

PIÈCE 7

ÉTUDE D'IMPACT

- Annexe 5 - Population et santé humaine

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 5	7
1. EVALUATION DE L'IMPACT DOSIMETRIQUE A L'HOMME DES REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS.....	8
1.1. CARACTERISATION DES REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS	8
1.2. EVALUATION DES TRANSFERTS DANS L'ENVIRONNEMENT.....	10
1.2.1. Transferts en milieu atmosphérique	10
1.2.2. Transferts en milieu fluvial	10
1.2.3. Transferts en milieu agricole.....	11
1.2.3.1. <i>Transferts dans les végétaux</i>	11
1.2.3.2. <i>Transferts dans les produits d'origine animale</i>	12
1.3. EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS	13
1.3.1. Voies d'exposition et classes d'âge	13
1.3.3. Variables humaines d'exposition	15
1.3.3.1. <i>Rations alimentaires</i>	15
1.3.3.2. <i>Débits respiratoires</i>	16
1.3.3.3. <i>Budgets-temps</i>	17
1.4. RESULTATS DE L'IMPACT DOSIMETRIQUE A L'HOMME DES REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS	18
1.4.1. Résultats de la phase 1 pour les rejets atmosphériques et de l'année type 0 pour les rejets liquides	18
1.4.2. Résultats de la phase 1 pour les rejets atmosphériques et de l'année type 1 pour les rejets liquides	21
1.4.3. Résultats de la phase 2 pour les rejets atmosphériques et de l'année type 0 pour les rejets liquides	24
1.4.4. Résultats de la phase 2 pour les rejets atmosphériques et de l'année type 2 pour les rejets liquides	27
1.4.5. Résultats de la phase 3 pour les rejets atmosphériques et de l'année type 0 pour les rejets liquides	30
1.4.6. Résultats de la phase 3 pour les rejets atmosphériques et de l'année type 3 pour les rejets liquides	33
1.4.7. Récapitulatif des résultats.....	36
2. EVALUATION DE L'EXPOSITION DU PUBLIC AUX RAYONNEMENTS IONISANTS PAR IRRADIATION DIRECTE.....	37
2.1. IRRADIATION DIRECTE LIEE AU FONCTIONNEMENT HISTORIQUE DE L'INSTALLATION	37
2.2. IRRADIATION DIRECTE LIEE A L'IDT.....	38

3.	EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES DES REJETS CHIMIQUES	40
3.1.	COMPOSITION DES MELANGES	40
3.2.	VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE	41
3.3.	SELECTION DES SUBSTANCES.....	44
3.4.	CONCENTRATIONS DANS LE GRAND CANAL D'ALSACE ET DANS LE POISSON	45
3.5.	COMPARAISON VALEURS DE REFERENCE ET CONCENTRATIONS ATTRIBUABLES	46
3.6.	DOSES JOURNALIERES D'EXPOSITION	47
3.7.	ESTIMATION DU RISQUE POUR LES EFFETS SANS SEUIL	48
3.8.	DONNEES TOXICOLOGIQUES DES SUBSTANCES	49
3.8.1.	Acide borique (n°CAS 10043-35-3)	49
3.8.2.	Aluminium (n°CAS 7429-90-5)	51
3.8.3.	Ammonium (n°CAS 14798-03-9).....	52
3.8.4.	Chrome (n°CAS 7440-47-3)	53
3.8.5.	Cuivre (n°CAS 7440-50-8).....	54
3.8.6.	Fer (n°CAS 7439-89-6).....	55
3.8.7.	Lithine	56
3.8.8.	Manganèse (n°CAS 7439-96-5)	56
3.8.9.	Nickel (n°CAS 7440-02-0)	57
3.8.10.	Nitrates (n°CAS 14797-55-8).....	58
3.8.11.	Nitrites (n°CAS 14797-65-0).....	59
3.8.12.	Plomb (n°CAS 7439-92-1).....	60
3.8.13.	Poussières	61
3.8.14.	Sodium.....	62
3.8.15.	Zinc (n°CAS 7440-66-6)	63

TABLEAUX

Tableau a	Températures mensuelles du GCA (°C).....	10
Tableau b	Rations alimentaires des animaux (kg/j) en fonction de la période de l'année.....	12
Tableau c	Coefficients de dose par ingestion (Sv/Bq).....	13
Tableau d	Coefficients de dose par inhalation (Sv/Bq).....	13
Tableau e	Coefficients de dose par exposition externe au panache, toutes classes d'âge (Sv/s) / (Bq/m ³).....	14
Tableau f	Autres coefficients de dose externe, toutes classes d'âge.....	14
Tableau g	Rations alimentaires (kg/j).....	15
Tableau h	Taux d'autoconsommation (%).....	16
Tableau i	Débits respiratoires (m ³ /h).....	16
Tableau j	Budget-temps (h/j).....	17
Tableau k	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 0 du démantèlement (adulte).....	18
Tableau l	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 10 ans).....	19
Tableau m	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 1 an).....	19
Tableau n	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 1 du démantèlement (adulte).....	21
Tableau o	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 1 du démantèlement (enfant de 10 ans).....	22
Tableau p	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 1 du démantèlement (enfant de 1 an).....	22
Tableau q	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 0 du démantèlement (adulte).....	24
Tableau r	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 10 ans).....	25
Tableau s	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 1 an).....	25
Tableau t	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 2 du démantèlement (adulte).....	27
Tableau u	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 2 du démantèlement (enfant de 10 ans).....	28
Tableau v	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 2 du démantèlement (enfant de 1 an).....	28
Tableau w	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 0 du démantèlement (adulte).....	30

Tableau x	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 10 ans)	31
Tableau y	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 1 an)	31
Tableau z	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 3 du démantèlement (adulte).....	33
Tableau aa	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 3 du démantèlement (enfant de 10 ans)	34
Tableau bb	Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 3 du démantèlement (enfant de 1 an)	34
Tableau cc	Récapitulatif des doses efficaces totales annuelles par classe d'âge et par combinaison de phase pour les rejets atmosphériques et d'année type pour les rejets liquides	36
Tableau dd	Débits de dose gamma ambient en limite de site et distance des balises au barycentre des BR pour l'évaluation de l'exposition externe liée au fonctionnement historique de l'installation	38
Tableau ee	Débits de dose en limite de site et distance des balises au barycentre des sources pour l'évaluation de l'exposition externe liée à l'IDT	39
Tableau ff	Ensemble des VTR identifiées pour les substances étudiées dans l'EPRS.....	43
Tableau gg	Sélection des substances rejetées par le site de Fessenheim considérées dans l'étude.....	44
Tableau hh	Concentration maximales et moyennes attribuables dans la zone de pêche et dans la zone AEP	45
Tableau ii	Comparaison des concentrations maximales et moyennes dans la zone AEP avec les valeurs de référence de l'eau destinées à la consommation humaine.....	46
Tableau jj	DJE – Chronique	47
Tableau kk	DJE – Aiguë	47
Tableau ll	Classe d'âge vis-à-vis du nombre d'années d'expositions	48
Tableau mm	DJE vie entière	48

FIGURES

Figure a	Implantation des émissaires des unités de ventilation modulaire prise en compte pour l'évaluation de l'impact dosimétrique à l'homme des rejets radioactifs à l'atmosphère	9
Figure b	Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 0 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)	20
Figure c	Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 1 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)	23
Figure d	Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 0 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)	26
Figure e	Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 2 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)	29
Figure f	Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 0 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)	32
Figure g	Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 3 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)	35

P RESENTATION DE L'ANNEXE 5

L'objet de cette annexe est de fournir le détail des calculs réalisés pour :

- l'évaluation de l'impact dosimétrique à l'homme des rejets d'effluents radioactifs ([Paragraphe 1](#)) ;
- l'évaluation de l'exposition du public aux rayonnements ionisants par irradiation directe ([Paragraphe 2](#)) ;
- l'évaluation des risques sanitaires des rejets chimiques ([Paragraphe 3](#)).

1. ÉVALUATION DE L'IMPACT DOSIMÉTRIQUE À L'HOMME DES REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS

Ce paragraphe présente les éléments complémentaires à l'évaluation de l'impact dosimétrique à l'homme des rejets d'effluents radioactifs (Cf. [Chapitre 8](#)).

1.1. CARACTÉRISATION DES REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS

Les calculs de la dose efficace reçue par les personnes du public vivant au voisinage du site sont réalisés en considérant les limites demandées de rejets d'effluents radioactifs pour les différentes phases du démantèlement de l'INB n°75 (Cf. [Annexe 1, Paragraphe 4.8 et Paragraphe 5.8](#)).

Les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques du site de Fessenheim se feront, en fonction des différentes phases du démantèlement, par différents émissaires dont les caractéristiques sont détaillées en [Annexe 1, Paragraphe 2.3](#).

Concernant la hauteur des émissaires des unités de ventilation modulaire utilisées pendant la phase 3 (Cf. [Annexe 1, Paragraphe 4.5](#)), les hypothèses suivantes ont été prises en compte :

- ventilation modulaire pour le démantèlement des réservoirs extérieurs : 10 m ;
- ventilation modulaire pour le démantèlement du BES¹ : 15 m ;
- ventilation modulaire unité 1 : hauteur de cheminée de 10 m, posée sur le toit du BL² au niveau 20 m, soit une hauteur totale de 30 m ;
- ventilation modulaire unité 2 : hauteur de cheminée de 10 m, posée sur le toit du BL au niveau 20 m, soit une hauteur totale de 30 m.

L'implantation de ces émissaires prise en compte pour l'évaluation de l'impact dosimétrique à l'homme est présentée en [Figure a](#).

¹ Bâtiment d'entretien de site.

² Bâtiment électrique.

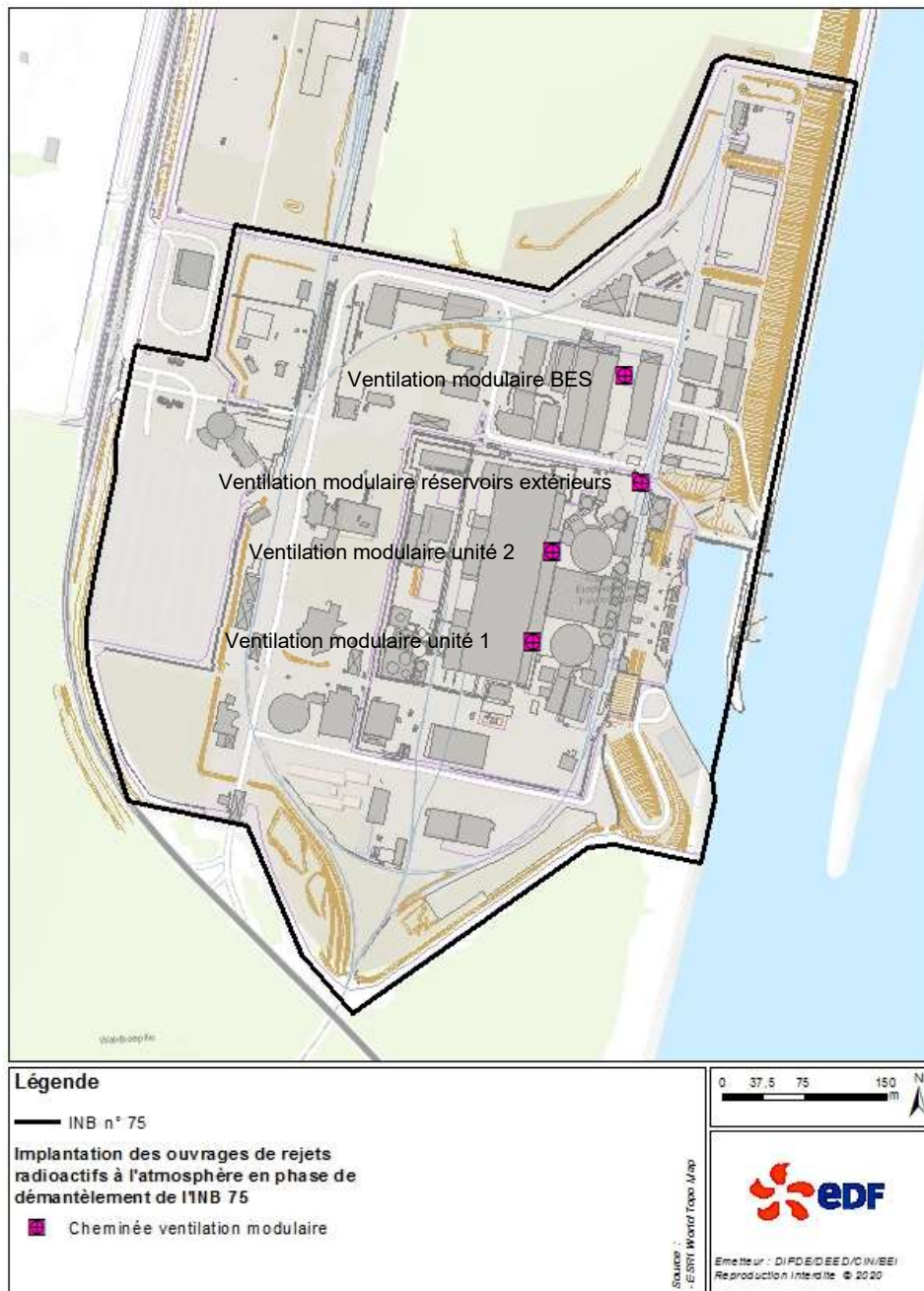


Figure a Implantation des émissaires des unités de ventilation modulaire prise en compte pour l'évaluation de l'impact dosimétrique à l'homme des rejets radioactifs à l'atmosphère

Etant donné la contribution des rejets de ces émissaires à la dose efficace totale annuelle due aux rejets atmosphériques, une modification de la hauteur et/ou de l'emplacement de ces émissaires serait sans impact sur les doses calculées pour la période la plus pénalisante (phase 2, Cf. [Paragraphe 1.4.7](#)).

En effet, les doses calculées pour la phase 3 de démantèlement, pendant laquelle les ventilations modulaires sont utilisées, sont largement inférieures aux doses calculées pour la période la plus pénalisante.

Les rejets d'effluents radioactifs liquides du site de Fessenheim se feront, via l'ouvrage de rejet principal à un débit maximum de rejet de 50 m³/h.

1.2. EVALUATION DES TRANSFERTS DANS L'ENVIRONNEMENT

1.2.1. TRANSFERTS EN MILIEU ATMOSPHERIQUE

Les activités volumiques dans l'air ainsi que les flux de dépôt atmosphériques sur les surfaces continentales et fluviales sont évalués via l'utilisation d'un modèle de dispersion gaussien implémenté dans SYMBIOSE. Ce modèle de panache gaussien repose sur une approche simple, dans laquelle les écarts type de diffusion sont tabulés en fonction des classes de stabilité de l'atmosphère (en l'occurrence, classes de Pasquill). Les processus modélisés sont : la surélévation cinétique du panache, l'advection, la diffusion turbulente, les filiations radioactives et l'appauvrissement du panache par dépôt atmosphérique.

Pour les radionucléides rejetés sous forme d'aérosols ainsi que pour l'eau tritiée, qui sont lessivables par les pluies, il est considéré un coefficient de lessivage proportionnel à l'intensité de la pluie et une vitesse de dépôt sec de 0,005 m/s.

Pour les radionucléides rejetés sous forme de gaz ($^{14}\text{CO}_2$, etc.), qui sont considérés comme étant faiblement lessivables par les pluies, il est considéré l'absence de dépôts par temps sec (vitesse de dépôt sec nulle) comme par temps humide.

1.2.2. TRANSFERTS EN MILIEU FLUVIAL

Les débits considérés dans le Grand Canal d'Alsace (GCA), sont donnés dans le [Chapitre 4](#).

Les températures du GCA sont issues de moyennes interannuelles sur la période 1977-2016 et sont données dans le [Tableau a](#).

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
5,2	5,1	6,9	9,7	13,6	17,2	19,8	20,6	18	14,4	10,1	6,7

Tableau a Températures mensuelles du GCA (°C)

1.2.3. TRANSFERTS EN MILIEU AGRICOLE

1.2.3.1. Transferts dans les végétaux

Pour les formes aérosol (tous les radionucléides hors tritium et carbone 14) :

Le transfert foliaire est caractérisé par l'activité de l'organe consommé du végétal, induite par les phénomènes suivants :

- apport d'activité par dépôts atmosphériques sec et humide pour les formes aérosol et interception d'une fraction des dépôts, directement ou indirectement, par l'organe consommé ;
- décroissance de l'activité par lessivage par les pluies, érosion éolienne, dilution biologique, broutage et décroissance radioactive.

Le transfert racinaire est caractérisé par l'activité de l'organe consommé du végétal, induite par l'absorption racinaire de l'activité bio-disponible du sol et de la translocation subséquente vers l'organe au cours de la période végétative.

Pour le carbone 14 et le tritium :

La photosynthèse constitue le mode principal d'incorporation des formes gazeuses du carbone 14 (CO₂) et du tritium organiquement lié (TOL) au sein de la matière organique. La dynamique de croissance de la biomasse est prise en compte.

Le carbone 14 sous forme de CO₂ est incorporé à la matière organique au cours de la photosynthèse. Il est ainsi considéré qu'à chaque pas de temps, la quantité de biomasse nouvellement formée possède un rapport isotopique ¹⁴C/¹²C (rapport du carbone 14 sur carbone stable) identique à celui de l'environnement ambiant.

L'apport de tritium organiquement lié (TOL) se fait par incorporation du tritium sous forme gazeuse lors de la photosynthèse. Il est considéré qu'à chaque pas de temps, la quantité de biomasse nouvellement formée possède un rapport isotopique ³H/¹H (rapport du tritium sur hydrogène stable) identique à celui de l'environnement ambiant pondéré par un facteur de discrimination isotopique du tritium (compris entre 0,7 et 0,9) dépendant du type de végétal.

L'apport de tritium sous forme HTO prend en compte plusieurs phénomènes, notamment les phénomènes diffusifs à l'interface feuille-atmosphère. Les plantes absorbent la vapeur d'eau tritiée de l'atmosphère à travers les orifices stomatiques des feuilles et une partie de l'eau tritiée est éliminée par transpiration. Une fraction du dépôt humide est captée par les parties aériennes de la plante tandis qu'une fraction de l'eau tritiée du sol est prélevée par les racines. Une partie de l'activité apportée par voie foliaire ou racinaire est ensuite transférée à l'organe consommé de la plante. La proportion de l'activité apportée (qu'elle soit d'origine foliaire ou racinaire) transférée à l'organe, dépend de la teneur en hydrogène stable (110 mol/kg) ou en carbone stable (41 mol/kg) de la plante.

