

PIÈCE 7

ÉTUDE D'IMPACT

- Annexe 2 - Effluents chimiques

PLACE DE L'ANNEXE DANS L'ÉTUDE D'IMPACT

>> Résumé non technique, Sommaire général, Chapitres 1 à 14 : voir le classeur principal

Annexe 1 – Effluents radioactifs

Annexe 2 – Effluents chimiques

Annexe 3 – Eaux de surface

Annexe 4 – Sols et eaux souterraines

Annexe 5 – Population et santé humaine

Annexe 6 – Biodiversité

SOMMAIRE

PRESENTATION DE L'ANNEXE 2	4
1. METHODOLOGIE RETENUE POUR L'EVALUATION DES REJETS CHIMIQUES	5
2. ESTIMATION DES REJETS CHIMIQUES LIQUIDES AU REJET PRINCIPAL	6
2.1. ACIDE BORIQUE	7
2.2. LITHINE	8
2.3. DETERGENTS	9
2.3.1. Lavage des tenues	9
2.3.2. Lavage des locaux	9
2.3.3. Décontamination des outils et décontaminations de circuits	10
2.3.4. Flux total de détergents	10
2.4. AZOTE	10
2.5. METAUX	11
2.5.1. Métaux provenant de la corrosion des circuits	11
2.5.2. Métaux provenant des découpes et décontaminations	12
2.5.3. Synthèse	13
2.6. MATIERES EN SUSPENSION (MES)	14
2.7. DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)	15
2.8. SODIUM	15

TABLEAUX

Tableau a	Composition des rejets de métaux sur la période 2016-2018 (réservoirs T).....	11
Tableau b	Métaux issus de la corrosion : masse rejetée par an et par métal	12
Tableau c	Composition des matériaux découpés sous eau générant des copeaux	12
Tableau d	Calcul de la masse par métal des copeaux issus de la découpe des matériaux sous eau pour une unité de production.....	13
Tableau e	Calcul de la répartition par métal des copeaux issus de la découpe des matériaux sous eau	13
Tableau f	Flux annuels et répartition par métal pour l'ensemble des métaux issus de la corrosion, des découpes sous eau et de la décontamination	13
Tableau g	Flux 24 h et répartition par métal pour l'ensemble des métaux issus de la corrosion, des découpes sous eau et de la décontamination	14
Tableau h	Flux 2 h et répartition par métal pour l'ensemble des métaux issus de la corrosion, des découpes sous eau et de la décontamination	14
Tableau i	Concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet pour l'ensemble des métaux issus de la corrosion, des découpes sous eau et de la décontamination	14

P RESENTATION DE L'ANNEXE 2

L'objet de cette annexe est de fournir le détail des calculs réalisés pour l'estimation des rejets chimiques liquides générés par l'ensemble des opérations de démantèlement de l'INB n°75, du démantèlement électromécanique à la réhabilitation du site. Les éléments de cette annexe sont utilisés dans le [Chapitre 2, Paragraphe 2.6.3](#).

L'annexe 2 présente :

- la méthodologie retenue pour l'évaluation des rejets chimiques ([Paragraphe 1](#)) ;
- la caractérisation des rejets chimiques liquides ([Paragraphe 2](#)).

1. METHODOLOGIE RETENUE POUR L'ÉVALUATION DES REJETS CHIMIQUES

La présente évaluation couvre l'ensemble des opérations de démantèlement de l'INB n°75, du démantèlement électromécanique à la réhabilitation du site.

La méthodologie pour estimer les rejets chimiques liquides des opérations de démantèlement prend en compte :

- le bilan des substances chimiques provenant de la phase de fonctionnement du CNPE et encore présentes sur l'installation lors de l'entrée en vigueur du décret de démantèlement ;
- l'évaluation des substances chimiques provenant des opérations de démantèlement et de l'exploitation courante du site en phase de démantèlement ;
- les systèmes de traitement des effluents envisagés ;
- les caractéristiques de l'émissaire de rejet.

Les quantités rejetées sont ensuite caractérisées en prenant en compte les incertitudes au cas par cas, en particulier pour les substances pour lesquelles le retour d'expérience est inexistant ou insuffisant, afin de définir les limites de rejet demandées par substance le cas échéant.

Les rejets prévus sont aussi faibles que raisonnablement possible, en raison des choix effectués pour le projet, notamment grâce à la mise en place de moyens de traitement pour limiter les rejets et à leur gestion optimisée (Cf. [Chapitre 2, Paragraphe 2.5](#)).

2.

