A photograph of the Cruas-Meysse nuclear power plant. Four large cooling towers are visible, each emitting a thick plume of white steam that rises into a clear blue sky. The plant is situated in a lush green landscape with a body of water in the foreground. In the immediate foreground, there is a field of bright yellow sunflowers. The overall scene is bright and clear.

Rapport environnemental annuel
relatif aux installations nucléaires du
Centre Nucléaire de Production
d'Electricité de

Cruas-Meysse

2021

Bilan rédigé au titre de l'article 4.4.4 de l'arrêté
du 7 février 2012

SOMMAIRE

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité	5
de Cruas-Meyssse en 2021	5
I. Contexte	5
II. Le CNPE de Cruas-Meyssse	5
III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Cruas-Meyssse	6
IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	6
V. Bilan des incidents de fonctionnement et des événements significatifs pour l'environnement	7
Partie II - Prélèvements d'eau	9
I. Prélèvement d'eau dans le Rhône	11
II. Prélèvement d'eau dans la nappe	11
III. Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance	12
Partie III – Restitution et consommation d'eau	14
I. Restitution d'eau	14
II. Consommation d'eau	15
Partie IV - Rejets d'effluents	16
I. Rejets d'effluents à l'atmosphère	17
II. Rejets d'effluents liquides	26
III. Rejets thermiques	45
Partie V - Prévention du risque microbiologique	47
I. Bilan annuel des colonisations en circuit	47
II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés	48
Partie VI - Surveillance de l'environnement	49
I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	49
II. Physico-chimie des eaux souterraines	54
III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface	55
IV. Physico-chimie et Hydrobiologie	60
V. Acoustique environnementale	65

Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation
66

Partie VIII - Gestion des déchets _____ **70**

I. Les déchets radioactifs _____ **70**

II. Les déchets non radioactifs _____ **74**

ABREVIATIONS _____ **76**

ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE de Cruas-Meysses Année 2021 _____ **77**

ANNEXE 2 : Suivi radioécologique annuel du CNPE de Cruas-Meysses Année 2020 _____ **78**

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Cruas-Meyssse en 2021

I. Contexte

« La conformité à la réglementation en vigueur, la prévention des pollutions ainsi que la recherche d'amélioration continue de la performance environnementale » constituent l'un des engagements de la politique environnementale d'EDF.

Dans ce cadre, tous les Centres Nucléaires de Production d'Electricité (CNPE) d'EDF disposent d'un système de management de l'environnement certifié « ISO14001 ».

La maîtrise des événements, susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, repose sur une application stricte des règles de prévention (bonne gestion des eaux usées, des « effluents », de leurs traitements, entreposage, contrôles avant rejet, etc.) et sur un système complet de surveillance de l'environnement sur et autour des CNPE.

En application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, ce document présente le bilan de l'année 2021 du CNPE de Cruas-Meyssse en matière d'environnement.

II. Le CNPE de Cruas-Meyssse

Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Cruas-Meyssse se situe dans la vallée du Rhône, en Ardèche. Il a été construit sur les communes de Cruas et de Meyssse, situées sur la rive droite du fleuve, à 15 km au nord de Montélimar. Il occupe une superficie de 145 hectares.

Le CNPE de Cruas-Meyssse emploie 1 291 salariés d'EDF et fait appel, pour réaliser les travaux lors de chacun des arrêts pour maintenance des unités en fonctionnement, à des entreprises extérieures (entre 500 et 1500 salariés supplémentaires selon les types d'arrêt).

L'ensemble des installations regroupe quatre unités de production d'électricité en fonctionnement :

- deux unités de la filière à eau sous pression (REP) d'une puissance de 900 mégawatts électriques, refroidies chacune par une tour aéroréfrigérante, Cruas 1 et Cruas 2, mises en service respectivement en 1984 et 1985. Ces deux réacteurs constituent l'installation nucléaire de base (INB) n° 111 ;
- deux unités de la filière à eau sous pression (REP) d'une puissance de 900 mégawatts électriques refroidies chacune par une tour aéroréfrigérante, Cruas 3 et Cruas 4, mises en service en 1984 et 1985. Ces deux réacteurs constituent l'installation nucléaire de base (INB) n° 112.

Les installations nucléaires de base de Cruas-Meysses sont placées sous la responsabilité d'un directeur, qui s'appuie sur un comité de direction constitué de personnes en charge de la responsabilité de chacune de ces installations.

Le site est certifié suivant la norme environnementale ISO 14001.

III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Cruas-Meysses

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF. Lors de l'année 2021, aucune modification notable au voisinage du CNPE de Cruas-Meysses n'a été identifiée.

IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue, EDF mène des études afin d'améliorer la connaissance de ses rejets (identification de sous-produits de la morpholine et de l'éthanolamine, de sous-produits issus des traitements biocides, dégradation de la monochloramine et de l'hydrazine dans l'environnement etc.). EDF mène également des études afin d'améliorer la connaissance de l'incidence de ses rejets sur l'homme et l'environnement. Ces évaluations d'impact nécessitent en effet l'utilisation de valeurs de référence qui font l'objet d'une veille scientifique :

- les Valeurs Toxicologiques de Référence pour l'impact sanitaire sur l'Homme, valeurs sélectionnées selon les critères définis dans la note d'information n°DGS/EA/DGPR/2014/307 du 31/10/2014,
- les valeurs seuils ou valeurs guides issues des textes réglementaires ou des grilles de qualité d'eau, les données écotoxicologiques, en particulier les PNEC (Predicted No Effect Concentration), et les études testant la toxicité et l'écotoxicité des effluents CRT, pour l'analyse des incidences sur l'environnement. A noter que les PNEC sont validées par la R&D d'EDF après revue bibliographique exhaustive et, si nécessaire, réalisation de tests écotoxicologiques commandités par EDF et réalisés selon les normes OCDE et les Bonnes Pratiques de Laboratoire.

L'ensemble de ces évolutions scientifiques est intégré dans les études d'impact.

V. Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement

En 2002, le CNPE de Cruas-Meysses a été certifié, pour la première fois, ISO 14001. L'obtention de la norme ISO 14001 est une reconnaissance internationale de la prise en compte de l'environnement dans l'ensemble des activités de l'entreprise. Elle est l'assurance d'une démarche d'amélioration continue et de la mise en place d'une organisation spécifique au domaine de l'environnement.

La protection de l'environnement, sur le terrain comme en laboratoire, a toujours été une priorité pour les CNPE d'EDF. Comme pour tous les sites industriels, les exigences environnementales fixées par le CNPE de Cruas-Meysses et la réglementation se sont sans cesse accrues au fil des années. Cette certification est le fruit de l'implication de l'ensemble des intervenants - personnels EDF et d'entreprises externes - dans une démarche de respect de l'environnement.

La norme ISO 14001 repose sur la mise en œuvre d'un Système de Management Environnemental (SME). Cela signifie que la performance en matière de protection de l'environnement est intégrée dans l'organisation, c'est-à-dire dans toutes les décisions quotidiennes du CNPE de Cruas-Meysses. L'ensemble des salariés du CNPE, ainsi que le personnel intervenant pour le compte d'entreprises extérieures, sont impliqués dans le respect de l'environnement.

Dans le cadre de l'amélioration continue, le CNPE de Cruas-Meysses a mis en place un système permettant de détecter, tracer, déclarer, les Événements Significatifs pour l'Environnement (ESE) à l'Autorité de Sûreté Nucléaire, de traiter ces événements et d'en analyser les causes profondes pour les éradiquer.

La déclaration d'ESE est établie à partir de critères précis et identiques sur tout le parc nucléaire. Ces critères sont définis par l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

1. Bilan des évènements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les évènements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE de Cruas-Meysses en 2021.

Typologie	Date de l'évènement	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE3	02/05/2021	Atteinte d'un seuil réglementaire sur une valeur calculée de concentration en amibes Naegleria Fowleri (Nf) dans le Rhône en aval du CNPE	<p>Action 1 : Réalisation d'actions de maintenance des pompes d'injection pour garantir une capacité d'injection suffisante.</p> <p>Action 2 : Prise en compte du REX de l'évènement et réalisation d'un suivi pour renforcer la supervision de l'exploitant.</p> <p>Action 3 : Sensibilisation des exploitants et intervenants sur la maîtrise du risque microbiologique.</p> <p>Action 4 : Programmation de la rénovation d'équipements.</p> <p>Action 5 : Intégration de l'impact des épisodes sédimentaires dans le Rhône dans les notes d'organisation de maîtrise du risque biologique.</p>
ESE1	25/06/21	Dépassement du seuil de décision d'activité volumique au bâtiment des auxiliaires de conditionnement.	Action 1 : Réalisation d'un suivi de tendance des activités volumiques des balises AS afin de consolider l'hypothèse d'un lien avec la radioactivité naturelle, les conditions particulières d'exploitation du bâtiment et l'activité volumique mesurée.
ESE4	25/10/2021	Non-respect de la procédure définissant les étapes de contrôle des rejets.	<p>Action 1 : Description de l'évènement en insistant sur le respect des procédures et présenter les résultats dans les équipes d'exploitation.</p> <p>Action 2 : Intégration et modification documentaire.</p>
ESE9	08/10/21	Contournement des voies normales de rejets d'effluents lors du nettoyage des grilles de filtration de l'eau de refroidissement.	<p>Action 1 : Définition d'une organisation permettant d'informer les centres d'ingénierie nationaux de la mise en œuvre d'une modification locale</p> <p>Action 2 : Remise en conformité pérenne des installations sur la base des actions immédiates déployées.</p> <p>Action 3 : Réalisation d'une revue exhaustive de la gestion des effluents des opérations de nettoyage réalisées sur le site.</p>

2. Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de Cruas-Meysses a eu, durant l'année 2021, quelques indisponibilités de matériels tels que les dispositifs de traitement des effluents et de prélèvement, les dispositifs de mesure et de surveillance. Ces indisponibilités n'ont eu aucune incidence sur la qualité de la surveillance environnementale compte tenu de la redondance de nos matériels. Des remises en état rapides des matériels ont permis de limiter au maximum l'indisponibilité du matériel.

Partie II - Prélèvements d'eau

L'eau est une ressource nécessaire au fonctionnement des CNPE et partagée avec de nombreux acteurs : optimiser sa gestion et concilier les usages est donc une préoccupation importante pour EDF.

Que cette eau soit prélevée en mer, dans un cours d'eau, ou dans des nappes d'eaux souterraines, son utilisation est strictement réglementée et contrôlée par les pouvoirs publics.

Dans un CNPE, l'eau est nécessaire pour :

- refroidir les installations,
- constituer des réserves pour réaliser des appoints ou disposer de stockage de sécurité dont l'alimentation des circuits de lutte contre les incendies (usage industriel),
- alimenter les installations sanitaires et les équipements de restauration des salariés (usage domestique).

Un CNPE en fonctionnement utilise trois circuits d'eau indépendants :

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300° C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.
- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en « U » des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé. L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine. Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité. Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.
- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la rivière ou la mer. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense. Ce circuit de refroidissement est différent selon la situation géographique du CNPE :
 - o en bord de mer ou d'un fleuve à grand débit, les CNPE fonctionnent avec un circuit de refroidissement totalement ouvert.
De l'eau (environ 50 m³ par seconde) est prélevée pour assurer le refroidissement des équipements via le condenseur. Une fois l'opération de refroidissement effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée dans la mer ou le fleuve, à une température légèrement plus élevée.
 - o sur les fleuves ou les rivières dont le débit est plus faible, les CNPE fonctionnent avec un circuit en partie fermé.
Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange thermique avec de l'air ambiant dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau chaude se

vaporise sous forme d'un panache visible, au sommet de la tour. Cette vapeur d'eau n'est pas une fumée, elle ne contient pas de CO₂. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le condenseur. Ce système avec aéroréfrigérants permet donc de réduire considérablement les prélèvements d'eau qui sont de l'ordre de 4 m³ par seconde.

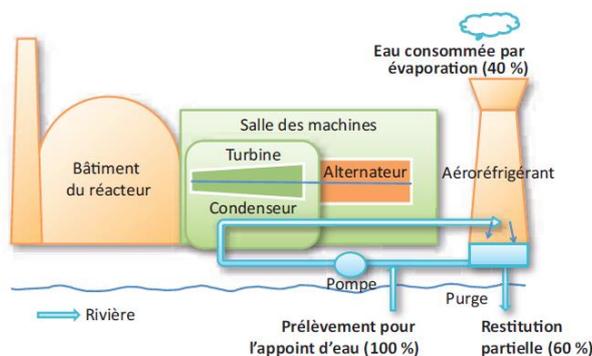


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement fermé (Source : EDF)

Annuellement, en moyenne, le volume d'eau nécessaire au fonctionnement du circuit de refroidissement d'un réacteur est compris entre 50 millions de mètres cubes (si le refroidissement est assuré par un aéroréfrigérant) et 1 milliard de mètres cubes (si l'eau est rejetée directement dans le milieu naturel) soit respectivement un besoin de 6 à 160 litres d'eau prélevés pour produire 1 kWh.

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement. Plus précisément, environ 60% de l'eau prélevée est restituée au fleuve pour les installations en circuit fermé, les 40% restant étant très majoritairement attribuable à l'évaporation d'eau au niveau des tours aéroréfrigérantes.

Les besoins en eau d'un CNPE servent majoritairement à assurer son refroidissement et, donc, à produire de l'électricité. Cependant, comme tous les sites industriels, un CNPE a besoin d'eau pour :

- faire face, si besoin, à un incendie : l'ensemble des CNPE d'EDF est équipé d'un important réseau d'eau sous pression permettant aux équipes des services de conduite et de la protection des CNPE d'EDF d'intervenir dès la détection d'un incendie jusqu'à l'arrivée des secours externes, et ainsi en limiter sa propagation. Ces réseaux sont régulièrement testés afin de s'assurer de leur fonctionnement et de leur efficacité.
- se laver, boire et se restaurer : selon leur importance (de 2 à 6 réacteurs), les CNPE d'EDF accueillent de 600 à 2 000 salariés permanents (EDF et entreprises extérieures) auxquels s'ajoutent, lors d'un arrêt d'un réacteur pour maintenance, près de 1000 personnes supplémentaires. Les besoins en eau potable sont en permanence adaptés aux effectifs de salariés permanents et temporaires, tant pour les sanitaires que pour la restauration. Les CNPE d'EDF peuvent être reliés aux réseaux d'eau potable des communes sur lesquelles elles sont implantées.

I. Prélèvement d'eau dans le Rhône

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau du Rhône destinée au refroidissement et à la production d'eau déminéralisée de l'année 2021.

	Prélèvement d'eau (en milliers de m ³)	Prélèvement d'eau pour la déminée (en milliers de m ³)	TOTAL prélèvements Rhône (en milliers de m ³)
Janvier	43 633	20	43 653
Février	35 570	20	35 591
Mars	33 638	23	33 662
Avril	33 785	25	33 810
Mai	37 014	39	37 053
Juin	35 884	47	35 931
Juillet	38 097	48	38 145
Août	34 438	64	34 502
Septembre	36 426	56	36 483
Octobre	42 769	42	42 811
Novembre	42 320	25	42 346
Décembre	43 728	23	43 750
TOTAL	457 302	434	457 737

II. Prélèvement d'eau dans la nappe

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau des nappes de l'année 2021.

	Prélèvement d'eau pour l'eau potable (en milliers de m ³)	Prélèvement d'eau pour les puits d'appoint ultime (en milliers de m ³)	Total prélèvements nappe (en milliers de m ³)
Janvier	9,21	2	118
Février	9,91		
Mars	11,24		
Avril	8,56		
Mai	12,95		
Juin	16,80		
Juillet	11,98		
Août	7,99		
Septembre	7,26		
Octobre	8,25		
Novembre	5,41		
Décembre	6,62		
TOTAL	116		

III. Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance

1. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2021

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2019 à 2021 avec la valeur du prévisionnel 2021.

Année	Milieu	Volume (milliers de m ³)
2019	Rhône	447 642
2020		452 366
2021		457 737
Prévisionnel 2021		500 000
2019	Nappe	133
2020		108
2021		118
Prévisionnel 2021		160

Commentaires : Le volume annuel d'eau prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2021, compte tenu du temps effectif de fonctionnement des tranches.

2. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des débits instantanés et des volumes d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par la décision ASN n°2016-DC-0549.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Rhône	Débit instantané	20	Limite garantie par le débit nominal des pompes		m ³ / s
	Volume journalier	1,728	1,46	-	millions de m ³
	Volume annuel	631	458 *	S.O.	millions de m ³
Nappe	Débit instantané	188	Limite garantie par débit nominal des pompes eau potable. Pompage en eau ultime : 43 m ³ /h		m ³ / h
	Volume journalier	2 000	847	323	m ³
	Volume annuel	340	118 *	S.O.	milliers de m ³

*Correspond au volume annuel prélevé

Commentaires : Les valeurs maximales observées sont inférieures aux limites autorisées.

3. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements

L'année 2021 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

A noter que dans le cadre du retour d'expérience de l'événement survenu au CNPE de Fukushima-Daiichi, il a été décidé de mettre en place, sur l'ensemble des CNPE, un moyen complémentaire de pompage en eau d'ultime secours pour les matériels de l'îlot Nucléaire (bâches d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur et piscines du bâtiment combustible et du bâtiment réacteur). Sur le CNPE de Cruas-Meysse, la solution retenue est la réalisation de puits de pompage en nappe phréatique (1 puits par tranche). Ces puits ont été mis en service en 2020 pour les 4 tranches. Les essais périodiques des pompes conduisent à réaliser des prélèvements réguliers sur l'année.

Notre réseau piézométrique a fait l'objet d'un audit de conformité en 2019 et d'une remise en conformité complète à la réglementation et aux normes en vigueur, en 2020. On notera en particulier le comblement d'un forage détérioré et le forage d'un nouveau piézomètre à sa proximité immédiate.

4. Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le CNPE de Cruas-Meysse n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans le milieu en 2021.

Partie III – Restitution et consommation d'eau

I. Restitution d'eau

La restitution d'eau du CNPE de Cruas-Meysse pour l'année 2021 est présentée dans le tableau ci-dessous.

		Eau de refroidissement	Rejets radioactifs (1)	Rejet SEK	Rejet déminée	Unités
Restitution mensuelle	Janvier	38,01	0,0056	0,0098	0,0019	millions de m ³
	Février	31,02	0,0042	0,0107	0,0017	
	Mars	29,44	0,0063	0,0112	0,0024	
	Avril	29,70	0,0072	0,0109	0,0027	
	Mai	33,04	0,0072	0,0162	0,0051	
	Juin	33,08	0,0046	0,0223	0,0048	
	Juillet	35,30	0,0078	0,0231	0,0060	
	Août	31,43	0,0100	0,0178	0,0087	
	Septembre	33,23	0,0063	0,0213	0,0095	
	Octobre	37,19	0,0060	0,0196	0,0070	
	Novembre	36,68	0,0041	0,0111	0,0060	
Décembre	38,06	0,0035	0,0116	0,0011		
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	406,5				millions de m ³
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	88,8				%

(1) Rejets radioactifs : KER + TER

II. Consommation d'eau

1. Cumul mensuel

La consommation d'eau correspond à la différence entre la quantité d'eau prélevée et la quantité d'eau restituée au milieu aquatique. Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel de consommation d'eau de l'année 2021.

