtrise de l'exploitation font que le fonctionnement normal de la centrale ne présente pas d'effets négatifs significatifs sur son environnement. Son arrêt n'apporterait ainsi pas de bénéfices sensibles à l'environnement. En revanche, l'arrêt de la centrale induirait une augmentation importante d'émissions de gaz à effet de serre.

En effet, la production d'électricité d'origine nucléaire émet très peu de gaz à effet de serre : 4 grammes d'équivalent CO₂ par kWh selon l'[ACV du kWh nucléaire](#) pour l'ensemble du cycle de vie du parc nucléaire français actuel, à comparer à une valeur moyenne de 275 g CO₂/kWh pour le mix énergétique européen (<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2024/fr/livre>).

La centrale du Bugey produit en moyenne de l'ordre de 25 TWh/an d'électricité, en émettant environ 100 000 tonnes de CO₂. En cas d'arrêt définitif de la centrale nucléaire de Bugey, les émissions de CO₂ pour produire la même quantité d'électricité par le mix énergétique européen augmenterait de plus de 6 millions de tonnes de CO₂¹².

¹² Sur la base d'une capacité d'absorption de CO₂ d'une forêt de feuillus de l'ordre de 4t CO₂/ha/an, il faudrait planter une forêt de l'ordre de 1,5 millions d'ha (150 km sur 100 km) pour compenser ce supplément de CO₂ dans l'atmosphère.

6. ÉVALUATION DES EFFETS TRANSFRONTALIERS



En cas d'accident nucléaire, des substances radioactives susceptibles de porter atteinte à la santé pourraient se retrouver dans l'environnement.

Ce chapitre établit les effets sur l'homme et l'environnement des éventuels incidents et accidents radiologiques. En France, pour vérifier la conception des installations nucléaires, des valeurs de conséquences radiologiques maximales ou doses maximales sont définies suivant la fréquence des accidents. Ainsi par exemple, les incidents qui ont une fréquence modérée (un accident pour au plus 100 années d'exploitation) respectent les doses fixées par le code de la santé publique. Pour les accidents les plus sévères, ceux avec fusion du cœur, les plus hypothétiques, les conséquences doivent rester limitées dans l'espace et dans le temps, et compatibles avec la gestion de la situation par les pouvoirs publics, afin que les populations puissent être protégées. Ainsi, les incidents et accidents, y compris l'accident avec fusion du cœur, ont été pris en compte dans la conception et l'exploitation de la centrale afin que leurs conséquences puissent être réduites et limitées.

Des effets transfrontaliers ne sont susceptibles d'intervenir qu'en cas d'accident avec fusion du cœur. En effet, pour le fonctionnement normal ou les autres accidents ces effets sont négligeables. Un tel accident avec fusion du cœur est un événement extrême hautement improbable, qui ne pourrait survenir qu'après plusieurs défaillances des systèmes de protection et des moyens de conduite du réacteur. L'effet de la dispersion de substances radioactives jusqu'à 1000 km autour de la centrale a été étudié de façon pénalisante pour un accident avec fusion du cœur.

Après l'arrêt définitif du réacteur, le combustible usé sera retiré du réacteur et transféré vers la piscine d'entreposage, cas de la phase de préparation du démantèlement, après quoi un accident avec fusion du combustible ne sera plus possible.

6.1. Exigences en matière de conséquences radiologiques

6.1.1. Démarche d'évaluation des conséquences radiologiques

Afin de vérifier que les incidents et accidents de dimensionnement (répartis en 4 catégories), ou du domaine complémentaire, ou encore des accidents avec fusion du cœur conduisent à des conséquences radiologiques limitées sur la population, y compris dans un contexte transfrontière, les résultats des calculs de doses sont comparés à des limites de doses adaptées à la situation étudiée. En effet, les initiateurs envisageables sur une installation nucléaire ne présentant pas les mêmes probabilités d'occurrence, les conséquences radiologiques encourues devront être d'autant plus faibles que la probabilité de l'accident sera élevée.

Par ailleurs, ces limites de doses sont également considérées au regard de la période de temps considérée :

- la dose associée à la phase court terme de l'accident, calculée à 24 heures et à 7 jours,
- et la dose long terme, calculée pour la population la plus radiosensible sur une durée de 50 ans.

Ces doses sont évaluées à la distance correspondant aux habitations les plus proches des réacteurs du Bugey (450 m), ou aux distances conventionnelles de 2, 5 et 10 km.

L'évaluation des conséquences radiologiques des accidents repose sur une évaluation raisonnablement pessimiste de rejets dans l'environnement tenant compte de toutes les voies de transfert depuis le combustible jusqu'aux limites de l'installation. Les doses consécutives aux rejets d'activité sont ensuite évaluées sur la base de scénarios réalistes sans tenir compte d'éventuelles actions de protection. Ces doses sont en particulier :

- la dose efficace totale (ou corps entier), court terme ou long terme,
- la dose équivalente à la thyroïde, estimée pour la phase court terme.

L'évaluation des doses efficaces prend en compte toutes les voies d'exposition internes et externes (panache, dépôts, inhalation et ingestion).

Afin de pouvoir apprécier de manière plus complète l'impact des rejets radioactifs sur l'homme et sur l'environnement, le calcul des doses est complété par une évaluation de la distance en-deçà de laquelle la contamination des denrées alimentaires (notamment du lait et des végétaux) dépasse les limites de commercialisation (Niveaux Maximaux Admissibles ou NMA) en vigueur dans l'Union Européenne.

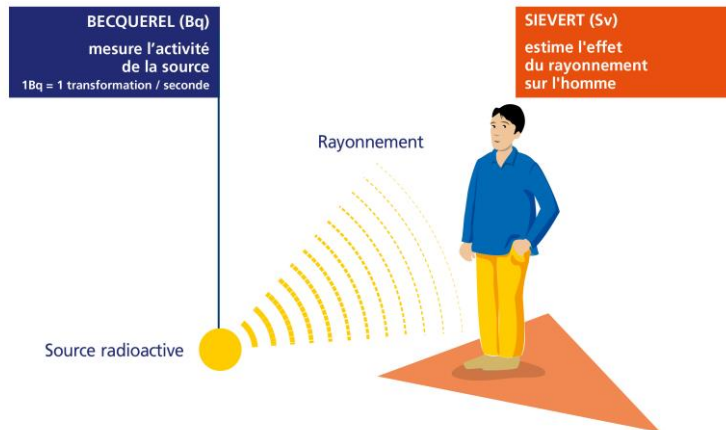
Toutes ces évaluations dosimétriques tiennent compte des incertitudes de connaissance. Aucune lacune dans les connaissances n'est apparue qui pourrait empêcher une détermination pertinente de ces doses, dont les principaux résultats sont présentés par la suite.

6.1.2. Exigences vis-à-vis des résultats

Les valeurs repères de conséquences radiologiques maximales sont :

- 1^{re} catégorie - fonctionnement normal : Respect des limites de doses fixées par le code de la santé publique ; le respect de ces valeurs est garanti par le respect des limites de rejets radioactifs fixées par les décisions de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection.
- 2^e catégorie - incidents de fréquence modérée : Respect des autorisations annuelles de rejets de la centrale pour chacun des incidents de 2^e catégorie. Les effets de ces rejets ne dépassent pas 1 mSv/an de dose efficace en limite de site.
- 3^e catégorie (accidents à fréquence très faible) : dose efficace court terme < 10 mSv.
- 4^e catégorie (accidents hypothétiques) : dose efficace court terme < 50 mSv.
- domaine complémentaire : dose efficace court terme < 50 mSv.

RADIOACTIVITÉ ET UNITÉS DE MESURE Becquerel, Sievert



Ne sont illustrées ici que les deux unités les plus fréquemment employées :

• **Le becquerel (Bq)** mesure l'activité de la source, c'est-à-dire le nombre de transformations radioactives par seconde. C'est une unité extrêmement petite : par exemple, la radioactivité du granit est de 1000 Bq/kg.

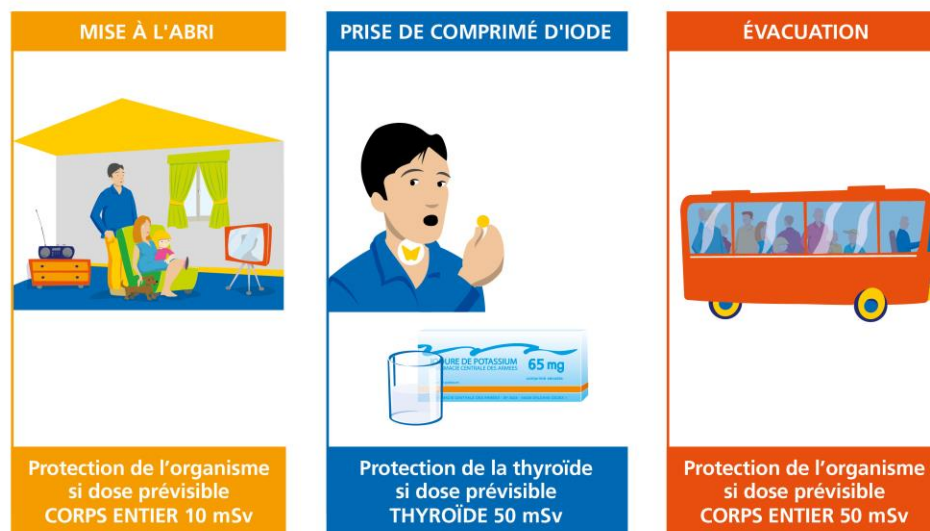
• **Le sievert (Sv)** estime l'effet du rayonnement sur l'homme. Les expositions s'expriment en général en millisievert (mSv) ou en microsievert (μSv).

À titre d'exemple : en France, l'exposition d'un individu à la radioactivité naturelle est de 3 mSv en moyenne par an.

En termes **d'amélioration continue**, les objectifs du 4^e réexamen périodique sont de tendre vers l'absence de mise en œuvre de mesure de protection de la population (mise à l'abri, évacuation, administration d'iode stable) pour l'ensemble des accidents de dimensionnement ou du domaine complémentaire. Ainsi, les résultats sont comparés à des valeurs repères, choisies égales aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique :

- une dose efficace de 10 mSv pour la mise à l'abri,
- une dose efficace de 50 mSv pour l'évacuation,
- une dose équivalente à la thyroïde de 50 mSv pour l'administration d'iode stable.