ESTIMATION DES REJETS CHIMIQUES LIQUIDES AU REJET PRINCIPAL

Le [Paragraphe 2](#) complète le [Chapitre 2, Paragraphe 2.6.3](#) en présentant le détail des calculs de l'estimation des rejets chimiques liquides au rejet principal pour les substances le nécessitant.

Les substances susceptibles d'être rejetées au rejet principal sont les suivantes :

- l'acide borique et la lithine : il s'agit de produits de conditionnement du circuit primaire mis en œuvre en fonctionnement et qui participent respectivement au pilotage de la réaction nucléaire et à la limitation de la corrosion des matériaux. L'objectif est de traiter ces substances avant le début du démantèlement. Cependant, il est possible qu'il en subsiste dans les piscines BK et les circuits connectés non encore vidangés ;
- les métaux (chrome, cuivre, nickel, zinc, manganèse, fer, plomb et aluminium) provenant de l'usure des matériaux des circuits ainsi que des opérations de découpe et d'éventuelles décontaminations, comptabilisés de façon globale sous l'appellation de « métaux totaux » ;
- les détergents et l'azote provenant principalement du lavage des tenues utilisées en zone nucléaire et du lavage du sol ;
- le sodium provenant de la neutralisation à la soude des effluents avant rejet.

Ces effluents sont également caractérisés par des paramètres globaux : les Matières En Suspension (MES) et la Demande Chimique en Oxygène (DCO).

À noter que la morpholine, l'hydrazine et le phosphate trisodique, qui sont des produits de conditionnement des circuits en fonctionnement, ne seront plus utilisés en démantèlement ; les circuits et capacités concernés seront vidangés et les effluents seront rejetés avant la phase de démantèlement. Par conséquent, aucun rejet n'est considéré pour ces substances et aucune demande de limite associée n'est formulée.

Les différents effluents sont collectés de façon sélective et traités en fonction de leurs caractéristiques, puis ils sont entreposés dans des réservoirs avant rejet ou réservoirs T (Cf. [Chapitre 2, Paragraphe 2.5.1](#)). Ces réservoirs présentent les capacités suivantes : deux réservoirs de 1 500 m³ et un réservoir de 700 m³.

Après réalisation des contrôles qui déterminent les conditions de rejet, ces effluents sont ensuite rejetés via la canalisation de rejet.

Les concentrations maximales ajoutées à l'ouvrage de rejet sont égales aux concentrations dans les réservoirs avant rejet.

Le débit de rejet à l'émissaire principal est réglable et est au maximum de 50 m³/h.

2.1. ACIDE BORIQUE

L'acide borique (H_3BO_3) est utilisé en fonctionnement pour sa capacité à absorber les neutrons, il contribue à maîtriser la réaction nucléaire et à garantir la sûreté en présence de combustible.

En phase de fonctionnement, les effluents borés sont pour partie traités par évaporation et les concentrats sont envoyés à CENTRACO pour incinération en tant que déchets liquides ; et pour partie rejetés dans le Grand Canal d'Alsace selon les autorisations de rejet en vigueur. La cible de rejet en acide borique du CNPE de Fessenheim permettant d'assurer un bon équilibre rejets / déchets est d'environ 6 tonnes par an pour l'ensemble de l'installation.

↳ GESTION DES EFFLUENTS BORÉS : EQUILIBRE REJETS / DECHETS

La stratégie retenue pour le parc nucléaire français pour la gestion des effluents borés consiste à rechercher un optimum entre rejet d'effluents liquides et production de déchets, en adéquation avec les contraintes environnementales, les exigences réglementaires des sites (limites de rejet notamment) et les exigences des filières d'évacuation des déchets.

Une fois le combustible évacué, la présence d'acide borique n'est plus requise. Cependant, étant donné l'inventaire important d'acide borique présent sur l'installation au moment de son arrêt (110 tonnes d'acide borique réparties dans les circuits primaires, les réservoirs, les piscines BK et les circuits connectés), et compte-tenu des capacités de traitement de l'acide borique sur l'installation et des autorisations de rejet dans le Grand Canal d'Alsace, il n'est pas garanti que la totalité de l'acide borique soit traitée et rejetée avant la phase de démantèlement. Aussi, il est considéré la présence d'une quantité résiduelle d'acide borique (représentant au maximum un total de 16 tonnes d'acide borique) dans les piscines BK et les circuits connectés non encore vidangés au début de la période de démantèlement.

En phase de démantèlement, dans le cadre de la stratégie de simplification fonctionnelle de l'installation visant notamment à réduire les risques pour les intervenants et les potentiels calorifiques (Cf. [Chapitre 2, Paragraphe 2.3.2](#)), l'évaporateur du CNPE ne sera plus fonctionnel.