	Consommation d'eau (en milliers de m3)
Janvier	5 626
Février	4 554
Mars	4 202
Avril	4 090
Mai	3 984
Juin	2 819
Juillet	2 808
Août	3 036
Septembre	3 216
Octobre	5 588
Novembre	5 644
Décembre	5 674
TOTAL	51 241

Cette consommation correspond en grande majorité à l'eau évaporée (tours aéroréfrigérantes).

Partie IV - Rejets d'effluents

Comme beaucoup d'autres activités industrielles, l'exploitation d'un CNPE entraîne des rejets d'effluents à l'atmosphère et par voie liquide. Une réglementation stricte encadre ces différents rejets, qu'ils soient radioactifs ou non.

Chaque CNPE a mis en place une organisation afin d'assurer une gestion optimisée des effluents visant notamment à :

- réduire à la source la production d'effluents, notamment par le recyclage,
- réduire les rejets de substances radioactives ou chimiques au moyen de traitements appropriés,
- optimiser la production de déchets et valoriser les déchets conventionnels qui peuvent l'être.

Les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

- les rejets radioactifs liquides et atmosphériques, qui peuvent contenir :
 - o Tritium,
 - o Carbone 14,
 - o Iode,
 - o Autres produits de fission ou d'activation,
 - o Gaz rares.
- les rejets chimiques liquides classés en deux catégories :
 - o les rejets de substances chimiques associées aux effluents radioactifs liquides ou eaux non radioactives issues des salles des machines,
 - o les rejets de produits issus des autres circuits non radioactifs (circuit de refroidissements des condenseurs, station de déminéralisation, station d'épuration).
- les rejets chimiques atmosphériques : un CNPE émet peu de substances chimiques par voie atmosphérique. Les émissions proviennent des groupes électrogènes de secours constitués de moteurs diesels ou de turbines à combustion consommant du gasoil, de pertes de fluides frigorigènes, du renouvellement de calorifuges dans le bâtiment réacteur et d'émanations de certaines substances volatiles utilisées pour la protection et le traitement des circuits.
- les rejets thermiques : quel que soit le mode de refroidissement (ouvert ou fermé) d'un CNPE, l'échauffement du milieu aquatique est limité par la réglementation propre à chaque CNPE.

Optimisés, réduits, traités et surveillés, les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques et liquides génèrent une exposition des populations plus de 100 fois inférieure à la limite réglementaire d'exposition reçue par une personne du public fixée à 1mSv/an dans l'article R1333-8 du code de la santé publique

I. Rejets d'effluents à l'atmosphère

1. Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

Pour les tranches en fonctionnement, il existe deux sources de rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère :

- les effluents dits « hydrogénés » proviennent du dégazage des effluents liquides issus du circuit primaire. Afin d'éviter tout mélange avec l'oxygène de l'air, ces effluents hydrogénés sont collectés et stockés, au minimum 30 jours dans des réservoirs où une surveillance régulière est effectuée. Durant ce temps, la radioactivité décroît naturellement, ce qui réduit d'autant l'impact environnemental. Les effluents sont contrôlés avant leur rejet. Pendant leur rejet, ils subissent systématiquement des traitements tels que la filtration à Très Haute Efficacité (filtres THE) qui permet de retenir les poussières radioactives. Ces rejets occasionnels sont dits « concertés ».
- Les effluents dits « aérés » qui proviennent de la collecte des événements des circuits de traitement des effluents liquides radioactifs, de la dépressurisation du bâtiment du réacteur ainsi que de l'air de la ventilation des locaux de l'îlot nucléaire. La ventilation maintient les locaux en légère dépression par rapport à l'extérieur et évite ainsi les pertes de gaz ou de poussières contaminées vers l'environnement. Les opérations de dépressurisation de l'air du bâtiment réacteur conduisent à des rejets dits « concertés ». L'air de ventilation transite par des filtres THE et, dans certains circuits, sur des pièges à iodes à charbon actif avant d'être rejeté en continu à la cheminée. Ces rejets sont dits « permanents ».

Ces deux types d'effluents sont rejetés dans l'atmosphère par une cheminée dédiée à la sortie de laquelle est réalisé, en permanence, un contrôle de l'activité rejetée.

Les cinq catégories de radionucléides réglementés dans les rejets d'effluents à l'atmosphère sont les gaz rares, le tritium, le carbone 14, les iodes et les autres produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) :

- Les principaux gaz rares issus de la réaction de fission sont le xénon 133, le xénon 135, le krypton 85 et le xénon 131. Ce sont des gaz inertes, ils ne sont donc pas retenus par les systèmes de filtration (filtres très haute efficacité THE et pièges à iodes).
- Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène. C'est un émetteur bêta (électron) de faible énergie. Il est rejeté par les CNPE est très majoritairement issu de l'activation neutronique d'éléments tels que le bore 10 et le lithium 6 présents dans le fluide primaire.
- Le carbone 14 présent dans les rejets des CNPE est produit essentiellement par activation de l'oxygène 17 présent dans l'eau du circuit primaire. Une part plus faible est produite par l'activation de l'azote 14 dissous dans l'eau du circuit primaire.
- Les iodes présents dans les rejets d'effluents radioactifs du CNPE (principalement l'iode 131 et l'iode 133) sont des produits de fission, créés dans le combustible par fission des atomes d'uranium ou de plutonium.
- Les autres produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) émetteurs β ou γ , correspondent principalement au césium et au cobalt.

a. Règles spécifiques de comptabilisation

Ces règles s'appuient en premier lieu sur la définition de « spectres de référence », en fonction du type de rejet (liquides ou atmosphériques). Ces rejets sont constitués d'une liste de radionucléides à identifier par les moyens de mesure adéquats. Cette liste a été déterminée par une étude réalisée de 1996 à 1999 sur l'ensemble du parc des CNPE d'EDF. Toutes les substances figurant dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des

radionucléides comme l'iode, peu présent dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour chacun des rejets d'effluents du mois considéré. Les cumuls annuels sont égaux à la somme des cumuls mensuels.

b. Spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère

Le bilan des rejets d'effluents réalisés à l'atmosphère est déterminé pour chacune des cinq familles de radionucléides réparties comme suit :

- les gaz rares,
- le Tritium,
- le Carbone 14,
- les Iodes,
- les autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta et/ou gamma (PF-PA).

Le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère.

Paramètres	Radionucléide
Gaz rares	⁴¹ Ar
	⁸⁵ Kr
	^{131m} Xe
	¹³³ Xe
	¹³⁵ Xe
Tritium	³ H
Carbone 14	¹⁴ C
Iodes	¹³¹ I
	¹³³ I
Produits de fission et d'activation	⁵⁸ Co
	⁶⁰ Co
	¹³⁴ Cs
	¹³⁷ Cs

c. Cumul mensuel

Les cumuls mensuels des rejets d'effluents radioactifs pour les tranches en fonctionnement à l'atmosphère sont donnés dans le tableau suivant.

¹ D'après le Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de l'IRSN : « Le seuil de décision est la valeur minimale que doit avoir la mesure d'un échantillon pour que le métrologue puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés. »

	⁴¹ Ar (GBq)	⁸⁵ Kr (GBq)	^{131m} Xe (GBq)	¹³³ Xe (TBq)	¹³⁵ Xe (TBq)	¹³¹ I (GBq)	¹³³ I (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	¹³⁴ Cs (TBq)	¹³⁷ Cs (TBq)
Janvier	4,07	1,07E-02	1,61E-03	3,54E-02	1,75E-02	1,50E-04	8,64E-04	8,95E-05	1,05E-04	7,67E-05	8,75E-05
Février	21,46	5,28E-03	8,44E-04	2,88E-02	1,61E-02	4,43E-04	1,09E-03	1,14E-04	1,20E-04	1,07E-04	1,15E-04
Mars	3,42	2,98E-02	3,22E-03	3,79E-02	2,84E-02	2,69E-04	1,55E-03	8,54E-04	2,25E-04	1,80E-04	2,07E-04
Avril	3,78	1,98E-02	2,55E-03	3,29E-02	2,12E-02	4,11E-04	1,09E-03	1,43E-04	1,37E-04	1,20E-04	1,24E-04
Mai	12,00	6,63E-03	1,08E-03	2,93E-02	2,10E-02	9,94E-04	1,05E-03	1,44E-04	1,45E-04	1,19E-04	1,20E-04
Juin	2,97	9,58E-03	1,43E-03	2,77E-02	3,24E-02	7,98E-04	1,15E-03	1,28E-04	1,47E-04	1,23E-04	1,40E-04
Juillet	7,34	0	0	2,50E-02	1,51E-02	1,84E-04	8,34E-04	1,11E-04	9,93E-05	8,24E-05	8,73E-05
Août	2,61	2,08E-02	2,99E-03	2,90E-02	2,76E-02	1,96E-04	1,04E-03	1,22E-04	1,38E-04	1,16E-04	1,12E-04
Septembre	2,00	5,68E-03	7,94E-04	2,74E-02	2,40E-02	1,81E-04	8,88E-04	6,82E-05	7,90E-05	5,90E-05	6,03E-05
Octobre	6,85	0	0	3,02E-02	3,39E-02	3,78E-04	9,07E-04	7,33E-05	8,07E-05	7,03E-05	7,43E-05
Novembre	3,82	1,05E-02	1,45E-03	3,03E-02	5,15E-02	3,09E-04	9,49E-04	6,80E-05	9,81E-05	6,37E-05	6,71E-05
Décembre	5,04	0	0	2,86E-02	3,46E-02	2,23E-04	1,14E-03	7,60E-05	9,03E-05	6,96E-05	7,44E-05
TOTAL ANNUEL	75,37	1,19E-01	1,60E-02	3,62E-01	3,23E-01	4,53E-03	1,25E-02	1,99E-03	1,46E-03	1,19E-03	1,27E-03

	Volumes rejetés (m ³)	Activités gaz rares (GBq)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	3,71E+08	56,98	55,80	288	1,01E-03	3,59E-04
Février	3,46E+08	66,33	48,44		1,53E-03	4,56E-04
Mars	4,28E+08	69,77	74,04		1,82E-03	1,47E-03
Avril	4,12E+08	57,89	88,61	125	1,50E-03	5,24E-04
Mai	4,31E+08	62,30	98,72		2,04E-03	5,27E-04
Juin	4,18E+08	63,02	136,65		1,95E-03	5,39E-04
Juillet	3,96E+08	47,48	133,35	116	1,02E-03	3,80E-04
Août	4,18E+08	59,26	177,89		1,23E-03	4,89E-04
Septembre	3,92E+08	53,44	158,42		1,07E-03	2,67E-04
Octobre	4,03E+08	70,89	133,26	53	1,28E-03	2,99E-04
Novembre	3,76E+08	85,62	98,50		1,26E-03	2,97E-04
Décembre	3,92E+08	68,21	70,95		1,36E-03	3,10E-04
TOTAL ANNUEL	4,78E+09	761	1 275	581	1,71E-02	5,91E-03

Il a été vérifié que les rejets ne présentent aucune activité volumique alpha globale d'origine artificielle supérieure aux seuils de décision.

Il a été vérifié que les rejets au niveau des cheminées annexes (ventilations du bâtiment des auxiliaires de conditionnement (BAC), de la laverie) ne présentent pas d'activité volumique bêta globale d'origine artificielle supérieure à celle naturellement présente dans l'air ambiant.

Toutefois, en juin 2021, l'analyse du prélèvement du filtre de la cheminée du BAC a présenté à plusieurs reprises une activité volumique en beta globale supérieure au seuil de décision (cf. ESE1 Partie I V.1). Des spectrométries, réalisées sur une durée de comptage plus longue dans un but prospectif et de compréhension, révèle la présence de radionucléide artificiel tellure-123m (123mTe) avec une activité juste supérieure à la limite de détection de la méthode. Après analyse, il s'avère que cette détection était en lien avec une pratique d'exploitation du BAC particulière, abandonnée depuis l'analyse.

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2019	677	1 390	726	0,020	0,0047
2020	704	1 140	536	0,017	0,0049
2021	761	1 275	581	0,0171	0,0059
Prévisionnel 2021	1 300	1 600	900	0,045	0,015

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2021.

e. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision n°2016-DC-0548 de l'ASN du 08 mars.

Paramètres	Localisation prélèvement	Limites annuelles de rejet		Rejet	
		Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne
Gaz rares	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	48 000	761*	S.O.
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+07	2,07E+06	1,40E+06
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+07	1,07E+06	4,51E+05
Carbone 14	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	2 200	581*	S.O.
Tritium	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	8 000	1 275*	S.O.
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+06	3,56E+04	1,76E+04
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+06	4,42E+04	2,28E+04
	Cheminée BEGV	Débit instantané (Bq/s)	-	8,17E+01	8,34E+00
Iodes	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,2	1,71E-02*	S.O.
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	1,01	2,84E-01
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	1,52	2,57E-01
Autres produits de fission et produits d'activation	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,8	5,91E-03*	S.O.
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	1,28E+00	1,13E-01
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	1,44E-01	7,87E-02
	Cheminée BEGV	Débit instantané (Bq/s)	-	1,04E-02	5,35E-03

*Correspond à l'activité annuelle rejetée

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n°2016-DC-0548.

Les débits instantanés ont respecté les valeurs de la décision ASN n°2016-DC-0548 tout au long de l'année 2021.

2. Evaluation des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

- les événements de réservoirs d'entreposage des effluents radioactifs (T, S), le réservoir de stockage de l'eau borée pour le remplissage des piscines,
- les rejets de vapeur du circuit secondaire par le système de décharge à l'atmosphère, susceptibles de renfermer de la radioactivité en cas d'inétanchéité des tubes de générateurs de vapeur.

Ces rejets, ne transitant pas par la cheminée instrumentée, sont dits « diffus », et font l'objet d'une estimation mensuelle par calcul visant notamment à s'assurer de leur caractère négligeable.

Les cumuls mensuels des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère est donnée dans le tableau suivant.

	Volume (m ³)	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des événements des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines et d'entreposage des effluents liquides	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	1,54E+04	0	0	3,41E+07	0
Février	1,57E+04	0	0	4,38E+07	0
Mars	2,04E+04	8,28E+07	0	6,04E+07	0
Avril	2,44E+04	7,800E+08	0	5,22E+07	0
Mai	3,12E+04	6,472E+08	0	4,14E+07	0
Juin	3,58E+04	0	0	1,088E+07	0
Juillet	5,93E+04	1,075E+08	0	2,70E+07	0
Août	5,15E+04	0	0	1,921E+07	0
Septembre	4,17E+04	4,46E+09	0	4,68E+07	0
Octobre	3,19E+04	3,00E+08	0	5,21E+07	0
Novembre	1,52E+04	0	0	4,567E+07	0
Décembre	1,51E+04	0	0	2,751E+07	0
TOTAL ANNUEL	3,58E+05	6,38E+09	0	4,61E+08	0

3. Evaluation des rejets diffus d'effluents à l'atmosphère non radioactifs

Les CNPE engendrent également des rejets d'effluents à l'atmosphère non radioactifs dont les origines sont :

- Le lessivage chimique des générateurs de vapeur : l'encrassement des générateurs de vapeur peut nécessiter un lessivage chimique à l'origine de rejets chimiques à l'atmosphère (ammoniac...) qui nécessitent une autorisation administrative ; ces rejets sont, soit mesurés, soit estimés par calcul en fonction des quantités de produits chimiques utilisés.
- Les émissions des groupes électrogènes de secours : les groupes électrogènes de secours composés de moteurs diesel, les Turbines à Combustion (TAC) et les Diesels d'Ultime Secours (DUS) fonctionnant au gasoil sont destinés uniquement à alimenter des systèmes de sécurité et/ou à prendre le relais de l'alimentation électrique principale en cas de défaillance de celle-ci. Ils ont donc un rôle majeur en termes de sûreté nucléaire. Les émissions des gaz de combustion (SO₂, NO_x) de ces matériels de petites puissances sont faibles sachant qu'ils ne fonctionnent que peu de temps (moins de 50 h/an par diesel) lors des essais périodiques ou d'incidents.
- Les émissions de fluides frigorigènes. En effet, un CNPE est équipée de groupes frigorifiques pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs. Ces matériels utilisent des produits pouvant accroître l'effet de serre. Le fonctionnement des matériels et les opérations de maintenance conduisent à des émissions de fluides frigorigène. Ces émissions sont réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.
- Les opérations de maintenance effectuées dans les bâtiments réacteur des CNPE : Lors de ces opérations, une quantité plus ou moins importante de calorifuges est changée par des produits neufs. Pendant les phases de montée en température correspondant à la remise en service des installations, certains types de calorifuges émettent, par dégradation thermique, des vapeurs formolées dans l'enceinte, qui peuvent être à l'origine de rejets de monoxyde de carbone.
- Le conditionnement de circuit à l'arrêt : à l'occasion des arrêts de tranche pour une durée supérieure à une semaine, la conservation humide des générateurs de vapeur permet de s'affranchir du risque de corrosion des matériaux constitutifs et de disposer d'une barrière biologique (écran d'eau) pour réaliser des travaux environnants. Les générateurs de vapeur sont alors remplis avec de l'eau déminéralisée conditionnée à l'hydrazine et additionnée avec de l'ammoniaque dans des proportions définies dans les spécifications chimiques de conservation à l'arrêt.

a. Rejets d'oxyde de soufre et d'azote

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SO_x) et d'azote (NO_x) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels) ayant fonctionné pendant environ 135 heures, des diesels d'ultime secours (DUS) ayant fonctionné pendant environ 12 heures, au total sur les 4 tranches pour 2022 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes + DUS
SO _x	kg	3
NO _x	kg	15 167

b. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2022, 284 m³ de calorifuges dans les enceintes des bâtiments réacteurs 1, 2 et 3 ont été renouvelés.

Ce volume donne une estimation des concentrations maximales ajoutées dans l'atmosphère.

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m ³	Formaldéhyde	3,11E-02	7,37E-04
		Monoxyde de carbone	2,90E-02	6,88E-04

c. Rejets de substances volatiles en lien avec le conditionnement de circuits à l'arrêt

L'estimation du rejet des espèces volatiles est la suivante :

Paramètre	Unité	TOTAL
Ammoniac	kg	363
Ethanolamine		7

d. Bilan des émissions gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes

Un bilan des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes est réalisé annuellement par le CNPE de Cruas-Meysse.

L'estimation des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes est la suivante :

Paramètre	Masse en kg	Tonne équivalent CO ₂
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	0,0	0,0
Hydrogéo-chloro-fluor-carbone (HCFC)	0,0	0,0
Hydrogéo-fluoro-carbone (HFC)	104,9	328,9
Hexafluorure de soufre (SF6)	0,0	0,0
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO ₂		328,9

Dans le respect de la réglementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO₂ provenant de l'activité de combustion de combustibles dans les installations dont la puissance thermique totale de combustion est supérieure à 20 MW. Pour l'année 2021, les émissions liées à cette activité représentent 460,33 tonne équivalent CO₂.