Le carbone 14 et le tritium sont éliminés par décroissance radioactive et dilution biologique (via la croissance de la biomasse de la plante notamment) et, dans le cas du carbone 14, par dépôt de litière (pertes de biomasse végétale vers le sol).

1.2.3.2. Transferts dans les produits d'origine animale

Les rations alimentaires des animaux sont constituées des différents produits dans des proportions variables selon le type d'élevage et les disponibilités liées essentiellement à la région, au climat et à la saison (Cf. [Tableau b](#)).

Jour de l'année	1	91	166	244	274	288	305	366
Mouton								
Eau	10	10	10	10	10	10	10	10
Foin Hiver	4	0	0	0	4	4	4	4
Foin Printemps	4	0	0	0	4	4	4	4
Prairie	0	5	5	5	0	0	0	0
Porc								
Céréale hiver	1	1	1	1	1	1	1	1
Céréale printemps	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Eau	10	10	10	10	10	10	10	10
Poule								
Céréale hiver	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Céréale printemps	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Eau	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Poulet								
Céréale hiver	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Céréale printemps	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Eau	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bœuf et vache								
Eau	50	50	50	50	50	50	50	50
Foin Hiver	15	0	0	0	15	15	15	15
Foin Printemps	15	0	0	0	15	15	15	15
Prairie	0	50	50	50	0	0	0	0

Tableau b Rations alimentaires des animaux (kg/j) en fonction de la période de l'année

Suite à l'incorporation des radionucléides, intervient le phénomène de métabolisation qui désigne l'ensemble des processus qui régissent les transferts dynamiques des radionucléides vers les parties de l'animal qui sont consommées.

La proportion de l'activité ingérée transférée vers les différents organes consommés de l'animal dépend :

- pour les radionucléides hors tritium et carbone 14 : d'un facteur de transfert à l'équilibre ;
- pour le tritium et le carbone 14 : de la teneur en hydrogène stable ainsi que de la teneur en carbone stable de l'animal.

Pour le tritium HTO, on considère en plus un apport d'activité par inhalation de vapeur d'eau tritiée présente dans l'atmosphère. L'apport de HTO est évalué en supposant l'équilibre isotopique instantané $^3\text{H}/^1\text{H}$ entre l'air et l'animal.

1.3. EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS

1.3.1. VOIES D'EXPOSITION ET CLASSES D'ÂGE

Les coefficients de dose associés aux différentes voies d'exposition sont issus de la base ECRIN³ et donnés dans les tableaux suivants :

Radionucléides	Enfant de 1 an	Enfant de 10 ans	Adulte
^{108m} Ag	1,1.10 ⁻⁰⁸	4,3.10 ⁻⁰⁹	2,3.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	1,6.10 ⁻⁰⁹	8,0.10 ⁻¹⁰	5,8.10 ⁻¹⁰
⁶⁰ Co	2,7.10 ⁻⁰⁸	1,1.10 ⁻⁰⁸	3,4.10 ⁻⁰⁹
¹³⁷ Cs	1,2.10 ⁻⁰⁸	1,0.10 ⁻⁰⁸	1,3.10 ⁻⁰⁸
¹⁵² Eu	7,4.10 ⁻⁰⁹	2,6.10 ⁻⁰⁹	1,4.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	2,4.10 ⁻⁰⁹	1,1.10 ⁻⁰⁹	3,3.10 ⁻¹⁰
³ H _{HTO}	4,8.10 ⁻¹¹	2,3.10 ⁻¹¹	1,8.10 ⁻¹¹
³ H _{TOL}	1,2.10 ⁻¹⁰	5,7.10 ⁻¹¹	4,2.10 ⁻¹¹
⁶³ Ni	8,4.10 ⁻¹⁰	2,8.10 ⁻¹⁰	1,5.10 ⁻¹⁰
⁹⁰ Sr	7,3.10 ⁻⁰⁸	6,0.10 ⁻⁰⁸	2,8.10 ⁻⁰⁸

Tableau c Coefficients de dose par ingestion (Sv/Bq)

Radionucléides	Enfant de 1 an	Enfant de 10 ans	Adulte
^{108m} Ag	2,7.10 ⁻⁰⁸	1,1.10 ⁻⁰⁸	7,4.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	1,9.10 ⁻¹¹	8,9.10 ⁻¹²	6,2.10 ⁻¹²
⁶⁰ Co	3,4.10 ⁻⁰⁸	1,5.10 ⁻⁰⁸	1,0.10 ⁻⁰⁸
¹³⁷ Cs	5,4.10 ⁻⁰⁹	3,7.10 ⁻⁰⁹	4,6.10 ⁻⁰⁹
¹⁵² Eu	1,0.10 ⁻⁰⁷	4,9.10 ⁻⁰⁸	4,2.10 ⁻⁰⁸
⁵⁵ Fe	1,4.10 ⁻⁰⁹	6,2.10 ⁻¹⁰	3,8.10 ⁻¹⁰
³ H _{HTO}	4,8.10 ⁻¹¹	2,3.10 ⁻¹¹	1,8.10 ⁻¹¹
⁶³ Ni	8,0.10 ⁻⁰⁹	3,0.10 ⁻⁰⁹	2,0.10 ⁻⁰⁹

Tableau d Coefficients de dose par inhalation (Sv/Bq)

³ Base de données de coefficients de dose ECRIN - <http://www.ECRIN-irsn.org>.

Radionucléides	Toutes classes d'âge
^{108m}Ag	$7,8 \cdot 10^{-14}$
^{14}C	$2,2 \cdot 10^{-19}$
^{60}Co	$1,3 \cdot 10^{-13}$
^{137}Cs	$7,7 \cdot 10^{-18}$
^{152}Eu	$5,7 \cdot 10^{-14}$
^3H	$3,3 \cdot 10^{-19}$
^{90}Sr	$7,5 \cdot 10^{-18}$

Tableau e Coefficients de dose par exposition externe au panache, toutes classes d'âge
(Sv/s) / (Bq/m³)

Radionucléides	Exposition externe surfacique (Sv/s) / (Bq/m ²)	Exposition externe 15 cm (Sv/s) / (Bq/m ³)	Exposition externe épaisseur infinie (Sv/s) / (Bq/m ³)
^{108m}Ag	$1,6 \cdot 10^{-15}$	$4,6 \cdot 10^{-17}$	$5,2 \cdot 10^{-17}$
^{14}C	$1,6 \cdot 10^{-20}$	$7,2 \cdot 10^{-23}$	$7,2 \cdot 10^{-23}$
^{60}Co	$2,4 \cdot 10^{-15}$	$7,3 \cdot 10^{-17}$	$8,7 \cdot 10^{-17}$
^{137}Cs	$2,9 \cdot 10^{-19}$	$3,9 \cdot 10^{-21}$	$4,0 \cdot 10^{-21}$
^{152}Eu	$1,1 \cdot 10^{-15}$	$3,2 \cdot 10^{-17}$	$3,8 \cdot 10^{-17}$
^{90}Sr	$2,8 \cdot 10^{-19}$	$3,7 \cdot 10^{-21}$	$3,8 \cdot 10^{-21}$

Tableau f Autres coefficients de dose externe, toutes classes d'âge

1.3.3. VARIABLES HUMAINES D'EXPOSITION

1.3.3.1. Rations alimentaires

Les rations alimentaires retenues sont données dans le [Tableau g](#).

Catégorie d'aliment	Enfant de 1 an	Enfant de 10 ans	Adulte
Beurre	0,001	0,012	0,016
Eau (L/j)	0,800	1,500	1,500
Farine De Céréale Homme	0,086	0,145	0,226
Fromage De Vache Fermenté	0,009	0,067	0,131
Lait De Vache (L/j)	-	0,202	0,112
Lait De Vache Longue Conservation	0,501	-	-
Légume Feuille	0,043	0,014	0,045
Légume Fruit	0,139	0,115	0,215
Légume Racine	0,043	0,016	0,018
Œuf De Poule	0,004	0,013	0,018
Poisson	0,011	0,022	0,031
Pomme De Terre	0,048	0,076	0,093
Viande De Bœuf	0,015	0,025	0,034
Viande De Mouton	-	0,002	0,005
Viande De Porc	0,016	0,033	0,074
Viande De Poulet	0,011	0,025	0,043

Tableau g Rations alimentaires (kg/j)

Les taux d'autoconsommation retenus sont donnés dans le [Tableau h](#).

Ils sont issus de l'exploitation de la dernière enquête de l'INSEE disponible sur les lieux d'achats des produits alimentaires (Consommation – Mode de vie, Aout 1991).

Catégorie d'aliment	Enfant de 1 an	Enfant de 10 ans	Adulte
Beurre	12	12	12
Eau	100	100	100
Farine De Céréale Homme	8	8	8
Fromage De Vache Fermenté	12	12	12
Lait De Vache	0	28	28
Lait De Vache Longue Conservation	8	0	0
Légume Feuille	72	72	72
Légume Fruit	36	36	36
Légume Racine	68	68	68
Œuf De Poule	66	66	66
Poisson	22	22	22
Pomme De Terre	78	78	78
Viande De Bœuf	42	42	42
Viande De Mouton	47	47	47
Viande De Porc	37	37	37
Viande De Poulet	78	78	78

Tableau h Taux d'autoconsommation (%)

1.3.3.2. Débits respiratoires

Les débits respiratoires sont donnés dans le [Tableau i](#).

	Enfant de 1 an	Enfant de 10 ans	Adulte
Extérieur	0,49	0,87	1,59
Intérieur	0,35	0,60	0,80

Tableau i Débits respiratoires (m³/h)

1.3.3.3. Budgets-temps

Les activités considérées sont les suivantes :

- activité intérieure ;
- activité associée à la prairie : temps d'exposition aux sols herbeux ;
- activité associée aux grandes cultures : temps d'exposition aux grandes cultures : champs de blé, de maïs, etc. ;
- activité associée aux cultures maraîchères : temps d'exposition aux cultures maraîchères, jardins potagers ;
- activité de pêche : temps d'exposition aux berges des cours d'eau ;
- autres activités extérieures.

Les budgets-temps utilisés pour l'étude sont issus de la base CIBLEX. Les valeurs retenues sont données dans le [Tableau j](#).

	Enfant de 1 an	Enfant de 10 ans	Adulte
Activité Autre Extérieur (activité de plein air sur des sols non remaniés type voirie par exemple)	-	0,66	0,76
Activité Culture Maraîchère (temps d'exposition aux cultures maraîchères, potagers)	-	-	2,07
Activité Grande Culture (temps d'exposition aux grandes cultures : champs de blé, de maïs, etc.)	-	-	2,07
Activité Intérieure (Activité en intérieur)	23,00	20,83	15,20
Activité Prairie (temps d'exposition aux sols herbeux)	1,00	2,51	3,78
Pêche (activité en bord de cours d'eau)	-	-	0,12

Tableau j Budget-temps (h/j)

1.4. RESULTATS DE L'IMPACT DOSIMETRIQUE A L'HOMME DES REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS

Le détail des « phases de rejet » (déterminées pour les rejets atmosphériques) et des « années type de rejet » (déterminées pour les rejets liquides) est explicité dans l'Annexe 1, au Paragraphe 4.5 (pour les rejets atmosphériques) et au Paragraphe 5.5 (pour les rejets liquides).

Les évaluations de l'impact dosimétrique à l'homme sont réalisées pour les combinaisons de « phases de rejet » pour les rejets atmosphériques et d'« années type de rejet » pour les rejets liquides, pour lesquelles les rejets sont les plus importants.

Toutes les doses sont exprimées en milli sievert (mSv).

1.4.1. RESULTATS DE LA PHASE 1 POUR LES REJETS ATMOSPHERIQUES ET DE L'ANNEE TYPE 0 POUR LES REJETS LIQUIDES

Les tableaux suivants détaillent les doses efficaces par voie d'exposition et par radionucléide, pour les rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées, dont la personne représentative est située sur la commune de Fessenheim, pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 1 : piscines BK en eau, avant le démantèlement de la cuve et des internes (piscines BR vides) ;
- rejets liquides – année type 0 : année ordinaire avec rejets d'exploitation uniquement (c'est à dire année sans vidange de piscine).

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	4,7.10 ⁻¹¹	4,5.10 ⁻¹⁶	0	0	4,7.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	4,3.10 ⁻⁰⁸	4,4.10 ⁻¹³	2,5.10 ⁻¹⁰	1,2.10 ⁻¹¹	4,4.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,2.10 ⁻⁰⁹	9,5.10 ⁻¹⁴	0	0	9,2.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	9,6.10 ⁻¹³	8,5.10 ⁻¹⁴	2,8.10 ⁻⁰⁶	7,0.10 ⁻¹⁰	2,8.10 ⁻⁰⁶
⁶⁰ Co	1,6.10 ⁻⁰⁵	5,4.10 ⁻¹¹	8,1.10 ⁻⁰⁷	1,3.10 ⁻⁰⁹	1,6.10 ⁻⁰⁵
¹³⁷ Cs	4,7.10 ⁻¹²	2,8.10 ⁻¹⁷	1,5.10 ⁻⁰⁹	4,9.10 ⁻¹²	1,5.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	0	0	1,9.10 ⁻⁰⁷	5,4.10 ⁻¹¹	1,9.10 ⁻⁰⁷
³ H	0	1,3.10 ⁻¹²	5,0.10 ⁻⁰⁸	2,0.10 ⁻⁰⁸	7,0.10 ⁻⁰⁸
⁶³ Ni	0	0	6,4.10 ⁻⁰⁸	3,4.10 ⁻¹⁰	6,5.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	2,1.10 ⁻¹¹	1,4.10 ⁻¹⁶	1,9.10 ⁻⁰⁷	2,0.10 ⁻¹⁰	1,9.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	4,2.10 ⁻¹⁰	9,6.10 ⁻¹⁸	1,5.10 ⁻⁰⁸	2,2.10 ⁻¹⁴	1,5.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	1,6.10⁻⁰⁵	5,5.10⁻¹¹	4,1.10⁻⁰⁶	2,3.10⁻⁰⁸	2,0.10⁻⁰⁵

Tableau k Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 0 du démantèlement (adulte)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	4,8.10 ⁻¹¹	4,2.10 ⁻¹⁶	0	0	4,8.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	4,5.10 ⁻⁰⁸	4,2.10 ⁻¹³	5,5.10 ⁻¹⁰	1,0.10 ⁻¹¹	4,5.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,4.10 ⁻⁰⁹	9,1.10 ⁻¹⁴	0	0	9,4.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	0	8,1.10 ⁻¹⁴	2,7.10 ⁻⁰⁶	5,4.10 ⁻¹⁰	2,7.10 ⁻⁰⁶
⁶⁰ Co	3,6.10 ⁻⁰⁶	5,1.10 ⁻¹¹	1,3.10 ⁻⁰⁶	1,0.10 ⁻⁰⁹	4,9.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	4,9.10 ⁻¹²	2,7.10 ⁻¹⁷	8,2.10 ⁻¹⁰	2,2.10 ⁻¹²	8,3.10 ⁻¹⁰
⁵⁵ Fe	0	0	3,9.10 ⁻⁰⁷	4,8.10 ⁻¹¹	3,9.10 ⁻⁰⁷
³ H	0	1,2.10 ⁻¹²	4,1.10 ⁻⁰⁸	1,4.10 ⁻⁰⁸	5,5.10 ⁻⁰⁸
⁶³ Ni	0	0	6,8.10 ⁻⁰⁸	2,8.10 ⁻¹⁰	6,9.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	9,2.10 ⁻¹²	1,4.10 ⁻¹⁶	2,6.10 ⁻⁰⁷	1,5.10 ⁻¹⁰	2,6.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	1,7.10 ⁻¹⁰	8,3.10 ⁻¹⁸	2,0.10 ⁻⁰⁸	1,9.10 ⁻¹⁴	2,0.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	3,7.10⁻⁰⁶	5,3.10⁻¹¹	4,8.10⁻⁰⁶	1,6.10⁻⁰⁸	8,4.10⁻⁰⁶

Tableau l Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 10 ans)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	5,0.10 ⁻¹¹	4,5.10 ⁻¹⁶	0	0	5,0.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	4,6.10 ⁻⁰⁸	4,5.10 ⁻¹³	1,0.10 ⁻⁰⁹	1,5.10 ⁻¹¹	4,7.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,7.10 ⁻⁰⁹	9,7.10 ⁻¹⁴	0	0	9,7.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	0	8,6.10 ⁻¹⁴	2,9.10 ⁻⁰⁶	7,1.10 ⁻¹⁰	2,9.10 ⁻⁰⁶
⁶⁰ Co	3,7.10 ⁻⁰⁶	5,4.10 ⁻¹¹	5,3.10 ⁻⁰⁶	1,4.10 ⁻⁰⁹	9,0.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	5,0.10 ⁻¹²	2,9.10 ⁻¹⁷	7,1.10 ⁻¹⁰	1,9.10 ⁻¹²	7,1.10 ⁻¹⁰
⁵⁵ Fe	0	0	8,4.10 ⁻⁰⁷	6,7.10 ⁻¹¹	8,4.10 ⁻⁰⁷
³ H	0	1,3.10 ⁻¹²	9,6.10 ⁻⁰⁸	1,8.10 ⁻⁰⁸	1,1.10 ⁻⁰⁷
⁶³ Ni	0	0	2,5.10 ⁻⁰⁷	4,6.10 ⁻¹⁰	2,5.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	9,5.10 ⁻¹²	1,4.10 ⁻¹⁶	3,1.10 ⁻⁰⁷	2,1.10 ⁻¹⁰	3,1.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	1,8.10 ⁻¹⁰	8,9.10 ⁻¹⁸	6,9.10 ⁻⁰⁸	3,8.10 ⁻¹⁴	7,0.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	3,8.10⁻⁰⁶	5,6.10⁻¹¹	9,8.10⁻⁰⁶	2,1.10⁻⁰⁸	1,4.10⁻⁰⁵

Tableau m Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 1 an)

Les figures suivantes détaillent les contributions respectives des différentes voies d'exposition et des radionucléides pour les rejets aux limites demandées pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 1 : piscines BK en eau, avant le démantèlement de la cuve et des internes (piscines BR vides) ;
- rejets liquides – année type 0 : année ordinaire avec rejets d'exploitation uniquement (c'est à dire année sans vidange de piscine).