Son maintien en service aurait entraîné des coûts d'exploitation importants et des rejets supplémentaires liés à :

- la production de vapeur par une chaudière au fioul (rejets chimiques atmosphériques) ;
- la production d'eau déminéralisée en quantité importante (rejets chimiques liquides) ;
- le conditionnement chimique de certains circuits liés au fonctionnement de l'évaporateur (rejets chimiques liquides).

Considérant la quantité maximale résiduelle de 16 tonnes d'acide borique au début de la phase de démantèlement, les effluents borés seront pour partie traités en tant que déchets liquides et envoyés à CENTRACO pour incinération (Cf. [Chapitre 10](#)), et pour partie rejetés dans le Grand Canal d'Alsace.

Au niveau planning, le rejet des effluents borés résiduels est contraint par les jalons suivants :

- ces effluents doivent être évacués avant le début des opérations de démantèlement des circuits de traitement et rejet des effluents liquides, soit avant l'année 7 ;
- la piscine BK dans laquelle seront entreposés les DAE¹ pour décroissance et qui contient du bore ne pourra être complètement vidangée qu'après évacuation des DAE, soit à partir de l'année 5.

¹ Déchets Activés d'Exploitation : déchets issus d'équipements qui ont séjourné en cuve sous flux d'irradiation lors des 40 ans d'exploitation, ils sont entreposés plusieurs années sous eau en piscine BK pour décroissance, puis évacués vers l'installation ICEDA.

Aussi, étant donné ces contraintes et dans l'objectif d'un démantèlement aussi court que possible, un flux annuel de rejet de 6 tonnes d'acide borique, équivalent à celui visé en phase de fonctionnement, est demandé en phase de démantèlement pour les années où des effluents contenant de l'acide borique sont encore présents sur l'installation.

La concentration en bore requise en phase de fonctionnement dans les piscines BK et les circuits connectés est de 2 500 ppm, soit 2,5 g/L. Le rapport molaire acide borique (H_3BO_3) / bore (B) est égal à 5,72. La concentration en acide borique dans les piscines BK et les circuits connectés est donc égale à 14,3 g/L.

Un flux annuel de 6 000 kg d'acide borique correspond au rejet de 420 m³ d'effluents borés issus des piscines BK et des circuits connectés non encore vidangés.

Pour le flux 24 h, il est considéré le rejet en 24 heures de 195 m³ d'effluents borés issus de la vidange des piscines BK et des circuits connectés non encore vidangés, soit un flux 24 h de 2°800 kg d'acide borique.

Pour le flux 2 h, il est considéré un rejet au débit maximum de 50 m³/h, soit un rejet de 100 m³, ce qui correspond à un flux 2 h de 1430 kg.

Les demandes de limites de rejet en acide borique sont donc les suivantes :

- **1430 kg en flux 2 h ajouté ;**
- **2 800 kg en flux 24 h ajouté;**
- **6 000 kg en flux annuel ajouté.**

La **concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet** est égale à la concentration dans le réservoir de stockage des effluents avant rejet. La concentration en bore dans le réservoir est au plus égale à la concentration en piscine, soit inférieure à 2 500 ppm de bore soit une concentration maximale en acide borique de **14,3 g/L**.

Ces limites sont demandées jusqu'à ce que la totalité de l'acide borique résiduel soit évacuée de l'installation, ce qui interviendra au plus tard à l'arrêt des rejets liquides dans l'environnement suite au démantèlement des circuits de rejets liquides, qui aura lieu après les opérations de vidange des piscines BR et des piscines BK.

2.2. LITHINE

La lithine est une base utilisée en fonctionnement pour contrôler le pH du fluide primaire afin de minimiser la corrosion des matériaux.

De manière analogue à l'acide borique, il n'est pas assuré que l'ensemble des fluides contenant du lithium soit évacué avant la phase de démantèlement, en particulier le lithium contenu dans les piscines BK et les circuits associés.

La caractérisation des rejets de lithium est effectuée en se basant sur le retour d'expérience : la concentration de lithium mesurée dans les piscines en fonctionnement début 2019 est inférieure à 0,1 ppm.

L'inventaire global de lithium pour une piscine BK de volume 1 500 m³ est donc au plus égal à 0,15 kg. Le rapport molaire lithine (LiOH) / lithium (Li) est égal à 3,43, soit 0,52 kg de lithine par piscine BK.

Le rejet en lithine est effectué simultanément avec le rejet en acide borique.

Le volume d'effluents contenant de l'acide borique et de la lithine rejeté annuellement est estimé à 420 m³, (Cf. [Paragraphe 2.1](#)). Le flux annuel en lithine est estimé à $420 \times 0,1 \cdot 10^{-3} \times 3,43 = 0,144$ kg.