ACTIONS DE PROTECTION sur décision du préfet

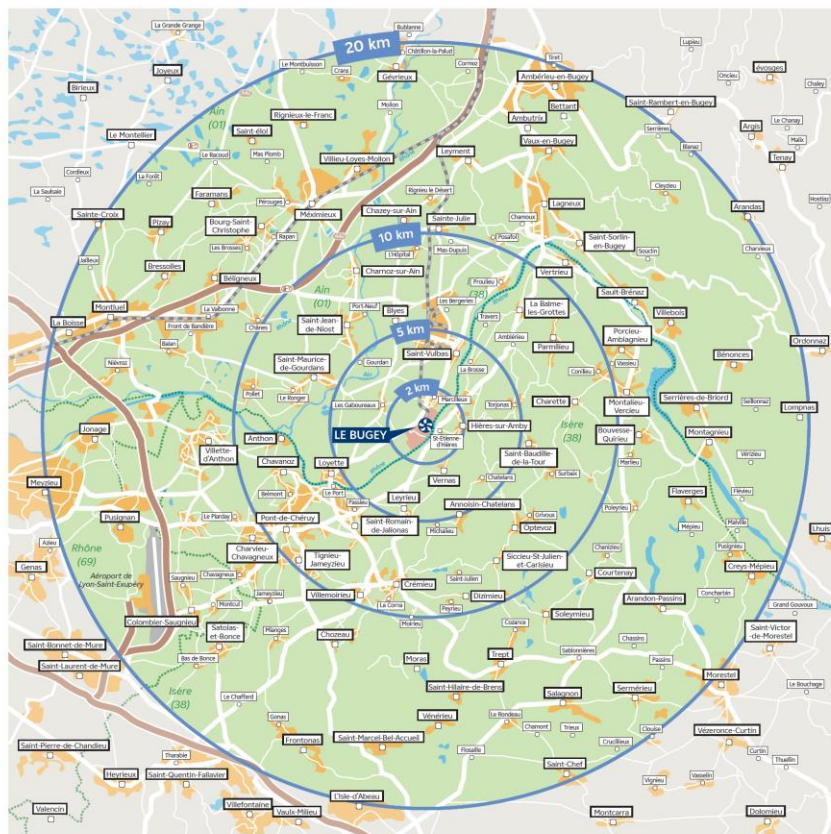


Pour les **doses efficaces totales à long terme** des accidents, la valeur de référence retenue correspond à la limite de dose figurant dans le code du travail soit 1 Sv (limite relative à la dose efficace totale reçue par un travailleur pour une durée de vie entière en cas de situation d'urgence radiologique, Article R4451-9).

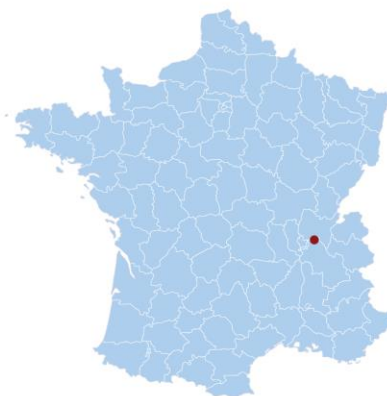
6.2. Conséquences radiologiques

La carte ci-dessous permet d'apprécier les zones concernées par les distances citées dans ce paragraphe.

CENTRALE NUCLEAIRE DU BUGEY (AIN)



Les communes des 20 km



□ Commune
□ Hameau

6.2.1. Conséquences radiologiques des accidents de dimensionnement

Résultats pour les incidents de 2^e catégorie

Les incidents de 2^e catégorie correspondent à des événements initiateurs de fréquence annuelle modérée au cours de la vie de la centrale (un incident pour au plus 100 années d'exploitation), entraînant la mise en œuvre d'un système de protection. Dans ces scénarios, l'intégrité des barrières de confinement est assurée.

Les valeurs des doses efficaces totales et des doses équivalentes à la thyroïde à court terme pour les populations les plus radiosensibles à une distance de 450 m (premières habitations pour les réacteurs du Bugey) sont de l'ordre d'une dizaine de μSv , donc très inférieures à la valeur repère de 2^e catégorie. Les résultats court terme des études des conséquences radiologiques des accidents de 2^e catégorie sont résumés ci-après pour les scénarios enveloppes de cette catégorie :

	Dose efficace totale court terme (mSv)
Valeurs repères	1 mSv
Perte totale des Alimentations électriques externes	$9,5 \cdot 10^{-4}$ mSv

Ouverture intempestive d'une Soupape au Secondaire (OISS) ou Rupture d'une Tuyauterie Vapeur	2,8 10 ⁻³ mSv
--	--------------------------

Pour les incidents de 2^e catégorie, la dose efficace totale au niveau des premières habitations pour l'ensemble du palier 900 MWe est limitée à 0,1 mSv/an.

Résultats pour les accidents de 3^e catégorie

Les accidents de 3^e catégorie correspondent à des événements initiateurs de fréquence annuelle faible au cours de la vie de la centrale (un accident pour 100 à 10 000 ans d'exploitation), pouvant conduire à des dommages limités sur un faible pourcentage d'assemblages combustibles. La structure géométrique du cœur est préservée, de sorte que le refroidissement du cœur est toujours assuré. L'intégrité de l'enceinte de confinement est préservée, seule la rupture d'un tube du générateur de vapeur conduit au bypass de la 3^e barrière.

Les conséquences radiologiques à court terme de ces accidents de 3^e catégorie pour les populations les plus radiosensibles à une distance de 450 m (premières habitations pour les réacteurs du Bugey) sont les suivantes :

	Dose efficace totale (mSv)	Dose équivalente Thyroïde (mSv)
Valeurs repères	10 mSv	50 mSv
Perte de réfrigérant primaire (petite brèche de diamètre inférieur ou égal à 25 mm)	1,1 10 ⁻² mSv	0,19 mSv
Retrait d'une seule Grappe de régulation en Puissance	1,6 mSv	14 mSv
Rupture du réservoir de contrôle volumétrique et chimique	5,5 10 ⁻² mSv	6,4 10 ⁻⁴ mSv
Rupture du réservoir de stockage des effluents gazeux	0,34 mSv	3,9 10 ⁻² mSv
Rupture d'un tube de générateur de vapeur (RTGV)	1,7 mSv	15 mSv

Par ailleurs, les conséquences radiologiques long terme sont évaluées pour l'adulte, à 2 km du point de rejet, sur une durée de 50 ans après l'accident. Les doses obtenues pour l'accident de 3^e catégorie le plus pénalisant respectent les valeurs repères : en cas de rupture d'un tube de générateur de vapeur, la dose efficace totale est évaluée à environ 4 mSv.

Résultats pour les accidents de 4^e catégorie

Les accidents de 4^e catégorie correspondent à des événements initiateurs hypothétiques (un accident pour 10 000 à 1 000 000 ans d'exploitation). Ces accidents représentent les accidents enveloppes de conception qui peuvent conduire à des dommages sur les assemblages combustibles. La structure géométrique du cœur n'est cependant pas détériorée, de sorte que le refroidissement du cœur reste convenablement assuré, et les systèmes dont la fonction est de limiter les conséquences de l'accident restent disponibles.

Les conséquences radiologiques à court terme de ces accidents pour les populations les plus radiosensibles à une distance de 450m (premières habitations pour les réacteurs du Bugey) sont les suivantes :

	Dose efficace totale (mSv)	Dose équivalente Thyroïde (mSv)
Valeurs repères	50 mSv	50 mSv
Accident de manutention du combustible	2,8 mSv	33 mSv
Rupture Importante d'une Tuyauterie Vapeur	3,9 10 ⁻² mSv	0,26 mSv
Rotor Bloqué d'une Pompe Primaire	0,65 mSv	6,0 mSv
Ejection d'une grappe de régulation	2,1 mSv	19 mSv
Rupture d'un tube de générateur de vapeur cumulée avec une soupape bloquée ouverte (RTGV catégorie IV)	30 mSv	180 mSv
Accident de Perte Réfrigérant Primaire (APRP)	6,0 mSv	68 mSv

L'accident de rupture d'un tube de générateur de vapeur amène à une dose équivalente à la thyroïde inférieure à 50 mSv au-delà d'1 km. Afin de limiter le dépassement de la valeur repère de la dose équivalente thyroïde, des mesures de maîtrise des risques ont été prises. Il s'agit notamment de l'abaissement de la limite de radioactivité de l'eau du circuit primaire et de la modification de la conduite de cet accident (voir § 6.3.1). Par ailleurs, la dose équivalente Thyroïde de l'accident de perte de réfrigérant primaire est évaluée avec des hypothèses de ruptures de gaines de combustible pénalisées conduisant à des doses estimées très enveloppes, sans dépassement véritable de la valeur repère.

Par ailleurs, les conséquences radiologiques long terme sont évaluées pour l'adulte, à 2 km du point de rejet, sur une durée de 50 ans après l'accident. Les doses obtenues pour l'accident de 4^e catégorie le plus pénalisant respectent les valeurs repères : en cas de RTGV de 4^e catégorie, la dose efficace totale est évaluée à moins de 70 mSv à l'organisme entier.

Conclusions pour le domaine de dimensionnement

Pour les accidents de 2^e catégorie, les conséquences radiologiques au niveau des premières habitations sont faibles (dose efficace à court terme très inférieure à 1 mSv).

Pour les accidents de 2^e catégorie, la contamination des denrées alimentaires à destination de l'alimentation humaine ne dépasse pas les seuils de commercialisation au-delà de 1 km, et est inférieure à ce seuil au bout d'un an.

Les objectifs relatifs aux conséquences radiologiques des accidents de 3^e et 4^e catégories sont atteints. Les résultats de la RTGV de 4^e catégorie sont améliorés par des dispositions de maîtrise de risque en réponse au dépassement observé sur la valeur repère concernant la dose équivalente thyroïde à moins de 1 km des réacteurs pour ce scénario. Les mesures de maîtrise des risques sont présentées au § 6.3.1.