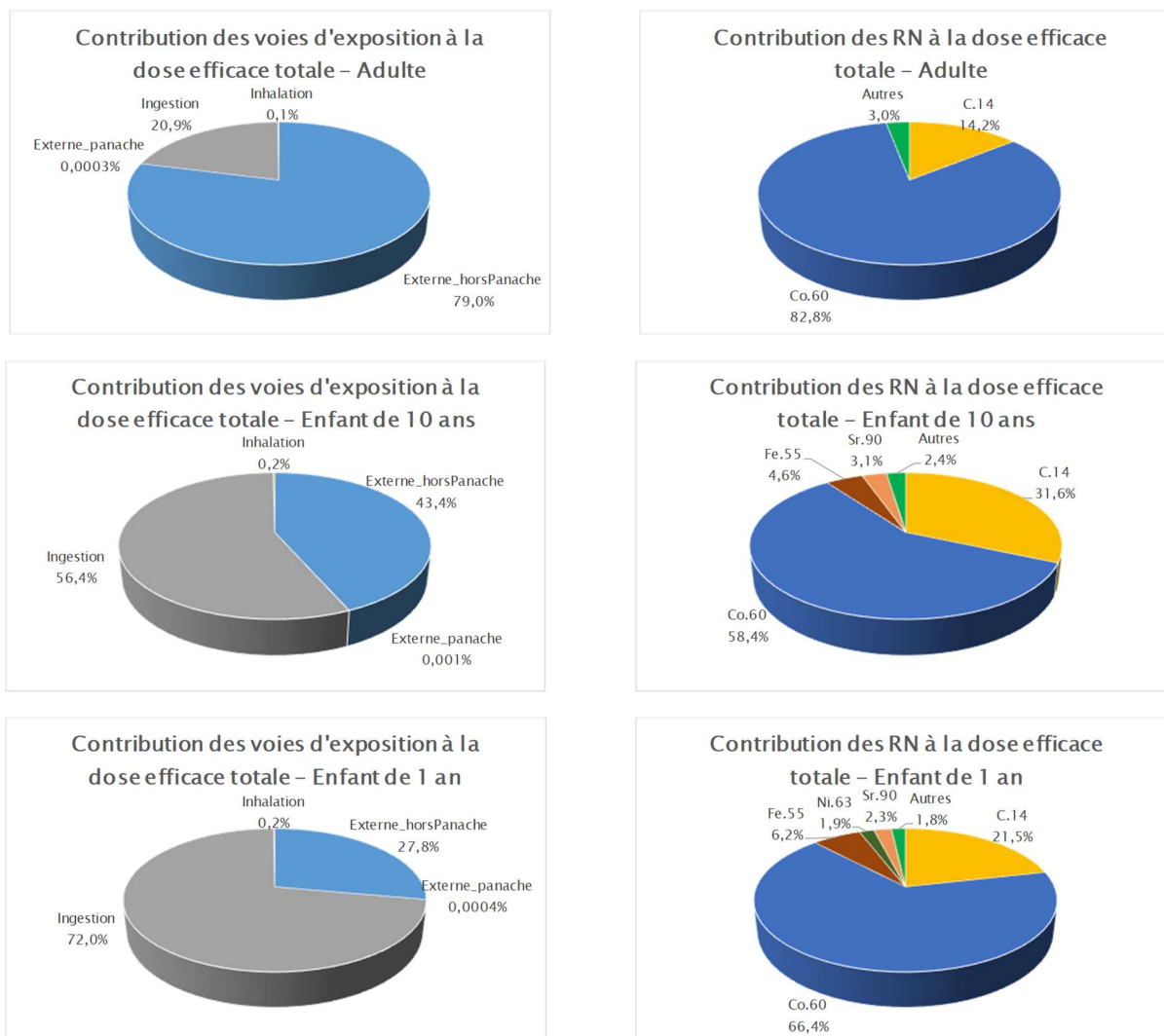


Figure b Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 0 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)

1.4.2. RESULTATS DE LA PHASE 1 POUR LES REJETS ATMOSPHERIQUES ET DE L'ANNEE TYPE 1 POUR LES REJETS LIQUIDES

Les tableaux suivants détaillent les doses efficaces par voie d'exposition et par radionucléide, pour les rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées, dont la personne représentative est située sur la commune de Fessenheim, pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 1 : piscines BK en eau, avant le démantèlement de la cuve et des internes (piscines BR vides) ;
- rejets liquides – année type 1 : année avec vidange de piscine BK et rejets d'exploitation.

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	4,7.10 ⁻¹¹	4,5.10 ⁻¹⁶	0	0	4,7.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	4,3.10 ⁻⁰⁸	4,4.10 ⁻¹³	2,5.10 ⁻¹⁰	1,2.10 ⁻¹⁰	4,4.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,2.10 ⁻⁰⁹	9,5.10 ⁻¹⁴	0	0	9,2.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	9,6.10 ⁻¹³	8,5.10 ⁻¹⁴	2,8.10 ⁻⁰⁶	7,0.10 ⁻¹⁰	2,8.10 ⁻⁰⁶
⁶⁰ Co	1,6.10 ⁻⁰⁵	5,4.10 ⁻¹¹	8,1.10 ⁻⁰⁷	1,3.10 ⁻⁰⁹	1,6.10 ⁻⁰⁵
¹³⁷ Cs	4,7.10 ⁻¹²	2,8.10 ⁻¹⁷	1,5.10 ⁻⁰⁹	4,9.10 ⁻¹²	1,5.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	0	0	1,9.10 ⁻⁰⁷	5,4.10 ⁻¹¹	1,9.10 ⁻⁰⁷
³ H	0	1,3.10 ⁻¹²	3,7.10 ⁻⁰⁶	2,0.10 ⁻⁰⁸	3,7.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	6,4.10 ⁻⁰⁸	3,4.10 ⁻¹⁰	6,5.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	2,1.10 ⁻¹¹	1,4.10 ⁻¹⁶	1,9.10 ⁻⁰⁷	2,0.10 ⁻¹⁰	1,9.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	4,2.10 ⁻¹⁰	9,6.10 ⁻¹⁸	1,5.10 ⁻⁰⁸	2,2.10 ⁻¹⁴	1,5.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	1,610⁻⁰⁵	5,5.10⁻¹¹	7,7.10⁻⁰⁶	2,3.10⁻⁰⁸	2,310⁻⁰⁵

Tableau n Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 1 du démantèlement (adulte)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	4,8.10 ⁻¹¹	4,2.10 ⁻¹⁶	0	0	4,8.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	4,5.10 ⁻⁰⁸	4,2.10 ⁻¹³	5,5.10 ⁻¹⁰	1,0.10 ⁻¹¹	4,5.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,4.10 ⁻⁰⁹	9,1.10 ⁻¹⁴	0	0	9,4.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	0	8,1.10 ⁻¹⁴	2,7.10 ⁻⁰⁶	5,4.10 ⁻¹⁰	2,7.10 ⁻⁰⁶
⁶⁰ Co	3,6.10 ⁻⁰⁶	5,1.10 ⁻¹¹	1,3.10 ⁻⁰⁶	1,0.10 ⁻⁰⁹	4,9.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	4,9.10 ⁻¹²	2,7.10 ⁻¹⁷	8,2.10 ⁻¹⁰	2,2.10 ⁻¹²	8,3.10 ⁻¹⁰
⁵⁵ Fe	0	0	3,9.10 ⁻⁰⁷	4,8.10 ⁻¹¹	3,9.10 ⁻⁰⁷
³ H	0	1,2.10 ⁻¹²	3,2.10 ⁻⁰⁶	1,4.10 ⁻⁰⁸	3,2.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	6,8.10 ⁻⁰⁸	2,8.10 ⁻¹⁰	6,9.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	9,2.10 ⁻¹²	1,4.10 ⁻¹⁶	2,6.10 ⁻⁰⁷	1,5.10 ⁻¹⁰	2,6.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	1,7.10 ⁻¹⁰	8,3.10 ⁻¹⁸	2,0.10 ⁻⁰⁸	1,9.10 ⁻¹⁴	2,0.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	3,7.10⁻⁰⁶	5,3.10⁻¹¹	7,9.10⁻⁰⁶	1,6.10⁻⁰⁸	1,2.10⁻⁰⁵

Tableau o Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 1 du démantèlement (enfant de 10 ans)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	5,0.10 ⁻¹¹	4,5.10 ⁻¹⁶	0	0	5,0.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	4,6.10 ⁻⁰⁸	4,5.10 ⁻¹³	1,0.10 ⁻⁰⁹	1,5.10 ⁻¹¹	4,7.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,7.10 ⁻⁰⁹	9,7.10 ⁻¹⁴	0	0	9,7.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	0	8,6.10 ⁻¹⁴	2,9.10 ⁻⁰⁶	7,1.10 ⁻¹⁰	2,9.10 ⁻⁰⁶
⁶⁰ Co	3,7.10 ⁻⁰⁶	5,4.10 ⁻¹¹	5,3.10 ⁻⁰⁶	1,4.10 ⁻⁰⁹	9,0.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	5,0.10 ⁻¹²	2,9.10 ⁻¹⁷	7,1.10 ⁻¹⁰	1,9.10 ⁻¹²	7,1.10 ⁻¹⁰
⁵⁵ Fe	0	0	8,4.10 ⁻⁰⁷	6,7.10 ⁻¹¹	8,4.10 ⁻⁰⁷
³ H	0	1,3.10 ⁻¹²	7,3.10 ⁻⁰⁶	1,8.10 ⁻⁰⁸	7,3.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	2,5.10 ⁻⁰⁷	4,6.10 ⁻¹⁰	2,5.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Sr	9,5.10 ⁻¹²	1,4.10 ⁻¹⁶	3,1.10 ⁻⁰⁷	2,1.10 ⁻¹⁰	3,1.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	1,8.10 ⁻¹⁰	8,9.10 ⁻¹⁸	6,9.10 ⁻⁰⁸	3,8.10 ⁻¹⁴	7,0.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	3,8.10⁻⁰⁶	5,6.10⁻¹¹	1,7.10⁻⁰⁵	2,1.10⁻⁰⁸	2,1.10⁻⁰⁵

Tableau p Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 1 du démantèlement (enfant de 1 an)

Les figures suivantes détaillent les contributions respectives des différentes voies d'exposition et des radionucléides pour les rejets aux limites demandées pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 1 : piscines BK en eau, avant le démantèlement de la cuve et des internes (piscines BR vides) ;
- rejets liquides – année type 1 : année avec vidange de piscine BK et rejets d'exploitation.

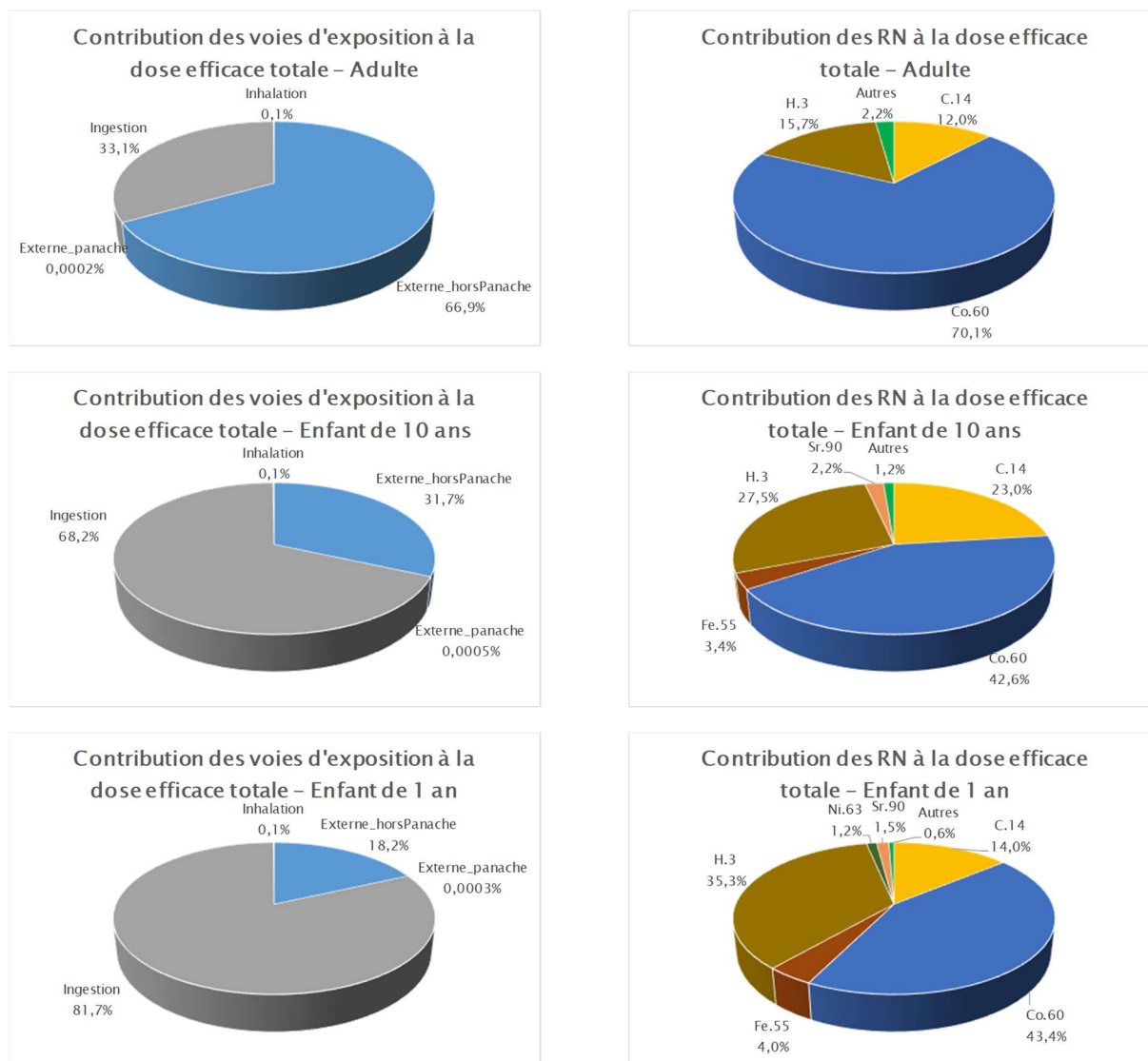


Figure c Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 1 et l'année type 1 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)

1.4.3. RESULTATS DE LA PHASE 2 POUR LES REJETS ATMOSPHERIQUES ET DE L'ANNEE TYPE 0 POUR LES REJETS LIQUIDES

Les tableaux suivants détaillent les doses efficaces par voie d'exposition et par radionucléide, pour les rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées dont la personne représentative est située sur la commune de Nambenheim, pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 2 : piscines BK en eau, piscines BR en eau, pendant le démantèlement sous eau de la cuve et des internes ;
- rejets liquides – année type 0 : année ordinaire avec rejets d'exploitation uniquement (c'est à dire année sans vidange de piscine).

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	3,8.10 ⁻¹¹	4,0.10 ⁻¹⁵	0	0	3,8.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	3,5.10 ⁻⁰⁸	3,9.10 ⁻¹²	2,7.10 ⁻¹⁰	1,0.10 ⁻¹⁰	3,5.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	6,7.10 ⁻⁰⁹	7,8.10 ⁻¹³	0	0	6,7.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	3,6.10 ⁻¹¹	3,2.10 ⁻¹¹	1,2.10 ⁻⁰⁴	2,4.10 ⁻⁰⁷	1,2.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	7,4.10 ⁻⁰⁶	9,2.10 ⁻¹⁰	2,2.10 ⁻⁰⁷	2,0.10 ⁻⁰⁸	7,6.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	3,4.10 ⁻¹²	2,2.10 ⁻¹⁶	1,9.10 ⁻⁰⁹	3,7.10 ⁻¹¹	1,9.10 ⁻⁰⁹
¹⁵² Eu	5,1.10 ⁻⁰⁹	6,4.10 ⁻¹³	2,3.10 ⁻¹¹	1,3.10 ⁻¹⁰	5,3.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	0	0	7,0.10 ⁻⁰⁸	1,0.10 ⁻⁰⁹	7,1.10 ⁻⁰⁸
¹⁵² Gd	0	0	3,8.10 ⁻²⁵	8,6.10 ⁻²⁷	3,8.10 ⁻²⁵
³ H	0	2,3.10 ⁻¹¹	4,7.10 ⁻⁰⁷	3,4.10 ⁻⁰⁷	8,1.10 ⁻⁰⁷
⁶³ Ni	0	0	2,2.10 ⁻⁰⁸	5,8.10 ⁻⁰⁹	2,8.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	9,1.10 ⁻¹²	1,1.10 ⁻¹⁵	7,6.10 ⁻⁰⁸	1,5.10 ⁻⁰⁹	7,8.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Y	1,8.10 ⁻¹⁰	2,2.10 ⁻¹⁶	5,3.10 ⁻⁰⁹	4,5.10 ⁻¹³	5,5.10 ⁻⁰⁹
TOTAL	7,4.10⁻⁰⁶	9,8.10⁻¹⁰	1,2.10⁻⁰⁴	6,1.10⁻⁰⁷	1,3.10⁻⁰⁴

Tableau q Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 0 du démantèlement (adulte)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	3,8.10 ⁻¹¹	4,3.10 ⁻¹⁵	0	0	3,8.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	3,5.10 ⁻⁰⁸	4,1.10 ⁻¹²	3,8.10 ⁻¹⁰	9,9.10 ⁻¹¹	3,6.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	6,8.10 ⁻⁰⁹	8,4.10 ⁻¹³	0	0	6,8.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	0	3,4.10 ⁻¹¹	1,0.10 ⁻⁰⁴	2,3.10 ⁻⁰⁷	1,1.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	5,8.10 ⁻⁰⁶	9,8.10 ⁻¹⁰	4,1.10 ⁻⁰⁷	2,0.10 ⁻⁰⁸	6,2.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	3,5.10 ⁻¹²	2,4.10 ⁻¹⁶	8,8.10 ⁻¹⁰	1,9.10 ⁻¹¹	9,0.10 ⁻¹⁰
¹⁵² Eu	5,1.10 ⁻⁰⁹	6,8.10 ⁻¹³	1,8.10 ⁻¹¹	1,0.10 ⁻¹⁰	5,3.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	0	0	1,6.10 ⁻⁰⁷	1,1.10 ⁻⁰⁹	1,6.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	3,0.10 ⁻²⁵	7,0.10 ⁻²⁷	3,0.10 ⁻²⁵
³ H	0	2,4.10 ⁻¹¹	3,7.10 ⁻⁰⁷	2,9.10 ⁻⁰⁷	6,6.10 ⁻⁰⁷
⁶³ Ni	0	0	2,7.10 ⁻⁰⁸	5,7.10 ⁻⁰⁹	3,2.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	7,6.10 ⁻¹²	1,2.10 ⁻¹⁵	1,1.10 ⁻⁰⁷	1,4.10 ⁻⁰⁹	1,2.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	1,4.10 ⁻¹⁰	2,3.10 ⁻¹⁶	7,6.10 ⁻⁰⁹	5,3.10 ⁻¹³	7,8.10 ⁻⁰⁹
TOTAL	5,8.10⁻⁰⁶	1,0.10⁻⁰⁹	1,1.10⁻⁰⁴	5,4.10⁻⁰⁷	1,1.10⁻⁰⁴

Tableau r Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 10 ans)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	3,9.10 ⁻¹¹	4,6.10 ⁻¹⁵	0	0	3,9.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	3,6.10 ⁻⁰⁸	4,4.10 ⁻¹²	1,1.10 ⁻⁰⁹	1,5.10 ⁻¹⁰	3,8.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	7,0.10 ⁻⁰⁹	9,0.10 ⁻¹³	0	0	7,0.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	0	3,6.10 ⁻¹¹	1,6.10 ⁻⁰⁴	3,0.10 ⁻⁰⁷	1,6.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	6,0.10 ⁻⁰⁶	1,1.10 ⁻⁰⁹	1,2.10 ⁻⁰⁶	2,8.10 ⁻⁰⁸	7,2.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	3,6.10 ⁻¹²	2,6.10 ⁻¹⁶	1,1.10 ⁻⁰⁹	1,7.10 ⁻¹¹	1,2.10 ⁻⁰⁹
¹⁵² Eu	5,3.10 ⁻⁰⁹	7,3.10 ⁻¹³	1,1.10 ⁻¹⁰	1,3.10 ⁻¹⁰	5,6.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	0	0	2,6.10 ⁻⁰⁷	1,5.10 ⁻⁰⁹	2,6.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	4,7.10 ⁻²⁵	9,7.10 ⁻²⁷	4,8.10 ⁻²⁵
³ H	0	2,6.10 ⁻¹¹	9,9.10 ⁻⁰⁷	3,7.10 ⁻⁰⁷	1,4.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	7,1.10 ⁻⁰⁸	9,3.10 ⁻⁰⁹	8,1.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	7,8.10 ⁻¹²	1,3.10 ⁻¹⁵	1,0.10 ⁻⁰⁷	1,9.10 ⁻⁰⁹	1,0.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	1,5.10 ⁻¹⁰	2,5.10 ⁻¹⁶	2,1.10 ⁻⁰⁸	1,1.10 ⁻¹²	2,1.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	6,0.10⁻⁰⁶	1,1.10⁻⁰⁹	1,6.10⁻⁰⁴	7,1.10⁻⁰⁷	1,7.10⁻⁰⁴

Tableau s Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 1 an)

Les figures suivantes détaillent les contributions respectives des différentes voies d'exposition et des radionucléides pour les rejets aux limites demandées pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 2 : piscines BK en eau, piscines BR en eau, pendant le démantèlement sous eau de la cuve et des internes ;
- rejets liquides – année type 0 : année ordinaire avec rejets d'exploitation uniquement (c'est à dire année sans vidange de piscine).