L'équivalent CO₂ total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente 3,63.10⁻² gCO₂ / kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 21,76 TWh sur l'année 2021.

4. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets d'effluents à l'atmosphère

Aucune intervention de maintenance anticipée n'a été nécessaire sur l'année 2021

5. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents à l'atmosphère

Le CNPE de Cruas-Meyssse n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejets d'effluents à l'atmosphère en 2021.

Un projet spécifique dénommé Sherlock a débuté en 2021 et consiste en l'expertise complète d'un générateur de vapeur. Elle nécessite un découpage du composant pour en extraire un certain nombre d'éléments (morceaux de tubes, de plaques entretoises, de tirants...). Les opérations de découpe et de décontamination sont susceptibles de générer des effluents gazeux.

Depuis 2021, les effluents radioactifs atmosphériques issus des opérations SHERLOCK sont rejetés après traitement sur filtre via l'exutoire du BEGV. Ces rejets d'effluents radioactifs atmosphériques issus du projet SHERLOCK sont réalisés, de façon temporaire, sous couvert des prescriptions de la décision ASN n°2016-DC-0548.

II. Rejets d'effluents liquides

1. Rejets d'effluents liquides radioactifs

Lorsque l'on exploite un CNPE en fonctionnement, des effluents liquides radioactifs sont produits :

- Les effluents provenant du circuit primaire dits « effluents primaires hydrogénés » contiennent des gaz de fission (xénon, iode, césium, ...) et des produits d'activation (cobalt, manganèse, tritium, carbone 14...) et de fission. Ces effluents sont essentiellement produits en phase d'exploitation du fait des mouvements d'eau primaire effectués lors des variations de puissance ou de l'ajustement des paramètres chimiques de l'eau du réacteur...).
- Les effluents issus des circuits auxiliaires dits « effluents usés » constituent le reste des effluents. Ils résultent principalement des opérations de maintenance nécessitant des vidanges de circuit (filtres, déminéraliseurs, échangeurs...), des opérations d'évacuation du combustible usé et de conditionnement des résines usées, des actions de maintien de la propreté des installations (lavage du sol et du linge).

La totalité de ces effluents est collectée, puis traitée, pour retenir l'essentiel de la radioactivité.

Les effluents issus du circuit primaire sont dirigés vers le circuit de Traitement des Effluents Primaires (TEP). Celui-ci comprend une chaîne de filtration et de déminéralisation, un dégazeur permettant d'envoyer les gaz dissous vers le système de Traitement des Effluents Gazeux (TEG), et une chaîne d'évaporation permettant de séparer l'effluent traité en un distillat (eau) d'activité volumique faible pouvant être recyclé ou rejeté le cas échéant, et en un concentrat renfermant le bore, qui est généralement recyclé vers le circuit primaire.

Les effluents liquides oxygénés recueillis dans les puisards des différents locaux sont dirigés vers le circuit de Traitement des Effluents Usés (TEU) où ils sont traités. Collectés sélectivement suivant plusieurs catégories (résiduaire, chimique, planchers, servitudes), le traitement de ces effluents, approprié à leurs caractéristiques physico-chimiques, peut se faire :

- par filtration et déminéralisation (résines échangeuses d'ions) permettant de retenir l'essentiel de la radioactivité,
- sur chaîne d'évaporation, permettant d'obtenir d'une part un distillat épuré chimiquement et d'activité faible, et d'autre part un concentrat composé principalement d'acide borique,
- par filtration pour les drains de planchers et servitudes (laverie, douches...) peu radioactifs.

Les effluents sont ensuite acheminés vers des réservoirs d'entreposage dénommés réglementairement T ou S, où ils sont analysés, sur le plan radioactif et sur le plan chimique, avant d'être rejetés, en respectant la réglementation.

Les eaux issues des salles des machines (groupe turbo-alternateur) ne sont pas considérées comme des effluents radioactifs au sens de la réglementation (article 2.3.3 de la décision n°2017-DC-0588). Ces eaux sont collectées sans traitement préalable vers des réservoirs dénommés réglementairement Ex où elles sont contrôlées avant d'être rejetées.

a. Règles spécifiques de comptabilisation

Ces règles s'appuient en premier lieu sur la définition de « spectres de référence », en fonction du type de rejet (liquides ou atmosphériques). Ces rejets sont constitués d'une liste de radionucléides à identifier par les moyens de mesure adéquats. Cette liste a été déterminée par une étude réalisée de 1996 à 1999 sur l'ensemble du parc des CNPE d'EDF. Toutes les substances figurant dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des radionucléides comme l'iode, peu présent dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour chacune des catégories d'effluents du mois considéré (T, S, Ex). Les cumuls annuels sont égaux à la somme des cumuls mensuels.

b. Spectre de référence des rejets d'effluents radioactifs liquides

Le bilan des rejets d'effluents radioactifs liquides est déterminé pour chacune des quatre familles de radionucléides réparties comme suit :

- le Tritium,
- le Carbone 14,
- les Iodes,
- les autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta et/ou gamma (PF-PA).

Le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs liquides pour les tranches en fonctionnement.

Paramètres	Radionucléide
Tritium	³ H
Carbone 14	¹⁴ C
Iodes	¹³¹ I
Produits de fission et d'activation	⁵⁴ Mn
	⁶³ Ni
	⁵⁸ Co
	⁶⁰ Co
	^{110m} Ag
	^{123m} Te
	¹²⁴ Sb
	¹²⁵ Sb
	¹³⁴ Cs
¹³⁷ Cs	

¹ D'après le Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de l'IRSN : « Le seuil de décision est la valeur minimale que doit avoir la mesure d'un échantillon pour que le métrologue puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés. »

c. Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets d'effluents radioactifs liquides pour les tranches en fonctionnement est donné dans le tableau suivant :

	¹³¹ I (MBq)	⁵⁴ Mn (MBq)	⁶³ Ni (MBq)	⁵⁸ Co (MBq)	⁶⁰ Co (MBq)	^{110m} Ag (MBq)	^{123m} Te (MBq)	¹²⁴ Sb (MBq)	¹²⁵ Sb (MBq)	¹³⁴ Cs (MBq)	¹³⁷ Cs (MBq)
Janvier	1,59E+00	1,86E+00	5,56E+00	1,21E+01	5,79E+00	2,02E+00	1,37E+00	1,69E+00	4,58E+00	1,60E+00	1,89E+00
Février	1,28E+00	1,44E+00	7,54E+00	2,26E+01	4,76E+00	6,04E+00	1,03E+00	1,41E+00	3,78E+00	1,37E+00	1,60E+00
Mars	3,04E+00	3,68E+00	1,88E+01	4,43E+01	1,94E+01	9,45E+00	2,38E+00	3,38E+00	9,32E+00	3,51E+00	4,29E+00
Avril	2,60E+00	2,98E+00	1,65E+01	1,69E+01	8,36E+00	1,15E+01	2,10E+00	2,74E+00	7,92E+00	2,73E+00	3,15E+00
Mai	2,33E+00	2,57E+00	2,02E+01	2,15E+01	6,04E+00	6,14E+00	1,76E+00	2,43E+00	6,98E+00	2,40E+00	2,50E+00
Juin	1,49E+00	1,65E+00	1,37E+01	1,71E+01	6,53E+00	5,80E+00	1,14E+00	2,91E+00	4,71E+00	1,57E+00	1,70E+00
Juillet	6,73E+00	2,76E+00	1,25E+01	2,24E+01	8,74E+00	6,44E+00	1,94E+00	2,94E+00	7,63E+00	2,59E+00	2,69E+00
Août	3,34E+00	3,71E+00	1,77E+01	3,33E+01	1,21E+01	7,03E+00	2,51E+00	5,42E+00	1,00E+01	3,37E+00	3,48E+00
Septembre	2,12E+00	2,47E+00	2,63E+01	2,56E+01	1,57E+01	7,76E+00	1,56E+00	3,17E+00	6,33E+00	2,21E+00	2,33E+00
Octobre	2,01E+00	2,27E+00	2,82E+01	2,12E+01	2,18E+01	1,01E+01	1,49E+00	2,19E+00	6,05E+00	2,10E+00	2,19E+00
Novembre	1,29E+00	1,39E+00	1,06E+01	6,15E+00	4,98E+00	4,80E+00	9,73E-01	1,38E+00	4,03E+00	1,37E+00	1,39E+00
Décembre	1,32E+00	1,44E+00	6,32E+00	6,75E+00	8,68E+00	2,12E+00	9,37E-01	1,54E+00	3,91E+00	1,32E+00	1,40E+00
TOTAL ANNUEL	2,91E+01	2,82E+01	1,84E+02	2,50E+02	1,23E+02	7,92E+01	1,92E+01	3,12E+01	7,53E+01	2,61E+01	2,86E+01

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (MBq)	Activités Autres PF et PA (MBq)
Janvier	1,53E+04	2,87E+03	3,33E+00	1,59E+00	3,29E+01
Février	1,45E+04	3,64E+03	3,33E+00	1,28E+00	4,40E+01
Mars	1,75E+04	4,64E+03	7,47E+00	3,04E+00	9,97E+01
Avril	1,80E+04	3,18E+03	8,67E+00	2,60E+00	5,84E+01
Mai	2,34E+04	2,60E+03	7,34E+00	2,33E+00	5,23E+01
Juin	2,96E+04	7,11E+02	8,17E-01	1,49E+00	4,31E+01
Juillet	1,15E+05	1,78E+03	3,27E+00	6,73E+00	5,82E+01
Août	2,77E+04	1,57E+03	2,51E+00	3,34E+00	8,10E+01
Septembre	2,76E+04	2,29E+03	1,96E+00	2,12E+00	6,71E+01
Octobre	2,56E+04	4,18E+03	3,65E+00	2,01E+00	6,94E+01
Novembre	1,52E+04	3,76E+03	3,11E+00	1,29E+00	2,65E+01
Décembre	1,51E+04	2,36E+03	2,81E+00	1,32E+00	2,81E+01
TOTAL ANNUEL	3,45E+05	3,36E+04	4,83E+01	2,91E+01	6,61E+02

Il a été vérifié que les rejets ne présentent pas d'activité volumique alpha globale d'origine artificielle supérieure aux seuils de décision.

Commentaires : Les micros fuites "primaire-secondaire" au niveau des générateurs de vapeur sont à l'origine de la présence du tritium dans les réservoirs SEK (des rejets en tritium supérieurs à 400 Bq/l, en provenance des réservoirs SEK ont été réalisés sur l'année 2021, ces rejets ont toutefois respecté la limite réglementaire fixée à 4000 Bq/l).

Une disposition définie dans la décision ASN n°2016-DC-0549 relative aux modalités de rejet permet, sous conditions, au CNPE de Cruas-Meysses de pouvoir rejeter les effluents radioactifs liquides quand le débit du Rhône est inférieur à 500 m³/s tout en étant supérieur à 300 m³/s.

En 2021, cette disposition a été utilisée 3 fois par le CNPE après information préalable de l'ASN :

- du 09/09/2021 au 29/09/2021,
- du 01/09/2021 au 14/10/2021,
- du 20/10/2021 au 10/11/2021.

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PA et PF
2019	42 600	46	0,022	0,67
2020	32 000	34	0,025	1,01
2021	33 600	48	0,029	0,66
Prévisionnel 2021	50 000	70	0,040	2

Commentaires : Les rejets radioactifs liquides sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2021.

e. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°2016-DC-0548.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	80 000	33 600
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	260	48
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,4	0,029
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	36	0,66

Commentaires : Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

f. Surveillance des eaux de surface

Des prélèvements d'eau du Rhône sont réalisés lors de chaque rejet d'effluents liquides radioactifs (à mi-rejet). Des prélèvements journaliers sont également réalisés en dehors des périodes de rejet. Plusieurs analyses sont réalisées sur ces échantillons d'eau filtrée (mesure de bêta globale, du tritium et de la teneur en potassium sur l'eau et mesures de l'activité bêta globale sur les matières en suspension). Ces analyses permettent de s'assurer du respect des valeurs d'activité volumique limites fixées par la réglementation.

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2021 sont donnés dans le tableau suivant (valeurs moyennes et maximales).

Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet			Activité volumique : moyenne journalière			
	Valeur moyenne mesurée en 2021	Valeur maximale mesurée en 2021	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2021	Valeur maximale mesurée en 2021	Limite réglementaire	
Eau filtrée	Activité bêta globale	0,13 Bq/L	0,25 Bq/L	2 Bq/L	-	-	-
	Tritium	17,46 Bq/L	75 Bq/L	280 Bq/L	12,14 Bq/L	60,2 Bq/L	140 ⁽¹⁾ / 100 ⁽²⁾ Bq/L
	Potassium	1,77 mg/L	2,7 mg/L	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale	-	0,30 Bq/L	-	-	-	-

(1) en présence de rejets radioactifs / (2) en l'absence de rejets radioactifs

Commentaires : Les mesures de surveillance dans les eaux de surface pour l'année 2021 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont très inférieures aux limites réglementaires.

2. Rejets d'effluents liquides chimiques

Le fonctionnement d'un CNPE nécessite l'utilisation de substances chimiques et donne lieu à des rejets chimiques par voie liquide dans l'environnement.

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits primaire, secondaire et auxiliaires utilisés pour garantir l'intégrité des matériels contre la corrosion (rejets chimiques associés aux effluents radioactifs ou non)
- de la production d'eau déminéralisée,
- du traitement des eaux vannes (eaux rejetées par les installations domestiques),
- des traitements des circuits du refroidissement à l'eau brute contre les dépôts de tartre et le développement des micro-organismes.

Les principales substances utilisées sont :

- l'acide borique (H_3BO_3) : le bore contenu dans cet acide est « avide » des neutrons produits lors de la réaction nucléaire. C'est une substance neutrophage, qui permet donc le contrôle de la réaction de fission et donc le pilotage du réacteur. Ce bore est dissous dans l'eau du circuit primaire.
- la lithine ($LiOH$) : ce produit est utilisé pour maintenir le pH du circuit primaire. En effet, le bore est sous forme acide. Pour éviter les effets de corrosion liés à cet acide, de la lithine est ajoutée à l'eau du circuit primaire afin d'ajuster le pH à celui de moindre corrosion. La concentration en lithine est donc directement liée à celle du bore.
- l'hydrazine (N_2H_4) : ce produit est utilisé principalement dans le circuit secondaire comme un agent anti-oxydant. Il permet d'éliminer l'oxygène dissous dans le mélange eau-vapeur, et ainsi maintenir là aussi un pH de moindre corrosion du circuit secondaire.
- La morpholine (C_4H_9NO), l'éthanolamine (C_2H_7NO) et l'ammoniaque (NH_4OH) sont des amines volatiles qui peuvent être employées, seules ou en combinaison, pour maintenir le bon pH dans le circuit secondaire. Elles complètent l'action de l'hydrazine. Le mode de conditionnement du circuit secondaire a évolué avec les années pour tenir compte du retour d'expérience interne et étranger. L'éthanolamine (C_2H_7NO), utilisée sur quelques CNPE, constitue une alternative intéressante à la morpholine, en particulier pour la protection des pièces internes des générateurs de vapeur et des purges des sécheurs-surchauffeurs de la turbine.
- le phosphate trisodique (Na_3PO_4) : comme l'hydrazine, le phosphate est utilisé pour le conditionnement des circuits de refroidissement intermédiaires.
- les détergents : ces produits sont régulièrement utilisés pour le nettoyage des locaux industriels ; qu'ils soient en ou hors zone contrôlée. Ils sont également utilisés à la laverie du CNPE pour le nettoyage des tenues d'intervention.

Par ailleurs, l'abrasion et la corrosion naturelles des tubes en laiton des condenseurs peut entraîner des rejets de cuivre et de zinc.

Les autres rejets chimiques réglementés ont pour origine l'installation de production d'eau déminéralisée, le traitement des eaux vannes et usées, dans la station d'épuration, ainsi que le traitement des eaux potentiellement huileuses issues de la salle des machines, des transformateurs principaux. Les rejets des eaux pluviales également réglementés au niveau des émissaires de rejet.

Les circuits fermés de refroidissement des condenseurs véhiculent de l'eau chaude dans laquelle peuvent se développer des salissures et des micro-organismes. Pour limiter leurs développements pendant la période estivale, un traitement contre le tartre ou un traitement biocide est mis en œuvre dans les circuits fermés de refroidissement des condenseurs.

L'injection d'acide sulfurique agit sur les causes de la formation du tartre. Il permet de se placer dans le domaine où les ions, à partir desquels se forme le carbonate de calcium, sont en dessous de la saturation ou dans les limites de sursaturation ne donnant pas lieu à précipitation.

Il existe également des rejets chimiques résultant du traitement contre la prolifération des amibes *Naegleria fowleri* et des légionelles *Legionella pneumophila* qui sont :

- des composés liés à la fabrication de la monochloramine sur CNPE, tels que le sodium, les chlorures et l'ammonium issus respectivement de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) et de l'ammoniaque (NH₄OH),
- des composés issus de la réaction du chlore de la monochloramine avec les matières organiques présentes dans l'eau circulant dans les circuits de refroidissement, tels que les AOX (dérivés organo-halogénés),
- des nitrites et nitrates liés à la décomposition de la monochloramine et à l'oxydation de l'azote réduit (ammonium).

Le résiduel en chlore total à maintenir en sortie de condenseur (paramètre de pilotage) est à l'origine du flux de Chlore Résiduel Total (CRT).

a. Etat des connaissances sur la toxicité de l'éthanolamine et de leurs produits dérivés

Il n'y a pas d'évolution récente des connaissances sur la toxicité de l'éthanolamine et des sous-produits associés.

Les principaux effets connus sont rappelés ci-après.

- L'éthanolamine a des propriétés irritantes (oculaire, cutané, brûlure d'œsophage dans le cas de l'ingestion) et corrosives. Aucune VTR issue des bases de données de référence n'est associée à cette substance.
- Les produits de dégradation de l'éthanolamine sont constitués des ions acétates, formiates, glycolates et oxalates, ainsi que de méthylamine et d'éthylamine. Il s'agit de substances irritantes voire corrosives, qui sont faiblement toxiques dans les conditions de rejet. Aucune VTR issue des bases de données de référence n'est associée à ces substances.