Pour les situations de 3^e et 4^e catégories, seul le scénario de RTGV de 4^e catégorie conduit à une contamination des denrées alimentaires dépassant les seuils de commercialisation au-delà de 10 km à 7 jours. Ces situations seraient limitées dans le temps : au bout de 2 ans, quel que soit l'accident considéré, il n'y a plus de dépassement des Niveaux Maximaux Admissibles (NMA).

■ Incidence transfrontière des accidents de dimensionnement

Au regard des distances associées pour les effets estimés ci-dessus, en cas d'accident de dimensionnement aucune incidence particulière n'est envisagée pour les Etats voisins, ni à court terme, ni par effet de cumul à long terme.

6.2.2. Conséquences radiologiques des accidents du domaine complémentaire

Les études du domaine complémentaire n'étaient pas prévues au moment de la conception initiale des réacteurs du Bugey. Ces études traitent les scénarios de cumul indépendant de défaillances considérés comme plausibles, bien que très peu fréquents (au moins un accident tous les ~5 000 000 ans d'exploitation). Les scénarios sont identifiés par leur fréquence d'occurrence, établie grâce aux études probabilistes de sûreté (EPS). Ensuite, afin de sécuriser ces situations de cumul de défaillances, une disposition complémentaire est définie et des exigences de sûreté lui sont associées, pour garantir sa disponibilité fonctionnelle et réduire ainsi la fréquence de ce scénario. Cette démarche a permis d'identifier plus de 30 dispositions d'amélioration non prévues à la conception.

Les études des conséquences radiologiques des accidents du domaine complémentaire ont pour but de démontrer la sûreté nucléaire de l'installation, et de vérifier que leurs conséquences radiologiques respectent, compte tenu de leur fréquence d'occurrence, les valeurs repères de la 4^e catégorie des accidents de dimensionnement.

L'objectif des calculs de conséquences radiologiques des accidents du domaine complémentaires est de démontrer que les relâchements de produits radioactifs à l'extérieur de la centrale, ont, compte-tenu de la mise en œuvre des dispositions complémentaires retenues, des conséquences limitées pour les personnes du public et l'environnement.

Les résultats des études des conséquences radiologiques des accidents du domaine complémentaire sont résumés ci-après. Pour les accidents non mentionnés, les conséquences radiologiques sont enveloppées par celles présentées.

Les conséquences radiologiques à court terme de ces accidents pour les populations les plus radiosensibles à une distance de 450 m (premières habitations pour les réacteurs du Bugey) sont les suivantes :

	Dose efficace totale (mSv)	Dose équivalente Thyroïde (mSv)
Valeurs repères	50 mSv	50 mSv
Accident de perte du RRA réacteur à l'arrêt	0,39 mSv	7,6 mSv
Perte de refroidissement de la piscine du bâtiment combustible	$1,7 \cdot 10^{-2}$ mSv	0,1 mSv
Accident de Perte Totale des Alimentations Electriques (PTAE) ou perte des tableaux LH	$6,8 \cdot 10^{-2}$ mSv	0,41 mSv

Par ailleurs, les conséquences radiologiques à long terme sont évaluées pour l'adulte, à 2 km du point de rejet, sur une durée de 50 ans après l'accident. Les doses obtenues pour l'accident du domaine complémentaire le plus pénalisant respectent les valeurs repères : en cas de perte du RRA réacteur à l'arrêt, la dose efficace totale est évaluée à moins de 1,0 mSv à l'organisme entier.

Les doses obtenues respectent les valeurs repères du domaine complémentaire, et aucune mesure de protection de la population n'est nécessaire.

Pour les situations du domaine complémentaire, la contamination des denrées alimentaires à destination de l'alimentation humaine ne dépasse pas les seuils de commercialisation au-delà de 5 km à 7j, et est inférieure à 1km au bout d'un an.

■ ***Incidence transfrontière des accidents du domaine complémentaire***

Au regard des distances associées pour les effets estimés ci-dessus, en cas d'accident du domaine complémentaire aucune incidence particulière n'est envisagée pour les États voisins, ni à court terme, ni par effet de cumul à long terme.

6.2.3. Conséquences radiologiques des accidents hypothétiques avec fusion du cœur

Les dispositions prises lors de la conception initiale du réacteur ainsi que celles mises en œuvre durant l'exploitation notamment lors des réexamens périodiques (voir § 6.3.4), rendent hautement improbable l'occurrence d'un accident avec fusion du cœur du réacteur qui supposerait l'échec des moyens de prévention mis en œuvre. Néanmoins, les conséquences d'un tel « accident avec fusion du cœur hypothétique » sont étudiées au titre des niveaux 4 et 5 du concept de défense en profondeur (voir § 4.2.1). Pour ces études, il est postulé qu'un accident avec fusion du cœur est intervenu, c'est-à-dire qu'une séquence d'événements a conduit à une fusion au moins partielle du cœur et qu'au-delà de la perte de la première barrière (les crayons de combustible), il peut conduire à la perte de la deuxième barrière (le circuit primaire dont la cuve).

Phénomènes associés à la fusion du cœur en lien avec la perte des deux premières barrières de confinement

La perte prolongée du refroidissement du cœur du réacteur peut conduire en l'absence d'eau dans la cuve à des accidents avec fusion du combustible. En effet, le combustible en cuve pourrait atteindre des températures conduisant à la fusion du métal le constituant (pastilles et gaines), mais également du métal avoisinant (grappes de contrôle, ou structures), jusqu'au percement du fond de la cuve. L'agglomérat de métal sous forme d'un liquide visqueux issu de ce processus s'appelle **le corium**.

Les accidents avec fusion du cœur mettent en jeu des phénomènes physiques complexes et sont susceptibles de conduire à des rejets de substances radioactives dans l'environnement. Notamment, certains phénomènes physiques dans ces situations pourraient conduire, en cas d'absence de disposition adaptée, à la dégradation de l'intégrité de la troisième barrière.

Les rejets susceptibles de résulter de ces accidents avec fusion du cœur vont dépendre d'un grand nombre de paramètres dont l'inventaire du cœur combustible en produits de fission, la cinétique de relâchement des radionucléides dans l'enceinte, leur nature (gaz ou aérosols), leur comportement dans l'enceinte (agglomération, réaction chimique, dépôt), les débits de fuite vers l'environnement. Pour évaluer l'activité rejetée lors d'un accident avec fusion du cœur, il est retenu un ensemble de paramètres qui majore les rejets dans l'environnement et une fusion totale du cœur. Ainsi, des marges sont prises pour s'assurer du caractère pénalisant des calculs.

Les conséquences radiologiques à **court terme** (7 jours) de ces accidents pour les populations les plus radiosensibles sont les suivantes :

Dose efficace totale à 2 km (mSv)	Dose efficace totale à 5 km (mSv)	Dose équivalente thyroïde à 10 km (mSv)
28,5 mSv	4,7 mSv	13,4 mSv

Considérant les seuils associés aux mesures de protection des populations (voir §6.1.2), ces résultats montrent que pour un tel accident avec fusion du cœur les mesures de protection de la population à 7 jours ne sont pas nécessaires au-delà de 2 km pour l'évacuation, au-delà de 5 km pour la mise à l'abri et de 10 km pour la prise d'iode stable.

Par ailleurs, les conséquences radiologiques **long terme** évaluées pour l'adulte, à 10 km du point de rejet, sur une durée de 50 ans après l'accident sont de 18,7 mSv.

Enfin, dans la situation extrême d'accident de fusion du cœur, les évaluations montrent que les dispositions prises à la conception pour réduire les conséquences sur l'environnement (voir § 6.3.4) limitent la contamination des surfaces agricoles dans l'espace et dans le temps (inférieur à 20 km au bout d'un an).

■ Incidence transfrontière des accidents avec fusion du cœur

Les effets transfrontaliers liés à la dispersion atmosphérique de substances radioactives sont à apprécier au regard des conséquences radiologiques, spécifiques à chaque pays, que l'on exprime en dose efficace totale (ou corps entier), long terme (50 ans) pour les enfants et les adultes. Ainsi, le tableau ci-dessous illustre ces effets pour les pays jusqu'à une distance de 1000 km de la centrale du Bugey, en présentant les résultats les plus pénalisants observés pour chaque pays.

Ces calculs de dispersion dans l'atmosphère à longue distance des émissions de la centrale du Bugey sont estimés sur la base de coefficients de transfert atmosphérique issus d'observations météorologiques sur une période de 5 ans. Ces coefficients prennent en compte la topographie, les conditions météorologiques (principalement le vent) et l'appauvrissement des concentrations par les processus de dépôts à mesure de l'éloignement de la source.

Pays	Distance minimale à la source (km)	Dose efficace totale long terme enveloppe (mSv)			
		Très jeune enfant [1 an ; 2 ans [Jeunes Enfants [2 ans ; 7 ans [Enfant [7 ans ; 12 ans [Adulte [17 ans et plus [
Suisse	65	0,39	0,40	0,36	0,37
Italie	120	0,11	0,11	0,10	0,10
Allemagne	265	0,13	0,13	0,12	0,11
Lichtenstein ¹³	350	0,06	0,06	0,06	0,06
Autriche	360	0,07	0,08	0,07	0,07
Luxembourg	405	0,12	0,13	0,11	0,12
Belgique	410	0,09	0,09	0,08	0,08
Espagne	410	0,04	0,04	0,04	0,03
Andorre	455	0,03	0,03	0,03	0,03
Pays-Bas	600	0,05	0,05	0,05	0,05
Slovénie	625	0,03	0,03	0,03	0,03
Croatie	640	0,02	0,02	0,02	0,02
Royaume-Uni	645	0,04	0,03	0,03	0,03
République Tchèque	685	0,05	0,05	0,05	0,05
Bosnie	820	0,02	0,02	0,02	0,02
Hongrie	830	0,02	0,02	0,02	0,02
Pologne	900	0,04	0,04	0,04	0,03
Portugal	1030	0,00	0,00	0,00	0,00
Danemark	1040	0,02	0,02	0,02	0,02
Serbie	1040	0,02	0,02	0,02	0,02
Monténégro	1090	0,02	0,02	0,02	0,02
Irlande	1100	0,01	0,01	0,01	0,01

A titre de comparaison, en France, l'exposition d'un individu à la radioactivité naturelle est de 3 mSv en moyenne par an. La moyenne européenne est de 3,2 mSv par an ; elle varie suivant les pays entre 1,5 et 6,2 mSv par an.