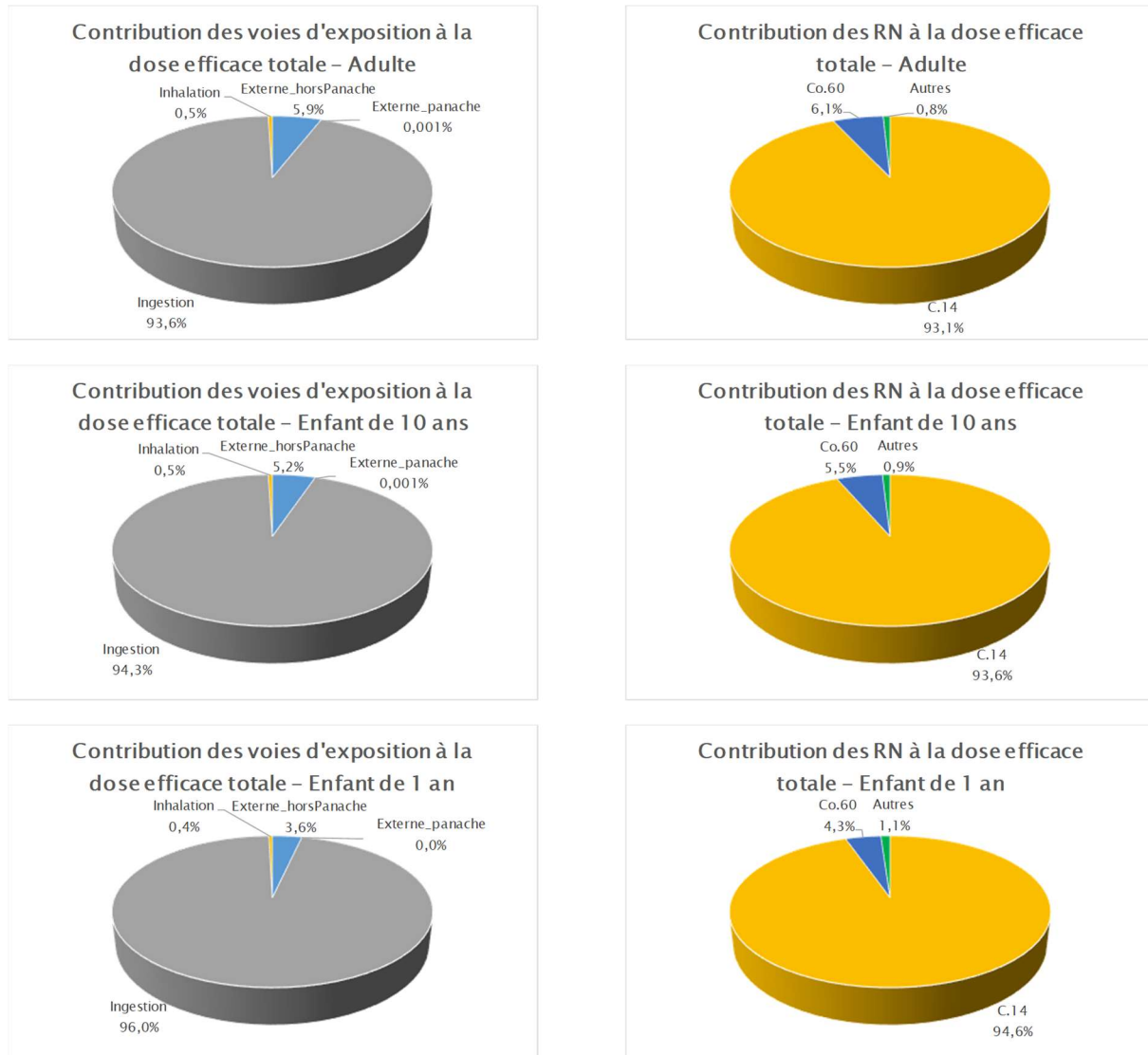


Figure d Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 0 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)

1.4.4. RESULTATS DE LA PHASE 2 POUR LES REJETS ATMOSPHERIQUES ET DE L'ANNEE TYPE 2 POUR LES REJETS LIQUIDES

Les tableaux suivants détaillent les doses efficaces par voie d'exposition et par radionucléide, pour les rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées dont la personne représentative est située sur la commune de Fessenheim, pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 2 : piscines BK en eau, piscines BR en eau, pendant le démantèlement sous eau de la cuve et des internes ;
- rejets liquides – année type 2 : année de vidange de piscine BR seule et rejet d'exploitation.

Il s'agit de l'étape de démantèlement la plus pénalisante en termes de dose.

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	5,1.10 ⁻¹¹	1,6.10 ⁻¹⁵	0	0	5,1.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	4,7.10 ⁻⁰⁸	1,7.10 ⁻¹²	2,0.10 ⁻¹⁰	4,3.10 ⁻¹¹	4,8.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,2.10 ⁻⁰⁹	3,2.10 ⁻¹³	0	0	9,2.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	5,3.10 ⁻¹⁰	1,4.10 ⁻¹¹	6,6.10 ⁻⁰⁴	1,0.10 ⁻⁰⁷	6,6.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	1,2.10 ⁻⁰⁵	4,0.10 ⁻¹⁰	4,0.10 ⁻⁰⁷	8,6.10 ⁻⁰⁹	1,3.10 ⁻⁰⁵
¹³⁷ Cs	4,7.10 ⁻¹²	9,8.10 ⁻¹⁷	1,4.10 ⁻⁰⁹	1,6.10 ⁻¹¹	1,4.10 ⁻⁰⁹
¹⁵² Eu	6,9.10 ⁻⁰⁹	2,8.10 ⁻¹³	1,5.10 ⁻¹¹	5,6.10 ⁻¹¹	7,0.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	0	0	1,3.10 ⁻⁰⁷	4,2.10 ⁻¹⁰	1,3.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	3,0.10 ⁻²⁵	1,3.10 ⁻²⁷	3,1.10 ⁻²⁵
³ H	0	9,9.10 ⁻¹²	2,2.10 ⁻⁰⁶	1,5.10 ⁻⁰⁷	2,4.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	4,0.10 ⁻⁰⁸	2,5.10 ⁻⁰⁹	4,2.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	1,4.10 ⁻¹¹	5,0.10 ⁻¹⁶	1,4.10 ⁻⁰⁷	6,4.10 ⁻¹⁰	1,4.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	2,8.10 ⁻¹⁰	3,3.10 ⁻¹⁷	1,1.10 ⁻⁰⁸	6,7.10 ⁻¹⁴	1,1.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	1,2.10⁻⁰⁵	4,3.10⁻¹⁰	6,7.10⁻⁰⁴	2,6.10⁻⁰⁷	6,8.10⁻⁰⁴

Tableau t Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 2 du démantèlement (adulte)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	5,3.10 ⁻¹¹	1,8.10 ⁻¹⁵	0	0	5,3.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	4,9.10 ⁻⁰⁸	1,9.10 ⁻¹²	3,2.10 ⁻¹⁰	4,5.10 ⁻¹¹	4,9.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,4.10 ⁻⁰⁹	3,5.10 ⁻¹³	0	0	9,4.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	0	1,5.10 ⁻¹¹	6,6.10 ⁻⁰⁴	1,0.10 ⁻⁰⁷	6,6.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	8,0.10 ⁻⁰⁶	4,5.10 ⁻¹⁰	7,1.10 ⁻⁰⁷	9,0.10 ⁻⁰⁹	8,8.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	4,9.10 ⁻¹²	1,1.10 ⁻¹⁶	7,1.10 ⁻¹⁰	8,8.10 ⁻¹²	7,2.10 ⁻¹⁰
¹⁵² Eu	7,2.10 ⁻⁰⁹	3,1.10 ⁻¹³	1,2.10 ⁻¹¹	4,5.10 ⁻¹¹	7,2.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	0	0	3,0.10 ⁻⁰⁷	4,8.10 ⁻¹⁰	3,0.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	2,5.10 ⁻²⁵	1,1.10 ⁻²⁷	2,5.10 ⁻²⁵
³ H	0	1,1.10 ⁻¹¹	2,1.10 ⁻⁰⁶	1,3.10 ⁻⁰⁷	2,3.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	4,7.10 ⁻⁰⁸	2,6.10 ⁻⁰⁹	5,0.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	1,0.10 ⁻¹¹	5,5.10 ⁻¹⁶	2,1.10 ⁻⁰⁷	6,3.10 ⁻¹⁰	2,1.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	1,9.10 ⁻¹⁰	3,5.10 ⁻¹⁷	1,5.10 ⁻⁰⁸	8,1.10 ⁻¹⁴	1,5.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	8,1.10⁻⁰⁶	4,7.10⁻¹⁰	6,6.10⁻⁰⁴	2,4.10⁻⁰⁷	6,7.10⁻⁰⁴

Tableau u Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 2 du démantèlement (enfant de 10 ans)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	5,5.10	2,0.10 ⁻¹⁵	0	0	5,5.10 ⁻¹¹
^{108m} Ag	5,1.10 ⁻⁰⁸	2,0.10 ⁻¹²	8,3.10 ⁻¹⁰	6,8.10 ⁻¹¹	5,2.10 ⁻⁰⁸
^{137m} Ba	9,8.10 ⁻⁰⁹	3,8.10 ⁻¹³	0	0	9,8.10 ⁻⁰⁹
¹⁴ C	0	1,6.10 ⁻¹¹	7,0.10 ⁻⁰⁴	1,3.10 ⁻⁰⁷	7,0.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	8,3.10 ⁻⁰⁶	4,8.10 ⁻¹⁰	2,4.10 ⁻⁰⁶	1,3.10 ⁻⁰⁸	1,1.10 ⁻⁰⁵
¹³⁷ Cs	5,1.10 ⁻¹²	1,2.10 ⁻¹⁶	8,3.10 ⁻¹⁰	7,9.10 ⁻¹²	8,4.10 ⁻¹⁰
¹⁵² Eu	7,4.10 ⁻⁰⁹	3,3.10 ⁻¹³	6,8.10 ⁻¹¹	5,7.10 ⁻¹¹	7,5.10 ⁻⁰⁹
⁵⁵ Fe	0	0	5,0.10 ⁻⁰⁷	6,7.10 ⁻¹⁰	5,0.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	3,8.10 ⁻²⁵	1,5.10 ⁻²⁷	3,8.10 ⁻²⁵
³ H	0	1,2.10 ⁻¹¹	4,0.10 ⁻⁰⁶	1,7.10 ⁻⁰⁷	4,2.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	1,3.10 ⁻⁰⁷	4,2.10 ⁻⁰⁹	1,4.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Sr	1,1.10 ⁻¹¹	5,9.10 ⁻¹⁶	1,9.10 ⁻⁰⁷	8,4.10 ⁻¹⁰	1,9.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	2,0.10 ⁻¹⁰	3,8.10 ⁻¹⁷	4,1.10 ⁻⁰⁸	1,6.10 ⁻¹³	4,1.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	8,4.10⁻⁰⁶	5,1.10⁻¹⁰	7,1.10⁻⁰⁴	3,2.10⁻⁰⁷	7,2.10⁻⁰⁴

Tableau v Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 2 du démantèlement (enfant de 1 an)

Les figures suivantes détaillent les contributions respectives des différentes voies d'exposition et des radionucléides pour les rejets aux limites demandées pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 2 : piscines BK en eau, piscines BR en eau, pendant le démantèlement sous eau de la cuve et des internes ;
- rejets liquides – année type 2 : année de vidange de piscine BR seule et rejet d'exploitation.

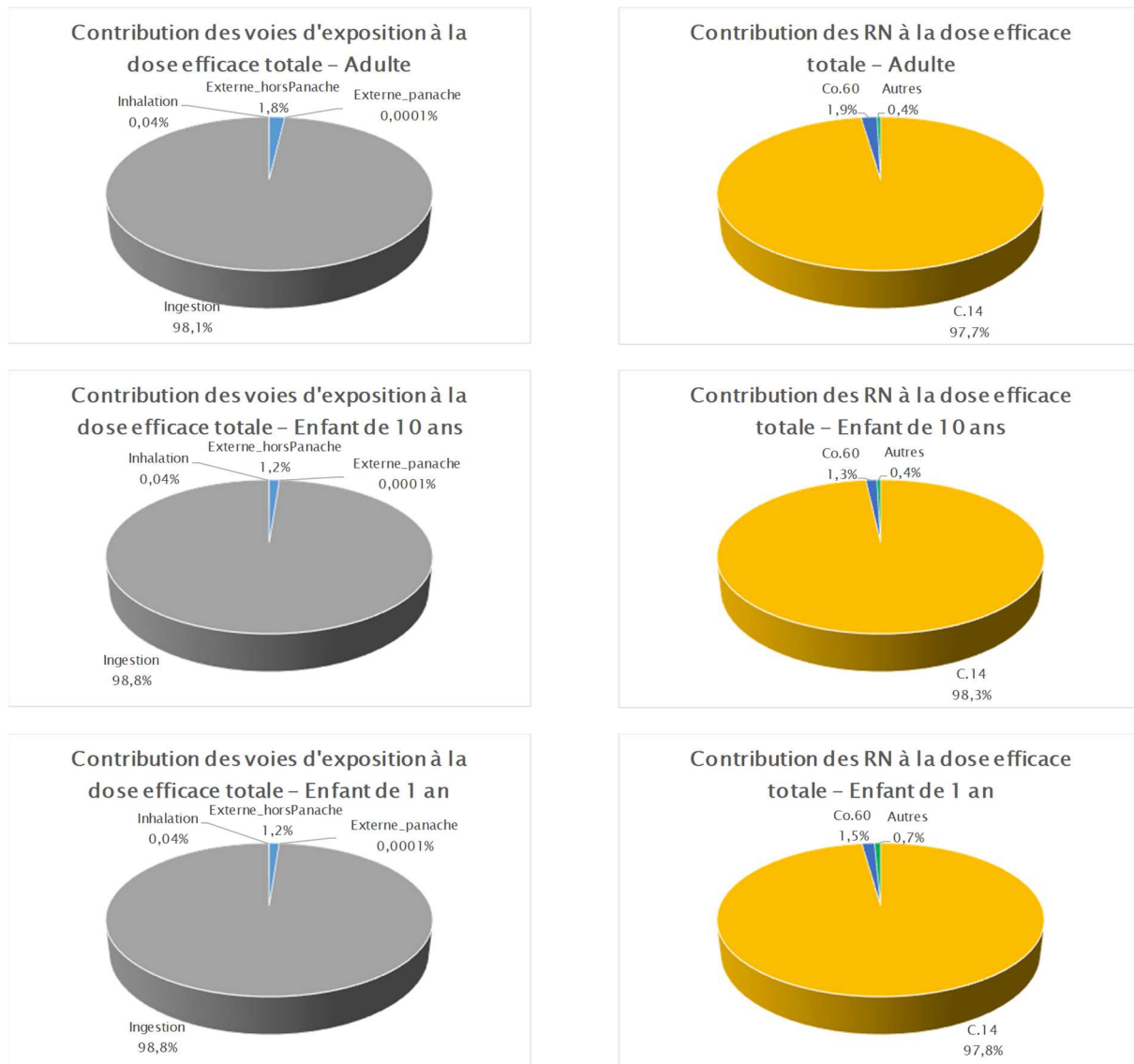


Figure e Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 2 et l'année type 2 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)

1.4.5. RESULTATS DE LA PHASE 3 POUR LES REJETS ATMOSPHERIQUES ET DE L'ANNEE TYPE 0 POUR LES REJETS LIQUIDES

Les tableaux suivants détaillent les doses efficaces par voie d'exposition et par radionucléide, pour les rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées dont la personne représentative est située sur la commune de Fessenheim, pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 3 : piscines BK et BR vidangées (la fin de vidange des piscines BR et BK étant prévues la même année) ;
- rejets liquides – année type 0 : année ordinaire avec rejets d'exploitation uniquement (c'est-à-dire année sans vidange de piscine).

Lors de la phase 3, pour les rejets atmosphériques, plusieurs émissaires de rejets, avec des caractéristiques différentes, sont prévus pour les différents travaux de démantèlement (Cf. [Annexe 1](#)). Des calculs détaillés de dose pour l'ensemble des émissaires et rejets prévus ont été réalisés. Les résultats présentés ci-dessous correspondent, pour la phase 3 à la dose maximale de cette phase.