L'étude d'impact n'a pas mis en évidence de risque sanitaire attribuable aux rejets liquides d'éthanolamine et de ses produits dérivés. »

b. Règles spécifiques de comptabilisation

En application de l'article 3.2.7. -I. de la décision ASN n° 2013-DC-0360 modifiée, une nouvelle règle est appliquée à compter du 1er janvier 2015 pour la comptabilisation des quantités de substances chimiques rejetées. Cette nouvelle règle consiste à retenir par convention une valeur de concentration égale à la limite de quantification divisée par deux lorsque le résultat de la mesure est en dessous de la limite de quantification des moyens métrologiques employés pour effectuer l'analyse.

c. Rejets d'effluents liquides chimiques via « l'émissaire E1 et E2 »

i. Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets chimiques transitant par les émissaires E1 et E2 est donné dans le tableau suivant :

	Acide borique (kg)	Hydrazine (kg)	Ethanolamine (kg)	Détergents (kg)	Azote (kg)	Phosphates (kg)	Métaux totaux (kg)	DCO (kg)	Sodium (kg)	Sulfates (kg)
Janvier	9,73E+02	9,92E-02	1,83E+00	5,57E+00	1,91E+02	3,66E+01	3,50E+00	1,40E+02	1,40E+03	4,00E+03
Février	1,05E+03	4,58E-02	1,75E+00	5,03E+00	1,62E+02	4,08E+00	4,70E+00	6,00E+02	1,20E+03	3,60E+03
Mars	1,36E+03	5,09E-02	4,34E-01	6,27E+00	1,43E+02	1,69E+01	5,50E+00	1,30E+02	1,70E+03	5,00E+03
Avril	1,48E+03	6,37E-02	7,29E-01	7,16E+00	1,20E+02	4,14E+01	3,71E+00	5,41E+01	1,31E+03	5,85E+03
Mai	2,01E+03	8,42E-02	7,93E-01	7,22E+00	1,39E+02	9,18E+00	6,64E+00	1,39E+02	2,38E+03	1,07E+04
Juin	1,69E+03	1,62E-01	1,60E+00	5,30E+00	1,13E+02	1,48E+01	6,95E+00	1,76E+02	2,97E+03	1,32E+04
Juillet	1,18E+03	1,74E-01	1,44E+00	8,32E+00	1,30E+02	1,14E+01	1,09E+01	1,41E+02	4,76E+03	1,28E+04
Août	1,51E+03	9,65E-02	6,93E-01	9,95E+00	9,68E+01	2,64E+01	6,27E+00	1,92E+02	7,83E+03	2,07E+04
Septembre	9,34E+02	8,52E-02	4,22E+00	6,26E+00	9,64E+01	8,10E+01	6,54E+00	1,53E+02	7,46E+03	1,96E+04
Octobre	1,22E+03	8,53E-02	8,80E-01	6,01E+00	1,77E+02	6,20E+00	8,28E+00	7,69E+01	5,65E+03	1,46E+04
Novembre	9,91E+02	4,14E-02	4,91E-01	4,08E+00	1,81E+02	4,73E+00	1,82E+00	8,05E+01	4,88E+03	1,22E+04
Décembre	6,27E+02	4,83E-02	3,67E-01	3,51E+00	2,00E+02	4,27E+01	3,29E+00	8,37E+01	9,68E+02	3,34E+03
TOTAL ANNUEL	15 025	1,04	15,2	74,7	1,75E+03	295	68,4	1,97E+03	4,25E+04	1,26E+05

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Substances	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Emissaire E1					
Acide borique	kg	11 100	16 674	15 025	15 000
Ethanolamine	kg	/	24,5	15,2	50
Hydrazine	kg	2,25	1,57	1,04	2,5
Détergents	kg	74	97,44	74,7	100
Azote	kg	1 940	1 778	1 750	2 500
Phosphates	kg	293	289,5	295	350
Métaux totaux	kg	59	74	68,1	100
DCO	kg	1 600	1617	1970	-
Emissaire E2					
Sodium	kg	36 800	36 900	42 500	(intégrant rejets liés au traitement biocide)
Sulfates	kg	106 700	108 300	126 000	(intégrant rejets liés au traitement biocide)

Commentaires : A la suite de l'indisponibilité des évaporateurs 8 et 9 TEU001EV afin de réaliser les contrôles réglementaires ESPN, les rejets de bore qui étaient habituellement partagés entre les rejets liquides et des déchets solides issus des évaporateurs n'ont pu se faire que sous forme liquide justifiant une augmentation en acide borique en 2020 et 2021, le temps des contrôles et des opérations de maintenance.

iii. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°2016-DC-0548 du 08 mars 2016.

Substances	Concentration maximale ajoutée		Flux mensuel		Flux 24h		Flux 2h		Flux annuel	
	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée à l'émissaire E1 (mg/L)	Valeur maximale calculée (mg/L)	Flux mensuel (kg)	Valeur maximale calculée	Flux 24h (kg)	Valeur maximale calculée	Flux 2h (kg)	Valeur maximale calculée	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé
Acide borique	4 500	904	-	-	2 230	404	850	82,2	20 000	15 025
Ethanolamine	30	4,0	-	-	6,5⁽¹⁾	1,99	-	-	390*P2	15
Hydrazine	2	0,032	-	-	1,5⁽²⁾	0,039	-	-	19	1
Détergents	425	2,8	-	-	200	0,99	30	0,13	6 000	75
Azote	135	26	-	-	72	15,4	-	-	12 000	1 748
Phosphates	250	57,7	-	-	140	24,7	78	14,3	900	295
Métaux totaux	5	0,82	36	10,9	-	-	-	-	-	-
MES	170	38,2	-	-	150	18,5	-	-	-	-
DCO	200	54	-	-	180	16	-	-	-	-
Sulfates	3 110	4 570	-	-	2 800	1 600	-	-	-	-
Sodium	1 150	1 010	-	-	1 000	605	-	-	-	-

(1) Sur l'année, 10 % des flux 24 h peuvent dépasser cette valeur sans toutefois dépasser 20 kg pour l'éthanolamine.

(2) Sur l'année, 4 % des flux 24 h peuvent dépasser 1,5 kg sans toutefois dépasser 2,5 kg.

P2 = nombre de réacteurs conditionnés à l'éthanolamine

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2021, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Cruas-Meysse est évaluée à 1,8 kg.

Sur l'année 2021, il n'y a pas eu de dépassements de flux 24h :

- D'hydrazine supérieur à 1,5 kg (sans dépasser 2,5 kg),
- D'éthanolamine supérieur à 6,5 kg (sans dépasser 20 kg).

Il y a eu 3,5 kg d'injection de sulfate de cuivre destiné à la destruction de l'hydrazine dans les réservoirs T, S et Ex en 2021.

Commentaires : Les rejets liquides chimiques respectent les valeurs limites en flux 2h, 24h et annuel de rejet de la décision ASN n°2016-DC-0548. Un dépassement a eu lieu en sulfates sur la concentration ajoutée à l'émissaire E1 en lien avec une requalification de matériel sans dépassement de flux associé.

d. Rejets d'effluents liquides chimiques via l'émissaire « E3-1 à E3-4 »

Ce paragraphe présente pour le CNPE de Cruas-Meysse, pour l'année 2021 les rejets de substances chimiques liées notamment :

- au traitement contre le tartre,
- au traitement biocide,
- à l'usure des condenseurs.

i. Cumul mensuel

Le tableau ci-dessous présente les rejets mensuels pour chaque type de substances chimiques par voie liquide.

	Traitement à la monochloramine						
	Chlorures (kg)	Sodium (kg)	AOX (kg)	CRT (kg)	Ammonium (kg)	Nitrites (kg)	Nitrates (kg)
Janvier	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0	0	0
Avril	17530,85	11585,32	14,67	302,65	522,75	45,86	14478
Mai	37988,8	24672,74	33,87	544,95	3,46	47,2	34580
Juin	22675,18	14963,09	119,47	132,72	90,31	25,85	18974
Juillet	14041,75	9545,42	85,18	371,53	507,49	634,1	8918
Août	12324,41	8442,09	109,43	290,82	222,18	709,85	7168
Septembre	16140,72	11037,03	23,81	84,78	67,75	44,07	10708
Octobre	11511,62	7651,52	45,77	192,45	17,5	23,44	9224
Novembre	0	0	0	0	0	0	0
Décembre	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL ANNUEL	132 213	87 897	432	1 920	1 431	1 530	104 050

Traitement antitartre
Sulfates (kg)
1,30E+06
1,28E+06
9,86E+05
1,04E+06
8,79E+05
6,74E+05
6,72E+05
7,39E+05
7,55E+05
9,39E+05
1,20E+06
1,00E+06
1,15E+07

Usure des condenseurs	
Cuivre (kg)	Zinc (kg)
93	88
60	79
60	57
58	67
18	19
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
289	310

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques liées au traitement biocide sont réglementées par la décision ASN n°2016-DC-0548 du 08 mars 2016.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents liquides chimiques de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Principales origines	Paramètres	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Traitement à la monochloramine	Chlorures	kg	177 193	144 720	132 213	240 000
	Sodium	kg	114 801	93 763	87 897	190 000
	AOX	kg	835	284	432	1 500
	THM	kg	0	0	0	0
	CRT	kg	811	2929	1 920	5 000
	Ammonium	kg	2 283	1 374	1 431	5 000
	Nitrites	kg	756	1 426	1 530	4 000
	Nitrates	kg	162 511	131 544	104 050	240 000
Traitement anti-tartre	Sulfates	tonnes	8 120	9 670	1,15E+04	15 000
Usure des condenseurs	Cuivre	kg	850	920	289	2 000
	Zinc	kg	1 030	1 040	310	2 000

Commentaires : Les flux annuels sont inférieurs au prévisionnel 2021.

iii. Comparaison aux limites et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous présente les rejets annuels relatifs au traitement biocide à la monochloramine pour chaque type de substance chimique.

Paramètres	Concentration maximale au rejet (mg/L)			Flux 24h		Flux annuel	
	Limite	Rejet		Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée au rejet (mg/L)	Valeur maximale	Valeur moyenne	Flux 24h ajouté (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel (kg)
Chlorures	2,3 (seuil1) 2,8 (seuil 2)	1,79 (Tr1) 2,53 (Tr2) 2,42 (Tr3) 1,59 (Tr4)	1.18 (Tr1) 1,89 (Tr2) 0,9 (Tr3) 0,63 (Tr4)	2 400 (seuil1) 2 850 (seuil 2)	1472	-	-
Sodium	1,5 (seuil1) 1,8 (seuil 2)	1,16 (Tr1) 1,64 (Tr2) 1,57 (Tr3) 1,03 (Tr4)	0,77 (Tr1) 1,23 (Tr2) 0,58 (Tr3) 0,63 (Tr4)	1 550 (seuil1) 1 850 (seuil 2)	986	-	-
AOX	0,07 (seuil1) 0,08 (seuil 2)	0.03 (Tr1) 0.04 (Tr2) 0.01 (Tr3) 0.05 (Tr4)	0.00 (Tr1) 0.01 (Tr2) 0.00 (Tr3) 0.00 (Tr4)	75 (seuil1) 83 (seuil 2)	26	5 470	432,2
CRT	0,22 (seuil1) 0,28 (seuil 2)	0,08 (Tr1) 0,1 (Tr2) 0,14 (Tr3) 0,05 (Tr4)	0,02 (Tr1) 0,02 (Tr2) 0,02 (Tr3) 0,01 (Tr4)	230 (seuil1) 290 (seuil 2)	38,2	36 500	1 919,9
Azote total	0,48 (seuil1) 0,57 (seuil 2)	0,38 (Tr1) 0,53 (Tr2) 0,5 (Tr3) 0,33 (Tr4)	0,25 (Tr1) 0,4 (Tr2) 0,19 (Tr3) 0,13 (Tr4)	-	-	-	-
Ammonium	-	-	-	120	114	-	-
Nitrites	-	-	-	195 (seuil1) 370 (seuil 2)	56	-	-
Nitrates	-	-	-	2 200 (seuil1) 2 600 (seuil 2)	1 358	-	-

Seuil 1 : applicable en cas de traitement à la monochloramine

Seuil 2 : applicable en cas de traitement renforcé à la monochloramine

Commentaires : La stratégie de traitement a été adaptée au cours de la campagne de traitement biocide sans entraîner de dépassement du prévisionnel ou des limites de rejet chimiques. Le prévisionnel des flux chimiques peut être fluctuant pour permettre la maîtrise des colonisations amibes et légionelles.

En 2021, il n'y a pas eu d'opération de chloration massive à pH contrôlé, ni d'injection ponctuelle d'acide.

Le tableau ci-dessous présente les rejets annuels relatifs au traitement antitartre et à l'usure des condenseurs pour chaque type de substance chimique.

Paramètres	Flux 24h	
	Limite	Rejet
	Flux 24h ajouté (kg)	Valeur maximale (kg)
Sulfates	23 900	20 700
Cuivre	60	7,7
Zinc	32	6,5

e. Autre Rejets d'effluents liquides chimiques

Le tableau ci-dessous indique le bilan 2021 des rejets chimiques liés au fonctionnement de la station d'épuration.

Paramètres	Flux 24h		Flux annuel		Prévisionnel 2020
	Limite	Rejet	Limite	Rejet	
	Flux 24h ajouté (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux annuel ajouté (tonnes)	Flux annuel (tonnes)	
Azote globale	45	3,06	-	262	1 800
Phosphore total	11	1,53	-	214	400
DCO	32	6,4	-	-	-
DBO5	9	0,35	-	-	-
MES	12	0,64	-	-	-

Commentaires : Les paramètres azote globale et phosphore total sont suivis depuis mi-2016 (parution des nouvelles décisions de rejet), nous ne disposons donc pas d'une période de retour d'expérience significative.

3. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets liquides

L'année 2021 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

4. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Le CNPE de Cruas-Meyssse n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejet d'effluents liquides chimiques en 2021.

Fin 2021, les évaporateurs TEU des BAN 8 et 9 ont été remis en exploitation après le solde de la campagne des ESPN, débuté en mai 2020.

L'organisation mise en place pour le traitement sur SKID mobile de nos effluents TEU avec un pilotage quotidien a permis de garantir le traitement de nos effluents produits avec un volume de traitement journalier optimisé.

III. Rejets thermiques

Dans un CNPE, le fluide « eau-vapeur » du circuit secondaire suit un cycle thermodynamique au cours duquel il échange de l'énergie thermique avec deux sources de chaleur, l'une chaude, l'autre froide.

Le circuit assurant le refroidissement du condenseur (circuit tertiaire) constitue la source froide dont la température varie entre 0 °C et 30 °C environ. La source froide, nécessaire au fonctionnement, peut être apportée :

- soit directement par l'eau prélevée en rivière ou en mer dans un circuit dit ouvert,
- soit indirectement par l'air ambiant au moyen d'un aéroréfrigérant dans un circuit dit fermé.

Lorsque le CNPE est situé sur un cours d'eau à grand débit, en bord de mer ou sur un estuaire, l'eau prélevée à l'aide de pompes de circulation passe dans les nombreux tubes du condenseur où elle s'échauffe avant d'être restituée intégralement au milieu aquatique.

L'échauffement de l'eau (écart de température entre la sortie et l'entrée : $\Delta T^{\circ}\text{C}$) est lié à la puissance thermique (P_{th}) à évacuer au condenseur et du débit d'eau brute au condenseur (Q).

Afin de réduire le volume d'eau prélevée et limiter l'échauffement du milieu aquatique, le refroidissement des CNPE implantés sur des cours d'eau à faible ou moyen débit est assuré en circuit fermé au moyen d'aéroréfrigérants. Dans un aéroréfrigérant, une grande part de la chaleur extraite du condenseur est transférée directement à l'atmosphère sous forme de chaleur latente de vaporisation (75 %) et sous forme de chaleur sensible (25 %). Le reste de la chaleur est rejeté au cours d'eau par la purge. La purge de l'aéroréfrigérant constitue donc le rejet thermique de l'installation.

Les contrôles destinés à s'assurer du respect des limites réglementaires s'appuient sur des mesures de températures réalisées dans le rejet et dans l'environnement ou sur des calculs effectués à partir de paramètres physiques tels que le rendement thermodynamique, l'énergie électrique produite, les débits de rejet et du cours d'eau.

1. En conditions climatiques normales

Les rejets thermiques issus du circuit de refroidissement du CNPE de Cruas-Meysses et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées dans la décision ASN n°2016-DC-0548.

Le CNPE de Cruas-Meysses réalise en continu des mesures de températures en amont, au rejet du CNPE et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations de rejet en vigueur. Le bilan des valeurs mensuelles de ces différents paramètres pour l'année 2021 sont présentés dans les tableaux suivants :

	Température amont (°C)			Echauffement amont-aval calculé (°C)			Température aval après mélange (°C)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Janvier	7,21	5,02	6,22	0,22	0,04	0,1	7,24	5,20	6,32
Février	10	5,37	8,05	0,11	0,03	0,07	10,08	5,44	8,12
Mars	13,06	8,35	10,08	0,17	0,06	0,1	13,14	8,45	10,17
Avril	15,35	11,22	12,84	0,2	0,06	0,13	15,50	11,33	12,97
Mai	16,50	12,85	14,02	0,1	0,02	0,05	16,56	12,87	14,07
Juin	20,79	16,98	19,29	0,06	0,03	0,05	20,82	17,03	19,34
Juillet	22,59	16,20	19,87	0,08	0,02	0,03	22,63	16,22	19,90
Août	22,57	19,40	20,90	0,1	0,02	0,05	22,67	19,44	20,95
Septembre	22,35	19,10	20,91	0,13	0,05	0,09	22,49	19,16	21,01
Octobre	19,50	14,64	15,76	0,32	0,03	0,18	19,67	14,83	15,94
Novembre	15,28	9,30	11,42	0,3	0,07	0,19	15,36	9,44	11,60
Décembre	9,24	6,60	7,55	0,32	0,05	0,13	9,43	6,78	7,68

2. Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article [EDF-CRU-296] de la décision ASN n° 2016-DC-0548.

Paramètres	Unité	Limite en vigueur	Valeurs maximales
Echauffement amont-aval calculé	°C	1°C	0,32°C
Température aval après mélange	°C	28°C	22,67°C

Commentaires : les limites réglementaires associées aux rejets thermiques ont toujours été respectées.

3. En conditions climatiques exceptionnelles

Aucun épisode caniculaire nécessitant l'utilisation des limites en conditions climatiques exceptionnelles n'a eu lieu en 2021.

4. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets thermiques

L'année 2021 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

Partie V - Prévention du risque microbiologique

Le CNPE de Cruas-Meysses peut être confronté au risque de prolifération de micro-organismes pathogènes pour l'homme, comme les amibes ou les légionelles, qui sont naturellement présents dans les cours d'eau en amont des installations et transitent par les circuits de refroidissement.

Ces micro-organismes trouvent en effet un terrain de développement favorable dans l'eau des circuits de refroidissement dits « semi fermés » des CNPE. Ces circuits de refroidissement, équipés de tours aéroréfrigérantes, sont soumis depuis le 1^{er} avril 2017 à une réglementation commune, la décision ASN n°2016-DC-0578 relative à la prévention des risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes, qui fixe des seuils à partir desquels des actions doivent être menées afin de rétablir les concentrations à des niveaux inférieurs.