Le volume d'effluents contenant de l'acide borique et de la lithine rejeté par 24 h est estimé à 195 m³, (Cf. [Paragraphe 2.1](#)). Le flux 24 h en lithine est estimé à $195 \times 0,1 \cdot 10^{-3} \times 3,43 = 0,067$ kg.

Le volume d'effluents contenant de l'acide borique et de la lithine rejeté par 2 h est estimé à 100 m³, (Cf. [Paragraphe 2.1](#)). Le flux 2 h en lithine est estimé à $100 \times 0,1 \cdot 10^{-3} \times 3,43 = 0,0343$ kg.

La concentration en lithine est égale à la concentration en piscine BK, soit inférieure à 0,1 ppm de lithium donc inférieure à 0,343 mg/L.

Le flux annuel en lithine est estimé à 0,144 kg.

Le flux 24h en lithine est estimé à 0,067 kg.

Le flux 2h en lithine est estimé à 0,035 kg.

La concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet est de 0,343 mg/L.

Ces quantités sont rejetées uniquement les années où des effluents contenant de l'acide borique sont rejetés dans le Grand Canal d'Alsace.

Aucune limite de rejet n'est demandée pour la lithine étant donné les quantités rejetées.

2.3. DETERGENTS

Les détergents ont plusieurs origines :

- le lavage des tenues utilisées pour l'entrée en zone ;
- le lavage des locaux en zone contrôlée ;
- la décontamination d'outils, de matériels et de portions limitées de circuits (décontamination des piscines après leurs vidanges réalisées selon les procédures utilisées pendant le fonctionnement du CNPE : lavage en eau avec utilisation de détergents de type mousses décontaminantes).

2.3.1. LAVAGE DES TENUES

Étant donnée la réduction du personnel intervenant sur le site, les effluents liés au lavage des tenues utilisées pour l'entrée en zone sont réduits par rapport à la période de fonctionnement.

L'estimation de la quantité d'effluents est réalisée à partir du retour d'expérience de la quantité d'effluents produits par la laverie sur les années 2014-2017 ramenée au nombre d'entrées en zone sur cette période :

- volume total d'effluents de laverie sur la période 2014-2017 : 8 320 m³ ;
- nombre d'entrées en zone contrôlée sur la période 2014-2017 : 365 032.

L'ordre de grandeur du nombre d'entrées prévues en zone contrôlée par an au plus fort de l'activité pendant la période de démantèlement est de 38 000, auquel on ajoute 20 % pour tenir compte des aléas de chantier, du personnel d'encadrement et du personnel assurant la surveillance soit 45 600 entrées.

Le volume annuel maximum d'effluents de laverie pendant la période de démantèlement est le suivant :

$$8\,320 / 365\,032 \times 45\,600 = 1\,039 \text{ m}^3 \text{ arrondis à } 1\,100 \text{ m}^3.$$

La quantité de détergents utilisée est issue du retour d'expérience du CNPE en fonctionnement : 0,8 kg de produit commercial pour 1 m³ d'eau.

Le flux annuel en détergents liés au lavage des tenues est donc de 880 kg.

2.3.2. LAVAGE DES LOCAUX

L'estimation de la quantité d'effluents liés au lavage des locaux se base sur le retour d'expérience des fréquences de lavage du CNPE en fonctionnement, inchangées en démantèlement :

- nettoyage par auto-laveuse 6 fois par semaine à raison de 60 L d'eau de lavage par jour pendant 52 semaines ;
- lavage manuel à raison de 40 L d'eau de lavage par jour pendant 220 jours.

20 % de marge sont ajoutés pour comptabiliser les fortuits, soit un volume total d'effluents de lavage des locaux de :

$$(6 \times 60 \times 52 + 40 \times 220) \times 1,2 = 33\,024 \text{ L soit } 33 \text{ m}^3.$$

La quantité de détergents utilisés est basée sur le retour d'expérience du CNPE en fonctionnement, le flux annuel en détergents liés au lavage des locaux est de 300 kg.

2.3.3. DECONTAMINATION DES OUTILS ET DECONTAMINATIONS DE CIRCUITS

Les effluents générés par les décontaminations des outils sont limités. Ils sont de l'ordre de 10 à 40 m³ par an en fonctionnement. La quantité d'outillages à décontaminer en démantèlement sera plus importante et est estimée au double. En outre, les années de vidange des piscines, les effluents issus de la décontamination des piscines viendront s'ajouter au volume total (ce volume est estimé à 20 m³/an sur la base du retour d'expérience en fonctionnement).

