

LES REJETS DES SITES NUCLÉAIRES

Les Installations Nucléaires de Base (INB), tout comme les Installations Industrielles Classées (ICPE), sont redevables d'une prise en considération de l'ensemble des pollutions radioactives et non radioactives qu'elles produisent (Arrêté du 7 février 2012, décliné en décisions par l'ASN). C'est ainsi qu'annuellement les exploitants nucléaires communiquent un rapport complet sur leurs émissions.

Dans le domaine nucléaire, ces émissions sont encadrées par des décisions de l'ASN via le Dossier Autorisation de Rejets et de Prélèvements en Eau (DARPE). Le principe général est d'optimiser les rejets en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût acceptable.

Sur la base des études d'impacts, l'ASN prescrit pour chaque site :

- des modalités de traitement des effluents avant leur rejet (filtration, épuration, durée de stockage des effluents radioactifs avant leurs rejets, etc...);
- des modalités des rejets (débits de dilution minimale à respecter dans le milieu, hauteur minimale de rejet pour les effluents gazeux, lieu du rejet, etc...);
- des limites maximales autorisées en débit d'activité, concentration ajoutée au milieu, flux annuel, 2h ou 24h, etc...
- des modalités de contrôles et de surveillance des effluents au sein de l'installation, au niveau des points de rejets, et dans l'environnement.

L'exploitant met en place un programme de contrôle des rejets et de surveillance de l'environnement conformément aux prescriptions réglementaires.

Les contrôles ont pour objectif de vérifier le respect des limites fixées par l'Autorité de sûreté nucléaire en ce qui concerne les prélèvements d'eau, les rejets radioactifs, chimiques et thermiques ainsi que les paramètres d'environnement (activités volumiques, concentrations, températures...).

En complément, l'exploitant effectue une surveillance de l'environnement dont la finalité est d'évaluer, sur la durée, l'impact sanitaire et environnemental des prélèvements et des rejets de son installation.



LES REJETS RADIOACTIFS LIQUIDES ET GAZEUX

Dans les centrales nucléaires se forment différents produits radioactifs - produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) - dont seule une infime partie passe dans l'eau du circuit primaire et se retrouve dans les effluents gazeux et liquides.

Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène. Sur une centrale en fonctionnement, il est principalement rejeté sous forme d'eau tritiée (HTO) et dans une moindre mesure de tritium gazeux (HT). La plus grande partie du tritium rejeté par une centrale nucléaire provient de l'activation neutronique du bore et dans une moindre mesure de celle du lithium, présents dans l'eau du circuit primaire. Le bore est utilisé pour réguler la réaction nucléaire de fission ; le lithium sert au contrôle du pH de l'eau du circuit primaire. La quantité de

tritium rejeté est directement liée à la quantité d'énergie produite par le réacteur. La quasi intégralité du tritium produit (quelques grammes à l'échelle du parc nucléaire EDF) est rejetée après contrôle par voie liquide en raison d'un impact dosimétrique plus faible comparativement au même rejet réalisé par voie atmosphérique. Le tritium est également produit naturellement par l'action des rayons cosmiques sur des composants de l'air comme l'azote, l'oxygène ou encore l'argon.

Le carbone 14 est produit par l'activation de l'oxygène 17 contenu dans l'eau du circuit primaire. Il est rejeté par voie atmosphérique sous forme de gaz et par voie liquide sous forme de dioxyde de carbone (CO₂) dissous. Radioactif, le carbone 14 se transforme en azote stable en émettant un rayonnement bêta de faible

Rejets liquides annuels des principaux éléments radioactifs en valeur absolue (en GBq) et en valeur relative à l'autorisation de rejets (en %) - Exemple de 4 CNPE pour l'année 2019 (source : rapport environnement des sites)