Afin de limiter ces proliférations, le CNPE de Cruas-Meysses applique un traitement biocide à l'eau des circuits de refroidissement depuis l'année 2016. Dans l'objectif de limiter l'impact sur l'environnement de ce traitement par injection de monochloramine, le CNPE de Cruas-Meysses développe depuis plusieurs années une méthodologie de traitement séquentiel au lieu d'une injection continue. Cette méthode permet de maîtriser le risque microbiologique tout en diminuant de façon notable les quantités de produits chimiques rejetés.

Les résultats microbiologiques indiqués sont issus de l'exigence 5.4.1 de la décision ASN n°2016-DC-0578 dite « Amibes Légionelles ». Pour corréler les résultats microbiologiques et le traitement biocide associés mis en place sur les CNPE, les exigences des décisions individuelles des CNPE liées à la surveillance et aux résultats de mesures du traitement biocide sont présentées également ci-dessous.

I. Bilan annuel des colonisations en circuit

Les valeurs maximales observées en 2021 en *Legionella pneumophila* mesurées en bassin et en *Naegleria fowleri* calculées en aval dans le fleuve sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Les résultats des analyses de suivi de la concentration en *Legionella pneumophila* et en *Naegleria fowleri* calculés en aval dans le fleuve sont détaillés en annexe I.

Paramètre	Valeur maximale observée en 2021	Seuil d'action
<i>Legionella pneumophila</i>	1 200 UFC / L	10 000 UFC / L
<i>Naegleria fowleri</i>	100 <i>N.fowleri</i> / L	100 <i>N.fowleri</i> / L

Les concentrations calculées en *Naegleria fowleri* dans le Rhône après dilution dans le Rhône ont atteint la valeur de 100 Nf/L le 29 avril 2021 (voir ESE Partie I §V.1). La concentration en *Legionella pneumophila* n'a jamais atteint le seuil d'action de 10 000 UFC/L.

Bilan de dérives observées :

Paramètre	Dépassements	Nombre	Cause	Actions curatives et correctives engagées	Efficacité des mesures mises en œuvre
Naegleria Fowleri	80 Nf/L	1	Hausse température sortie condenseur Concentration matières en suspension dans eau d'appoint élevée	Renforcement de l'injection biocide Tr2 et Tr3	OUI

II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés

Les données concernant les rejets associés aux traitements biocides se trouvent dans la Partie IV- Rejets d'effluents.

La stratégie de traitement préventif estival communiquée en début d'année consistait en un traitement continu, suivi d'un traitement séquentiel. Le traitement séquentiel consiste en une injection continue de 7 heures par jour. Le traitement est démarré et arrêté à date.

Ce rapport permet de répondre à la prescription [EDF-CRU-279] de la décision ASN n°2016-DC-0549.

Données d'ensemble de la campagne de traitement 2021 :

Paramètres	Unités de production			
	N°1	N°2	N°3	N°4
Date de démarrage et d'arrêt du traitement préventif	11/08/2021	15/04/2021	15/04/2021	15/04/2021
Date d'arrêt de Tranche	20/02 au 26/07	10/07 au 11/10	29/05 au 07/07	Pas d'AT
Nombre de jour de traitement continu	58	89	25	10
Nombre de jour de traitement séquentiel	4	0	77	40
Date de mise en œuvre du traitement renforcé	/	Du 30/04 au 06/05 Du 09/05 au 19/05 25/05	Du 09/05 au 10/05 Du 12/05 au 19/05 Du 23/05 au 24/05	/
Nombre de jours de Chloration massive	0	0	0	0
CRT moyen sortie condenseur (mg/L)	0,23	0,18	0,18	0,16
Consommation réelle d'eau de Javel (m3)	769,5 m3			
Consommation réelle d'ammoniaque (m3)	135,6 m3			

Les approvisionnements en réactifs se sont déroulés comme prévu et n'ont pas posé de difficulté particulière.

Partie VI - Surveillance de l'environnement

I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement

EDF met en place depuis la mise en service de chaque CNPE un programme de surveillance de la radioactivité dans l'environnement du CNPE. Cette surveillance consiste à prélever des échantillons, à des fins d'analyse, dans les écosystèmes proches du CNPE, sous et hors des vents dominants, en amont et en aval des rejets liquides et dans les eaux souterraines. Ces mesures, associées à un contrôle strict des rejets d'effluents radiologiques, permettent de s'assurer de l'absence d'impact sur l'homme et l'environnement comme démontré dans l'étude d'impact.

La surveillance radiologique de l'environnement remplit trois fonctions principales.

Une fonction d'alerte assurée au moyen de mesures en continu. Elle permet la détection précoce de toute évolution atypique d'un ou plusieurs paramètres environnementaux en lien avec l'exploitation des installations afin de déclencher les investigations et, si nécessaire, des actions de prévention (arrêt du rejet...);

Une fonction de contrôle du bon fonctionnement global des installations au travers des paramètres que la réglementation demande de suivre à différentes fréquences. Les résultats des analyses sont comparés, soit aux limites autorisées, soit à des valeurs repères (seuil de détection des appareils de mesure, bruit de fond naturel...);

Une fonction de suivi et d'étude visant à s'assurer de l'absence d'impact à long terme des prélèvements et des rejets sur les écosystèmes terrestre et aquatique. C'est l'objet des campagnes de mesures saisonnières de radioécologie.

Les prélèvements et analyses sont réalisés à des fréquences variables en cohérence avec les objectifs assignés à la mesure (alerte, contrôle,...). Des contrôles quotidiens, hebdomadaires et mensuels sont ainsi réalisés dans l'écosystème terrestre, l'air ambiant, les eaux de surface recevant les rejets liquides et les eaux souterraines. Les prélèvements et les analyses sont réalisés par le CNPE selon les modalités fixées par les autorisations délivrées par l'administration. La stricte application du programme de surveillance fait l'objet d'inspections programmés ou inopinés de la part de l'ASN, qui réalise des expertises indépendantes.

Le CNPE dispose pour la réalisation de ce programme de surveillance d'un laboratoire dédié aux mesures environnementales dit laboratoire « Environnement », ainsi que du personnel compétent et qualifié en analyses chimiques et radiochimiques. Ces laboratoires sont équipés d'appareillages spécifiques permettant l'analyse des échantillons prélevés dans le milieu naturel. Ils sont soumis à des exigences relatives aux équipements, aux techniques de prélèvement et de mesure, de maintenance et d'étalonnage. Certaines analyses peuvent être sous-traitées à des laboratoires agréés.

Ainsi, le CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, plusieurs milliers d'analyses dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du CNPE. Les résultats des mesures de radioactivité réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'environnement sont également accessibles en ligne gratuitement sur le site internet du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM - <http://www.mesure-radioactivite.fr>).

Ces mesures réalisées en routine sont complétées depuis 1992 par un suivi radioécologique annuel des écosystèmes terrestre et aquatique auquel est venu s'ajouter des mesures réglementaires réalisées à maille trimestrielle et annuelle et nécessitant le recours à des techniques analytiques d'expertise non compatibles avec les activités d'un laboratoire environnement d'un industriel. Tous les 10 ans, un bilan radioécologique décennal plus poussé est également réalisé. L'ensemble de ces prélèvements et analyses permettent de suivre à travers une grande variété d'analyses des paramètres environnementaux pertinents (i.e. : bio indicateurs) afin d'évaluer finement et dans la durée l'impact du fonctionnement du CNPE sur l'environnement et répondre ainsi à la fonction de suivi et d'étude. Ces études nécessitent des connaissances scientifiques approfondies de la biologie et des comportements des écosystèmes vis-à-vis des substances radioactives. Elles font aussi appel à des techniques de prélèvement d'échantillons et d'analyse complexes différentes de celles utilisées pour la surveillance de routine. Ces études sont donc confiées à des laboratoires externes qualifiés, agréés et reconnus pour leurs compétences spécifiques.

Ces études radioécologiques assurent un suivi long terme essentiel à la compréhension des mécanismes de transfert des radionucléides dans l'environnement et pour déterminer l'influence potentielle des rejets de l'installation au regard des autres sources de radioactivité naturelle et/ou artificielle.

La nature des échantillons et les lieux de prélèvement sont sélectionnés afin de mettre en évidence une éventuelle contribution des rejets d'effluents liquides et/ou atmosphériques des installations à l'ajout de radioactivité dans l'environnement.

En règle générale, le plan d'échantillonnage contient des échantillons biologiques, qui constituent des voies de transfert possibles, directes ou indirectes, de la radioactivité vers l'homme (prélèvements de légumes, fruits, poissons, lait, eaux, herbes...) et des échantillons, appelés bioindicateurs, qui sont connus pour leur aptitude à fixer spécifiquement certains polluants (lichens, mousses, bryophytes...). Le plan d'échantillonnage prévoit également des prélèvements dans des matrices dites « d'accumulation » (sols, sédiments), dans lesquels certains composants radiologiques peuvent rester piégés.

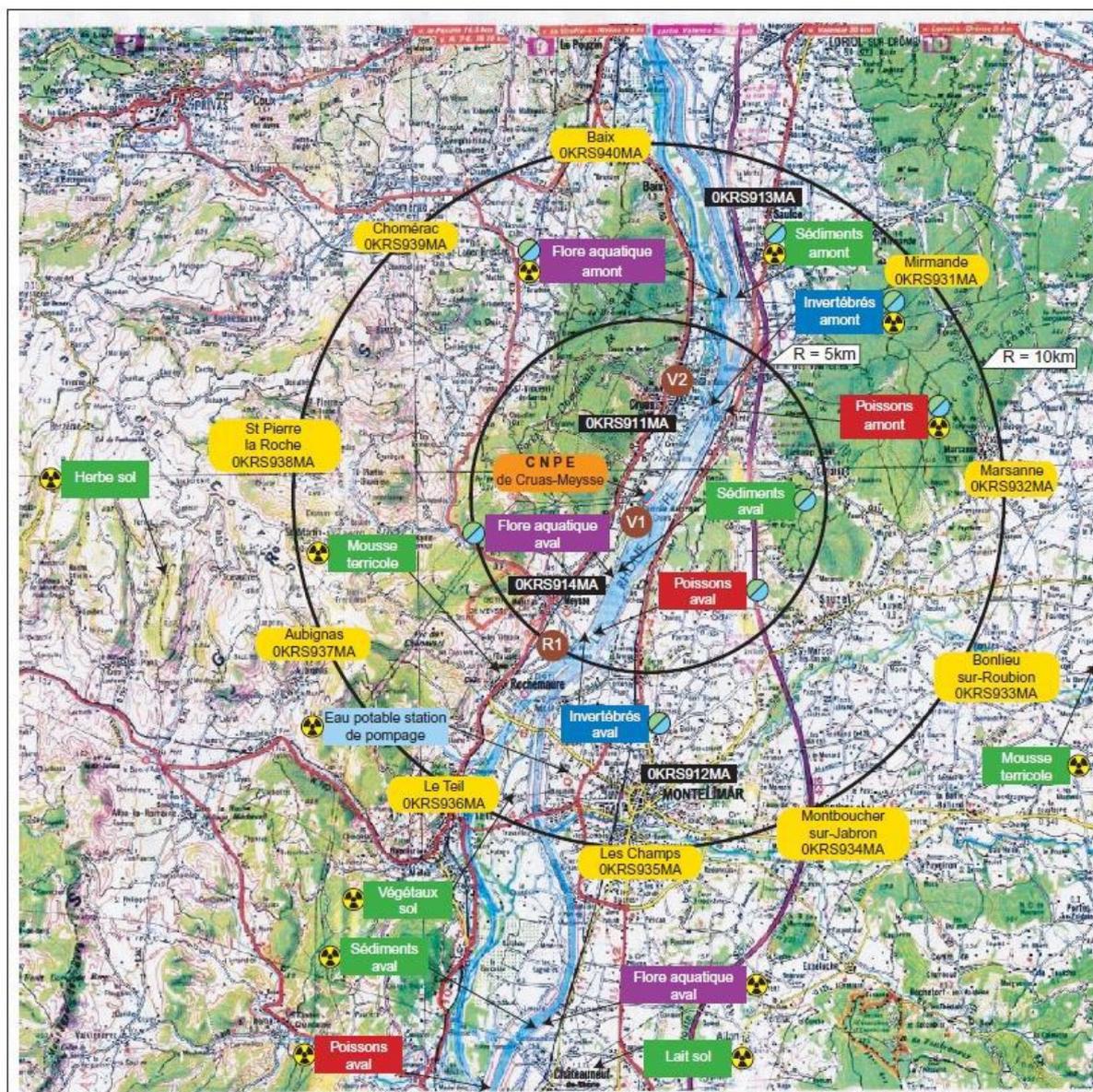
Les stations de prélèvements sont choisies en fonction de la rose des vents locale, des conditions hydrologiques, de la répartition de la population et de la disponibilité des échantillons dans l'environnement du CNPE. Les prélèvements collectés dans l'environnement terrestre sont répartis en distinguant les zones potentiellement influencées des zones non influencées par les rejets atmosphériques du CNPE. Dans l'environnement aquatique, les prélèvements sont effectués en amont et en aval des points de rejets des effluents liquides en tenant compte de la présence éventuelle d'une autre installation nucléaire en amont.

Ces études radioécologiques ont permis de caractériser finement les niveaux de radioactivité d'origine naturelle et artificielle dans les différents compartiments de l'environnement autour du CNPE, et de préciser l'influence des rejets d'effluents liquides et à l'atmosphère. Les données collectées depuis plusieurs décennies ont montré que la radioactivité naturelle constitue la principale composante de la radioactivité dans l'environnement, et que la radioactivité artificielle provient majoritairement d'une rémanence des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Du fait de l'éloignement de ces événements anciens et des efforts réalisés par EDF pour diminuer les rejets de ses

installations nucléaires, le niveau de radioactivité dans l'environnement à proximité du CNPE a considérablement diminué depuis une vingtaine d'année.

1. Surveillance de la radioactivité ambiante

Le système de surveillance de la radioactivité ambiante s'articule autour de 4 réseaux de balises radiométriques (clôture, à 1 km, à 5 km et à 10 km) via la mesure en continu du débit de dose gamma ambiant. Les balises de chaque réseau sont implantées à intervalle régulier de façon à réaliser des mesures dans toutes les directions. Elles permettent l'enregistrement et la retransmission en continu du débit de dose gamma ambiant et de donner l'alerte en cas de dépassement du bruit de fond ambiant augmenté de 114 nSv/h. Les balises sont également équipées d'un système d'alarme signalant toute interruption de leur fonctionnement.



Les informations (débits de dose et états de fonctionnement) issues des balises sont envoyées en continu vers un centralisateur qui permet la visualisation et l'enregistrement des données. Les débits de dose moyens enregistrés par les différents réseaux de mesure pour l'année 2021 sont présentés dans le tableau suivant. Les débits de dose maximaux et les données relatives à l'année antérieure sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)	Débit de dose max année 2021 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2020 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2019 (nSv/h)
Clôture	98,8	313	96,6	92
1 km	86,5	344	88,2	83
5 km	91,5	167	90,6	84
10 km	95,8	193	94,4	85,5

Commentaires : Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2021 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et sont cohérentes avec les résultats des années antérieures.

2. Surveillance du compartiment atmosphérique

Quatre stations d'aspiration en continu des poussières atmosphériques (aérosols) sont implantées dans un rayon de 1 km autour du CNPE. Des analyses journalières de bêta globale à J+6 sont réalisées quotidiennement sur les filtres, ainsi qu'une analyse isotopique mensuelle par spectrométrie gamma sur regroupement des filtres quotidiens par station.

Un dispositif de prélèvement du tritium atmosphérique par barbotage est également implanté sous les vents dominants à la station dite AS1. L'analyse du tritium atmosphérique piégé est réalisée pour chacune des périodes définies réglementairement (du 1er au 7, du 8 au 14, du 15 au 21 et du 22 à la fin du mois).

Un dispositif de prélèvement des eaux de pluie par un collecteur de précipitations est implanté sous les vents dominants à la station AS1. Des analyses bimensuelles des activités bêta globale et tritium sont réalisées.

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment atmosphérique pour l'année 2021 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Paramètres		Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)
Poussières atmosphériques	Bêta globale		0,746 mBq/m ³	2,73 mBq/m ³	2 mBq/m ³
	Spectrométrie gamma	¹³⁷ Cs	<1,38E-05 Bq/m ³	< 4,40E-05 Bq/m ³	
		⁴⁰ K	< 3,12E-04 Bq/m ³	< 9,10E-04 Bq/m ³	
Tritium atmosphérique			< 0,175 Bq/m ³	0,383 Bq/m ³	50 Bq/m ³
Eau de pluie	Bêta globale		< 0,15 Bq/L	0,401 Bq/L	-
	Tritium		< 5,9 Bq/L	17,1 Bq/L	-

Commentaires : Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2021 sont cohérentes en moyenne avec les valeurs du bruit de fond.

Lorsque les mesures de l'activité bêta globale dépassent 2mBq/m³, les spectrométrie gamma ont été réalisées mais n'ont pas révélé de présence de radionucléide artificiel.

3. Surveillance du milieu terrestre

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment terrestre pour l'année 2021 sont donnés dans le tableau suivant. Concernant les résultats des analyses par spectrométrie gamma, seules les activités relatives aux radionucléides d'origine artificielle et supérieures aux seuils de décision sont présentées.

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	¹³⁷ Cs	Mensuelle	0,47	2,8
		⁴⁰ K		519	890

Commentaires :

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2020 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en **annexe II**.

4. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2020 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en **annexe II**.

5. Surveillance des eaux souterraines

Les eaux souterraines situées au droit du CNPE font l'objet d'une surveillance radiologique dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Tritium	Bq/L	15,7
Bêta global	Bq/L	0,404

Commentaires : Pas de commentaire particulier.

II. Physico-chimie des eaux souterraines

Une surveillance physico-chimique des eaux souterraines est effectuée sur les paramètres suivants par le biais de prélèvements sur 15 piézomètres du CNPE au titre de la décision ASN n°2016-DC-0549.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
pH	-	8,34
Conductivité	μS / cm	760
Hydrocarbures totaux	mg / l	0,06
Azote Kjeldhal		0,56
Phosphates		1,1
Nitrates		8
Sulfates		51
Sodium		12,5

Commentaires : Suite à l'évènement d'août 2018 relatif à la présence d'huile dans les eaux souterraines du site, une surveillance complémentaire a été mise en place sur le CNPE de Cruas-Meysses. Cette surveillance complémentaire concerne 11 piézomètres surveillés à fréquence hebdomadaire, bimensuelle ou mensuelle pour le paramètre hydrocarbures.

En 2021, l'analyse du suivi de tendance du marquage en hydrocarbures, réalisé depuis le mois d'août 2018, montre que le marquage est resté localisé au droit des piézomètres 0 SEZ 041 PZ, 0 SEZ 043 PZ et 0 SEZ 044 PZ. A ce jour, plus aucune trace visuelle d'hydrocarbures n'est observée sur ces piézomètres, seules quelques détections analytiques ont été constatées. Ces trois derniers piézomètres sont équipés d'absorbants passifs permettant de récupérer l'huile présente de manière très localisée au centre du site. La récupération d'hydrocarbures par ces écrémeurs passifs est désormais très faible, ce qui signifie qu'aujourd'hui seules des traces résiduelles d'hydrocarbures restent encore présentes.