Le volume total annuel d'effluents issus de la décontamination des outils et circuits est donc estimé à 100 m³, ce qui correspond à environ 80 kg de détergents en prenant en compte l'hypothèse de l'utilisation de 0,8 kg de produit commercial pour 1 m³ d'eau.

2.3.4. FLUX TOTAL DE DETERGENTS

L'utilisation totale annuelle de détergents est estimée à 880 + 300 + 80 = 1 260 kg exprimés en produit commercial pour un volume de 1 100 + 33 + 100 = 1 233 m³.

Ce volume est inférieur au contenu d'un réservoir. Pour estimer le flux annuel, il est considéré la vidange d'un réservoir de 1 500 m³ ayant recueilli les effluents de détergents de plus d'une année (ce qui signifie que certaines années seront sans rejet), soit $1\,260 / 1\,233 \times 1\,500 = 1\,533$ kg arrondis à 1 530 kg.

Le flux 24 h est évalué en considérant la vidange d'un réservoir T de 1 500 m³ à un débit de 10 m³/h soit 240 m³ pour 24 h. La quantité de détergents pour 24 h est évaluée à $1\,260 / 1\,233 \times 240$ soit 245 kg exprimés en produit commercial.

Le flux 2 h est évalué en considérant la vidange d'un réservoir T de 1 500 m³ au débit de 10 m³/h soit 20 m³ pour 2 h. La quantité de détergents pour 2 h est évaluée à $1\,260 / 1\,233 \times 20$ soit 21 kg exprimés en produit commercial.

La concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet est égale à la concentration dans le réservoir de rejet c'est-à-dire $1\,260 / 1\,233 \times 1\,000$ soit 1020 mg/L exprimés en produit commercial.

Les limites demandées pour le rejet de détergents sont les suivantes :

- **limite de flux annuel de 1 530 kg ;**
- **limite de flux 24h de 245 kg ;**
- **limite de concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet de 1 020 mg/L.**

2.4. AZOTE

En phase de fonctionnement du CNPE, l'azote provient essentiellement de la dégradation des produits de conditionnement des circuits, lesquels ne sont plus utilisés en phase de démantèlement. La source principale de rejets en azote en démantèlement provient des effluents de laverie, d'autres sources ponctuelles pouvant s'y ajouter.

Les détergents utilisés pour la laverie contiennent environ 6 % d'ammonium (en masse), le rapport molaire azote (N) / ammonium (NH₄) étant égal à 0,77.

Les flux d'azote sont estimés à partir des flux de détergents, déterminés au [Paragraphe 2.3.](#)

Le flux annuel de détergents est estimé à 1 530 kg, soit $1\,530 \times 6\% = 92$ kg en ammonium, et 71 kg d'azote.

Le flux 24 h de détergents est estimé à 245 kg soit 15 kg en ammonium et 12 kg d'azote.

Le flux 2 h de détergents est estimé à 21 kg soit 1,3 kg en ammonium et 1 kg d'azote.

La concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet est égale à la concentration dans le réservoir de rejet, à savoir 1 020 mg/L en détergents, soit 61 mg/L en ammonium, soit 47,6 mg/L en azote.

Aucune limite de rejet n'est demandée pour cette substance étant donné les quantités rejetées.

2.5. METAUX

Les métaux présents dans les effluents ont plusieurs origines :

- ils proviennent de la corrosion des circuits encore en service : l'estimation de ces rejets est basée sur le retour d'expérience de la phase de fonctionnement du CNPE ;
- ils peuvent également provenir des découpes des composants réalisées sous eau (cuves et internes de cuve notamment), ainsi que des décontaminations.

2.5.1. METAUX PROVENANT DE LA CORROSION DES CIRCUITS

La valeur retenue pour la concentration en métaux totaux issus de la corrosion des matériaux dans les effluents pour la phase de démantèlement est identique à celle retenue pour la phase de fonctionnement du CNPE, à savoir 5 mg/L, les phénomènes régissant la corrosion étant inchangés.

Le retour d'expérience 2016-2018 des mesures effectuées sur les effluents des réservoirs de stockage des effluents avant rejet TEU (ou réservoirs T) a été analysé pour déterminer la composition des métaux rejetés issus de la corrosion des circuits.

Sur la période 2016-2018, la composition des métaux rejetés est la suivante :

Métal	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Répartition	7,3 %	1,0 %	8,7 %	64,4 %	3,9 %	1,1 %	0,7 %	12,9 %

Tableau a Composition des rejets de métaux sur la période 2016-2018 (réservoirs T)

Tous les effluents des réservoirs T contiennent des métaux issus de la corrosion des circuits.