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	8,8.10 ⁻¹⁰	8,1.10 ⁻¹⁴	0	0	8,8.10 ⁻¹⁰
^{108m} Ag	8,1.10 ⁻⁰⁷	8,2.10 ⁻¹¹	5,0.10 ⁻⁰⁹	2,1.10 ⁻⁰⁹	8,2.10 ⁻⁰⁷
^{137m} Ba	1,2.10 ⁻⁰⁷	1,2.10 ⁻¹¹	0	0	1,2.10 ⁻⁰⁷
¹⁴ C	1,0.10 ⁻¹¹	6,7.10 ⁻¹²	2,5.10 ⁻⁰⁵	4,9.10 ⁻⁰⁸	2,5.10 ⁻⁰⁵
⁶⁰ Co	1,3.10 ⁻⁰⁵	1,3.10 ⁻⁰⁹	4,6.10 ⁻⁰⁷	2,7.10 ⁻⁰⁸	1,4.10 ⁻⁰⁵
¹³⁷ Cs	5,9.10 ⁻¹¹	3,5.10 ⁻¹⁵	2,8.10 ⁻⁰⁸	5,6.10 ⁻¹⁰	2,8.10 ⁻⁰⁸
¹⁵² Eu	0	0	0	0	0
⁵⁵ Fe	0	0	1,3.10 ⁻⁰⁷	5,1.10 ⁻¹⁰	1,3.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	0	0	0
³ H	0	1,4.10 ⁻¹¹	2,6.10 ⁻⁰⁷	2,0.10 ⁻⁰⁷	4,5.10 ⁻⁰⁷
⁶³ Ni	0	0	9,6.10 ⁻⁰⁸	5,2.10 ⁻⁰⁸	1,5.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Sr	1,3.10 ⁻¹⁰	1,7.10 ⁻¹⁴	2,9.10 ⁻⁰⁷	2,2.10 ⁻⁰⁸	3,2.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	2,5.10 ⁻⁰⁹	1,3.10 ⁻¹⁵	2,4.10 ⁻⁰⁸	2,5.10 ⁻¹²	2,6.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	1,4.10⁻⁰⁵	1,4.10⁻⁰⁹	2,7.10⁻⁰⁵	3,5.10⁻⁰⁷	4,1.10⁻⁰⁵

Tableau w Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 0 du démantèlement (adulte)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	9,0.10 ⁻¹⁰	9,2.10 ⁻¹⁴	0	0	9,0.10 ⁻¹⁰
^{108m} Ag	8,3.10 ⁻⁰⁷	9,3.10 ⁻¹¹	6,4.10 ⁻⁰⁹	2,2.10 ⁻⁰⁹	8,4.10 ⁻⁰⁷
^{137m} Ba	1,2.10 ⁻⁰⁷	1,3.10 ⁻¹¹	0	0	1,2.10 ⁻⁰⁷
¹⁴ C	0	7,6.10 ⁻¹²	2,3.10 ⁻⁰⁵	5,1.10 ⁻⁰⁸	2,3.10 ⁻⁰⁵
⁶⁰ Co	8,8.10 ⁻⁰⁶	1,4.10 ⁻⁰⁹	8,2.10 ⁻⁰⁷	2,9.10 ⁻⁰⁸	9,7.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	6,2.10 ⁻¹¹	4,0.10 ⁻¹⁵	1,3.10 ⁻⁰⁸	3,2.10 ⁻¹⁰	1,3.10 ⁻⁰⁸
¹⁵² Eu	0	0	0	0	0
⁵⁵ Fe	0	0	2,9.10 ⁻⁰⁷	6,0.10 ⁻¹⁰	2,9.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	0	0	0
³ H	0	1,5.10 ⁻¹¹	2,0.10 ⁻⁰⁷	1,8.10 ⁻⁰⁷	3,8.10 ⁻⁰⁷
⁶³ Ni	0	0	1,1.10 ⁻⁰⁷	5,6.10 ⁻⁰⁸	1,7.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Sr	1,3.10 ⁻¹⁰	2,0.10 ⁻¹⁴	3,7.10 ⁻⁰⁷	2,3.10 ⁻⁰⁸	3,9.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	2,4.10 ⁻⁰⁹	1,4.10 ⁻¹⁵	2,9.10 ⁻⁰⁸	3,2.10 ⁻¹²	3,2.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	9,8.10⁻⁰⁶	1,6.10⁻⁰⁹	2,5.10⁻⁰⁵	3,4.10⁻⁰⁷	3,5.10⁻⁰⁵

Tableau x Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 10 ans)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	9,4.10 ⁻¹⁰	9,8.10 ⁻¹⁴	0	0	9,4.10 ⁻¹⁰
^{108m} Ag	8,7.10 ⁻⁰⁷	1,0.10 ⁻¹⁰	2,1.10 ⁻⁰⁸	3,4.10 ⁻⁰⁹	8,9.10 ⁻⁰⁷
^{137m} Ba	1,2.10 ⁻⁰⁷	1,4.10 ⁻¹¹	0	0	1,2.10 ⁻⁰⁷
¹⁴ C	0	8,1.10 ⁻¹²	3,7.10 ⁻⁰⁵	6,7.10 ⁻⁰⁸	3,7.10 ⁻⁰⁵
⁶⁰ Co	9,2.10 ⁻⁰⁶	1,5.10 ⁻⁰⁹	2,8.10 ⁻⁰⁶	4,0.10 ⁻⁰⁸	1,2.10 ⁻⁰⁵
¹³⁷ Cs	6,4.10 ⁻¹¹	4,3.10 ⁻¹⁵	1,8.10 ⁻⁰⁸	2,9.10 ⁻¹⁰	1,8.10 ⁻⁰⁸
¹⁵² Eu	0	0	0	0	0
⁵⁵ Fe	0	0	4,9.10 ⁻⁰⁷	8,4.10 ⁻¹⁰	4,9.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	0	0	0
³ H	0	1,7.10 ⁻¹¹	5,9.10 ⁻⁰⁷	2,3.10 ⁻⁰⁷	8,2.10 ⁻⁰⁷
⁶³ Ni	0	0	3,6.10 ⁻⁰⁷	9,2.10 ⁻⁰⁸	4,5.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Sr	1,4.10 ⁻¹⁰	2,1.10 ⁻¹⁴	5,3.10 ⁻⁰⁷	3,0.10 ⁻⁰⁸	5,6.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	2,5.10 ⁻⁰⁹	1,5.10 ⁻¹⁵	1,3.10 ⁻⁰⁷	6,3.10 ⁻¹²	1,3.10 ⁻⁰⁷
TOTAL	1,0.10⁻⁰⁵	1,7.10⁻⁰⁹	4,1.10⁻⁰⁵	4,7.10⁻⁰⁷	5,2.10⁻⁰⁵

Tableau y Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 0 du démantèlement (enfant de 1 an)

Les figures suivantes détaillent les contributions respectives des différentes voies d'exposition et des radionucléides pour les rejets aux limites demandées pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 3 : piscines BK et BR vidangées (la fin de vidange des piscines BR et BK étant prévues la même année) ;
- rejets liquides – année type 0 : année ordinaire avec rejets d'exploitation uniquement (c'est-à-dire année sans vidange de piscine).

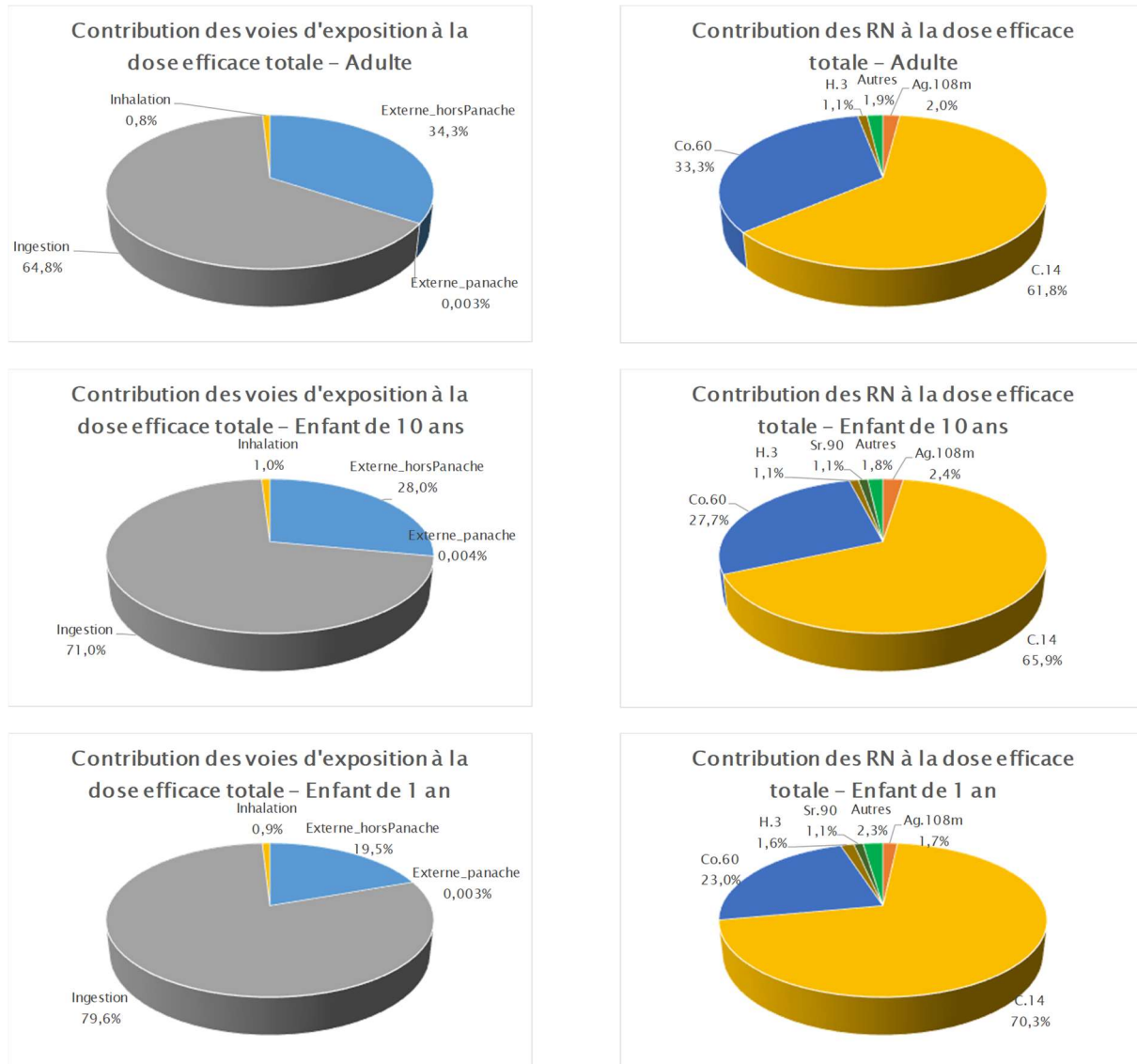


Figure f Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 0 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)

1.4.6. RESULTATS DE LA PHASE 3 POUR LES REJETS ATMOSPHERIQUES ET DE L'ANNEE TYPE 3 POUR LES REJETS LIQUIDES

Les tableaux suivants détaillent les doses efficaces par voie d'exposition et par radionucléide, pour les rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées dont la personne représentative est située sur la commune de Fessenheim pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 3 : piscines BK et BR vidangées (la fin de vidange des piscines BR et BK étant prévues la même année) ;
- rejets liquides – année type 3 : année de vidange de piscine BR et BK et rejets d'exploitation.

Lors de la phase 3, pour les rejets atmosphériques, plusieurs émissaires de rejets, avec des caractéristiques différentes, sont prévus pour les différents travaux de démantèlement (Cf. [Annexe 1](#)). Des calculs détaillés de dose pour l'ensemble des émissaires et rejets prévus ont été réalisés. Les résultats présentés ci-dessous correspondent, pour la phase 3 à la dose maximale de cette phase.

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	1,9.10 ⁻¹⁰	9,7.10 ⁻¹⁵	0	0	1,9.10 ⁻¹⁰
^{108m} Ag	1,8.10 ⁻⁰⁷	9,6.10 ⁻¹²	2,2.10 ⁻⁰⁹	2,7.10 ⁻¹⁰	1,8.10 ⁻⁰⁷
^{137m} Ba	2,5.10 ⁻⁰⁸	1,4.10 ⁻¹²	0	0	2,5.10 ⁻⁰⁸
¹⁴ C	4,9.10 ⁻¹⁰	7,8.10 ⁻¹³	6,4.10 ⁻⁰⁴	6,3.10 ⁻⁰⁹	6,4.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	1,4.10 ⁻⁰⁵	1,4.10 ⁻¹⁰	8,2.10 ⁻⁰⁷	3,2.10 ⁻⁰⁹	1,5.10 ⁻⁰⁵
¹³⁷ Cs	1,3.10 ⁻¹¹	4,1.10 ⁻¹⁶	9,9.10 ⁻⁰⁹	7,1.10 ⁻¹¹	1,0.10 ⁻⁰⁸
¹⁵² Eu	0	0	0	0	0
⁵⁵ Fe	0	0	1,9.10 ⁻⁰⁷	5,9.10 ⁻¹¹	1,9.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	0	0	0
³ H	0	1,9.10 ⁻¹²	3,7.10 ⁻⁰⁶	3,0.10 ⁻⁰⁸	3,7.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	7,9.10 ⁻⁰⁸	6,6.10 ⁻⁰⁹	8,6.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	3,9.10 ⁻¹¹	2,0.10 ⁻¹⁵	2,2.10 ⁻⁰⁷	2,8.10 ⁻⁰⁹	2,3.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	7,8.10 ⁻¹⁰	1,6.10 ⁻¹⁶	1,8.10 ⁻⁰⁸	3,5.10 ⁻¹³	1,8.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	1,4.10⁻⁰⁵	1,5.10⁻¹⁰	6,4.10⁻⁰⁴	4,9.10⁻⁰⁸	6,6.10⁻⁰⁴

Tableau z Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 3 du démantèlement (adulte)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	1,9.10 ⁻¹⁰	9,5.10 ⁻¹⁵	0	0	1,9.10 ⁻¹⁰
^{108m} Ag	1,8.10 ⁻⁰⁷	9,4.10 ⁻¹²	4,7.10 ⁻⁰⁹	2,2.10 ⁻¹⁰	1,8.10 ⁻⁰⁷
^{137m} Ba	2,5.10 ⁻⁰⁸	1,4.10 ⁻¹²	0	0	2,5.10 ⁻⁰⁸
¹⁴ C	0	7,6.10 ⁻¹³	6,4.10 ⁻⁰⁴	5,1.10 ⁻⁰⁹	6,4.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	1,9.10 ⁻⁰⁶	1,3.10 ⁻¹⁰	1,3.10 ⁻⁰⁶	2,7.10 ⁻⁰⁹	3,2.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	1,3.10 ⁻¹¹	4,0.10 ⁻¹⁶	5,4.10 ⁻⁰⁹	3,2.10 ⁻¹¹	5,4.10 ⁻⁰⁹
¹⁵² Eu	0	0	0	0	0
⁵⁵ Fe	0	0	3,9.10 ⁻⁰⁷	5,2.10 ⁻¹¹	3,9.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	0	0	0
³ H	0	2,0.10 ⁻¹²	3,2.10 ⁻⁰⁶	2,3.10 ⁻⁰⁸	3,2.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	8,7.10 ⁻⁰⁸	5,6.10 ⁻⁰⁹	9,3.10 ⁻⁰⁸
⁹⁰ Sr	2,7.10 ⁻¹¹	2,0.10 ⁻¹⁵	3,0.10 ⁻⁰⁷	2,3.10 ⁻⁰⁹	3,0.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	5,0.10 ⁻¹⁰	1,4.10 ⁻¹⁶	2,3.10 ⁻⁰⁸	3,3.10 ⁻¹³	2,3.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	2,1.10⁻⁰⁶	1,5.10⁻¹⁰	6,5.10⁻⁰⁴	3,9.10⁻⁰⁸	6,5.10⁻⁰⁴

Tableau aa Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 3 du démantèlement (enfant de 10 ans)

Radionucléide	Externe hors Panache	Externe Panache	Ingestion	Inhalation	TOTAL
¹⁰⁸ Ag	2,0.10 ⁻¹⁰	1,0.10 ⁻¹⁴	0	0	2,0.10 ⁻¹⁰
^{108m} Ag	1,8.10 ⁻⁰⁷	1,0.10 ⁻¹¹	9,0.10 ⁻⁰⁹	3,4.10 ⁻¹⁰	1,9.10 ⁻⁰⁷
^{137m} Ba	2,6.10 ⁻⁰⁸	1,5.10 ⁻¹²	0	0	2,6.10 ⁻⁰⁸
¹⁴ C	0	8,1.10 ⁻¹³	6,6.10 ⁻⁰⁴	6,7.10 ⁻⁰⁹	6,6.10 ⁻⁰⁴
⁶⁰ Co	1,9.10 ⁻⁰⁶	1,4.10 ⁻¹⁰	5,3.10 ⁻⁰⁶	3,8.10 ⁻⁰⁹	7,3.10 ⁻⁰⁶
¹³⁷ Cs	1,3.10 ⁻¹¹	4,3.10 ⁻¹⁶	4,9.10 ⁻⁰⁹	2,9.10 ⁻¹¹	5,0.10 ⁻⁰⁹
¹⁵² Eu	0	0	0	0	0
⁵⁵ Fe	0	0	8,4.10 ⁻⁰⁷	7,2.10 ⁻¹¹	8,4.10 ⁻⁰⁷
¹⁵² Gd	0	0	0	0	0
³ H	0	2,1.10 ⁻¹²	7,3.10 ⁻⁰⁶	3,0.10 ⁻⁰⁸	7,4.10 ⁻⁰⁶
⁶³ Ni	0	0	3,0.10 ⁻⁰⁷	9,2.10 ⁻⁰⁹	3,1.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Sr	2,8.10 ⁻¹¹	2,1.10 ⁻¹⁵	3,6.10 ⁻⁰⁷	3,0.10 ⁻⁰⁹	3,6.10 ⁻⁰⁷
⁹⁰ Y	5,2.10 ⁻¹⁰	1,5.10 ⁻¹⁶	8,3.10 ⁻⁰⁸	6,6.10 ⁻¹³	8,4.10 ⁻⁰⁸
TOTAL	2,1.10⁻⁰⁶	1,6.10⁻¹⁰	6,7.10⁻⁰⁴	5,3.10⁻⁰⁸	6,7.10⁻⁰⁴

Tableau bb Dose totale annuelle due aux rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 3 du démantèlement (enfant de 1 an)

Les figures suivantes détaillent les contributions respectives des différentes voies d'exposition et des radionucléides pour les rejets aux limites demandées pour les phases de démantèlement suivantes :

- rejets atmosphériques – phase 3 : piscines BK et BR vidangées (la fin de vidange des piscines BR et BK étant prévues la même année) ;
- rejets liquides – année type 3 : année de vidange de piscine BR et BK et rejets d'exploitation.