III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface

1. Physico-chimie en continu

Les stations multi-paramètres (SMP), situées à « l'amont » et à « l'aval » du CNPE, mesurent en continu le pH, la conductivité, la température de l'eau et l'oxygène dissous dans le milieu récepteur.

Une mesure de pH est réalisée au niveau des émissaires de rejet R1 à R4. Une mesure de la conductivité et de l'oxygène dissous est réalisée au niveau des émissaires R1 et R2.

Les tableaux suivants présentent les résultats du suivi sur l'année 2021 pour les stations amont, aval et les émissaires de rejet R1 à R4.

Station amont	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	12	11,7	11,1	10,5	9,9	8,5	8,9	8,5	8,7	9,5	10,1	11,6
Conductivité (µS/cm)	405	356	430	436	371	352	356	364	420	460	474	444
pH	8	8	8,2	8,3	7,9	7,8	7,8	7,9	8	7,9	7,8	7,8
Température	6,4	8,2	10,3	13,1	14,3	19,6	20,1	21,2	21,2	16	11,6	7,7

Emissaires de rejet R1 et R2	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	9,30	8,60	8,50	8,50	8,26	7,50	8,20	7,80	7,80	8,30	8,90	9,20
Conductivité (µS/cm)	451	491	561	544	460	447	405	480	530	548	560	494

Emissaires de rejet R1 à R4	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH min	7,8	7,4	7,8	7,3	7,1	6,5	7,3	7,1	7,1	7,4	8	7,8
pH max	8,7	8,7	8,5	8,7	8,7	8,4	8,6	8,5	8,5	8,5	8,6	8,6

Station aval	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	11,6	11,6	11	10,4	9,8	8,5	8,9	8,4	8,4	9	9,7	10,9
Conductivité (µS/cm)	388	382	439	436	365	353	363	390	420	450	476	433
pH	8	7,9	8,1	8,1	7,9	7,9	7,8	8	8,1	8,02	8	8
Température	6,9	8,6	10,6	14,3	14,5	19,7	20,3	21,2	21,4	16,2	12	8,3

Commentaires : Il n'y a pas de différence significative des mesures moyennes mensuelles de pH, oxygène dissous et de conductivité entre les stations amont et aval du CNPE.

2. Physico-chimie des eaux de surface

Le CNPE fait réaliser, en amont et en aval, des mesures bimestrielles et biannuelles de certains paramètres physico-chimiques soutenant la vie biologique. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

Station n°1 (amont)	Fév	Avr	Juin	Aou	Oct	Déc
Température (mesure in situ en °C)	8,7	11	18,4	21	16,6	8,9
pH	8	8,2	8,1	8	8	8,1
Conductivité (µS/cm)	3,78E+02	4,40E+02	4,26E+02	3,94E+02	4,01E+02	4,61E+02
DCO (mg/L)	3,30E+01	<2,00E+01	<2,00E+01	<2,00E+01	<2,00E+01	<2,00E+01
DBO5 (mg/L)	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	1,50E+00
Mesure d'oxydabilité au permanganate (mg/L)	4,60E+00	1,90E+00	1,70E+00	2,70E+00	3,10E+00	1,50E+00
MES (mg/L)	2,50E+02	6,20E+00	2,70E+01	1,50E+01	4,60E+01	7,40E+00
Turbidité (FNU)	1,70E+02	5,00E+00	2,20E+01	1,20E+01	3,20E+01	6,50E+00
Silicates (mg/L)	2,00E+00	7,00E-01	2,20E+00	1,80E+00	2,41E+00	2,09E+00
COD (mg/L)	2,30E+00	2,30E+00	1,80E+00	1,50E+00	3,10E+00	1,60E+00
Orthophosphates (mg/L)	5,00E-02	4,00E-02	1,00E-01	8,00E-02	2,60E-01	1,50E-01
Phosphore total (mg/L)	2,30E-01	6,00E-02	1,10E-01	6,00E-02	2,60E-01	1,00E-01
Nitrites (mg/L)	<0,01	6,00E-02	1,00E-01	2,00E-02	3,00E-02	5,00E-02
Nitrates (mg/L)	7,30E+00	6,50E+00	6,10E+00	4,80E+00	6,10E+00	7,60E+00
Ammonium (mg/L)	5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	1,30E-01	9,00E-02
Azote Kjeldahl (mg/L)	1,00E+00	7,00E-01	5,30E-01	<5,00E-01	<5,00E-01	5,50E-01
Hydrogénocarbonates (mg/L)	Analyses à réaliser 2 fois par an	1,84E+02	Analyses à réaliser 2 fois par an	1,47E+02	Analyses à réaliser 2 fois par an	
Calcium (mg/L)		6,82E+01		4,95E+01		
Magnésium (mg/L)		6,70E+00		5,00E+00		
Potassium (mg/L)		1,09E+00		1,59E+00		
TAC (°f)		1,51E+01		1,20E+01		
TH (°f)		1,98E+01		1,44E+01		
Sulfates (mg/L)		4,50E+01		4,60E+01		
Chlorures (mg/L)		1,60E+01		1,30E+01		
Sodium (mg/L)		1,05E+01		7,80E+00		
Carbonates (mg/L)		<24		<24		

Station n°3 (aval)	Fév	Avr	Juin	Aou	Oct	Déc
Température (mesure in situ en °C)	8,6	11,2	19,4	21,7	16,9	8,7
pH	8,0	8,4	8,2	8,1	8,1	8,2
Conductivité (µS/cm)	3,80E+02	4,51E+02	4,16E+02	3,88E+02	4,06E+02	4,70E+02
DCO (mg/L)	6,20E+01	<2,00E+01	<2,00E+01	<2,00E+01	<2,00E+01	<2,00E+01
DBO5 (mg/L)	<1	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	1,00E+00
Mesure d'oxydabilité au permanganate (mg/L)	4,3E+00	2,20E+00	1,40E+00	1,80E+00	3,60E+00	1,20E+00
MES (mg/L)	2,60E+02	4,20E+01	2,00E+01	3,40E+01	4,80E+01	6,00E+00
Turbidité (FNU)	1,60E+02	2,20E+01	2,00E+01	2,90E+01	3,40E+01	5,10E+00
Silicates (mg/L)	2,0E+00	8,00E-01	2,20E+00	1,70E+00	2,24E+00	2,06E+00
COD (mg/L)	2,0E+00	2,10E+00	2,30E+00	1,70E+00	2,40E+00	1,80E+00
Orthophosphates (mg/L)	4,00E-02	4,00E-02	1,00E-01	7,00E-02	1,70E-01	1,30E-01
Phosphore total (mg/L)	2,10E-01	9,00E-02	9,00E-02	1,10E-01	2,20E-01	9,00E-02
Nitrites (mg/L)	<0.01	5,00E-02	9,00E-02	2,00E-02	3,00E-02	4,00E-02
Nitrates (mg/L)	7,40E+00	6,50E+00	6,20E+00	4,60E+00	6,00E+00	7,40E+00
Ammonium (mg/L)	6,00E-02	<5,00E-02	6,00E-02	<5,00E-02	9,00E-02	6,00E-02
Azote Kjeldahl (mg/L)	8,00E-01	<5,00E-01	5,00E-01	<5,00E-01	9,00E-01	<5,00E-01
Hydrogénocarbonates (mg/L)	Analyses à réaliser 2 fois par an	1,81E+02	Analyses à réaliser 2 fois par an	1,56E+02	Analyses à réaliser 2 fois par an	
Calcium (mg/L)		7,45E+01		6,22E+01		
Magnésium (mg/L)		6,15E+00		5,75E+00		
Potassium (mg/L)		2,16E+00		1,79E+00		
TAC (°f)		1,52E+01		1,30E+01		
TH (°f)		2,12E+01		1,80E+01		
Sulfates (mg/L)		5,30E+01		4,80E+01		
Chlorures (mg/L)		1,60E+01		1,30E+01		
Sodium (mg/L)		9,13E+00		8,60E+00		
Carbonates (mg/L)		<24		<24		

Commentaires : L'ensemble des résultats d'analyses physico-chimiques 2021 confirme les caractéristiques minérales de l'eau du Rhône et les fluctuations saisonnières signalées dans le rapport de la synthèse décennale.

Aucun des paramètres chimiques mesurés en 2021 ne met en évidence de différence entre l'amont et l'aval.

3. Chimie des eaux de surface

Les rejets chimiques résultant du fonctionnement du CNPE sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits ;
- des traitements de l'eau des circuits contre le tartre, la corrosion ;
- de l'usure normale des matériaux
- du lavage du linge utilisé en zone contrôlée

Ces rejets font l'objet d'une surveillance des concentrations présentes dans le milieu récepteur. A cet effet, des mesures de substances chimiques sont effectuées trimestriellement dans le fleuve en amont et en aval du CNPE. Les tableaux suivants présentent les valeurs mesurées aux deux stations amont et aval sur l'année 2021.

Paramètres Station amont		Unité	1 ^{er} trimestre	2 ^{ème} trimestre	3 ^{ème} trimestre	4 ^{ème} trimestre
Bore			<0,1	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Métaux totaux	Fraction brute	mg/L				
	<i>Cuivre</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Aluminium</i>		1,60E-01	1,18E+00	2,76E-01	4,80E-02
	<i>Chrome</i>		<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
	<i>Manganèse</i>		<0,010	3,60E-02	8,00E-02	<1,00E-02
	<i>Zinc</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Plomb</i>		<0,002	2,00E-03	3,00E-03	<2,00E-03
	<i>Nickel</i>		<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
	<i>Fer</i>		1,10E-01	1,19E+00	8,93E-01	6,40E-02
	Fraction dissoute					
	<i>Cuivre</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Aluminium</i>		4,30E-02	3,50E-02	<1,00E-02	4,80E-02
	<i>Chrome</i>		<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
	<i>Manganèse</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Zinc</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Plomb</i>		<0,002	<2,00E-03	<2,00E-03	<2,00E-03
	<i>Nickel</i>		<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
	<i>Fer</i>		3,70E-02	3,60E-02	<1,00E-02	6,20E-02
Hydrazine			<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
Ethanolamine			<0,05	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02
Détergents			<2	<2,00E+00	<2,00E+00	<2,00E+00
Hydrocarbures			<0,1	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Pendant les traitements biocides						
AOX			/	<10	<10	10
Acides chloroacétiques			/	<4,5	<4,5	<4,5
Chlore résiduel total			/	<0,05	<0,05	<0,05

Paramètres Station aval		Unité	1 ^{er} trimestre	2 ^{ème} trimestre	3 ^{ème} trimestre	4 ^{ème} trimestre
Bore			<0,1	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Métaux totaux	Fraction brute					
	<i>Cuivre</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Aluminium</i>		2,73E-01	1,27E+00	7,80E-02	6,30E-02
	<i>Chrome</i>		<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
	<i>Manganèse</i>		1,70E-02	3,40E-02	1,50E-02	<1,00E-02
	<i>Zinc</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Plomb</i>		<0,002	2,00E-03	<2,00E-03	<2,00E-03
	<i>Nickel</i>		<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
	<i>Fer</i>		2,31E-01	1,17E+00	1,39E-01	6,90E-02
	Fraction dissoute					
	<i>Cuivre</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Aluminium</i>		2,90E-02	3,50E-02	4,60E-02	5,60E-02
	<i>Chrome</i>		<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
	<i>Manganèse</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Zinc</i>		<0,010	<1,00E-02	<1,00E-02	<1,00E-02
	<i>Plomb</i>		<0,002	<2,00E-03	<2,00E-03	<2,00E-03
	<i>Nickel</i>		<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03	<5,00E-03
<i>Fer</i>		3,60E-02	3,60E-02	3,30E-02	6,70E-02	
Hydrazine			<0,005	<0,005	<5,00E-03	<5,00E-03
Ethanolamine			<0,05	<0,05	<5,00E-02	<5,00E-02
Détergents			<2	<2	<2,00E+00	<2,00E+00
Hydrocarbures			<0,1	<0,1	<1,00E-01	<1,00E-01
Pendant les traitements biocides						
AOX			/	<10	<10	12
Acides chloroacétiques			/	<4,5	<4,5	<4,5
Chlore résiduel total			/	<0,05	<0,05	<0,05

Commentaires : Pas de commentaires particuliers.

IV. Physico-chimie et Hydrobiologie

Chaque année, le CNPE confie la réalisation de la surveillance physico-chimique et hydrobiologique à l'INRAE. Sont distinguées la surveillance pérenne, réalisée annuellement, des surveillances en conditions climatiques exceptionnelles (CCE) dont le déclenchement est conditionné à un dépassement d'une température moyenne journalière du Rhône calculée en aval après mélange de 28°C sans dépasser 29°C.

L'objectif de la surveillance pérenne est de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur et de déceler une évolution anormale de l'écosystème, sur le long terme, qui pourrait être attribuable au fonctionnement du CNPE. Au contraire, les surveillances en conditions climatiques exceptionnelles et situations exceptionnelles ont plutôt pour objectif d'étudier la réponse à court terme de l'écosystème sous conditions de débits contraints et températures ambiantes élevées, le CNPE étant en fonctionnement.

1. Surveillance pérenne

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par l'INRAE, est présentée ci-dessous.

Depuis août 1982, la surveillance hydroécologique du fleuve Rhône au droit du Centre Nucléaire de Production Electrique EDF de Cruas-Meysse a permis d'évaluer l'évolution intra et inter-annuelle de la qualité du milieu fluvial. Ce rapport présente les résultats obtenus au cours de l'année 2021 et les replace en regard des chroniques biologiques existantes sur ce secteur fluvial.

Du fait de la modification des arrêtés depuis les études initiales et de la réglementation quant aux méthodes et normes pour l'évaluation de la qualité biologique du milieu fluvial, le suivi hydrobiologique actuel intègre quatre compartiments biologiques : le phytoplancton et le phytobenthos, les macrophytes aquatiques, les macroinvertébrés et les poissons.

Contexte hydroclimatique

En France métropolitaine, avec une température moyenne annuelle de l'air de 12,9°C, et de +0,4°C supérieure à la moyenne de référence 1981-2010, l'année 2021 est globalement plus proche de la normale. Mais elle a été extrêmement contrastée, alternant des périodes douces et froides en toute saison. Les mois de février, juin et septembre, ont été classés parmi les dix plus chauds depuis 1900. La douceur du mois de décembre 2021, du même ordre que décembre 2020, conforte la tendance vers des hivers de plus en plus doux.

Ces écarts climatiques ont entraîné des alternances de basses et hautes eaux, décalées au regard d'un régime hydrologique normal. Parmi les épisodes remarquables, il faut citer de faibles débits au cours des mois de mars et d'avril, suivis de hautes eaux estivales et de crues ($Q > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$) en mai et juillet avant la progressive instauration d'un étiage automnal prolongé.

En 2021, les températures fluviales en amont du CNPE ont ainsi oscillé entre un minima et un maxima proches des quantiles 5% (5,8°C) et 95% (23,2°C) de ces deux dernières décennies (2000-2021), sans températures extrêmes, que ce soit en période froide ou chaude. La fraîcheur des eaux en mai, juillet et août, en constitue l'élément principal.

Evaluation physico-chimique des eaux

Les analyses physico-chimiques sont assurées par le laboratoire d'analyse des eaux de la Société du Canal de Provence.

En 2021, les analyses physicochimiques des eaux du Rhône aux deux stations ont été effectuées à six reprises, 3 février, 7 avril, 3 juin, 3 août, 6 octobre et 2 décembre. Les analyses ont porté sur l'ensemble des paramètres suivants : température de l'eau, oxygène dissous, pH, conductivité, Carbone Organique Dissous, demande chimique en oxygène (DCO), mesure d'oxydabilité au permanganate, DBO5, turbidité, matières en suspension, silicates, azote Kjeldhal, ammonium, nitrites, nitrates, phosphore total, orthophosphates. Deux fois dans l'année, des analyses complémentaires ajoutent les paramètres suivants : Calcium, Magnésium, Potassium, Sulfates, Chlorures, Sodium, Hydrogénocarbonates, Titre Alcalimétrique Complet et Dureté totale ; analyses réalisées les 7 avril et 3 août.

L'ensemble des résultats d'analyses physico-chimiques 2021 confirme les caractéristiques minérales de l'eau du Rhône et les fluctuations saisonnières signalées dans le rapport de la synthèse décennale éditée en 2018.

Aucun des paramètres chimiques mesurés en 2021 ne met en évidence de différence entre l'amont et l'aval de la retenue de Montélimar. Ces paramètres ne permettent pas d'établir une influence potentielle des activités du CNPE de Cruas-Meysse sur le Rhône.

Evaluation de la qualité biologique

Les pigments chlorophylliens

Sur le Rhône et ce tronçon fluvial, les teneurs en Chlorophylle a sont habituellement faibles, inférieures à 2,5 µg/L. Il s'avère qu'en 2021, pendant des périodes de faibles débits (en avril et septembre), les concentrations en Chlorophylle a ont dépassé cette valeur : 4,1 µg/L en aval le 7 avril et 7 µg/L le 1er septembre à l'amont. Les valeurs atteintes ne sont cependant pas significatives de signes d'eutrophisation. Malgré de notables différences hydrauliques entre l'amont et l'aval, les teneurs observées à une date donnée restent similaires entre les stations.

Le phytoplancton

Les algues en dérive, ou phytoplancton, ont été étudiées lors de deux campagnes d'échantillonnage réalisées le 21 juin et le 6 septembre 2021, aux stations Amont et Aval, en rive droite, identiques à celles des prélèvements de macroinvertébrés.

Les valeurs des densités phytoplanctoniques varient entre les deux dates de prélèvement pour les deux stations amont-aval du CNPE de Cruas-Meysse. Les densités phytoplanctoniques les plus basses (2 360 cell/L) ont été enregistrées le 22 juin 2021 à l'aval ; les plus fortes l'ont été à l'amont (6 000 cell/L) le 6 septembre 2021. Les densités cellulaires augmentent pour les deux stations au mois de septembre mais correspondent à des valeurs phytoplanctoniques relativement faibles.

Le groupe phytoplanctonique le plus abondant est celui des Diatomées dans les deux stations en juin et sur la station amont en septembre 2021. Pour la station aval en septembre 2021, le groupe le mieux représenté est celui des cyanobactéries (2 480 cell/L) au détriment des

diatomées (2 240 cell/L). Le dénombrement cellulaire des cyanobactéries met en évidence des valeurs relativement faibles, nettement inférieures au seuil critique fixé à 20 000 cell/mL et par conséquent ne laisse présager un quelconque épisode d'efflorescences. Aucun développement phytoplanctonique excessif n'a été constaté sur la retenue de Montélimar.

Le phytobenthos

L'échantillonnage du phytobenthos a été réalisé les 21 juin et 6 septembre 2021 par des prélèvements sur les substrats durs localisés en rive droite, au droit des espars amont et aval utilisés pour la pose des substrats artificiels.