Le volume annuel maximum d'effluents rejetés est évalué à 5 000 m³ (soit de l'ordre de 1 300 m³ d'effluents de lavage + 1 500 m³ de vidange de piscine BK + 1 500 m³ de vidange de piscine BR soit 4 300 m³ arrondis à 5 000 m³ pour tenir compte des fortuits).

La masse maximum de métaux rejetée annuellement issue de la corrosion est évaluée à $5000 \times 5 / 1000 = 25$ kg.

La répartition par métal est donc la suivante :

Métal	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Masse rejetée annuellement issue de la corrosion (kg)	1,8	0,2	2,2	16,1	1,0	0,3	0,2	3,2

Tableau b Métaux issus de la corrosion : masse rejetée par an et par métal

2.5.2. METAUX PROVENANT DES DECOUPES ET DECONTAMINATIONS

Les découpes réalisées sous eau génèrent des copeaux de découpe. La masse de copeaux de découpe est estimée sur la base du plan de découpe des différents éléments à découper et des outils utilisés (Cf. [Annexe 1, Paragraphe 3.1.3](#)) :

- 2 450 kg de copeaux en acier inoxydable issus de la découpe des internes de cuve ;
- 1 000 kg de copeaux provenant de la découpe du bol de fond de cuve et de la virole de cuve portant les tubulures (en acier noir) ;
- 1 150 kg de copeaux provenant de la découpe de la virole de cuve (en acier noir d'une nuance spécifique) (pour la cuve, les valeurs sont différentes de celles présentées en [Annexe 1](#) pour laquelle une découpe thermique avait été prise en compte) ;

Soit un total de 4 600 kg par unité de production.

La composition en métaux de chacun des matériaux découpés est présentée dans le [Tableau c](#).

Composition	Cr	Ni	Mn	Cu	Fe
Acier inoxydable Z2CN18 10 (internes)	20 %	10 %	2 %	1 %	67 %
Acier noir (virole)	-	0,83 %	-	0,15 %	99,02 %
Acier noir (bol + tubulures)	0,3 %	0,83 %	1,58 %	0,2 %	97,09 %

Tableau c Composition des matériaux découpés sous eau générant des copeaux

La majeure partie des copeaux issus des découpes est récupérée et conditionnée en colis. En outre, l'eau dans laquelle ont lieu les découpes est épurée afin de garantir la visibilité et la radioprotection du personnel situé en bord de piscine. Il est considéré qu'à l'issue des opérations de récupération des copeaux et d'épuration, une proportion de 1 / 1 000 des copeaux issus de la découpe subsiste dans les effluents, soit 4,6 kg des métaux liés à la découpe d'une cuve et de ses internes (répartis dans 1 500 m³ ce qui correspond au volume d'une piscine BR).

La composition des métaux des copeaux est issue de la composition des matériaux découpés et est calculée comme présenté dans le [Tableau d](#) et le [Tableau e](#).

Répartition des masses (kg)	Total	Cr	Ni	Mn	Cu	Fe
Acier inoxydable Z2CN18 10 (internes)	2450	490	245	49	24,5	1641,5
Acier noir (virole)	1150	0	9,5	0	1,7	1138,7
Acier noir (bol + tubulures)	1000	3	8,3	15,8	2	970,9
Total	4600	493	262,8	64,8	28,2	3751,1

Tableau d Calcul de la masse par métal des copeaux issus de la découpe des matériaux sous eau pour une unité de production

Métal	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni
Composition par métal des copeaux issus des découpes	10,7 %	0,6 %	81,6 %	1,4 %	5,7 %

Tableau e Calcul de la répartition par métal des copeaux issus de la découpe des matériaux sous eau

Les rejets de métaux issus des décontaminations ponctuelles sont considérés de même composition que ceux issus des découpes et négligeables en masse devant ceux-ci.

2.5.3. SYNTHÈSE

Le flux annuel maximum des rejets en métaux totaux est estimé à partir du cumul des flux annuels issus de la corrosion d'une part et des découpes d'autre part, soit $25 + 4,6 = 29,6$ kg arrondis à 30 kg.