	Bord de mer		Bord de fleuve	
	900 MWe	1 300 MWe	900 MWe	1 300 MWe
	Gravelines 6 réacteurs	Penly 2 réacteurs	Dampierre 4 réacteurs	Golfech 2 réacteurs
Tritium	61 471 51,27 %	53 400 66,8 %	49 900 49,9 %	62 500 78,1 %
Carbone 14	40,608 4,51 %	45,1 23,7 %	37,40 14,38 %	36,5 14 %
Iodes	0,051 5,67 %	0,00621 6,21 %	0,01 1,8 %	0,0046 4,6 %
Autres PF, PA	4,748 5,28 %	0,411 1,64 %	1,23 3,42 %	0,146 0,6 %

Rejets atmosphériques annuels des principaux éléments radioactifs en valeur absolue (en GBq) et en valeur relative à l'autorisation de rejets (en %) - Exemple de 4 CNPE pour l'année 2019 (source : rapport environnement des sites)

	Bord de mer		Bord de fleuve	
	900 MWe	1 300 MWe	900 MWe	1 300 MWe
	Gravelines 6 réacteurs	Penly 2 réacteurs	Dampierre 4 réacteurs	Golfech 2 réacteurs
Gaz rares	1 530 1,42 %	461 1,02 %	490 0,68 %	369 0,82 %
Carbone 14	1 024 31,03 %	495 35,36 %	775 35,23 %	315 22,50 %
Tritium	1 770 14,75 %	721 9,01 %	1 360 13,60 %	913 11,41 %
Iodes	0,0745 3,10 %	0,057 7,21 %	0,025 1,57 %	0,152 19,00 %
Autres PF, PA	0,0061 0,25 %	0,0031 0,39 %	0,004 0,47 %	0,002 0,25 %

énergie. Cet isotope radioactif du carbone, est essentiellement connu pour ses applications dans la datation (détermination de l'âge absolu de la matière organique, à savoir le temps écoulé depuis sa mort). Cet isotope est également produit naturellement dans la haute atmosphère, par des réactions initiées par le rayonnement cosmique sur les atomes d'azote de l'air. Les iodes radioactifs proviennent de la fission du combustible nucléaire. Cette famille comporte une quinzaine d'isotopes radioactifs potentiellement présents dans les rejets. Les iodes appartiennent à la famille chimique des halogènes, comme le fluor, le chlore et le

brome. Pour les autres produits de fission ou produits d'activation, il s'agit du cumul de tous les autres radionucléides rejetés. Ces radionucléides sont issus de l'activation neutronique des matériaux de structure des installations (fer, cobalt, nickel contenu dans les aciers) ou de la fission du combustible nucléaire et sont émetteurs de rayonnements bêta et gamma.

LES REJETS CHIMIQUES

Les rejets liquides de substances chimiques sont classés en deux catégories :

- les rejets de substances chimiques associées aux effluents radioactifs liquides et aux eaux d'exhaure non radioactives des salles des machines,
- les rejets de produits issus des autres circuits non nucléaires (circuit de refroidissement des condenseurs, circuit tertiaire, station de déminéralisation, station d'épuration et leurs bassins de décantation associés ...).

Éthanolamine et morpholine : ces 2 composés maintiennent un pH légèrement alcalin pour limiter l'action du dioxyde de carbone, en le fixant. Ces produits commencent à se dégrader dans les canalisations portées à haute température. Ensuite, dans le milieu naturel, ces produits vont se dégrader sous l'action des bactéries.

L'éthanolamine se décompose à son tour en glycol, en ion ammonium et acides organiques (glycolique, oxalique, formique et acétique).

La morpholine donne en se dégradant de l'éthanolamine et du glycol.

Hydrazine (absorbeur d'oxygène) : l'hydrazine se dégrade très vite dans l'eau en azote gazeux et en eau (réaction équimoléculaire avec l'oxygène) et par conséquent ne pose pas de problème d'écotoxicité à moins de 1 mg/L

Produits de chloration anti-lits bactériens : on utilise l'Eau de Javel, le Chlore gazeux et le Bioxyde de chlore.