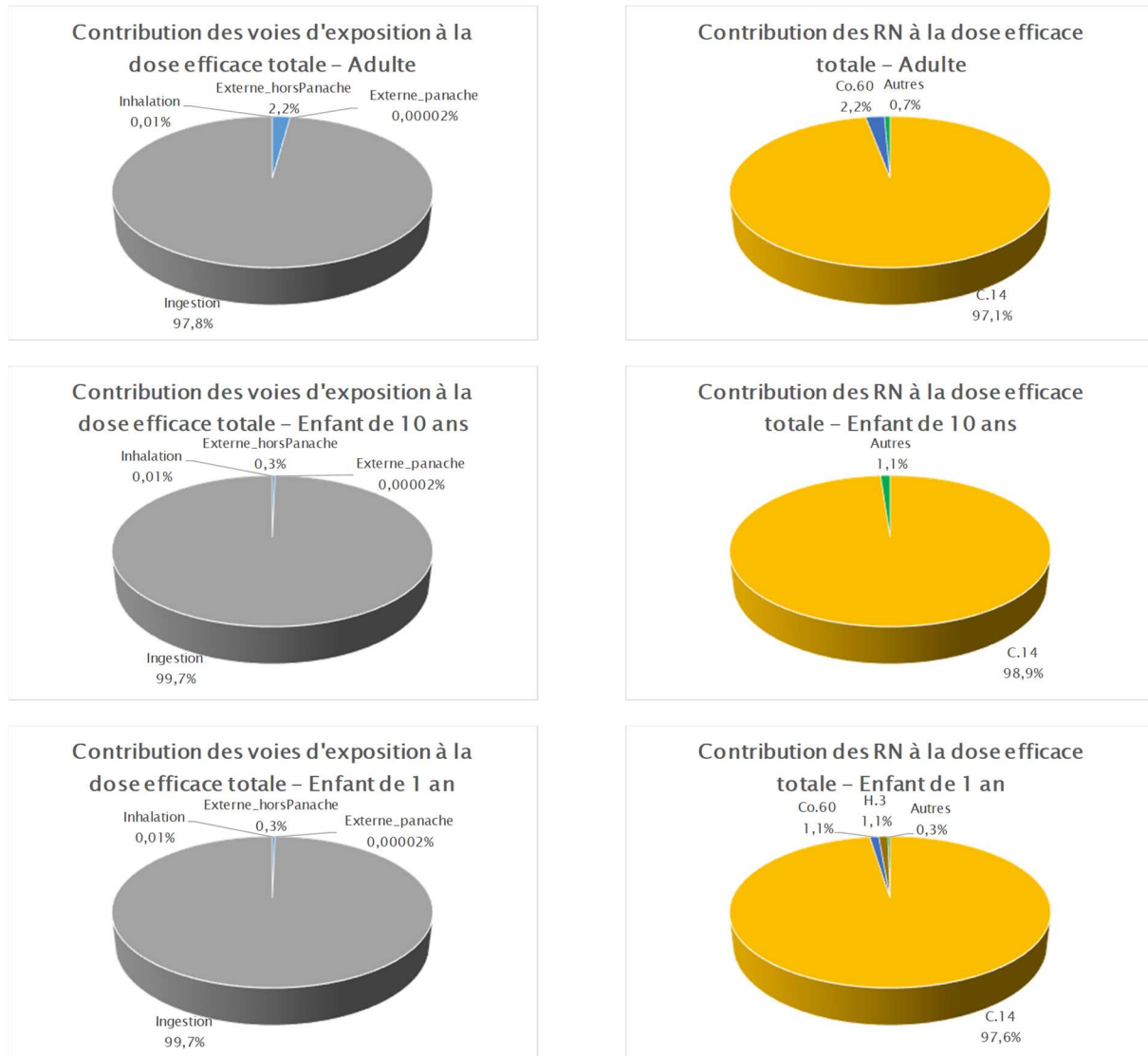


Figure g Dose efficace totale annuelle aux rejets aux limites demandées pour la phase 3 et l'année type 3 du démantèlement pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, par voie d'exposition et par radionucléide (RN)

1.4.7. RECAPITULATIF DES RESULTATS

Un récapitulatif des doses efficaces totales annuelles obtenues pour chaque classe d'âge et pour chaque combinaison de phase de rejets atmosphériques et d'année type de rejets liquides est proposé dans le [Tableau cc](#) ci-dessous. Ces doses sont exprimées en milli sievert (mSv).

Phase de rejet atmosphérique et année type de rejet liquide	Classe d'âge		
	Adulte	Enfant de 10 ans	Enfant de 1 an
Phase 1 - Année type 0	$2,00.10^{-05}$	$8,40.10^{-06}$	$1,40.10^{-05}$
Phase 1 - Année type 1	$2,30.10^{-05}$	$1,20.10^{-05}$	$2,10.10^{-05}$
Phase 2 - Année type 0	$1,30.10^{-04}$	$1,10.10^{-04}$	$1,70.10^{-04}$
Phase 2 - Année type 2	$6,80.10^{-04}$	$6,70.10^{-04}$	$7,20.10^{-04}$
Phase 3 - Année type 0	$4,10.10^{-05}$	$3,50.10^{-05}$	$5,20.10^{-05}$
Phase 3 - Année type 3	$6,60.10^{-04}$	$6,50.10^{-04}$	$6,70.10^{-04}$

Tableau cc Récapitulatif des doses efficaces totales annuelles par classe d'âge et par combinaison de phase pour les rejets atmosphériques et d'année type pour les rejets liquides

2.

EVALUATION DE L'EXPOSITION DU PUBLIC AUX RAYONNEMENTS IONISANTS PAR IRRADIATION DIRECTE

2.1. IRRADIATION DIRECTE LIEE AU FONCTIONNEMENT HISTORIQUE DE L'INSTALLATION

Le tableau ci-après présente les moyennes annuelles de débit de dose ambiant enregistrées en 2017 par les dix balises en limite de site ainsi que leur distance approximative au barycentre des bâtiments réacteurs.

Compte tenu de la localisation de la personne représentative, dont le lieu d'habitation est situé à environ 900 m du site, sur la commune de Fessenheim, l'évaluation de l'exposition externe aux rayonnements ionisants s'appuie sur les balises KRS 809 MA et KRS 810 MA lorsque la personne représentative est à proximité de son habitation.

Pour le scénario « majorant promeneur », la personne représentative est considérée se promener autour du site, l'ensemble des balises est donc retenu pour l'évaluation de l'exposition associée à la promenade.

À noter que la prise en compte des données de 2018 ou 2019 ne modifie pas l'ordre de grandeur des débits de dose moyens annuels au niveau des balises en limite de site.

Balise	DdD moyen annuel (nSv/h)	Distance balise - barycentre BR (m)
KRS 801 MA	104	285
KRS 802 MA	96	355
KRS 803 MA	100	165
KRS 804 MA	96	140
KRS 805 MA	91	225
KRS 806 MA	112	220
KRS 807 MA	90	400
KRS 808 MA	98	440
KRS 809 MA	101	295
KRS 810 MA	93	335

Tableau dd Débits de dose gamma ambiant en limite de site et distance des balises au barycentre des BR pour l'évaluation de l'exposition externe liée au fonctionnement historique de l'installation

2.2. IRRADIATION DIRECTE LIEE A L'IDT

Le [Tableau ee](#) présente, pour les périodes représentatives des pics d'activités entreposées dans l'IDT, les moyennes de débits de dose ambiants calculées aux dix balises en limite de site ainsi que leur distance approximative au barycentre des sources de rayonnements ionisants.

Pour chaque période de démantèlement jugée pertinente pour l'évaluation de l'exposition externe par irradiation directe, le calcul du débit de dose aux balises et au lieu d'habitation de la personne représentative est évalué à partir du plan prévisionnel de colisage et du débit équivalent de dose au contact des colis. Ces calculs sont réalisés avec l'outil TRIPOLI, avec une méthode de calcul stochastique permettant d'évaluer l'irradiation déposée par les photons aux balises et aux lieux d'habitations à partir du transport de particules dans l'IDT depuis les colis déchets.

Balise	Période A	Période B	Période C	Période D
	DeD moyen (nSv/h)	DeD moyen (nSv/h)	DeD moyen (nSv/h)	DeD moyen (nSv/h)
KRS 801 MA	34,9	50,6	55,2	8,4
KRS 802 MA	8,7	9,7	12,2	3,1
KRS 803 MA	27,2	25,7	32,3	13,0
KRS 804 MA	32,7	24,0	37,6	15,8
KRS 805 MA	13,4	7,6	16,8	6,5
KRS 806 MA	19,8	11,0	19,7	11,9
KRS 807 MA	5,1	3,1	5,4	3,2
KRS 808 MA	8,6	5,8	8,7	5,3
KRS 809 MA	67,0	49,7	63,7	39,8
KRS 810 MA	32,8	31,5	41,6	16,6
Lieu d'habitation de la personne représentative	$7,1 \cdot 10^{-2}$	$4,9 \cdot 10^{-2}$	$6,9 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$

Tableau ee Débits de dose en limite de site et distance des balises au barycentre des sources pour l'évaluation de l'exposition externe liée à l'IDT

3.

EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES DES REJETS CHIMIQUES

Ce paragraphe présente les éléments complémentaires à l'évaluation des risques sanitaires des rejets d'effluents chimiques (Cf. [Chapitre 8](#)).

Il comprend :

- la composition des mélanges ;
- les Valeurs Toxicologiques de Référence ;
- la présentation de la sélection des substances ;
- les concentrations dans le Grand Canal d'Alsace et dans les poissons ;
- la comparaison des valeurs de référence et des concentrations attribuables ;
- les Doses Journalières d'Exposition ;
- une estimation du risque pour les effets sans seuil ;
- les données toxicologiques pour toutes les substances rejetées par le site.

3.1. COMPOSITION DES MELANGES

Les métaux totaux sont composés de cuivre, zinc, fer, manganèse, nickel, chrome, aluminium, plomb. La proportion pour chaque métal est indiquée dans l'[Annexe 2](#).

3.2. VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE

Le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) est effectué conformément à la note d'information DGS n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

La Valeur Toxicologique de Référence (VTR) est choisie selon les ordres de priorité suivants :

- priorité 1 : la VTR issue de l'agence nationale sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) ;
- priorité 2 : la VTR issue d'une expertise nationale sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente ;
- priorité 3 : la VTR la plus récente parmi les sources de données suivantes :
 - l'Agence américaine de l'environnement (US Environmental Protection Agency (US EPA)) : base de données IRIS (<http://www.epa.gov/iris/>), Integrated Risk Information System ;
 - l'Agence Américaine des substances toxiques et du registre des maladies (ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (<http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>) ;
 - l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS : JECFA⁴, CIRC⁵, etc.).
- priorité 4 : la dernière VTR proposée par les organismes suivants :
 - Santé Canada (<http://www.ec.gc.ca/substances/ese/eng/psap/psap.Cfm>) ;
 - le RIVM (<http://www.rivm.nl/>), Institut National de Santé Publique des Pays-Bas ;
 - l'OEHHA (<http://www.oehha.ca.gov/>), Office of Environmental Health Hazard Assessment, Bureau de l'agence californienne de protection de l'environnement traitant de la santé environnementale ;
 - l'EFSA (<http://www.efsa.europa.eu>), European Food Safety Authority.

Les VTR sont recherchées pour les voies d'exposition par inhalation et ingestion.

Le [Tableau ff](#) identifie les VTR pour toutes les substances identifiées. Les VTR surlignées **en vert** sont celles retenues pour le calcul du ratio permettant la sélection des traceurs des risques sanitaires.

⁴ JECFA : Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.

⁵ CIRC : Centre International de la Recherche sur le Cancer.

Substance	Voie	Exposition	VTR	Effet critique	Source / Année d'évaluation
Acide borique	Orale	Aiguë	$2,0 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Développement	ATSDR 2009
	Orale	Chronique	$1,7 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Diminution du poids fœtal	OMS 2009
	Orale	Chronique	$1,6 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Diminution du poids fœtal	EFSA 2013
	Orale	Chronique	$2,0 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Développement	US EPA 2004
	Orale	Chronique	$1,75 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Reproduction	Santé Canada 2010
Aluminium	Orale	Chronique	1 mg/kg/j	Développement du système nerveux	ATSDR 2008
	Orale	Chronique	1 mg/kg/semaine $1,4 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Effet rénal et sur le neurodéveloppement	JECFA 2006
Chrome ⁶	Orale	Chronique	$9,0 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j	Gastroentérologique	ATSDR 2012
	Orale	Chronique	$3,0 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j	Absence d'effet	US EPA 1998
	Orale	Chronique	$2,0 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j	Toxicité hépatique	OEHHA 2011
	Orale	Chronique	$5,0 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j	Absence d'effet	RIVM 2001
	Orale	Chronique	$4,4 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j	Hyperplasie intestin grêle	Santé Canada 2015
	Orale	Sans seuil	$5,0 \cdot 10^{-1}$ (mg/kg/j) ⁻¹	Tumeurs de l'intestin grêle	OEHHA 2011
Cuivre	Orale	Aiguë	$1,0 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Effets gastro-intestinaux	ATSDR 2004
	Orale	Chronique	$1,4 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Effets gastro-intestinaux	OEHHA 2008
	Orale	Chronique	$1,4 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Dose ingérée maximale de la population hollandaise	RIVM 2001
	Orale	Chronique	$4,3 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Effets gastro-intestinaux	Santé Canada 2018
Manganèse	Orale	Chronique	$1,4 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Absence d'effet nocif	US EPA 1995
	Orale	Chronique	$6 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Absence d'effet nocif	OMS 2011
	Orale	Chronique	$1,36 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Absence d'effet nocif (0-4 ans)	Santé Canada 2012
	Orale	Chronique	$1,22 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Absence d'effet nocif (5-11 ans)	Santé Canada 2012
	Orale	Chronique	$1,42 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Absence d'effet nocif (12-19 ans)	Santé Canada 2012
	Orale	Chronique	$1,56 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Absence d'effet nocif (20 ans et +)	Santé Canada 2012
	Orale	Chronique	$2,5 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j (eau de boisson)	Développement du système nerveux	Santé Canada 2016
	Orale	Chronique	$5,5 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Développement du système nerveux	INSPQ ⁷ 2017
Nickel	Orale	Aiguë	$1,1 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j	Poussées d'eczéma chez sujets sensibilisés au Ni	EFSA 2015
	Orale	Chronique	$2,0 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Perte de poids	US EPA 1996
	Orale	Chronique	$5,0 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Perte de poids	RIVM 2001
	Orale	Chronique	$1,2 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Mortalité périnatale	OMS 2007
	Orale	Chronique	$1,1 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Mortalité périnatale	OEHHA 2012
	Orale	Chronique	$1,3 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j	Mortalité périnatale	Santé Canada 1993

⁶ La spéciation du chrome dans les rejets n'étant pas connue, il est considéré de manière pénalisante qu'il s'agit d'un rejet de chrome VI. En effet, des effets cancérogènes sont relevés avec une VTR associée pour le chrome VI. L'impact de cette hypothèse sur les conclusions de l'étude a été vérifié.

⁷ Institut National de Santé Publique du Québec.

Substance	Voie	Exposition	VTR	Effet critique	Source / Année d'évaluation
	Orale	Chronique	$5,0 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j	Perte de poids	Santé Canada 1993
	Orale	Chronique	$2,8 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j	Reprotoxicité	EFSA 2015
Nitrates	Orale	aiguë	4,0 mg/kg/j	Méthémoglobinémie	ATSDR 2017
	Orale	Chronique	1,6 mg/kg/j (éq. azot.)	Méthémoglobinémie	US-EPA 1991
	Orale	Chronique	4,0 mg/kg/j	Méthémoglobinémie	ATSDR 2017
	Orale	Chronique	3,7. mg/kg/j (non valable pour nouveau-nés < 3 mois)	Retard de croissance	JECFA 2002
Nitrites	Orale	aiguë	$1,0 \cdot 10^{-1}$ mg/kg	Méthémoglobinémie	ATSDR 2017
	Orale	Chronique	$1,0 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j (éq. Azot.)	Méthémoglobinémie	US-EPA 1997
	Orale	Chronique	$7,0 \cdot 10^{-2}$ mg/kg/j (non valable pour nouveau-nés < 3 mois)	Effets cardiaques et pulmonaires	JECFA 2002
	Orale	Chronique	$1,0 \cdot 10^{-1}$ mg/kg	Méthémoglobinémie	ATSDR 2017
Plomb	Orale	Chronique	$6,3 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j	Plombémie/Néphrotoxicité	ANSES 2013
	Orale	Chronique	$3,6 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j	Plombémie	RIVM 2001
	Orale	Chronique	$5,0 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j	Plombémie/ Neurotoxicité développementale	EFSA 2010
	Orale	Chronique	$1,5 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j	Neurotoxicité	EFSA 2010
	Orale	Chronique	$6,3 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j	Neurotoxicité	EFSA 2010
	Orale	Sans seuil	$8,5 \cdot 10^{-3}$ (mg/kg/j) ⁻¹	Tumeurs rénales (adénomes)	OEHHA 2009
Zinc	Orale	Chronique	$3,0 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Hématologique	US EPA 2005
	Orale	Chronique	$5,0 \cdot 10^{-1}$ mg/kg/j	Hématologique	RIVM 2000

Tableau ff Ensemble des VTR identifiées pour les substances étudiées dans l'EPRS

3.3. SELECTION DES SUBSTANCES

Dans le [Tableau gg](#), les cases surlignées en vert indiquent les substances retenues comme traceurs de risques pour chaque type de VTR disponible : VTR chronique pour des effets sans seuil, VTR chronique pour des effets à seuil et VTR aiguë.

Les substances surlignées en gris sont exclues de la sélection et ainsi non prises en compte dans l'EPRS : soit elles ne présentent pas de VTR, soit le ratio est strictement inférieur à 1 % et elles ne sont pas bioaccumulables.

Pour les autres substances, les cases surlignées en vert précisent pour quel type d'exposition les substances sont retenues pour l'EPRS.