Il est considéré une année avec la vidange d'une piscine BR contenant des eaux de découpe d'une unité de production. Le flux annuel par métal est évalué de la même manière, en ajoutant les flux annuels pour chacun des métaux :

Métal	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Masse totale rejetée annuellement (kg)	1,86	0,74	2,24	20,13	1,04	0,53	0,17	3,29
Répartition (%)	6 %	2,5 %	7,4 %	67,2 %	3,4 %	1,8 %	0,6 %	11 %

Tableau f Flux annuels et répartition par métal pour l'ensemble des métaux issus de la corrosion, des découpes sous eau et de la décontamination

Le flux 24 h est évalué en considérant le rejet d'un réservoir de $1\,500\text{ m}^3$ contenant de manière pénalisante uniquement des effluents issus de découpes de la cuve et des internes (vidange d'une piscine de 1500 m^3 dans un réservoir de $1\,500\text{ m}^3$), au débit maximum de $50\text{ m}^3/\text{h}$, soit $1\,200\text{ m}^3$.

La quantité de métaux issus des découpes pour ce volume est égal à $4,6\text{ kg} \times 1\,200\text{ m}^3 / 1\,500\text{ m}^3$ soit 3,7 kg.

La quantité de métaux issus de la corrosion pour ce volume est égal à $5 \cdot 10^{-3}\text{ kg/m}^3 \times 1\,200\text{ m}^3 = 6\text{ kg}$.

Le flux 24 h est donc égal à la somme des deux composantes, soit 9,7 kg arrondi à 10 kg.

La composition de l'effluent est établie au prorata de la composition de chacune des composantes et présentée au [Tableau g](#).

Métal	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Masse totale rejetée par 24 h (kg)	0,45	0,47	0,57	7,10	0,29	0,28	0,04	0,80
Répartition (%)	4,5 %	4,7 %	5,7 %	71,0 %	2,9 %	2,8 %	0,4 %	8,0 %

Tableau g Flux 24 h et répartition par métal pour l'ensemble des métaux issus de la corrosion, des découpes sous eau et de la décontamination

Le flux 2 h est évalué en considérant également le rejet d'un réservoir de 1 500 m³ contenant des effluents issus de découpes, au débit maximum de 50 m³/h, soit 100 m³.

La quantité totale de métaux pour l'estimation du flux 2 h est évaluée à partir de l'évaluation précédente, au prorata des volumes rejetés : 10 kg / 1 200 m³ x 100 m³ = 0,8 kg.

La répartition en masse est présentée dans le [Tableau h](#).

Métal	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Masse totale rejetée par 2 h (kg)	0,036	0,037	0,045	0,568	0,024	0,023	0,003	0,064
Répartition (%)	4,5 %	4,7 %	5,7 %	71,0 %	2,9 %	2,8 %	0,4 %	8,0 %

Tableau h Flux 2 h et répartition par métal pour l'ensemble des métaux issus de la corrosion, des découpes sous eau et de la décontamination

La concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet est égale à la concentration dans le réservoir de rejet : 10 kg de métaux pour 1200 m³ soit 8,3 mg/L.

La concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet pour chaque métal qui est égale à la concentration dans le réservoir est calculée à partir de la répartition par métal et est présentée au [Tableau i](#).

Métal	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet (mg/L)	0,38	0,39	0,47	5,91	0,24	0,24	0,03	0,67

Tableau i Concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet pour l'ensemble des métaux issus de la corrosion, des découpes sous eau et de la décontamination

Les limites demandées pour les rejets de métaux totaux sont les suivantes :

- limite de flux annuel de 30 kg ;
- limite de concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet de 8,3 mg/L.

2.6. MATIERES EN SUSPENSION (MES)

La caractérisation des Matières En Suspension est réalisée à partir du retour d'expérience des concentrations dans les réservoirs de stockage des effluents avant rejet TEU (ou réservoirs T) en phase de fonctionnement. Le retour d'expérience 2016-2019 met en évidence que la concentration maximum mesurée dans un réservoir T est égale à 5,3 mg/L.

Le volume annuel maximum d'effluents rejetés est évalué à 5 000 m³ (soit de l'ordre de 1 300 m³ d'effluents de lavage + 1 500 m³ de vidange de piscine BK + 1 500 m³ de vidange de piscine BR soit 4 300 m³ arrondis à 5 000 m³ pour tenir compte des fortuits).

Le flux annuel en MES est évalué à $5,3 \times 5\,000 / 1\,000 = 26,5$ kg arrondis à 30 kg pour tenir compte de la variabilité de la mesure.

Le flux 24 h est évalué en considérant la vidange d'un réservoir T de 1 500 m³ au débit maximum de 50 m³/h soit 1 200 m³ pour 24 h. La quantité de MES pour 24 h est évaluée à $5,3 \times 1\,200 / 1\,000 = 6,5$ kg arrondis à 10 kg pour tenir compte de la variabilité de la mesure.