En regroupant les deux stations, la richesse spécifique totale s'élève à 66 espèces inventoriées réparties en 56 diatomées, 6 chlorophycées, 2 cyanobactéries, 1 chrysophyte et 1 euglénophyte.

Les densités cellulaires phytobenthiques sont légèrement plus élevées sur la station amont et atteignent la valeur maximale de 2 194 cell/cm² en septembre 2021 (contre 3 804 cell/cm² en juin 2020).

Les indices IBD et IPS ont été évalués avec le Logiciel Omnidia. Les notes obtenues pour l'IBD oscillent entre 12,5/20 (station aval en septembre 2021) et 13,6/20 (station amont en septembre 2021). Les notes de l'IPS sont entre 11,9/20 à l'aval et 12,7/20 à l'amont en septembre. Les valeurs de l'IBD indiquent une classe de qualité biologique bonne en station amont au mois de septembre et passable aux stations amont (juin 2021) et aval (juin et septembre 2021) avec une eutrophisation modérée pour l'ensemble des quatre relevés.

Les macrophytes aquatiques

L'étude des macrophytes a été réalisée par Monsieur Eric Boucard et son équipe de l'Agence Mosaïque-environnement.

Les suivis floristiques de la végétation aquatique (IBMR) conduits lors de cette campagne 2021 ont permis de mettre en évidence des niveaux de trophie différents entre les deux stations du Rhône : 8,25 en amont et 6,71 en aval du CNPE. Les années précédentes, les niveaux trophiques étaient très élevés pour les deux stations sauf en 2016. La situation observée est donc très proche de celle de 2016.

Les pourcentages de végétalisation des berges amont ont bien diminué par rapport aux années précédentes tandis que ceux proches du chenal restent stables au cours des années. A contrario le pourcentage de végétalisation en aval a fortement augmenté depuis 2020 par rapport aux années précédentes.

La faune benthique

Le peuplement en 2021 est constitué de treize groupes avec majoritairement des Crustacés exotiques : les Crustacés *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri*, *Limnomysis benedeni* et *Corophium* sp. d'origine ponto-caspienne ; cette année 2021 est marquée par le premier recensement du Polychètes exogène d'origine ponto-caspienne *Manayunkia caspica*. Les Oligochètes, les Crustacés, les Diptères et les Gastéropodes représentent plus de 98% du peuplement en termes d'abondance. D'autres exogènes composent le peuplement 2021 : le

Polychète *Hypania invalida* d'origine ponto-caspienne, ou encore les Mollusques du genre *Corbicula* (Asie) ou *Potamopyrgus* (Nouvelle Zélande).

Chez les Mollusques, l'espèce autochtone *Theodoxus fluviatilis* (famille Neritidae) est encore une fois abondante cette année. Les insectes sont échantillonnés mais peu représentés, exceptés les Diptères notamment Orthoclaadiinae. Quelques individus des ordres des Ephéméroptères, Trichoptères, Coléoptères, Odonates ainsi que trois Plécoptères du genre *Leuctra* ont tout de même été récoltés en 2021.

Les indices de diversité et de similitude (Shannon, Simpson) confirment la grande fragilité de l'hydrosystème face aux différentes pressions anthropiques et hydroclimatiques. Ils traduisent également l'absence d'habitats biogènes dans ce tronçon chenalisé, un peuplement dominé par quelques espèces à reproduction rapide et à cycle de vie court (Crustacés Hemimysis, Jaera, Corophium et Polychètes *Hypania*).

Les indices de types IQBP (Indice de Qualité Biologique Potentielle) maximisés indiquent des notes mauvaises à bonnes, révélant une qualité du système biologique dégradée sur l'ensemble du site, et confirment une altération globale particulièrement marquée depuis le début des années 2000. Bien que la station Amont ait obtenu une note IQBP de 11/20 au printemps, cette exception relève d'un unique Plécoptère du genre *Leuctra*.

L'analyse multivariée interannuelle du peuplement au cours de la période récente 2004-2021 a identifié trois périodes successives (2007-2008, 2011-2012, 2015-2021) traduites par des structures faunistiques différentes au sein du peuplement. La rupture entre 2011 et 2012 est consécutive à la baisse progressive voire quasi-disparition de plusieurs taxons au cours de la première période, et une banalisation accrue du peuplement au cours des sept dernières années par la dominance des espèces les plus ubiquistes, capables de s'adapter aux conditions des tronçons aménagés.

L'année 2021 s'inscrit dans la continuité des changements observés après 2012.

La qualité biologique légèrement supérieure à l'amont est vraisemblablement due à la plus grande diversité des habitats dans cette section lotique de la retenue proche du Vieux Rhône, comparativement à l'aval de la retenue, beaucoup plus lenticule et homogène.

Dans ce contexte, les différences observées entre l'amont et l'aval ne permettent pas d'identifier d'influence du CNPE sur les communautés d'invertébrés aquatiques.

La faune piscicole

En se référant à l'ensemble des campagnes de pêches réalisées depuis 1983 sur les stations Amont et Aval, et en considérant le référentiel taxonomique actuel, le peuplement piscicole de la retenue de Montélimar est caractérisé par la présence de 38 espèces réparties au sein de 19 familles. Neuf espèces de l'ancienne famille des cyprinidés, appartenant aux familles des Cyprinidae (barbeau fluviatile), Gobionidae (goujon et goujon asiatique) et Leuciscidae (ablette, gardon, chevaine, brème bordelière, hotu et spirin) comptent parmi les plus abondantes (>1,5%) et représentent un peu plus de 92% des effectifs.

Comparativement aux valeurs moyennes de la chronique, les données des quatre campagnes de pêche de l'année 2021 sont plutôt contrastées ; à la fois en termes de richesse (25 espèces

en 2021 vs 38 espèces inventoriées sur le secteur entre 1983 et 2021) et de répartition des abondances relatives des espèces.

Parmi les changements structurels, il faut citer (1) la forte baisse de la représentativité du gardon (3,3% en 2021 vs 19,8% sur la chronique) malgré la présence de jeunes individus qui témoigne de sa reproduction ces dernières années ; (2) la dominance toujours marquée de l'ablette (45,9% vs 36%) ; (3) l'augmentation de l'abondance relative du spirin (10,8% vs 2,5%) ; et (4) la poursuite d'une colonisation « efficace » par le goujon asiatique (12,4% vs 2,1%).

Enfin, les pêches par EPA, réalisées le 23 novembre, ont permis d'échantillonner 14 espèces (637 individus) à l'amont et 14 espèces (158 individus) à l'aval. Le calcul de l'IPR a attribué une qualité « bonne » à l'amont et à l'aval pour la campagne 2021.

Les six années de calcul de l'Indice Poisson en Rivière (IPR) permettent, en revanche, de mettre en avant une différence statistiquement significative en ce qui concerne les notes indiciaires obtenues pour les deux stations. Les 1000 notes générées pour chaque station à partir du tirage aléatoire de 90 EPA sur les 100 réalisés chaque année conduisent à attribuer une qualité significativement meilleure à l'amont qu'à l'aval.

Conclusions :

Les différences amont/aval, identifiées à partir des compartiments biologiques, sont globalement attribuées à une disparité en termes de diversité d'habitats, elle-même conditionnée par le contexte hydraulique de chaque station, et les évolutions climatiques actuelles. **Les effets prédominants de l'aménagement hydraulique et des activités anthropiques existantes en amont ne nous permettent pas d'isoler les effets spécifiques et potentiels qui pourraient être attribués au fonctionnement du CNPE.**

Le rapport complet est disponible sur demande auprès du CNPE de Cruas-Meysses.

2. Surveillance en conditions climatiques exceptionnelles

La prescription [EDF-CRU-265] de la décision modalités n° 2016-DC-0549 prévoit qu'une surveillance chimique, physico-chimique, microbiologique et hydrobiologique spécifiques soit réalisée en cas de situation climatique exceptionnelle.

En 2021, le CNPE de Cruas-Meysses n'a pas recouru à cette surveillance.

3. Surveillance en situations exceptionnelles

La prescription [EDF-CRU-265] de la décision modalités n° 2016-DC-0549 prévoit qu'une surveillance chimique, physico-chimique, microbiologique et hydrobiologique spécifiques soit réalisée en cas de situation climatique exceptionnelle.

En 2021, le CNPE de Cruas-Meysses n'a pas sollicité d'autorisation temporaire de fonctionnement suite à un dossier « Article R593-40-II ».

V. Acoustique environnementale

L'arrêté du 7 février 2012 fixe les règles générales applicables à toutes les phases du cycle de vie des installations nucléaires de base visant à garantir la protection des intérêts contre l'ensemble des inconvénients ou des risques que peuvent présenter les INB. Le titre IV sur la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement fixe deux critères visant à limiter l'impact du bruit des installations nucléaires de base.

Le premier critère, appelé « émergence sonore » et s'exprimant en Décibel A - dB (A) est la différence de niveau sonore entre le niveau de bruit ambiant et le bruit résiduel. L'émergence sonore se calcule à partir de mesures réalisées aux premières habitations, en Zone à Émergence Réglementée (ZER).

Le deuxième critère, en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2013, concerne le niveau sonore mesuré en dB (A) en limite d'établissement de l'installation.

Pour répondre à ces exigences réglementaires et dans l'optique de réduire l'impact de ses installations, EDF mène depuis 1999 des études d'impact acoustique basées sur des mesures de longue durée dans l'environnement et sur les matériels. En parallèle, des modélisations 3D sont réalisées pour hiérarchiser les sources sonores les plus prépondérantes, et si nécessaire, définir des objectifs d'insonorisation.

Les principales sources de bruit des installations nucléaires sont généralement les réfrigérants atmosphériques pour les CNPE équipés, les stations de pompage, les salles des machines, les cheminées du bâtiment des auxiliaires nucléaires, et les transformateurs.

La Mission Communication du CNPE de Cruas-Meysses réalise également des informations en s'adressant directement aux mairies dans un rayon de 2 km, lors de la réalisation d'opérations pouvant générer du bruit, comme par exemple lors de la réalisation de certains essais périodiques sur l'installation.

Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation

Une surveillance des niveaux de radioactivité est effectuée dans l'environnement du CNPE de Cruas dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radioécologique du CNPE (cf. Partie VI Surveillance de l'environnement, I- Surveillance de la radioactivité dans l'environnement).

Les résultats de cette surveillance et des mesures associées montrent que la radioactivité mesurée dans l'environnement du CNPE est principalement d'origine naturelle. Les niveaux de radioactivité artificielle mesurés dans l'environnement du CNPE sont faibles et trouvent pour partie leur origine dans d'autres sources (retombées atmosphériques des essais nucléaires, Tchernobyl,...). L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique annuel réalisé par l'IRSN, présenté en annexe II.

L'IRSN produit également un bilan radiologique de l'environnement français disponible au lien suivant :

https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace³ est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'homme. Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

Le calcul de dose efficace annuelle tient compte de données spécifiques à chaque CNPE telles que les conditions météorologiques, les habitudes alimentaires des riverains, les conditions de dispersion des effluents rejetés dans le milieu récepteur, etc. Les données alimentaires et les temps consacrés aux activités intérieures ou extérieures dans les environnements terrestre et aquatique ont été actualisés en 2013-2014 avec les dernières bases de données et enquêtes disponibles.

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du CNPE ;
- ils vivent toute l'année à proximité de leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances...);
- l'eau captée à l'aval des installations est considérée comme provenant de captages d'eaux superficielles, même s'il s'agit de captages en nappes d'eaux souterraines, ce

³ La **dose efficace** est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique W_R (W_R = Radiation Weighting factor, facteur de pondération du rayonnement) pour tenir compte de la qualité du rayonnement (α , β , γ ...) et d'un facteur de pondération tissulaire W_T (W_T = Tissu Weighting factor) correspondant à la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en sievert (Sv). Elle est appelée communément « **dose** ».

qui revient à considérer que le milieu aquatique à l'aval du CNPE est toujours influencé par les rejets d'effluents liquides de l'installation ;

- on considère que l'eau de boisson n'a subi aucun traitement de potabilisation (autre que la filtration), et donc qu'aucune rétention de radionucléides n'a été effectuée lors de procédés de traitement ;
- la pêche de poissons dans les fleuves à l'aval des CNPE est supposée systématique, sans exclure les zones de pêche interdite.

Les principaux facteurs d'incertitudes dans le calcul de dose sont associés essentiellement à quelques données et paramètres difficiles à acquérir sur le terrain, tels que certaines caractéristiques de l'environnement et comportements précis des populations riveraines (les rations alimentaires par exemple).

L'échelle suivante présente des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes :

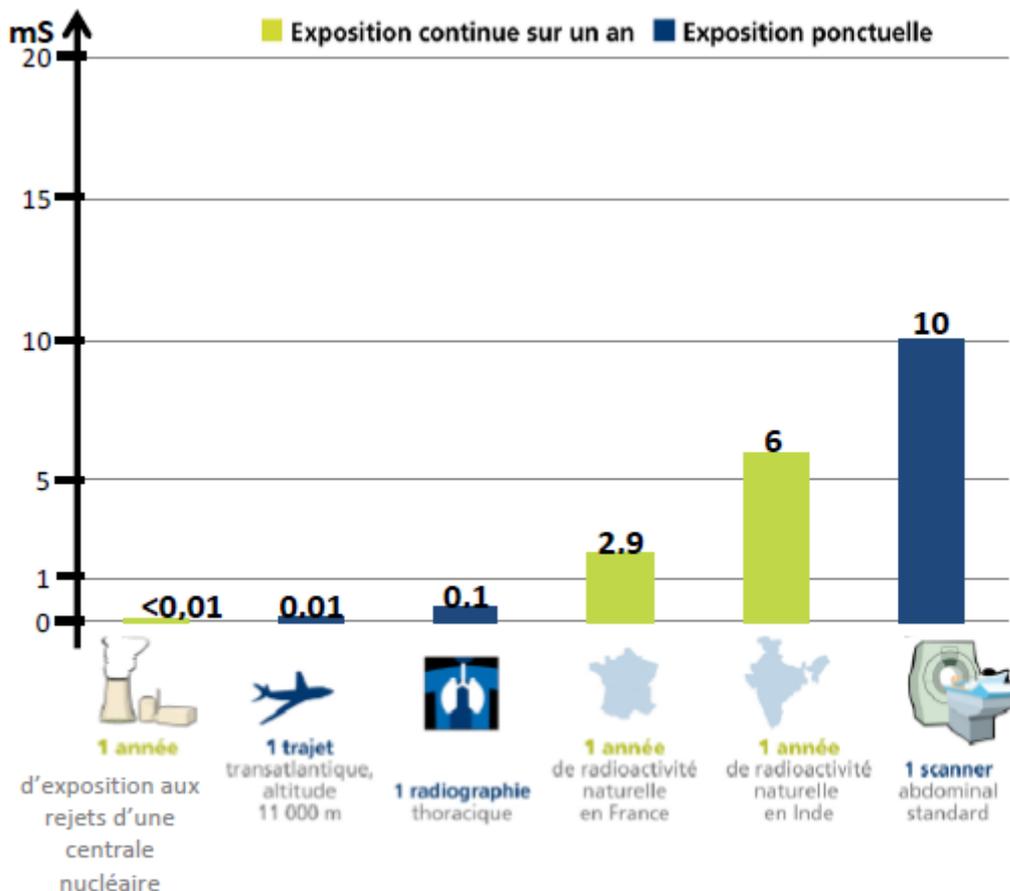


Figure 2 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

L'exposition moyenne de la population française aux rayonnements ionisants (d'origine naturelle et artificielle) est de 4,5 mSv/an. Les contributions des différentes sources d'exposition sont présentées sur la figure 2 ci-après.

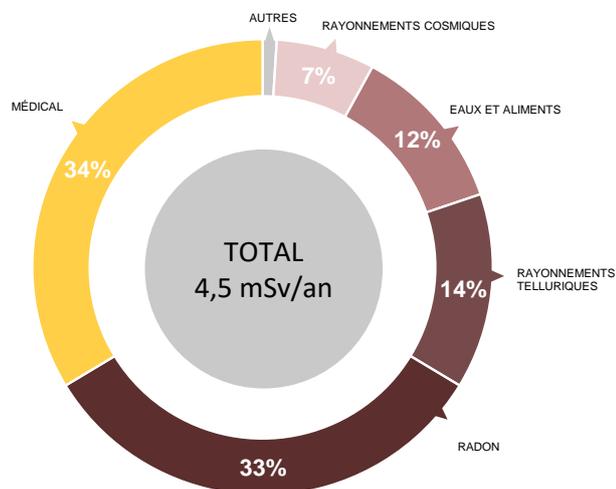


Figure 3 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

Les tableaux suivants fournissent les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2021 effectués par le CNPE de Cruas, pour la personne représentative. Cette personne représente les individus pouvant recevoir la dose efficace annuelle maximale induite par les rejets d'effluents radioactifs autorisés du CNPE.

ADULTE	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	3,4E-08	9,0E-06	9,0E-06
Rejets d'effluents liquides	7,1E-07	1,9E-04	1,9E-04
Total	7,5E-07	2,0E-04	2,0E-04

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,5E-08	8,6E-06	8,6E-06
Rejets d'effluents liquides	s.o.	1,7E-04	1,7E-04
Total	2,5E-08	1,8E-04	1,8E-04

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,2E-08	8,8E-06	8,9E-06
Rejets liquides	s.o.	2,2E-04	2,2E-04
Total	2,2E-08	2,3E-04	2,3E-04

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10^{-3} mSv/an pour l'adulte, pour l'enfant de 10 ans et pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2021 sont plus de 1 000 fois inférieures à la limite d'exposition fixée à 1 mSv par an pour la population, par l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique. L'ensemble des populations résidant de manière permanente ou temporaire autour du CNPE est exposé à une dose efficace inférieure ou égale à la dose calculée pour la personne représentative, présentée ci-dessus.

Ces résultats sont cohérents avec ceux de l'étude d'impact de l'installation, dont les hypothèses et modalités de calcul restent pertinentes au regard des évolutions scientifiques.

Partie VIII - Gestion des déchets

Comme toute activité industrielle, la production d'électricité d'origine nucléaire génère des déchets, dont des déchets conventionnels et radioactifs à gérer avec la plus grande rigueur.

Responsable légalement, industriellement et financièrement des déchets qu'il produit, EDF a, depuis l'entrée en service de ses premières centrales nucléaires, mis en œuvre des procédés adaptés qui permettent de protéger efficacement l'environnement, les populations, les travailleurs et les générations futures contre les risques associés à ses déchets.

La démarche industrielle repose sur 4 principes :

- limiter les quantités produites et la nocivité des déchets ;
- trier par nature et niveau de radioactivité ;
- conditionner et préparer la gestion à long terme ;
- isoler les déchets de l'homme et de l'environnement.

Pour les installations nucléaires de base du CNPE de Cruas-Meysse, la limitation de la production des déchets se traduit par la réduction, pour atteindre des valeurs aussi basses que possible, du volume et de l'activité des déchets dès la phase d'achat de matériel ou de la prestation, durant la phase de préparation des chantiers et lors de leur réalisation.