La valeur de dose enveloppe est obtenue pour la Suisse et correspond à environ 0,4 mSv sur 50 ans pour le très jeune et le jeune enfant. En comparaison, la radioactivité naturelle de la Suisse est de 4,1 mSv par an.

Les doses radiologiques diminuant avec la distance, les conséquences radiologiques seraient moindres, pour des pays qui seraient plus éloignés que ceux déjà cités ci-dessus.

Au regard des résultats ci-dessus, en cas d'accident avec fusion du cœur de l'un des 4 réacteurs 900MWe du site du Bugey, les effets transfrontaliers liés à la dispersion atmosphérique de substances radioactives seraient très limités, voire négligeables, à court terme, comme par effet de cumul à long terme.

¹³ Les estimations du Liechtenstein sont interpolées des résultats de la Suisse et de l'Autriche.

6.3. Mesures de maîtrise des risques radiologiques

Au regard de la démarche de sûreté expliqué au § 4.2.1, l'installation a été conçue avec de nombreuses dispositions mises en place dans l'objectif de réduire les risques associés aux conséquences radiologiques. Ces dispositions de conception ont été complétées par des dispositions complémentaires afin de réduire le risque de certains accidents liés à un cumul de défaillances. Les réacteurs du Bugey ont déjà connu plusieurs réexamens périodiques, des retours d'expériences et des retombées d'amélioration continue qui ont complété ces dispositions visant à maintenir le réacteur dans un état sûr.

Les dispositions du 4^e réexamen périodique concernant la maîtrise des risques radiologiques sont nombreuses, eu égard aux objectifs ambitieux pris par EDF et fixées par l'ASNR dans le cadre de l'instruction de ces objectifs (voir §1.2 et 2.3.1).

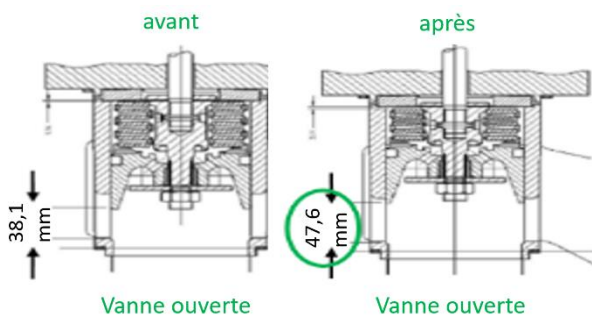
6.3.1. Principales mesures concernant les accidents sans fusion du cœur

Les principales dispositions d'exploitation et/ou de conception liées au 4^e réexamen périodique du Bugey qui contribuent à l'objectif de réduction des conséquences radiologiques des accidents sans fusion du cœur sont :

- Augmentation des débits des vannes d'évacuation de vapeur

Description de la disposition

En situation accidentelle, afin de limiter la durée de l'accident et les éventuels rejets radioactifs associés, la capacité de décharge de la vapeur à l'atmosphère des vannes du circuit VDCa est accrue pour refroidir plus vite le réacteur. Pour ce faire, la structure interne de la vanne VDCa est modifiée.



Éléments de pédagogie

Le circuit dénommé VDCa sert à évacuer directement dans l'atmosphère la vapeur produite par les générateurs de vapeur ; il permet de piloter le refroidissement du réacteur par les GV quand la vapeur produite est insuffisante pour entraîner la turbine ou quand la turbine est indisponible. Il est ainsi utilisé à chaque arrêt ou démarrage. Il est aussi utilisé en situation incidentelle ou accidentelle pour refroidir le réacteur.

- Abaissement de la limite de radioactivité de l'eau du circuit primaire

Description de la disposition

Les réacteurs du Bugey intègrent dans leurs spécifications d'exploitation un abaissement de la limite d'activité du circuit primaire en équivalent Iode 131 lors des transitoires de puissance en fonctionnement normal de 150 à 80 GBq/t. L'objectif est d'exploiter les réacteurs avec un niveau de propreté radiologique accru de l'eau du circuit primaire afin de réduire en particulier les conséquences radiologiques de l'accident de RTGV de 4^e catégorie. Cette disposition permet de réduire l'activité des éventuels rejets radioactifs et leurs conséquences radiologiques (dose efficace et

Éléments de pédagogie

L'eau du circuit primaire est faiblement chargée en activité du fait des limites technologiques de conception des gaines du combustible. Les exigences de propreté radiologique du circuit primaire assurent également une surveillance de l'intégrité des assemblages combustibles.

équivalente à la thyroïde à court terme et dose efficace moyen et long terme) de tous les accidents sans rupture de gaine de combustible dont l'accident de rupture de tube de générateur de vapeur, le plus pénalisant.

- Modification de la conduite de l'accident de RTGV 4.

Description de la disposition

EDF a engagé une évolution de la conduite du transitoire de RTGV 4, visant à améliorer les conditions d'arrêt de l'Injection de Sécurité. Cette évolution, qui répond également à une prescription de l'ASNR au vu des conclusions de la phase générique du 4^e réexamen, permet de réduire de plusieurs dizaines de m³ le volume de rejets liquides dans l'étude RTGV 4 du Rapport de Sûreté.

De plus, des dispositions ont déjà été mises en œuvre pour limiter le volume de rejets liquides :

- Isolement automatique de l'appoint en eau par le système d'alimentation de secours des Générateurs de Vapeur (ASG) vers le générateur de vapeur défaillant, qui évite d'accroître le risque de rejets liquide.
- Vidange par l'opérateur du générateur de vapeur défaillant en utilisant le système des purges des Générateurs de Vapeur (APG).

- Mise en œuvre du dispositif EAS-ND en substitution des systèmes RIS/EAS.

Description de la disposition

En cas de défaillance des systèmes RIS/EAS utiles à la gestion d'un Accident par Perte de Réfrigérant Primaire (APRP), l'utilisation du système d'appoint EAS-ND permet de maintenir l'inventaire en eau du circuit primaire, et ainsi éviter des rejets associés à un accident avec fusion du cœur. Les conséquences radiologiques de la situation dite « H4 » (APRP avec défaillance du RIS ou de l'EAS en recirculation) s'améliore pour se rapprocher de l'événement initiateur d'APRP tel qu'étudié dans le domaine de dimensionnement (cf. § 6.2).

Les exigences d'exploitation sont adaptées pour valoriser cette disposition complémentaire

Éléments de pédagogie

L'injection de sécurité est un système d'appoint au circuit primaire visant à compenser les pertes en eau, en situation accidentelle de rupture du circuit primaire ou de tubes d'un générateur de vapeur. Son démarrage est la plupart du temps automatique. Son arrêt est une action de l'opérateur qui se fait sur des critères en lien avec une bonne maîtrise de l'inventaire en eau du circuit primaire.

Éléments de pédagogie

Le dispositif EAS-ND fait partie d'un ensemble de nouveaux systèmes destinés à la gestion de scénarios d'agressions externes extrêmes de type « Noyau Dur » (voir §6.3.2).

6.3.2. Principales mesures concernant les agressions

Les agressions considérées sont celles identifiées dans la réglementation (arrêté INB) :

- les agressions internes : incendie, explosion, inondation, défaillance d'équipements sous pression, collision et chute de charge, interférences électromagnétiques, émissions de substances dangereuses, actes de malveillance,
- les agressions externes (naturelles ou d'origine humaine) : séisme, conditions météorologiques ou climatiques extrêmes (inondation, neige, canicule, grands froids, grands vents, tornades), agression venant du cours d'eau ou de la mer (frasil, prise en glace, colmatants, nappe d'hydrocarbures, ensablement, étiage, crue), foudre et interférences électromagnétiques, incendie, risques industriels de proximité (explosion, substances dangereuses), chute accidentelle d'avion, actes de malveillance.

Les dispositions d'exploitation et/ou de conception du 4^e réexamen périodique du Bugey qui contribuent à l'objectif de réduction des conséquences radiologiques des accidents liés aux agressions visent à s'assurer que les systèmes devant assurer les trois fonctions de sûreté (contrôle de la réaction nucléaire en chaîne dans le réacteur, refroidissement du combustible, confinement des substances radioactives) restent disponibles pour assurer le maintien du réacteur dans un état sûr en cas d'agression. Il s'agit donc principalement de mesures de protection ou de renforcement des systèmes vis-à-vis de l'agression. Ainsi, ces dispositions contribuent principalement à réduire les risques associés à des conséquences de fusion du cœur dont les effets sur l'environnement sont précisés en § 6.2.3.

À titre d'exemple les dispositions liées à l'incendie, principal risque industriel, sont précisées ci-dessous.

Incendie

Les dispositions relatives à l'incendie visent à l'amélioration de la résistance au feu d'éléments de sectorisation :

Description de la disposition

Les dispositions envisagées permettent d'améliorer la résistance au feu de certains composants (portes coupe-feu, éléments de sectorisation incendies, protection incendie de câbles électriques...) ou de diminuer l'ampleur ou l'intensité d'un éventuel incendie. Ces dispositions consistent notamment à remplacer des éléments de sectorisation incendie (portes coupe-feu par exemple) par des éléments dotés d'une résistance au feu plus importante. Elles consistent également à protéger des câbles avec un enrubannage résistant au feu, ou encore à diminuer les charges calorifiques. Ce faisant ces matériels contribuent à éviter la fusion du cœur du réacteur et les rejets potentiellement associés pour certains incendies.

Éléments de pédagogie

La **démarche de sectorisation** consiste à définir des zones, un secteur, où la propagation du feu ne remet pas en cause le principe de redondance des fonctions de sûreté, et à assurer qu'un feu initié dans un secteur reste confiné dans ce secteur.

Situations d'agression externe extrême

Par ailleurs, dans le cadre du réexamen périodique du Bugey, le déploiement du « Noyau Dur » permet de faire face à des agressions naturelles externes à l'installation et d'intensité extrême, allant, au titre de la démonstration de sûreté, au-delà des niveaux d'exigence retenus jusqu'ici.