Le flux 2 h est évalué en considérant les mêmes hypothèses de rejet au débit maximum de 50 m³/h, soit 100 m³ pour 2 h, soit une quantité de MES de $5,3 \times 100 / 1\,000 = 0,53$ kg arrondis à 1 kg pour tenir compte de la variabilité de la mesure.

La concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet est égale à la concentration dans le réservoir de rejet, à savoir 5,3 mg/L arrondis à 6 mg/L pour tenir compte de la variabilité de la mesure.

Les limites demandées pour les rejets de MES sont les suivantes :

- **limite de flux 24 h de 10 kg ;**
- **limite de concentration ajoutée dans l'ouvrage de rejet de 6 mg/L.**

2.7. DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)

La caractérisation de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) est réalisée à partir du retour d'expérience des concentrations dans les réservoirs de stockage des effluents avant rejet TEU (ou réservoirs T) en fonctionnement. Le retour d'expérience 2016-2018 met en évidence que la concentration mesurée sur aliquote mensuel pour les rejets des réservoirs T est systématiquement inférieure à 30 mg/L.

Pour un volume annuel de 5 000 m³ ([Paragraphe 2.6](#)), le flux annuel en DCO est évalué à $30 \times 5\,000 / 1\,000 = 150$ kg.

Le flux 24 h est évalué en considérant la vidange d'un réservoir T de 1 500 m³ au débit maximum de 50 m³/h soit 1 200 m³ pour 24 h. Le flux 24 h de DCO est évalué à $30 \times 1\,200 / 1\,000 = 36$ kg.

Le flux 2 h est évalué en considérant les mêmes hypothèses de rejet au débit maximum de 50 m³/h, soit 100 m³ pour 2 h, soit une quantité de DCO de $30 \times 100 / 1\,000 = 3$ kg.

La concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet est égale à la concentration dans le réservoir de rejet, à savoir 30 mg/L.

Les limites demandées pour les rejets de DCO sont les suivantes :

- **limite de flux 24 h de 36 kg ;**
- **limite de concentration ajoutée dans l'ouvrage de rejet de 30 mg/L.**

2.8. SODIUM

En fonctionnement, les effluents issus des réservoirs de stockage des effluents avant rejet sont mélangés aux eaux du circuit de refroidissement avant rejet dans le milieu, il n'est donc pas nécessaire de les neutraliser avant rejet. En revanche, étant donné l'arrêt du circuit de refroidissement, les effluents produits au cours du démantèlement pourraient, du fait de leurs caractéristiques chimiques, nécessiter une neutralisation avant rejet.

L'utilisation de soude est envisagée dans cette optique, afin de neutraliser les effluents présentant un pH trop bas, comme par exemple les effluents contenant potentiellement de l'acide borique provenant des piscines BK.

Le flux annuel est déterminé en considérant la neutralisation de 6 000 kg d'acide borique (Cf. [Paragraphe 2.1](#)), ce qui correspond à un volume de 420 m³ à 2 500 mg/L de bore, afin d'atteindre un pH de 8,5.

Le flux 24 h est déterminé en considérant la neutralisation de 2 800 kg d'acide borique (Cf. [Paragraphe 2.1](#)), ce qui correspond à un volume de 195 m³ à la même concentration que précédemment.

Le flux 2 h est déterminé en considérant la neutralisation de 1 430 kg d'acide borique (Cf. [Paragraphe 2.1](#)), ce qui correspond à un volume de 100 m³ à la même concentration que précédemment.

Il est nécessaire d'ajouter 0,0375 mol/L de soude pour atteindre un pH de 8,5 pour une solution à 2 500 mg/L de bore.

Compte tenu de la masse molaire du sodium égale à 23 g/mol, le flux annuel de sodium est estimé à $0,0375 \times 420 \times 23$ soit 362,25 kg arrondi à 362 kg.

Le flux 24 h est estimé à $0,0375 \times 195 \times 23$ soit 168 kg.

Le flux 2 h est estimé $0,0375 \times 100 \times 23$ soit 86,25 kg arrondi à 86 kg.

La concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet est égale à la concentration dans le réservoir de rejet soit $0,0375 \times 23 = 0,8625$ g/L arrondi à 0,87 g/L.

Les limites demandées pour les rejets de sodium sont les suivantes :

- **limite de flux 24h de 168 kg ;**
- **limite de concentration ajoutée dans l'ouvrage de rejet de 870 mg/L.**

Ces limites sont demandées jusqu'à ce que la totalité de l'acide borique résiduel soit évacué de l'installation, ce qui interviendra au plus tard à l'arrêt des rejets liquides dans l'environnement suite au démantèlement des circuits de rejets liquides, qui aura lieu après les opérations de vidange des piscines BR et des piscines BK.