D'autres composés, moins actifs, comme les chloramines (moins corrosifs, mais gamme d'action avec pH plus élargi que le chlore direct) peuvent être aussi utilisés. Les produits de chloration se dégradent assez vite en chlorures en présence de matières organiques (réductrices) présentes dans le milieu naturel.

LES REJETS THERMIQUES

Dans une centrale nucléaire, seul un tiers de la puissance thermique produite par le réacteur peut être convertie en électricité en vertu du principe thermodynamique de Carnot.

Dans le parc nucléaire français, il existe deux

types de circuit de refroidissement :

- Pour les centrales, sans tour aéroréfrigérante (TAR), en bord de mer ou de fleuve, 100 % de l'énergie thermique non transformée en électricité est alors cédée en totalité au milieu aquatique.
- Pour les centrales avec tour aéroréfrigérante, l'énergie thermique non transformée en électricité est alors transférée :
 - À 95 % à l'atmosphère par les TAR (évaporation et convection)
 - et seul 5 % de est cédée au milieu aquatique.

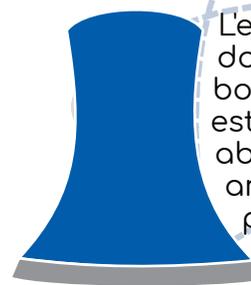
L'échauffement du milieu aquatique, c'est-à-dire l'écart entre la température de l'eau à l'entrée des installations (amont) et celle à l'aval du rejet après mélange, dépend de trois facteurs principaux :

- la production de la centrale qui varie en fonction de la demande d'électricité,
- le débit du cours d'eau soumis à des variations saisonnières,
- les conditions météorologiques qui influencent l'efficacité des aéroréfrigérants.

Pour les sites marins, l'échauffement est influencé par le cycle des marées.

Les phénomènes climatiques (grands chauds, grands froids, sécheresse...) peuvent avoir des conséquences sur la gestion des rejets en eau dans l'environnement et donc sur la production d'électricité - en cas de besoin, une centrale nucléaire peut être arrêtée pour respecter son autorisation de rejet (DARPE et décision ASN).

SURVEILLANCE DES TOURS AÉRO-RÉFRIGÉRANTES (TAR)



L'eau contenue dans les TAR doit notamment avoir une bonne qualité microbienne qui est vérifiée régulièrement : absence de légionelles et amibes-hôte récepteur pouvant servir de réservoir aux légionelles.

La propreté de l'eau doit aussi être vérifiée chimiquement.

Le nettoyage et la désinfection des tours doit être effectué régulièrement et si la contamination microbienne et algale est trop élevée, un choc chloré sera effectué.

Provenance des substances chimiques (variable suivant les sites)

PROVENANCE		SUBSTANCES CHIMIQUES	
Substances chimiques associées aux effluents radioactifs et aux eaux d'exhaure des salles des machines		Acide borique	
		Hydrazine	
		Lithine	
		Morpholine	
		Éthanolamine	
		Ammonium	
Substances chimiques associées aux autres circuits non nucléaires (circuit de refroidissement des condenseurs, circuit tertiaire, station de déminéralisation, station d'épuration et leurs bassins de décantation associés ...)		Phosphates	
		Usure des tubes condenseurs en laiton	
			Cuivre
			Zinc
		Traitement antitartre des aéroréfrigérants	Sulfates
			Chlorures
			Polyacrylates
		Traitement biocide à la monochloramine des circuits de refroidissements fermé	Ammonium
			Nitrates
			Nitrites
			AOX
			Sodium
			Chlorures
			Chlores résiduel total
		Traitement biocide à l'eau de Javel des sites marins	Bromoformes
		Station d'épuration (STEP)	Azote K
			DBO5
			DCO
			P
			Matières en suspensions
Station de production d'eau déminéralisée	Sulfates		
	Chlorures		
	Sodium		
	Matières en suspensions		

Rédigée par les membres du groupe d'experts scientifiques associés et du groupe permanent « Santé » de l'ANCCLI - 2021