I. Les déchets radioactifs

Les modalités de gestion mises en œuvre visent notamment à ce que les déchets radioactifs n'aient aucune interaction avec les eaux (nappe et cours d'eau) et les sols. Les opérations de tri, de conditionnement, de préparation à l'expédition s'effectuent dans des locaux dédiés et équipés de systèmes de collecte d'effluents éventuels.

Avant de sortir des bâtiments, les déchets radioactifs bénéficient tous d'un conditionnement étanche qui constitue une barrière à la radioactivité et prévient tout transfert dans l'environnement.

Les contrôles réalisés par les experts internes et les pouvoirs publics sont nombreux et menés en continu pour vérifier l'absence de contamination.

Les déchets conditionnés et contrôlés sont ensuite expédiés vers les filières de traitement ou de stockage définitif.

Les mesures prises pour limiter les effets de ces déchets sur la santé comptent parmi les objectifs visés par les dispositions mises en œuvre pour protéger la population et les intervenants des risques de la radioactivité. L'ensemble de ces dispositions constitue la radioprotection. Ainsi, pour protéger les personnes travaillant dans les centrales, et plus particulièrement les équipes chargées de la gestion des déchets radioactifs, des mesures simples sont prises, comme la mise en place d'un ou plusieurs écrans (murs et dalles de béton, parois en plomb, verres spéciaux chargés en plomb, eau des piscines, etc.), dont l'épaisseur est adaptée à la nature du rayonnement du déchet.

1. Les catégories de déchets radioactifs

Selon la durée de vie des éléments radioactifs contenus et le niveau d'activité radiologique qu'ils présentent, les déchets sont classés en plusieurs catégories. On distingue les déchets « à vie courte » des déchets « à vie longue » en fonction de leur période (une période s'exprime en années, jours, minutes ou secondes. Elle quantifie le temps au bout duquel l'activité radioactive initiale du déchet est divisée par deux).

Tous les déchets dits « à vie courte » ont une période inférieure ou égale à 31 ans. Ils bénéficient de solutions de gestion industrielles définitives dans les centres spécialisés de l'Andra situés dans l'Aube à Morvilliers (déchets de très faible activité, TFA) ou Soulaines (déchets de faible à moyenne activité à vie courte, FMAVC).

Ces déchets proviennent essentiellement :

- des systèmes de filtration (épuration du circuit primaire : filtres, résines, concentrats, boues...);
- des opérations de maintenance sur matériels : pompes, vannes...
- des opérations d'entretien divers : vinyles, tissus, gants...
- de certains travaux de déconstruction des centrales mises à l'arrêt définitif (gravats, pièces métalliques...).

Le conditionnement des déchets triés consiste à les enfermer dans des emballages ou contenants adaptés pour éviter toute dissémination de la radioactivité. On obtient alors des déchets conditionnés, appelés aussi « colis de déchets ». Sur les sites nucléaires, le choix du conditionnement dépend de plusieurs paramètres, notamment du niveau d'activité, des dimensions du déchet, de l'aptitude au compactage, à l'incinération et de la destination du colis. Ainsi, le conditionnement de ces déchets est effectué dans différents types d'emballages : coque ; fût ou caisson métallique ; fût plastique (PEHD : polyéthylène haute densité) pour les déchets destinés à l'incinération dans l'installation Centraco ; big-bag ou casier.

Les progrès constants accomplis, tant au niveau de la conception des centrales que de la gestion du combustible et de l'exploitation des installations, ont déjà permis de réduire les volumes de déchets à vie courte de façon significative. Ainsi, les volumes des déchets d'exploitation ont été divisés par trois depuis 1985, à production électrique équivalente.

Les déchets dits « à vie longue » ont une période supérieure à 31 ans. Ils sont générés :

- par le traitement du combustible nucléaire usé effectué dans l'usine ORANO de la Hague, dans la Manche ;
- par la mise au rebut de certaines pièces métalliques issues des réacteurs ;
- par la déconstruction des centrales d'ancienne génération.

Le remplacement de certains équipements du cœur des réacteurs actuellement en exploitation (« grappes » utilisées pour le réglage de la puissance, fourreaux d'instrumentation, etc.) produit des déchets métalliques assez proches en typologie et en activité des structures d'assemblages de combustible : il s'agit aussi de déchets « de moyenne activité à vie longue » (MAVL) qui sont entreposés dans les piscines de désactivation.

Le traitement des combustibles usés consiste à séparer les matières qui peuvent être valorisées et les déchets. Cette opération est réalisée dans les ateliers spécialisés situés dans l'usine ORANO.

Après une utilisation en réacteur pendant quatre à cinq années, le combustible nucléaire contient encore 96 % d'uranium qui peut être recyclé pour produire de nouveaux assemblages de combustible. Les 4 % restants (les « cendres » de la combustion nucléaire) constituent les déchets ultimes qui sont vitrifiés et coulés dans des conteneurs en acier inoxydable : ce sont des déchets « de haute activité à vie longue (HAVL) ». Les parties métalliques des assemblages sont compactées et conditionnées dans des conteneurs en acier inoxydable qui sont entreposés dans l'usine précitée : ce sont des déchets « de moyenne activité à vie longue (MAVL) ».

Depuis la mise en service du parc nucléaire d'EDF, et à production énergétique équivalente, l'amélioration continue de l'efficacité énergétique du combustible a permis de réduire de 25 % la quantité de combustible consommée chaque année. Ce gain a permis de réduire dans les mêmes proportions la production de déchets issus des structures métalliques des assemblages de combustible.

La déconstruction produit également des déchets de catégorie similaire. Enfin, les empilements de graphite des anciens réacteurs dont la déconstruction est programmée généreront des déchets « de faible activité à vie longue (FAVL) ».

En ce qui concerne les déchets de haute et moyenne activité « à vie longue », la solution industrielle de gestion à long terme retenue par la loi du 28 juin 2006 est celle du stockage géologique (projet Cigéo, en cours de conception). Les déchets déjà existants sont pour le moment entreposés en toute sûreté sur leur lieu de production dans l'attente de la mise en service de l'installation ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés).

Le tableau ci-dessous présente les différentes catégories de déchets, les niveaux d'activité et les conditionnements utilisés.

Types déchet	Niveau d'activité	Durée de vie	Classification	Conditionnement
Filtres d'eau et résines primaires	Faible et Moyenne	Courte	FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte)	Fûts, coques
Filtres d'air	Très faible, Faible et Moyenne		TFA (très faible activité), FMA-VC	Casiers, big-bags, futs, coques, caissons
Résines secondaires				
Concentrats, boues				
Pièces métalliques				
Matières plastiques, cellulosiques				
Déchets non métalliques (gravats...)				
Déchets graphite	Faible	Longue	FA-VL (faible activité à vie longue)	Entreposage sur site
Pièces métalliques et autres déchets actives	Moyenne		MA-VL (moyenne activité à vie longue)	Entreposage sur site (en piscine de refroidissement pour les grappes et autres déchets actives REP)

2. Le transport des déchets

Après conditionnement, les colis de déchets peuvent être orientés vers :

- le centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage des déchets de très faible activité (CIREs) exploité par l'Andra et situé à Morvilliers (Aube) ;
- le centre de stockage de l'Aube (CSA) pour les déchets à faible ou moyenne activité exploité par l'Andra et situé à Soulaines (Aube) ;
- l'installation Centraco exploitée par Cyclife France et située à Marcoule (Gard) qui reçoit les déchets destinés à l'incinération et à la fusion. Après traitement, ces déchets sont évacués vers l'un des deux centres exploités par l'Andra.

DE LA CENTRALE AUX CENTRES DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE

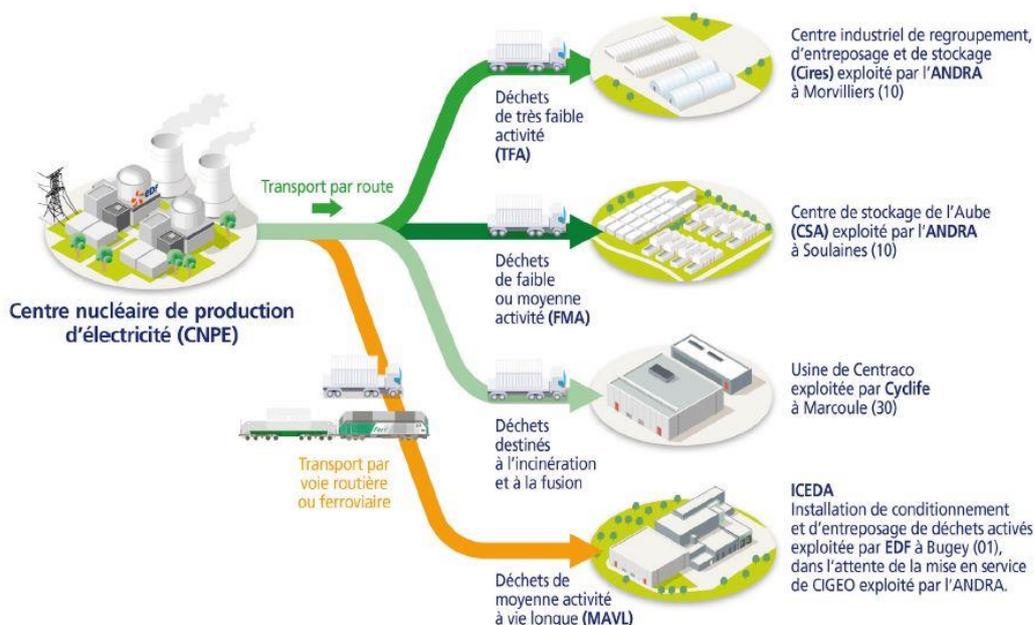


Figure 4 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

3. Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2021

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cruas-Meysse.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021	Commentaires
TFA	289,3 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	22,5 tonnes	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	272,9 tonnes	Localisation Bâtiment des Auxiliaires Nucléaire et Bâtiment Auxiliaire de Conditionnement (BAC)
MAVL	841 objets	Concerne les grappes et les étuis dans les piscines de désactivation (déchets technologiques, galette inox, bloc béton et chemise graphite)

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cruas-Meysses.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021	Type d'emballage
TFA	216 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	27 colis	Coques béton
FMAVC	320 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	36 colis	Autres (caissons, pièces massives...)

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cruas-Meysses.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	97
CSA à Soulaines	1103
Centraco à Marcoule	2098

En 2021, 3 298 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

II. Les déchets non radioactifs

Conformément à l'arrêté INB et à la décision ASN 2015-DC-0508, les INB établissent et gèrent un plan de zonage déchets, qui vise à distinguer :

- les zones à déchets conventionnels (ZDC) d'une part, à l'intérieur desquelles les déchets produits ne sont ni contaminés ou activés ni susceptibles de l'être ;
- les zones à production possible de déchets nucléaires (ZPPDN) d'autre part, à l'intérieur desquelles les déchets produits sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être.

Les déchets conventionnels produits par les INB sont ceux issus de ZDC et sont classés en 3 catégories :

- les déchets inertes (DI), qui ne contiennent aucune trace de substances toxiques ou dangereuses, et ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante pour l'environnement (déchets minéraux, verre, déblais, terres et gravats, ...)
- les déchets non dangereux non inertes, qui ne présentent aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux (gants, plastiques, déchets métalliques, papier/carton, caoutchouc, bois, câbles électriques, ...)
- les déchets dangereux (DD) qui contiennent des substances dangereuses ou toxiques, ou sont souillés par de telles substances (accumulateurs au plomb,

boues/terres marquées aux hydrocarbures, résines, peintures, piles, néons, déchets inertes et industriels banals souillés, déchets amiantifères, bombes aérosols, ...).

Le tableau ci-dessous présente les quantités de déchets conventionnels produites en 2021 par les INB d'EDF.

Quantités 2021 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Sites en exploitation	11 316	9 782	41 512	34 966	124 577	124 502	177 404	169 250
Sites en déconstruction	135	44	964	878	1 618	1 618	2 717	2 540

Les déchets conventionnels sont gérés conformément aux principes définis dans la directive cadre sur les déchets :

- réduire leur production et leur dangerosité par une gestion optimisée,
- favoriser le recyclage et la valorisation.

La production de déchets inertes reste conséquente en 2021 du fait de la poursuite d'importants chantiers, liés notamment aux chantiers de modifications post Fukushima, au projet Grand Carénage, ainsi qu'à des chantiers de voirie, d'aménagement de zones d'entreposage, de parkings, de bâtiments tertiaires et des chantiers de rénovation des systèmes de traitement des eaux usées. Les productions de déchets dangereux et de déchets non dangereux non inertes restent relativement stables.

De nombreuses actions sont mises en œuvre par EDF pour en optimiser la gestion, afin notamment d'en limiter les volumes et les effets sur la santé et l'environnement. Parmi celles-ci, peuvent être citées :

- la création en 2006 du Groupe Déchets Economie Circulaire, chargé d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF. Ce groupe, qui s'inscrit dans le cadre du Système de Management Environnemental certifié ISO 14001 d'EDF, est composé de représentants des Divisions/Métiers des différentes Directions productrices de déchets. Ses principales missions consistent à apporter de la cohérence en proposant des règles et outils de référence aux entités productrices de déchets,
- les entités productrices de déchets conventionnels disposent d'un outil informatique qui permet en particulier de maîtriser les inventaires de déchets et leurs voies de gestion,
- la définition depuis 2008 d'un objectif de valorisation pour l'ensemble des déchets valorisables. Cet objectif est actuellement fixé à 90%,
- la prise en compte de la gestion des déchets dans les contrats de gestion des sites,
- la mise en place de structures opérationnelles assurant la coordination et la sensibilisation à la gestion des déchets de l'ensemble des métiers,
- la création de stages de formation spécifiques « gestion des déchets conventionnels »,
- le recensement annuel des actions de prévention de production des déchets.

En 2021, les 4 unités de production du CNPE de Cruas-Meysses ont produit 18 778 tonnes de déchets conventionnels : 99,6 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

ABREVIATIONS

ANDRA - Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

ASN - Autorité Sûreté Nucléaire

CNPE - Centre Nucléaire de Production d'Électricité

COT - Carbone Organique Total

DBO5 - Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours

DCO - Demande Chimique en Oxygène

DUS – Diesel d'Ultime Secours

EBA - Ventilation de balayage en circuit ouvert tranche à l'arrêt

ESE - Évènement Significatif Environnement

FMA - Faible Moyenne Activité

ICPE - Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INB - Installation Nucléaire de Base

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISO - International Standard Organization

KRT – Chaîne de mesure de radioactivité

MES - Matières En Suspension

PA – Produit d'Activation

PF – Produit de Fission

REX - Retour d'Expérience

SME - Système de Management de l'Environnement

SMP - Station Multi Paramètres

TAC – Turbine à Combustion

TEU - Traitement des Effluents Usés

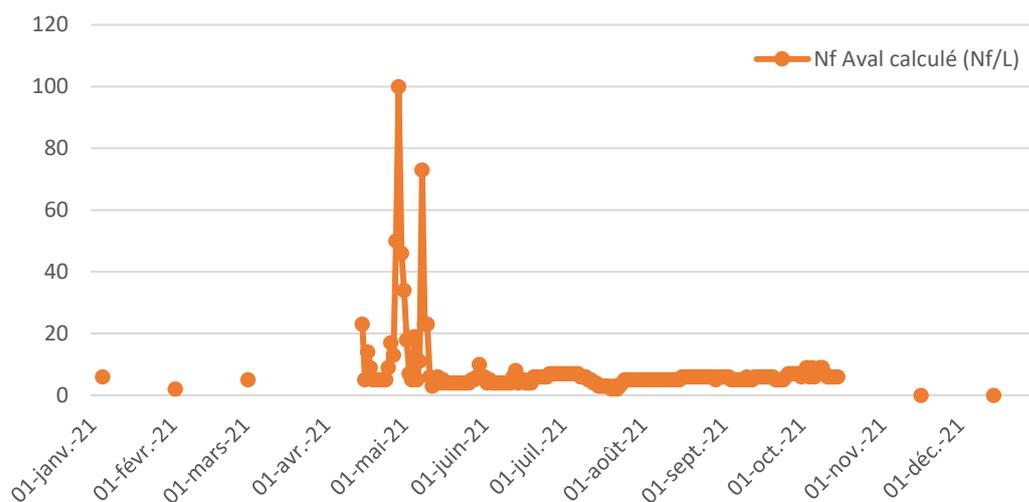
TFA - Très Faible Activité

THE – Très Haute Efficacité

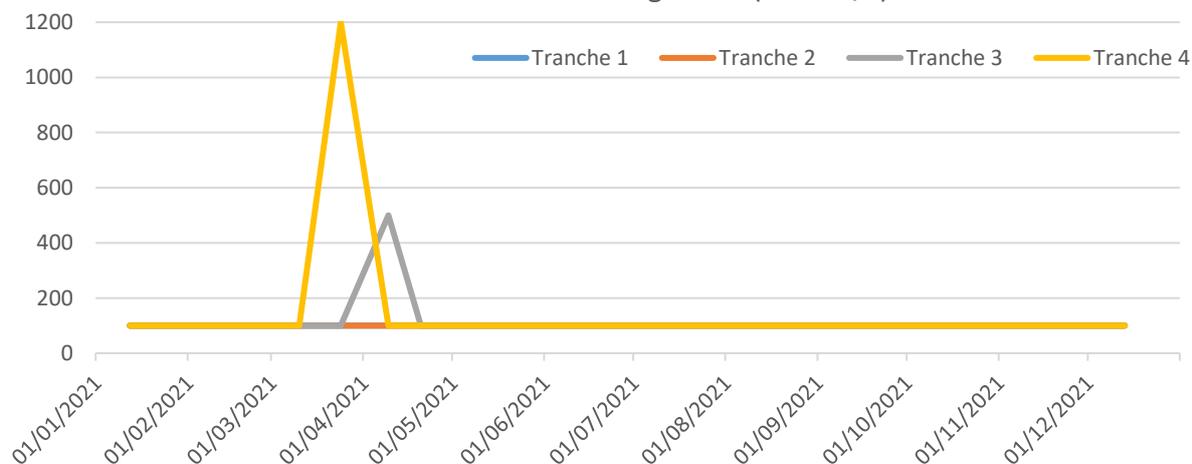
UFC - Unité Formant Colonie

ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE de Cruas-Meyse Année 2021

Suivi de la concentration en *Naegleria Fowleri* (Nf) calculée en aval dans le Rhône



Suivi de la concentration en *Legionella pneumophila* (Lp) mesurée dans les bassins des aéroréfrigérants (en UFC/L)



ANNEXE 2 : Suivi radioécologique annuel du CNPE de Cruas-Meysse Année 2020



N'imprimez ce document que si vous en avez l'utilité.

EDF SA
22-30, avenue de Wagram
75382 Paris cedex 08
Capital de 1 525 484 813 euros
552 081 317 R.C.S. Paris
www.edf.fr

Direction Production Nucléaire
CNPE de Cruas-Meysses
BP 30 – 07350 CRUAS
Contact : mission communication
04 75 49 30 00