Le Noyau Dur est un ensemble de moyens matériels fixes et robustes complétés par des moyens mobiles visant à éviter des rejets radioactifs massifs et des effets durables dans l'environnement pour des situations extrêmes consécutives à une agression naturelle externe extrême. Il s'agit principalement de situation de séisme, d'inondation externe et des phénomènes associés (foudre, grêle, grands vents, pluies de forte intensité), ou encore de la tornade.

Pour faire face à ces situations extrêmes, sur chaque réacteur du Bugey des dispositions d'approvisionnement en eau et en électricité, robustes aux agressions, indépendantes des installations existantes, et diversifiées, ont été installées :

- une source électrique de secours supplémentaire : **le Diesel d'Ultime Secours (DUS)**,
- une source d'eau diversifiée (SEG).



Diesels d'Ultime Secours (DUS) de 3 MWe



Source d'eau diversifiée (SEG)

Côté réacteur, ces situations extrêmes peuvent conduire à des pertes de fonctionnement de certains matériels, comme ceux liés aux sources électriques et/ou aux systèmes de refroidissement associés à la source froide (mer du Nord).

Ce sont alors les matériels du Noyau Dur qui continuent à assurer les fonctions de sûreté : une partie de l'alimentation de secours des générateurs de vapeur est qualifiée et robuste aux conséquences de ces situations extrêmes pour assurer la fonction de **Refroidissement secondaire du Noyau Dur (ASG-ND)**. L'alimentation électrique se fait par le **Diesel d'Ultime Secours (DUS)**, via un tableau de basculement de source dédié installé dans le cadre de la disposition, et associé à la **source d'eau diversifiée (SEG)**, qui joue alors le rôle de source froide de substitution.

Tous ces matériels contribuent à éviter la fusion du cœur du réacteur et les rejets potentiellement associés dans ces situations extrêmes.

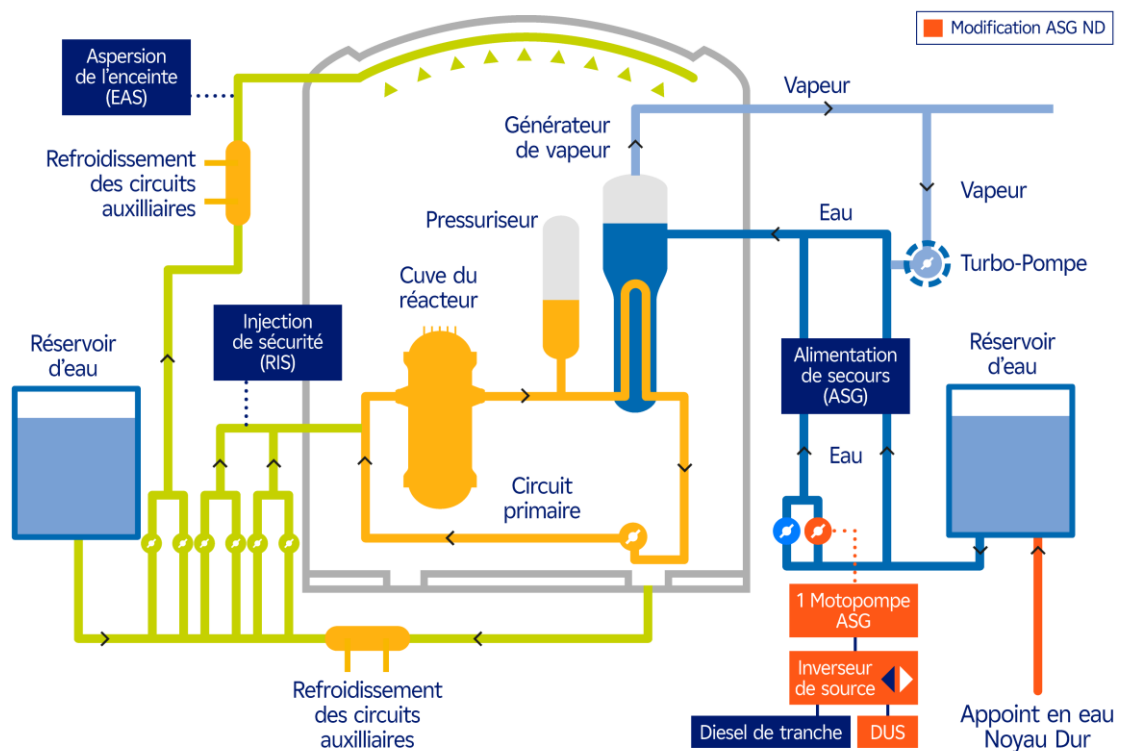


Schéma de principe de la disposition ASG-ND

6.3.3. Principales mesures concernant l'entreposage des assemblages combustibles

Les principales dispositions d'exploitation et/ou de conception liées au 4^e réexamen périodique du Bugey qui contribuent à l'objectif de réduction des conséquences radiologiques des accidents liés à l'entreposage des assemblages combustibles dans le bâtiment combustible sont :

Incendie

En cas d'incendie, afin d'éviter la perte des 2 voies de refroidissement, EDF a prévu l'ajout d'un dispositif pare-flamme permettant d'écarter le risque de propagation d'un incendie d'une pompe du circuit de refroidissement à l'autre.

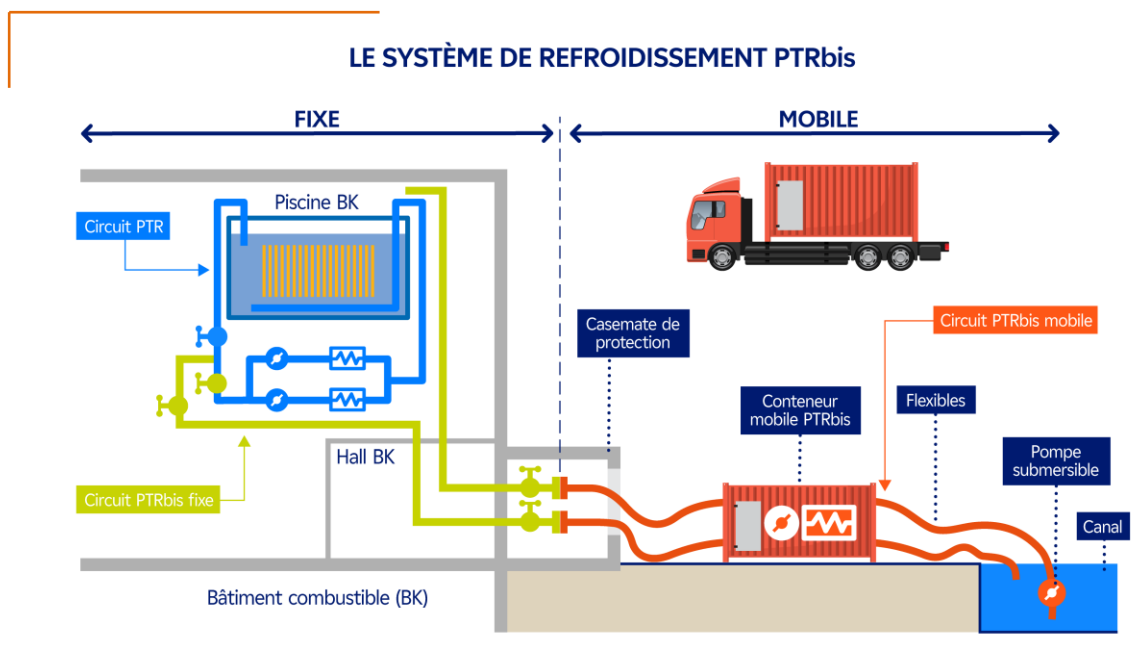
Transposition des situations d'accident sur l'EPR FLA3 aux centrales du palier 900 MWe

L'évaluation du comportement des piscines combustibles des centrales 900 MWe, dont les réacteurs du Bugey font partie, vis-à-vis des scénarios accidentels retenus pour l'EPR Flamanville 3 et non pris en compte à la conception initiale, a montré leur bon niveau de robustesse actuelle. Pour l'améliorer encore, le doublement du dispositif d'isolement automatique de la ligne d'aspiration du circuit de refroidissement normal de la piscine est proposé.

Situations d'agression externe extrême

Côté entreposage du combustible, ces situations extrêmes peuvent conduire à des pertes de fonctionnement de certains matériels, potentiellement associés à une situation de perte totale de refroidissement. Ce sont les matériels du Noyau Dur, qualifiés et robustes aux conséquences de ces situations extrêmes, qui continuent alors à assurer les fonctions de sûreté. Dans ces situations extrêmes :

- la **source d'eau diversifiée (SEG)** permet de compléter les moyens d'appoint aux piscines du bâtiment réacteur et du bâtiment combustible. Cet appoint permet de compenser l'évaporation et de maintenir le refroidissement des assemblages de combustible en les maintenant sous eau ;
- à long terme, le **système de refroidissement supplémentaire (PTR-bis)** permet le retour à une situation de refroidissement de la piscine d'entreposage du bâtiment combustible avec arrêt de l'ébullition.



6.3.4. Principales mesures concernant les accidents avec fusion du cœur

Les principales dispositions d'exploitation et/ou de conception du 4^e réexamen périodique du Bugey qui contribuent à l'objectif de réduction des conséquences radiologiques des accidents avec fusion du cœur sont issues d'une démarche de conception dédiée à ces accidents, inspirée de la conception de l'EPR. Dans cette situation, les deux premières barrières de confinement sont considérées endommagées et l'objectif de sûreté est alors de préserver l'étanchéité de la 3^e barrière, l'enceinte de confinement, pour éviter la dispersion de produits radioactifs dans l'environnement.