Substances	VTR Chronique sans seuil	VTR chronique à seuil	VTR aiguë à seuil
Acide Borique	-	100 %	96 %
Aluminium	-	< 1 %	-
Ammonium	-	-	-
Chrome VI	OUI	13 %	-
Cuivre	-	< 1 %	2,2 %
Fer	-	-	-
Lithine	-	-	-
Manganèse	-	< 1 %	-
Nickel	-	3,1 %	100 %
Nitrates	-	1,3 %	< 1 %
Nitrites	-	38 %	15 %
Plomb	OUI	4,4 %	-
Sodium	-	-	-
Zinc	-	< 1 %	-

Tableau gg Sélection des substances rejetées par le site de Fessenheim considérées dans l'étude

3.4. CONCENTRATIONS DANS LE GRAND CANAL D'ALSACE ET DANS LE POISSON

Le [Tableau hh](#) fournit les concentrations maximales et moyennes dans le Grand Canal d'Alsace calculées attribuables aux rejets de l'installation, pour toutes les substances considérées dans l'étude d'impact.

Substances	Concentrations en zone AEP (mg/L)		Concentrations en zone de pêche (mg/L)		Concentrations dans le poisson (mg/kg)	
	Max	Moy	Max	Moy	Max	Moy
Acide Borique	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$6,2 \cdot 10^{-1}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	-	-
Aluminium	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-8}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	-	-
Ammonium	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-5}$	-	-
Chrome	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-8}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-7}$	-	-
Cuivre	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$9,7 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Fer	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$8,7 \cdot 10^{-7}$	$9,0 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	9,0	$1,5 \cdot 10^{-2}$
Lithine	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-9}$	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	-	-
Manganèse	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{-1}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$
Nickel	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-8}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Nitrates	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$6,8 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	-	-
Nitrites	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	-	-
Plomb	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$7,3 \cdot 10^{-9}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Sodium	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	-	-
Zinc	$6,0 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-6}$	5,1	$1,2 \cdot 10^{-2}$

Tableau hh Concentration maximales et moyennes attribuables dans la zone de pêche et dans la zone AEP

3.5. COMPARAISON VALEURS DE REFERENCE ET CONCENTRATIONS ATTRIBUABLES

Le [Tableau ii](#) présente la comparaison des concentrations attribuables des substances exclues de l'EPRS avec des valeurs guides réglementaires dont l'usage est susceptible d'exposer l'homme à ces substances chimiques.

Substance	Concentration maximale dans la zone AEP (mg/L)	Concentration moyenne dans la zone AEP (mg/L)	Valeurs de référence pour les substances dans l'eau potable (mg/L)
Aluminium	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-8}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$
Ammonium	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$ (valeur de référence) $4,0 \cdot 10^{+0}$ (valeur limite pour l'eau brute avant potabilisation)
Fer	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$8,7 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$
Manganèse	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$
Sodium	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^2$

Tableau ii Comparaison des concentrations maximales et moyennes dans la zone AEP avec les valeurs de référence de l'eau destinées à la consommation humaine

Pour toutes les substances, les concentrations sont inférieures aux valeurs de référence dans l'eau potable quand elles existent. La comparaison aux valeurs de référence est faite à titre d'information.

3.6. DOSES JOURNALIÈRES D'EXPOSITION

Les expositions calculées sur la base de moyennes sont caractéristiques de l'exposition chronique aux rejets. Il est considéré de manière majorante que l'individu est présent pendant toute l'année sur son lieu d'habitation. Le [Tableau jj](#) et le [Tableau kk](#) présentent les doses journalières d'exposition (DJE) pour les substances possédant une VTR, sélectionnées comme traceurs de risques sanitaires.

Substance	DJE – Enfant de 1 an	DJE – Enfant de 10 ans	DJE - Adulte
Acide Borique	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Chrome	$2,4 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$7,7 \cdot 10^{-10}$
Nickel	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$7,6 \cdot 10^{-9}$	$4,9 \cdot 10^{-9}$
Nitrates	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$6,7 \cdot 10^{-7}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$
Nitrites	$7,5 \cdot 10^{-7}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$
Plomb	$6,8 \cdot 10^{-9}$	$4,7 \cdot 10^{-9}$	$3,1 \cdot 10^{-9}$
Cuivre	$7,7 \cdot 10^{-8}$	$5,3 \cdot 10^{-8}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$
Manganèse	$1,8 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$8,3 \cdot 10^{-8}$
Zinc	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$

Tableau jj DJE – Chronique

Substance	DJE – Enfant de 1 an	DJE – Enfant de 10 ans	DJE - Adulte
Acide Borique	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$8,8 \cdot 10^{-4}$
Cuivre	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Nickel	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Nitrites	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-5}$

Tableau kk DJE – Aiguë

3.7. ESTIMATION DU RISQUE POUR LES EFFETS SANS SEUIL

L'Excès de Risque Individuel (ERI) pour une substance et une classe d'âge s'exprime selon la formule suivante :

$$ERI = \frac{ERU \times DJE \times nb \text{ d'années d'exposition}}{Durée \text{ d'une vie}}$$

Avec :

- ERU : Excès de Risque Unitaire qui correspond à la VTR sans seuil ;
- DJE : Dose Journalière d'Exposition ;
- nombre d'années d'exposition : somme des durées des classes d'âge⁸. Conformément aux recommandations du guide INERIS, la durée d'exposition totale est prise égale à 30 ans. Elle correspond au 90^{ième} percentile de la durée de résidence en France⁹ :

Classe d'âge	Nombre d'années d'expositions
[0-1 an[1 an
[1-2 ans[1 an
[2-7 ans[5 ans
[7-12 ans[5 ans
[12-17 ans[5 ans
Adulte	13 ans

Tableau II Classe d'âge vis-à-vis du nombre d'années d'expositions

- durée d'une vie : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années). La valeur adoptée correspond à la durée de vie entière prise conventionnellement à 70 ans.

L'ERI total pour une substance est évalué en sommant les ERI correspondants à chaque classe d'âge.

Le [Tableau mm](#) fournit les DJE pour les substances possédant un ERU.

Substance	DJE vie entière
Chrome VI	5,7.10 ⁻¹⁰
Plomb	1,7.10 ⁻⁹

Tableau mm DJE vie entière

⁸ Les caractéristiques d'exposition pour les 3 classes d'âge ([0-1[, [2-7[et [12-17]) sont une consommation d'eau respectivement de 0,55 L/j, 1,3 L/j et 1,5 L/j et des masses corporelles de 6 Kg, 17,2 kg et 51,7 kg.

⁹ Percentile 90 de la durée de résidence (INERIS, 2013).

3.8. DONNEES TOXICOLOGIQUES DES SUBSTANCES

Les données toxicologiques des substances rejetées par l'INB 75 sont fournies par ordre alphabétique. Dans les résumés suivants, l'unité « Kg p.c. » désigne des Kg de poids corporel.

3.8.1. ACIDE BORIQUE (N°CAS 10043-35-3)

Acide borique	
Généralités	<p>L'acide borique (H_3BO_3) se présente sous la forme d'une poudre ou de granulés blancs inodores. C'est un acide faible ($pK_a = 9,15$). L'acide borique est modérément soluble dans l'eau (solubilité = 47,2 g/L à 20°C).</p> <p>L'acide borique est naturellement présent dans les eaux douces (souterraines et de surface) et les océans. On le retrouve également dans certains sols sous forme minérale : la sassolite.</p> <p>L'homme est exposé à l'acide borique au travers de l'alimentation et l'eau de boisson. L'OMS estime l'exposition moyenne de la population au bore à 0,2-0,6 mg/jour pour la consommation d'eau et à 1,2 mg/jour pour l'alimentation. Par ailleurs, du fait de ses nombreuses utilisations dans des produits cosmétiques, l'exposition par voie cutanée est non négligeable. L'agence de sécurité alimentaire européenne (EFSA) l'estime à une dose absorbée de 0,04 à 0,4 mg de bore par jour (pour une hypothèse d'absorption cutanée de 1 à 10 %). Notons que le bore est considéré comme probablement essentiel par l'OMS car il peut avoir des effets bénéfiques.</p>
Exposition aiguë	<p><u>Chez l'homme</u></p> <p>L'acide borique est un irritant cutané et oculaire modéré.</p> <p>Différents cas d'intoxication aiguë ont été rapportés suite à l'ingestion de quantité importantes d'acide borique ou à son application sur des peaux lésées notamment chez les enfants, plus sensibles que les adultes. Ces intoxications se manifestent par des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhées, douleurs abdominales), une éruption cutanée, une hypertonie, une agitation, des fasciculations (brèves secousses musculaires involontaires), des convulsions, une tachycardie (accélération du rythme cardiaque), des troubles hémodynamiques et une acidose métabolique. Des cas d'atteintes rénales, hépatiques et pancréatiques ont aussi été observés. L'évolution de l'intoxication aiguë à l'acide borique peut être fatale, des cas de décès ayant été rapportés pour des doses ingérées $\geq 3g$ chez l'enfant et $\geq 15g$ chez l'adulte (OMS, 2009).</p> <p><u>Chez l'animal</u></p> <p>La toxicité aiguë de l'acide borique est faible. Les Dose Létale Médiane (DL50) par voie orale rapportées chez différentes espèces (rat, souris et chien) sont toutes supérieures à 2000 mg/kg de poids corporel. Les principales manifestations toxiques observées sont sensiblement les mêmes que chez l'homme : digestives (diarrhées, vomissement), tachycardie, convulsions, coma et atteintes rénales.</p>

Acide borique	
Exposition chronique	<p>Effets non cancérogènes</p> <p><u>Chez l'homme</u> et par voie orale, l'intoxication chronique à l'acide borique se manifeste classiquement par une atteinte du système nerveux (avec les symptômes suivants : nausées, céphalées, insomnie, asthénie, dépression, anorexie, éruptions cutanées, détérioration intellectuelle et alopecie (perte de cheveux)). Des cas d'hallucinations, de baisse de l'acuité visuelle et d'anémie ont aussi été évoqués. Du fait de la possible accumulation de l'acide borique dans l'organisme en cas d'exposition répétée, les signes d'intoxication chronique peuvent évoluer vers ceux de l'intoxication aiguë.</p> <p><u>Chez l'animal</u>, les effets sont similaires à ceux constatés chez l'homme (anorexie, chute de poils, vomissements, atteintes rénales,...) et s'observent à des doses modérément élevées. A plus fortes doses des effets testiculaires apparaissent.</p> <p>Effets cancérogènes</p> <p>Les résultats des tests de muta-génotoxicité réalisés sur l'acide borique sont négatifs. Cet acide n'est pas considéré comme génotoxique ou mutagène.</p> <p>Aucune étude de cancérogénicité réalisée chez l'homme n'est disponible dans la littérature. Les études réalisées chez l'animal (rat, souris, chien) ne montrent pas de potentiel cancérogène pour l'acide borique.</p> <p>Effets sur la reproduction et le développement</p> <p>L'acide borique est classé par l'UE comme toxique pour la reproduction (H360FD) - Catégorie 1B : Peut nuire à la fertilité et au fœtus sur les bases de données animales.</p> <p>Les études épidémiologiques chez les travailleurs s'intéressant aux effets de l'acide borique sur la fertilité masculine ne sont pas conclusives quant à son effet sur la qualité et la quantité de sperme. Elles montrent cependant une accumulation de l'acide borique dans le sperme.</p> <p>Chez l'animal, il a par contre été montré pour plusieurs espèces des effets toxiques sur l'appareil reproducteur mâle (atrophie testiculaire, dégénérescence des tubes séminifères, diminution de la spermatogénèse et de la qualité du sperme, diminution des taux de testostérone sérique) suite à une administration orale.</p> <p>Chez l'animal, l'exposition par voie orale à l'acide borique pendant la gestation induit une diminution du poids fœtal, des malformations du système cardiovasculaire, des côtes et de cerveau chez le rat, la souris et le lapin. Chez le rat, espèce la plus sensible, ces effets sont observés dès 76 mg/kg/jour.</p>
Valeurs guide	<p>L'acide borique ne fait l'objet d'aucune recommandation environnementale pour l'eau destinée à la consommation humaine (code de la santé publique - arrêté du 11 janvier 2007 ; OMS).</p>

3.8.2. ALUMINIUM (N°CAS 7429-90-5)

Aluminium (n°CAS 7429-90-5)													
Généralités	<p>L'aluminium (Al) constitue environ 8 % de l'écorce terrestre. Il est retrouvé dans de nombreuses utilisations (industrie métallurgique, épuration des eaux, médicaments, cosmétiques, explosifs, encres, ciment, etc.).</p> <p>Dans l'environnement, les concentrations usuellement retrouvées sont inférieures à 0,1 mg/L pour les eaux douces de surface et souterraines et de 0,7 à 100 g/kg de sols. Sa solubilité dans l'eau est faible (1 mg/L à 20°C). Néanmoins, elle rend possible la contamination de l'eau par dissolution mais surtout par liaison aux matières organiques présentes dans les eaux dans lesquelles il est disponible sous forme de complexes organiques dissous. Dans les eaux peu riches en matières organiques, le comportement de l'aluminium dépend surtout du pH. Son comportement dans les sols est très proche de son comportement dans l'eau.</p> <p>Pour la population générale, la principale exposition à l'aluminium est l'alimentation qui apporte de 5 à 20 mg d'aluminium par jour. L'eau de boisson ne représente que 5 % de cet apport même si les sels d'aluminium sont largement utilisés dans le traitement de l'eau à visée de potabilité. Certains médicaments peuvent contribuer à l'apport aluminique journalier. Parmi eux, les plus riches en aluminium sont les pansements digestifs qui en apportent plusieurs centaines de milligrammes sous forme d'hydroxyde et de phosphate. L'absorption par ingestion est faible (inférieure à 1 %).</p>												
Exposition aiguë	<p>La toxicité aiguë de l'aluminium est très faible comme celle des sels minéraux (sauf si les éléments autres que l'aluminium sont toxiques : fluorures ou phosphore d'aluminium par exemple). Les sels solubles et les dérivés organiques sont fortement irritants.</p>												
Exposition chronique	<p>- Effets non cancérogènes</p> <p>La toxicité chronique de l'aluminium se révèle dans des cas très particuliers. Des cas d'encéphalopathie ont été décrits chez des insuffisants rénaux dialysés avec une eau trop riche en aluminium dans les années 1970.</p> <p>Aujourd'hui encore, il existe de rares cas de pathologies chroniques liées aux médicaments à base d'aluminium (atteintes cérébrales, déminéralisation des os, anémies, etc.). Des cas d'encéphalopathies chez des professionnels exposés par inhalation à de fortes concentrations d'aluminium sont également décrits.</p> <p>Des études ont rapporté des taux élevés d'aluminium dans le cerveau de sujets atteints de la maladie d'Alzheimer sans qu'un lien de causalité ne puisse être établi. Des études épidémiologiques ont rapporté une augmentation du risque pour cette maladie, mais les biais sont nombreux et l'aluminium de l'eau de boisson ne représente que 5 % de l'ensemble des apports qui ne sont pas pris en compte dans ces études.</p> <p>- Effets cancérogènes</p> <p>Classement en termes de cancérogénèse</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #4CAF50; color: white;">Aluminium</th> <th style="background-color: #4CAF50; color: white;">Classe</th> <th style="background-color: #4CAF50; color: white;">Signification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIRC</td> <td>1</td> <td>Production d'Al : cancérogène avéré</td> </tr> <tr> <td>US-EPA</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> </tbody> </table>	Aluminium	Classe	Signification	CIRC	1	Production d'Al : cancérogène avéré	US-EPA	/	Non évalué	UE	/	Non évalué
Aluminium	Classe	Signification											
CIRC	1	Production d'Al : cancérogène avéré											
US-EPA	/	Non évalué											
UE	/	Non évalué											
Valeurs guide	<p>Le code de la santé publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent une « référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » à 200 µg/L.</p>												

3.8.3. AMMONIUM (N°CAS 14798-03-9)

Ammonium (n°CAS 14798-03-9)	
Généralités	L'ion ammonium, NH_4^+ , constitue l'un des principaux produits du métabolisme des mammifères dû à la dégradation de la matière organique. Les sources d'exposition environnementales sont insignifiantes si on les compare à la synthèse endogène d'ammoniaque. Les concentrations naturelles en ammoniaque dans les eaux souterraines sont, en effet, généralement inférieures à 0,2 mg/L. Les eaux de surface peuvent en contenir jusqu'à 12 mg/L.
Valeurs Guide	Le code de la Santé Publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent une « référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » à 100 µg/L et une « limite de qualité des eaux utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine » de 4 mg/L. L'OMS ne propose pas de valeur guide pour l'ammonium.
Critère de non sélection	Absence de VTR

3.8.4. CHROME (N°CAS 7440-47-3)

Chrome (n°CAS 7440-47-3)													
Généralités	Le chrome (VI) est naturellement rare dans l'environnement, sa présence étant très majoritairement d'origine anthropique. Très mobile dans l'environnement il expose la population générale principalement par ingestion d'aliments et d'eau contaminés sans que la part attribuable au chrome VI soit bien estimée. Il pénètre mieux l'organisme par voie respiratoire que par voie digestive. Le chrome est un irritant et un sensibilisant.												
Exposition aiguë	<p><u>Chez l'homme</u> : L'ingestion de sels de chrome entraîne rapidement des syndromes digestifs (douleurs abdominales, vomissements sanglants, diarrhées hémorragiques) pouvant être fatals par collapsus circulatoire (dose létale : 1-3 g (CrO₃) ; 50 à 70 mg/kg p.c. (autres chromates), des atteintes hépatiques et rénales retardées sont décrites.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : Les expositions par la voie orale induisent des effets plus importants que par inhalation et que par voie cutanée. Chez les rongeurs (rat, souris), les DL50 observées pour les différents dérivés solubles du chrome (VI) par voie orale vont de 40 à 175 mg/kg p.c., soit 13 à 91 mg équivalent Cr (VI)/kg p.c.</p>												
Exposition chronique	<p>- Effets non cancérogènes</p> <p><u>Chez l'homme</u> : pour la voie orale, suite à l'ingestion répétée d'eau contaminée par du chrome (VI) des symptômes sur le système digestif (ulcères buccaux, diarrhées, douleurs abdominales et vomissements) ont été décrits.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : Les effets observés sont identiques à ceux constatés chez l'homme et sont liés aux propriétés irritantes et allergisantes des composés solubles du chrome (VI).</p> <p>- Effets cancérogènes</p> <p>Classement en termes de cancérogénèse</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Chrome</th> <th>Classe</th> <th>Signification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIRC</td> <td>1</td> <td>Cancérogène</td> </tr> <tr> <td>US EPA</td> <td>A</td> <td>Cancérogène</td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Chez l'homme</u> : Différentes études réalisées chez le travailleur ont montré un lien de causalité entre exposition respiratoire au chrome (VI) et cancer du poumon et suggèrent un possible lien avec le cancer du nez et des sinus. L'exposition par voie orale serait associée à un excès de risque pour les cancers gastriques.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : Les études réalisées chez le rongeur (rat, souris) par administration respiratoire de différents composés du chrome (VI) montrent une augmentation significative des papillomes nasaux et des adénocarcinomes pulmonaires. Celles par administration orale montrent une augmentation significative des cancers du tractus gastro-intestinal.</p> <p>- Effets sur la reproduction</p> <p><u>Chez l'homme</u> : Les études réalisées chez l'homme ne permettent pas de conclure quant à la toxicité sur la reproduction et le développement du chrome (VI).</p> <p><u>Chez l'animal</u> : Chez le rongeur (rat, souris), plusieurs études par voie orale rapportent des effets sur la fertilité masculine (altération de la spermatogénèse, altérations histologiques des testicules), une augmentation de l'apparition de malformations et une fœtotoxicité (augmentation des pertes pré- et post-implantatoires, diminution du poids des fœtus).</p>	Chrome	Classe	Signification	CIRC	1	Cancérogène	US EPA	A	Cancérogène	UE	/	Non évalué
Chrome	Classe	Signification											
CIRC	1	Cancérogène											
US EPA	A	Cancérogène											
UE	/	Non évalué											
Valeurs guide	Le code de la Santé Publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent une « limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine à 6 µg/L. L'OMS propose une valeur guide de 50 µg/L dans l'eau de boisson pour le chrome total.												