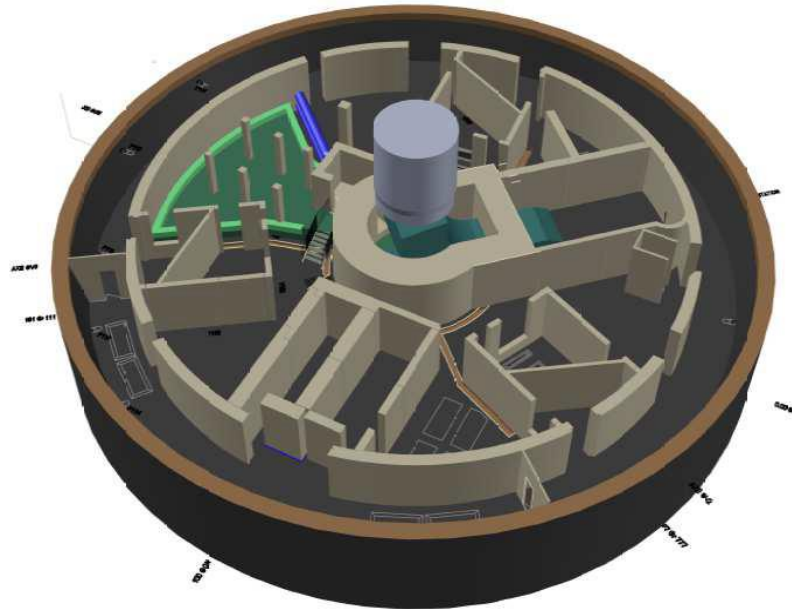
La gestion des accidents avec fusion du cœur vise à laisser le corium s'étaler « à sec », c'est-à-dire sans eau, sur le fond du bâtiment réacteur, le radier. Ainsi étalé, il offre une surface d'échange importante et peut être stabilisé par un apport d'eau borée, qui va le refroidir et à terme rendre solide toute la couche de corium étalée. Cette stratégie permet de :

- garantir l'absence de percée du radier du bâtiment réacteur. En effet le corium, s'il n'est pas stabilisé, provoque un phénomène d'érosion du radier ;
- limiter la pressurisation lente de l'enceinte, et donc exclure l'ouverture de l'évent filtré de l'enceinte pour sa décompression ;
- maîtriser des phénomènes physiques en accident avec fusion du cœur (risque de combustion hydrogène notamment).

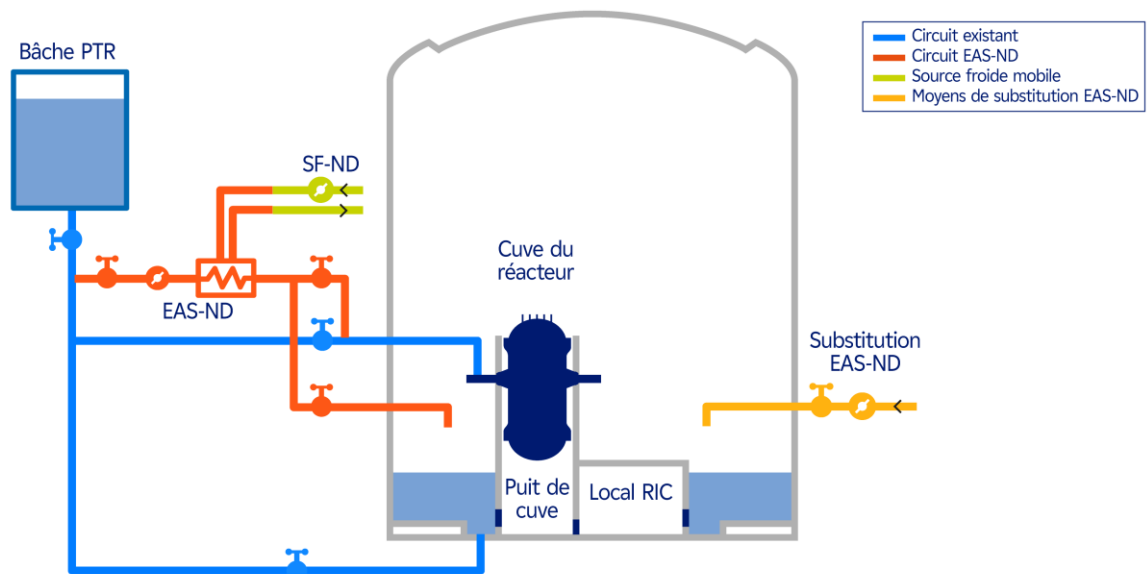
Ainsi, les dispositions mises en œuvre dans le cas d'un accident avec fusion du cœur sur un réacteur du Bugey sont :

- **La création d'une aire d'étalement à sec du corium** au sein d'une zone de récupération dédiée située sous la cuve du réacteur : zone « Puits de Cuve » et Local d'Instrumentation du Cœur situé dans le prolongement.
- **La mise en place du système passif de noyage du corium** constitué d'un dispositif de trappes passives libérant l'eau préalablement injectée dans les puisards du bâtiment réacteur par le système d'aspersion de l'enceinte EAS secouru par les deux groupes électrogènes de secours, ou, pour les situations d'agressions extrêmes, le nouveau dispositif « Noyau Dur » EAS-ND secouru par le Diesel d'Ultime Secours (DUS).
- **La mise en place d'un système de refroidissement du corium**, associé au système EAS-ND, qui permet d'évacuer la puissance résiduelle du corium sans ouverture du filtre de décompression de l'enceinte de confinement.
- La ré-injection dans le bâtiment réacteur d'hypothétiques fuites d'eau du dispositif EAS-ND.
- **La décontamination de l'eau du bâtiment réacteur** grâce à une unité mobile de traitement des eaux contaminées.

Locaux utilisés pour l'étalement du Corium
(puits de cuve et local d'instrumentation du cœur)



REFROIDISSEMENT EN SITUATION DE FUSION DU CŒUR

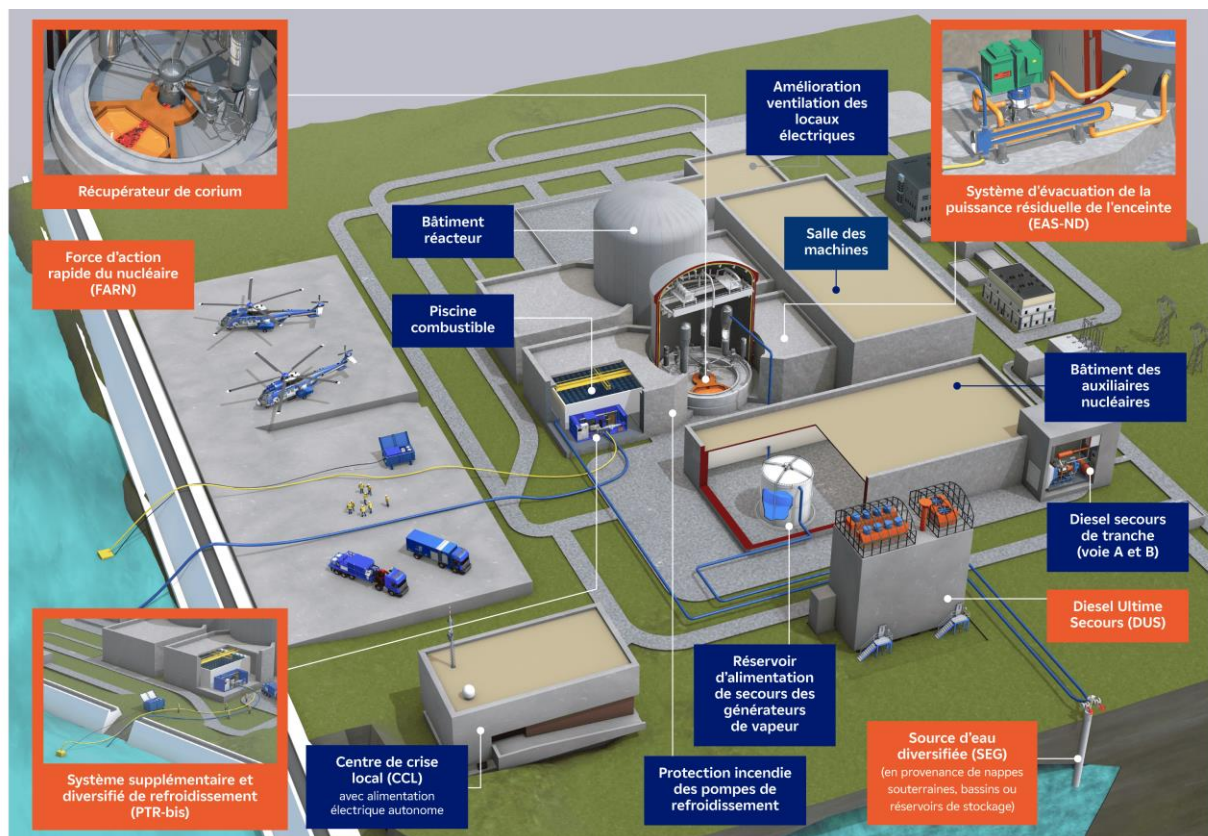


La disposition « EAS-ND » met en œuvre :

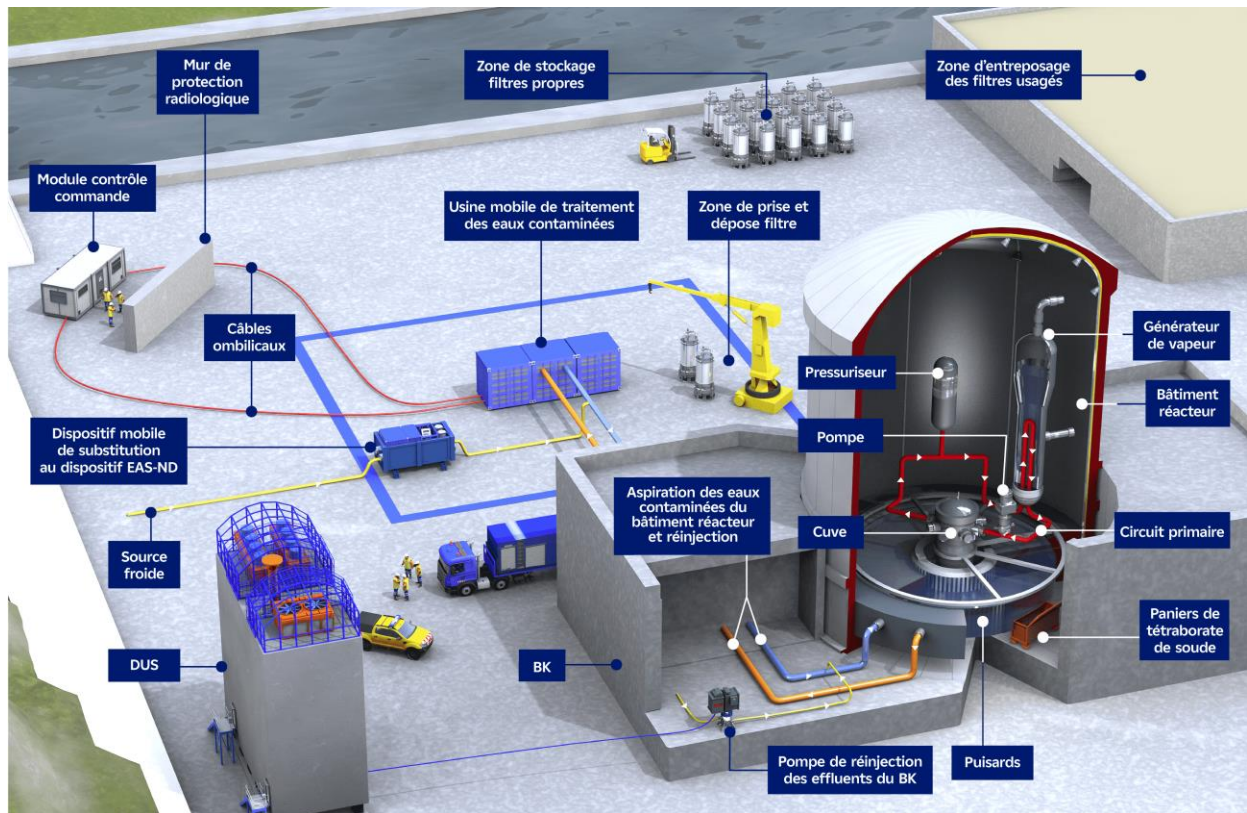
- une pompe (alimentée par le diesel DUS),
- un échangeur qui permet l'évacuation de la chaleur contenue dans l'enceinte,
- une source froide Noyau Dur (SF-ND) composée d'un moyen de pompage mobile.

Les matériels mobiles des systèmes du Noyau Dur sont mis en œuvre par la **Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN)**. Issue du retour d'expérience de l'accident de la centrale de Fukushima Daiichi, la FARN est composée de 300 agents EDF formés et prêts à intervenir sur tout site nucléaire français le nécessitant, au plus tard 24 heures après le début de l'accident.

Principales dispositions du Noyau Dur



Décontamination de l'eau du bâtiment réacteur après un accident avec fusion du cœur



Centrale nucléaire du Bugey, Ain
Copyright EDF / BERNARD Gaëtan

7. SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

7.1. Mesures de surveillance associées au fonctionnement normal

EDF dispose de différents programmes de surveillance de l'environnement. Il n'est pas envisagé d'évolution notable des inconvénients que la centrale du Bugey présente pour les intérêts protégés dans les dix prochaines années, aussi, les programmes de surveillance de l'environnement se poursuivront de la même manière qu'aujourd'hui. Les mesures de surveillance sont décrites dans la suite de ce paragraphe.

Air et facteurs climatiques

Les rejets d'effluents chimiques à l'atmosphère du site font l'objet d'une estimation annuelle, jointe au rapport environnement annuel :

- les rejets d'oxydes de soufre établis notamment à partir de la consommation de combustible des groupes électrogènes de secours, du type de combustible utilisé, de la nature de l'équipement et des conditions d'exploitation ;
- les rejets de formol et de monoxyde de carbone liés au remplacement des calorifuges ;
- les rejets des substances volatiles liées au conditionnement des circuits secondaires (éthanolamine, ammoniac) ;
- les émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes.

Une surveillance météorologique est aussi effectuée par la centrale de Bugey au moyen d'une station automatique (acquisition des mesures de pression, température, humidité relative et pluviométrie) et d'un sondeur acoustique (mesures de direction, de vitesse du vent et de turbulence en altitude).



© EDF

Exemples d'équipements pour les mesures de pluviométrie, température et vent ©EDF

Eaux de surface

- Les prélèvements et la consommation d'eau de surface sont suivis via des dispositifs de mesure permettant de déterminer les débits et volumes d'eau prélevés dans le Rhône, dans la nappe et sur le réseau d'eau potable.
- Les rejets liquides (y compris les rejets thermiques et la dispersion de microorganismes pathogènes) font l'objet de contrôles réguliers via notamment un laboratoire de contrôle des effluents et quatre stations de surveillance de la qualité des rejets.



© EDF

Surveillance des effluents liquides

Le site du Bugey réalise également une surveillance du milieu aquatique qui consiste en un suivi chimique, physico-chimique et hydroécologique via quatre stations autonomes multi-paramètres et des campagnes de prélèvements :

- pour la surveillance chimique, l'objectif est de connaître la concentration dans l'eau des substances chimiques rejetées par le site ;
- pour la surveillance hydroécologique, l'objectif est de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur afin de détecter une évolution anormale qui proviendrait du fonctionnement du site .

Sols et eaux souterraines

Depuis sa mise en exploitation, le site du Bugey met en œuvre un programme de surveillance qualitative et quantitative de la nappe alluviale présente au droit du site. Cette surveillance a évolué au cours de l'exploitation pour s'adapter aux aménagements et à l'évolution des exigences réglementaires.

La surveillance chimique et radiologique des eaux souterraines réalisée via des piézomètres a pour objectif de détecter un éventuel marquage de la nappe en lien avec l'exploitation des installations.

Par ailleurs, es volumes prélevés en nappe pour les essais périodiques du dispositif d'appoint ultime en eau sont suivis afin de s'assurer du respect des limites réglementaires,

■ Radioécologie

La centrale du Bugey met en œuvre un programme de surveillance des effluents radioactifs au niveau :

- des cheminées de rejet des effluents atmosphériques ;
- des réservoirs d'entreposage avant rejet des effluents atmosphériques;
- des circuits d'extraction des ventilations des locaux susceptibles d'être contaminés, afin de s'assurer de l'absence de radioactivité d'origine artificielle ;
- des réservoirs d'entreposage avant rejet des effluents liquides ;
- des eaux pluviales et des eaux vannes et usées, pour s'assurer de l'absence de radioactivité artificielle.



© EDF

Schéma de principe de la surveillance radiologique de l'environnement

La radioactivité dans l'environnement du site du Bugey est suivie dans le cadre :

- d'un plan de surveillance radiologique réglementaire réalisé par le site ;
- d'études radioécologiques réalisées à l'initiative de l'exploitant (suivis annuels, bilans décennaux, études particulières) dont la réalisation est sous-traitée à des laboratoires spécialisés et agréés ;
- d'un plan de surveillance radiologique que l'ASNR fait réaliser de façon systématique, pour son propre compte, par ses services du pôle "expertise".

■ Population et santé humaine

La surveillance des incidences du site du Bugey sur la santé des populations avoisinantes est réalisée par la surveillance des compartiments atmosphérique, eaux de surface et radioécologique (cf. ci-avant).
Les émissions sonores font l'objet de campagnes périodiques de mesures visant à vérifier le respect de la réglementation.

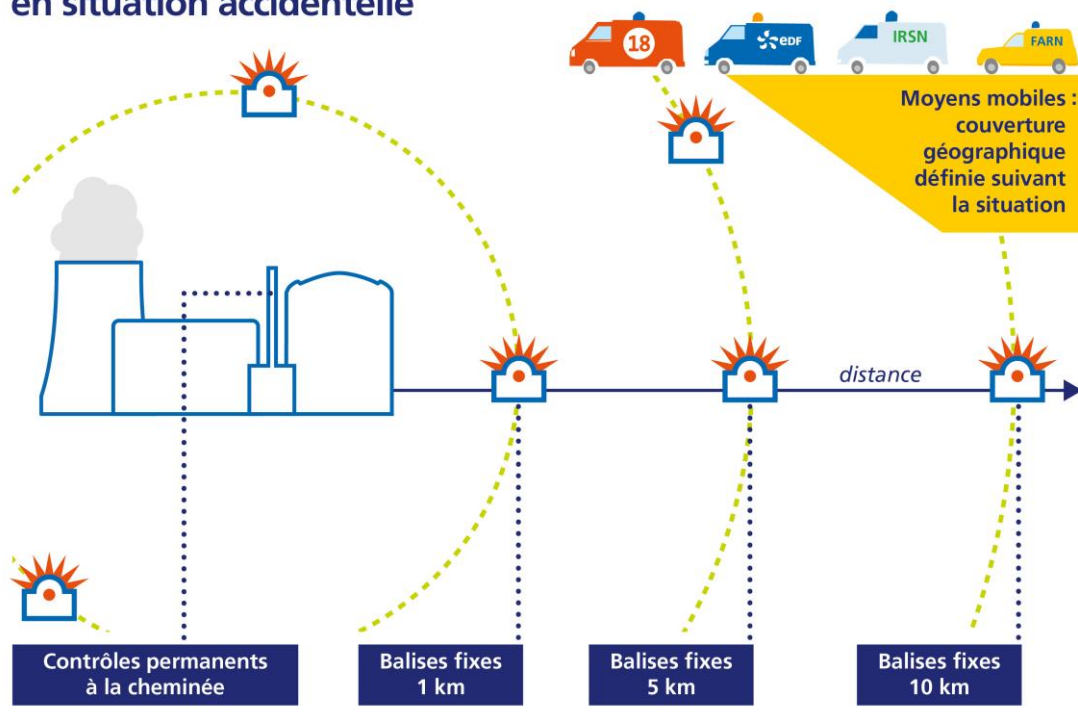
Une surveillance microbiologique des installations et du milieu aquatique est également réalisée (suivi des amibes *Naegleria fowleri* et des légionelles *Legionella pneumophila*) afin de prévenir les risques de dispersion de microorganismes pathogènes dans l'environnement par les circuits de refroidissement.

7.2. Mesures de surveillance associées aux risques radiologiques

En situation accidentelle, des moyens de mesures fixes et mobiles permettent de contrôler/surveiller la radioactivité ambiante. Les moyens de mesure fixes, qui sont **opérationnels en permanence**, comprennent la surveillance des rejets à la cheminée, et des mesures du niveau de radioactivité dans l'air ambiant par des balises situées en limite de site, à 1 km, 5 km et 10 km.

Ces mesures sont renforcées en situation accidentelle par des balises mobiles situées sur des véhicules d'EDF, de l'expertise de l'ASN et des pompiers, qui sillonnent la zone autour de la centrale.

MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ en situation accidentelle



8. CONCLUSION

Centrale nucléaire du Bugey, Ain
Copyright EDF / BERNARD Gaëtan

En France, la création d'une centrale électronucléaire est autorisée par le Gouvernement après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Cette autorisation ne comporte pas de limitation de durée de fonctionnement. Pour autant, l'exploitant est tenu de réaliser un réexamen périodique approfondi tous les 10 ans pour réévaluer les conditions de fonctionnement de l'installation pour les 10 ans qui suivent. Il doit s'assurer que le fonctionnement de l'installation est conforme aux règles de sûreté qui lui sont applicables, et actualiser l'appréciation des risques et inconvénients que l'installation présente pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement, appelés les intérêts protégés.

Les quatre réacteurs de 900 MWe de la centrale électronucléaire du Bugey, exploités par Electricité de France (EDF), font l'objet de leur 4^e réexamen périodique.

À l'issue de chacun de ces réexamens, EDF établit un rapport présentant ses conclusions et les dispositions envisagées pour améliorer la protection des intérêts protégés. Au-delà de la 35^e année de fonctionnement, ce rapport de réexamen fait l'objet d'une enquête publique.

Le présent document est l'une des pièces du dossier de l'enquête publique réalisée dans le cadre du 4^e réexamen périodique des réacteurs du Bugey. Il est commun aux quatre réacteurs de la centrale. Cette pièce est relative aux effets sur l'environnement associés à l'exploitation de ces réacteurs pour les dix années suivant leur 4^e réexamen périodique, y compris les conséquences, radiologiques ou non, d'éventuels incidents ou accidents.

Effets relatifs au fonctionnement normal

Les interactions du fonctionnement normal de la centrale avec l'environnement, c'est-à-dire les prélèvements d'eaux et les rejets, la production de déchets, les émissions sonores et les usages des terres, resteront similaires pour les dix prochaines années à celles de la décennie précédente.

L'analyse des effets de ces interactions sur les différents compartiments de l'environnement, que sont l'air et les facteurs climatiques, les eaux superficielles, les sols et les eaux souterraines, la radioécologie, la biodiversité, la population et la santé humaine, et les activités humaines, ne montre pas d'incidence significative du fonctionnement de la centrale dans l'état actuel et pour les dix années suivant le 4^e réexamen périodique.

Il n'est ainsi pas attendu d'effet transfrontalier.

Effets relatifs aux accidents

EDF a retenu comme orientation générale du 4^e réexamen périodique de ses réacteurs de 900 MWe de tendre vers les objectifs de sûreté nucléaire fixés pour les réacteurs de 3^e génération dont le réacteur de référence EDF est l'EPR de Flamanville (FLA3).

Des dispositions conséquentes d'amélioration de la sûreté nucléaire, présentées de manière synthétique dans ce document, ont ainsi été mises en œuvre au cours du 4^e réexamen selon 4 grandes thématiques :

- **accidents sans fusion du cœur** : baisse des conséquences radiologiques en dessous des seuils de mise en œuvre de mesures de protection d'urgence de la population,
- **agressions** : prise en compte d'agressions de niveaux supérieurs : notamment sécheresse, canicule, inondation, séisme, et mise en place d'équipements « Noyau Dur » pour renforcer la robustesse des installations aux agressions extrêmes de type séisme, tornade et inondation,
- **piscine combustible** : mise en place d'un moyen supplémentaire de refroidissement, indépendant des équipements existants,
- **accidents avec fusion du cœur** : ajout de dispositions, dont les équipements dits « Noyau Dur », pour rendre extrêmement improbables les rejets précoces et importants, et éviter les effets durables dans l'environnement.

La démarche de sûreté retenue pour ce 4^e réexamen, avec des évolutions importantes apportées à la conception et l'exploitation des réacteurs du Bugey, réduit de manière notable des effets sur l'environnement associés aux risques radiologiques.

Comme présenté dans le document, les conséquences radiologiques des accidents les plus sévères avec fusion du cœur, les plus hypothétiques, seraient limitées dans l'espace et dans le temps, et compatibles avec les dispositions prévues pour la protection des populations. Les effets transfrontaliers liés à la dispersion atmosphérique de substances radioactives sont négligeables à court terme, comme par effet de cumul à long terme.

En procédant à leur 4^e réexamen périodique, EDF poursuit le fonctionnement de ses réacteurs du Bugey jusqu'à 50 ans, contribuant ainsi au maintien d'une production d'électricité à faible empreinte carbone, avec moins de 4 g de CO₂ par kWh produit sur l'ensemble du cycle de vie de la centrale.

Il n'est pas attendu d'effet négatif significatif sur les différents compartiments de l'environnement du fonctionnement normal de la centrale du Bugey pour les dix années à venir. Son arrêt n'apporterait ainsi pas de bénéfices sensibles à l'environnement. En revanche, il induirait une perte notable de production d'électricité décarbonée, équivalente à la consommation de près de 4 millions de foyers. Les émissions de CO₂ pour produire, par le mix européen, l'électricité perdue, serait de plus de 6 millions de tonnes de CO₂/an.

GLOSSAIRE



Centrale nucléaire du Bugey, Ain
Copyright EDF / BERNARD Gaëtan

Acronymes	Désignation
Accident conventionnel	Le terme « accident conventionnel » est utilisé pour parler d'un accident pouvant avoir des conséquences non radiologiques et/ou faiblement radiologiques.
ACV	Analyse du Cycle de Vie
AOX	Halogène organique adsorbable : mesure de la qualité de l'eau
APRP	Accident de Perte de Réfrigérant Primaire
ASG-ND	Système de refroidissement secondaire « Noyau Dur »
ASNR	Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection
CENTRACO	CENTre de TRAitement et de CONditionnement
Cibles potentielles	Ce sont les personnes du public au-delà de la limite du site et l'environnement naturel, correspondant aux intérêts à protéger définis à l'article L593-1 du code de l'environnement.
CIRES	Centre Industriel de Regroupement d'Entreposage et de Stockage de l'ANDRA
CSA	Centre de Stockage de l'Aube
Danger	La notion de danger définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), ..., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable ». Sont ainsi rattachées à la notion de "danger" les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux... et celle d'énergie disponible qui caractérise le danger.
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DeD	Débit d'équivalent de Dose
DOR	Dossier d'Orientations du Réexamen périodique
DUS	Diesel d'Ultime Secours
EAS	Système d'aspersion d'eau dans l'enceinte de confinement
EAS-ND	Système d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte
EDF	Electricité de France

EIP	Elément Important pour la Protection des intérêts
EPR	European Pressurised Reactor - Réacteur à Eau Pressurisée. Appartient à la troisième génération de réacteur électronucléaire
EPRS	Évaluation Prospective des Risques Sanitaires
EPS	Etudes Probabilistes de Sécurité
ERC	Eviter, Réduire, Compenser
FA	Faible Activité
FARN	Force d'Action Rapide du Nucléaire
FLA3	Unité de production n°3 (EPR) de la centrale nucléaire de Flamanville
GNU	Parc à gaz du magasin général servant à l'entreposage des bouteilles non utilisée
GP/GPE	Groupe Permanents d'experts
GV	Générateur de Vapeur
HA	Haute Activité
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IEM	Interprétation de l'État des Milieux
INB	Installation Nucléaire de Base
INERIS	Institut National de l'Environnement et des RISques
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire
MA	Moyenne Activité
MES	Matières en Suspension
ND	Noyau Dur
NQE	Normes de Qualité Environnementales
NMA	Niveaux Maximaux Admissibles
OISS	Ouverture Intempestive d'une Soupape Secondaire à 0%Pn
OPEL	Ouvrage de Prise d'Eau en Loire
PA	Produits d'Activation
PF	Produits de Fission
Phénomène dangereux	Un phénomène dangereux est la libération partielle ou totale d'énergie ou de substance produisant des effets, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles potentielles.
Potentiel de danger	Une source potentielle de danger est définie comme une substance, un système technique, une disposition, un organisme, ... susceptible d'être à l'origine d'un dommage qui affecte un élément vulnérable.
PTR-bis	Système de traitement et de refroidissement d'eau des piscines supplémentaire
RCR	Rapport de Conclusion du Réexamen périodique
REP	Réacteur à Eau Pressurisée
RIS	Système de sauvegarde et de protection du circuit primaire (injection de sécurité)
Risque	Le risque, inhérent à toute activité humaine, est défini comme la combinaison de la probabilité de survenue d'un événement dommageable et de l'ampleur de ses conséquences.
RTGV	Rupture de Tube de Générateur de Vapeur
RTGV4	Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur de catégorie 4
RTV	Rupture de Tuyauterie Vapeur
RTV + nRTGV	Rupture de Tuyauterie Vapeur cumulée à la Rupture multiple de Tubes de Générateurs de Vapeur
SEG	Système Source d'Eau diversifiée
SF-ND	Source Froide Noyau Dur
Substance dangereuse	Substance, préparation ou mélange, qui répond aux critères relatifs aux dangers physiques, aux dangers pour la santé ou aux dangers pour l'environnement définis par l'arrêté du 20 avril 1994 modifié.

TFA	Très Faiblement Actif / Très Faible Activité
THE	Très Haute Efficacité
THM	Trihalométhanes
VC	Vie Courte
VL	Vie Longue
VTC	Vie Très Courte
ZER	Zone à Émergence Règlementée
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique
ZPS	Zones de Protection Spéciales
ZSC	Zones Spéciales de Conservation



EDF SA
22-30 avenue de Wagram
75382 Paris cedex 08 - France
Capital de 2 084 365 041 euros
552 081 317 R.C.S. Paris
www.edf.fr