3.8.5. CUIVRE (N°CAS 7440-50-8)

Cuivre (n°CAS 7440-50-8)													
Généralités	<p>Le cuivre est un oligoélément essentiel soumis à une régulation homéostatique. Il intervient en tant que composant de nombreuses métallo-enzymes. Le cuivre intervient dans la qualité des cartilages, la minéralisation osseuse, la régulation de neurotransmetteurs, la fonction cardiaque, les mécanismes immunitaires et le métabolisme du fer.</p> <p>Le bruit de fond en cuivre est autour de 0,15 µg/L dans l'eau de mer et de 1 à 20 µg/L dans l'eau douce.</p> <p>Le principal mode d'exposition de la population générale est l'alimentation et l'eau de boisson. En général, l'apport journalier total par voie orale (alimentation et eau de boisson) se situe entre 1 et 2 mg/jour avec des pointes occasionnelles à plus de 5 mg/jour et une contribution de l'eau de boisson excédant rarement 0,1 mg/jour. L'apport de cuivre par voie respiratoire ou percutanée est négligeable.</p>												
Exposition aiguë	<p><u>Chez l'homme</u> : L'intoxication par voie orale est rare en dehors des ingestions à visée suicidaire.</p> <p>L'ingestion de sels de cuivre provoque des troubles digestifs sévères avec déshydratation, nécrose hépatique et atteinte rénale pouvant aboutir au décès. Notons que la dose thérapeutique à visée émetisante était de 300 mg de sulfate de cuivre.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : la toxicité d'une dose unique de cuivre varie largement selon l'espèce en cause (DL50 comprise entre 15 et 1664 mg Cu/kg p.c.). Parmi les sels de cuivre, ceux qui présentent une bonne hydrosolubilité sont généralement plus toxiques.</p> <p>Des rats qui avaient reçu quotidiennement pendant 15 jours 305 mg Cu/kg dans leur nourriture, sous la forme de sulfate de Cu (II), ont présenté des modifications de leurs paramètres biochimiques et des effets nocifs au niveau du foie, des reins et des poumons. Ces effets étaient de même nature que ceux observés chez d'autres espèces avec d'autres dérivés du cuivre.</p>												
Exposition chronique	<p>- Effets non cancérogènes</p> <p>Le cuivre est un élément essentiel et les effets indésirables qui lui sont imputables peuvent provenir d'une carence comme d'un excès. L'OMS estime que : "A la lumière des données dont on dispose sur l'exposition humaine au cuivre (...) en Europe et dans les Amériques, il semble que les dangers d'une carence en cuivre sont plus grands que ceux d'un excès de cet élément".</p> <p>Parmi les groupes potentiellement plus sensibles à l'excès de cuivre, on peut citer les personnes en hémodialyse et les malades atteints d'une affection hépatique chronique. Parmi les groupes exposés au risque de carence en cuivre figurent aussi les nourrissons et les sujets souffrant d'un syndrome de malabsorption ou nourris exclusivement par voie parentérale.</p> <p>Exposés pendant une longue période, des rats et des souris n'ont pas présenté de signes manifestes de toxicité autres qu'une réduction de croissance liée à la dose, après ingestion de doses quotidiennes correspondant à 138 mg Cu/kg p.c. (rats) et 1000 mg Cu/kg p.c. (souris). Les études de neurotoxicité n'ont révélé aucun effet sur le comportement mais des modifications neurochimiques ont été signalées après administration par voie orale de doses correspondant à 20-40 mg Cu/kg p.c. par jour. D'après un nombre limité d'études d'immunotoxicité, il y a eu une détérioration de la fonction immunitaire humorale et à médiation cellulaire après ingestion, via l'eau de boisson, de doses équivalant à environ 10 mg Cu /kg p.c. par jour.</p> <p>- Effets cancérogènes</p> <p>Classement en termes de cancérogénèse</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cuivre</th> <th>Classe</th> <th>Signification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIRC</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> <tr> <td>US EPA</td> <td>D</td> <td>Non évalué</td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> </tbody> </table>	Cuivre	Classe	Signification	CIRC	/	Non évalué	US EPA	D	Non évalué	UE	/	Non évalué
Cuivre	Classe	Signification											
CIRC	/	Non évalué											
US EPA	D	Non évalué											
UE	/	Non évalué											

Cuivre (n°CAS 7440-50-8)	
Exposition chronique	<p>Les données dont on dispose au sujet de la cancérogénicité sont insuffisantes pour permettre une évaluation du risque. Du fait d'absence de données humaines, de données animales inadéquates et de données de mutagénicité équivoques le cuivre n'a pas été classé par l'US EPA et l'UE en tant que cancérogène.</p> <p>- Effets sur la reproduction</p> <p><u>Chez l'homme</u> : Il n'y a pas données humaines.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : Les études animales consacrées aux effets toxiques sur la reproduction et le développement sont limitées et sont insuffisantes pour permettre une évaluation du risque.</p>
Valeurs guide	<p>Le code de la Santé Publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent une « limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » à 2 mg/L et une « référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » à 1 mg/L.</p> <p>L'OMS recommande une valeur guide de 2 mg/L dans l'eau de boisson.</p>

3.8.6. FER (N°CAS 7439-89-6)

Fer (n°CAS 7439-89-6)	
Généralités	<p>Le fer est un élément essentiel pour l'homme. Les besoins quotidiens en fer dépendent de l'âge, du sexe, du statut physiologique et de la biodisponibilité du fer (variable selon sa forme et l'état physiologique), ils sont estimés de 10 à 50 mg/jour (OMS 2011). La carence en fer est un problème de santé publique majeur. A contrario, l'excès de fer est exceptionnel chez l'homme en raison de la régulation de son absorption (en moyenne seulement 10 % du fer total ingéré franchit la muqueuse intestinale).</p>
Effets sur la santé	<p>Les effets délétères d'une ingestion excessive de fer chez des sujets normaux n'ont pas été clairement établis. Les intoxications aiguës, secondaires à l'ingestion de sels ferreux ou ferriques sont presque toujours d'origine médicamenteuse. Les prises inférieures à 20 mg/kg p.c. de fer ne déclenchent pas de troubles et jusqu'à 60 mg/kg p.c. il s'agit d'intoxications bénignes. Le risque d'intoxication mortelle, malgré une prise en charge adaptée, ne survient que pour des ingestions de fer supérieures à 150 mg/kg p.c.</p>
Valeurs guide	<p>Le Code de la Santé Publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une « référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » de 200 µg/L ; • des « limites de qualité des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine » avec une valeur guide de 0,1 mg/L de fer dissous et une valeur impérative de 0,3 mg/L pour le traitement A1, avec une valeur guide de 1 mg/L de fer dissous et une valeur impérative de 2 mg/L pour le traitement A2, avec une valeur guide de 1 mg/L de fer dissous pour le traitement A3. <p>De plus, l'OMS ne propose pas de valeur guide fondée sur des critères sanitaires pour le fer.</p>
Critère de non sélection	<p>Absence de VTR</p> <p>Afin de prévenir une éventuelle surcharge ferrique chez les populations à risque (hémochromatose, polytransfusés, éthyliste chronique), le JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) a fixé la dose journalière admissible maximale à 0,8 mg/kg/j. Toutefois, cette PMTDI (Provisional Maximum Tolerable Daily Intake) serait une dose journalière insuffisante pour éviter les carences en fer chez les enfants ainsi que les femmes enceintes et allaitant (JEFCA, WHO Food Additives Series 18, Iron).</p> <p>Ainsi, cette PMTDI du fer, seule valeur de référence disponible, ne peut être considérée comme une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) utilisable pour évaluer les risques pour la population générale. En effet, un apport quotidien par voie orale inférieur au PMTDI, s'il protège une partie de la population sensible aux surcharges ferriques, ne permet pas d'atteindre les besoins nutritionnels de certaines tranches de la population.</p>

3.8.7. LITHINE

Lithine (n°CAS 1310-66-3)	
Généralités et effets sur la santé	Dans l'eau, la lithine se dissocie en ions Li ⁺ et OH ⁻ . La toxicité du lithium est faible. Par voie orale, la DL50 pour de nombreuses espèces animales varie entre 400 et 1200 mg/kg. La dose thérapeutique standard de carbonate de lithium est de 0,5 à 2 g/j (soit 8 à 32 mg/kg/j pour un poids de 62,5 kg). Des cas d'intoxications volontaires chez l'homme indiquent qu'une dose de 12 à 60 g (soit 192 à 960 mg/kg/j pour un poids de 62,5 kg) entraîne un coma et la mort.
Valeurs guide	Aucune valeur réglementaire ou recommandation pour la concentration de lithine dans les eaux de consommation humaine n'est fixée par l'arrêté du 11 janvier 2007 (code de la santé publique), ni par l'OMS.
Critère de non sélection	Absence de VTR

3.8.8. MANGANESE (N°CAS 7439-96-5)

Manganèse (n°CAS 7439-96-5)										
Généralités	Le manganèse est un nutriment essentiel (oligoélément). Il intervient notamment dans la minéralisation des os, le métabolisme énergétique et la protection des cellules contre les radicaux libres. Les doses journalières considérées comme suffisantes et sans risque pour l'homme à partir de l'âge de 1 an sont de 1 à 5 mg/j et sont apportées par l'alimentation. L'absorption digestive du manganèse est faible, de 3 à 8 %, elle est toutefois plus importante chez les jeunes enfants, liée à celle du fer et du calcium.									
Effets sur la santé	<p>Le seul sel qui soit fréquemment responsable d'intoxication aiguë est le permanganate de potassium dont les effets sont liés au pouvoir oxydant et leur gravité dépend de la concentration de la solution ingérée.</p> <p>Les paillettes, étant caustiques, peuvent être responsables des lésions corrosives graves du tube digestif.</p> <p>- Effets non cancérigènes</p> <p>En milieu professionnel et pour des expositions chroniques par voie respiratoire, des effets sur le système nerveux (encéphalopathie par atteinte des noyaux gris centraux, responsable du "parkinson manganique") ont été démontrés. D'autres atteintes ont été décrites : dermatoses, rhinites et asthme allergiques, atteintes hématologiques, neuropathies, hyperthyroïdies. Chez les animaux, des effets toxiques testiculaires ont été trouvés chez des rongeurs et des lapins (administration parentérale).</p> <p>- Effets cancérigènes</p> <p>Classement en termes de cancérogénèse</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Manganèse</th> <th>Classe</th> <th>Signification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIRC / UE</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> <tr> <td>US EPA</td> <td>D</td> <td>Non classifiable quant à sa cancérogénicité</td> </tr> </tbody> </table> <p>Concernant les pouvoirs cancérogène et mutagène du manganèse, les résultats sont irréguliers même si certains dérivés ont démontré un pouvoir mutagène <i>in vitro</i>. Les études sur rongeur (sulfate de manganèse) ont provoqué tantôt de légères augmentations de tumeurs (pancréas chez les rats mâles et adénome hypophysaire chez les femelles), tantôt une augmentation de tumeurs de la thyroïde chez les souris, alors que d'autres études n'ont pas mis de cancers en évidence.</p> <p>- Effets sur la reproduction</p> <p>Aucune donnée n'a été publiée concernant des effets sur la reproduction.</p>	Manganèse	Classe	Signification	CIRC / UE	/	Non évalué	US EPA	D	Non classifiable quant à sa cancérogénicité
Manganèse	Classe	Signification								
CIRC / UE	/	Non évalué								
US EPA	D	Non classifiable quant à sa cancérogénicité								

Valeurs guide	<p>Le Code de la Santé Publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent une valeur « référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » de 50 µg/L de manganèse.</p> <p>L'OMS n'a pas établi de valeur guide basée sur les effets sur la santé pour l'eau de boisson pour des raisons techniques. Par ailleurs, la valeur guide de 0,4 mg/L pouvant être dérivée à partir de l'apport journalier maximal recommandé de 11 mg/j produirait des dépôts noirâtres dans les canalisations.</p>
---------------	---

3.8.9. NICKEL (N°CAS 7440-02-0)

Nickel (n°CAS 7440-02-0)															
Généralités	<p>Le nickel est naturellement présent dans les sols, l'eau, l'air et les aliments. La population générale est principalement exposée par les aliments (en particulier les légumes et céréales). Les apports moyens en nickel liés à l'alimentation semblent inférieurs à 0,2 mg/j. La contribution de l'eau de boisson à ces apports est estimée entre 2 et 11 % par l'OMS. Les expositions professionnelles sont essentiellement respiratoires.</p> <p>Le nickel et ses composés solubles sont absorbés aussi bien par voie respiratoire que par voie orale, son absorption est négligeable pour la voie cutanée. Pour la voie orale le nickel passe mieux dans le sang à partir de l'eau que des aliments.</p> <p>Les principaux organes cibles sont les poumons (organe cible principal en cas d'exposition par inhalation) et les reins, suivis de la thyroïde, du cœur, du foie, du cerveau, de la rate et du pancréas.</p>														
Exposition aiguë	<p>Peu de données relatives à la toxicité aiguë sont disponibles chez l'homme. Par voie orale, il a été rapporté des troubles digestifs (diarrhée, vomissement, irritation digestives...) et dans le cas d'expositions plus sévères la survenue d'effets neurologiques (céphalées, asthénie...). Un décès par arrêt cardiaque d'un enfant de 2 ans a été observé suite à l'ingestion accidentelle d'une forte quantité de nickel. Chez l'animal (rat, lapin), des effets rénaux ont également été rapportés dans plusieurs études.</p>														
Exposition chronique	<p>- Effets non cancérigènes</p> <p>Par voie orale, les principaux effets observés chez l'animal sont des effets pulmonaires, gastro-intestinaux (irritations, ulcérations,...) et rénaux (polyurie, augmentation du poids des reins,...). Des effets neurologiques (léthargie, diminution de la température corporelle, respiration irrégulière...) ont également été observés.</p> <p>- Effets cancérigènes</p> <p>Classement en termes de cancérigénèse</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nickel</th> <th>Classe</th> <th>Signification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">CIRC</td> <td>2B</td> <td>Nickel métal et alliage : Cancérigène possible</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Composés du nickel : Cancérigène avéré</td> </tr> <tr> <td>US EPA</td> <td>A</td> <td>Cancérigène</td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td>/</td> <td>Susceptible de provoquer le cancer</td> </tr> </tbody> </table> <p>Par voie orale, aucune étude de cancérigénicité chez l'homme par voie orale ne semble avoir été réalisée.</p> <p>Par voie orale, peu d'études sont disponibles chez l'animal et il n'a pas été montré d'augmentation significative de l'incidence des tumeurs.</p> <p>- Effets sur la reproduction</p> <p>Le nickel peut traverser la barrière placentaire sous forme ionisée. Le potentiel reprotoxique des composés de nickel n'est pas clairement établi chez l'homme.</p> <p>Par voie orale, plusieurs études chez le rat ou la souris ont rapporté des effets toxiques sur le système reproducteur mâle avec certains composés de nickel (sulfate, chlorure ou nitrate). Concernant les femelles, un certain nombre d'études ont rapporté une diminution de la survie de la descendance des animaux exposés avant l'accouplement et pendant les périodes de gestation et de lactation. L'interprétation de ces données sont compliquées</p>	Nickel	Classe	Signification	CIRC	2B	Nickel métal et alliage : Cancérigène possible	1	Composés du nickel : Cancérigène avéré	US EPA	A	Cancérigène	UE	/	Susceptible de provoquer le cancer
Nickel	Classe	Signification													
CIRC	2B	Nickel métal et alliage : Cancérigène possible													
	1	Composés du nickel : Cancérigène avéré													
US EPA	A	Cancérigène													
UE	/	Susceptible de provoquer le cancer													

	par la toxicité maternelle, survenant fréquemment aux doses utilisées. Des études semblent indiquer un possible potentiel tératogène du nickel et de ses composés solubles.
Valeurs guide	Le code de la Santé Publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent la valeur « limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » et une « limite de qualité des eaux brutes de toutes origines utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine » à 20 µg/L. L'OMS propose une valeur guide pour l'eau de boisson de 70 µg/L.

3.8.10. NITRATES (N°CAS 14797-55-8)

Nitrates (n°CAS 14797-55-8)													
Généralités	Les nitrates font partie du cycle naturel de l'azote et sont donc présents partout dans l'environnement. Ils sont aussi produits pour servir d'engrais - à l'origine d'un enrichissement des eaux souterraines et de surface - comme additifs alimentaires, dans l'industrie chimique ou la fabrication d'explosifs. Leurs sels se présentent sous forme de cristaux incolores très solubles dans l'eau. Les populations humaines sont exposées aux nitrates via l'alimentation, dont 14 % pour l'eau de boisson. Un apport équivalent provient de la production naturelle de nitrates dans l'organisme humain.												
Exposition aiguë	<u>Chez l'homme</u> : La toxicité du nitrate est principalement attribuable à sa réduction en nitrites (Cf. §.nitrites). Des cas d'intoxication aiguë ont été rapportés chez l'adulte suite à une ingestion accidentelle d'importantes quantités de nitrates (≥ 33 mg/kg p.c.). Chez les nouveau-nés, des cas d'intoxications ont été observés pour des quantités ingérées plus faibles de nitrates (≥ 1,5 mg/kg). <u>Chez l'animal</u> : La toxicité aiguë des nitrates est faible (DL50 par voie orale supérieure à 2000 mg/kg pour le nitrate de sodium, le nitrate d'ammonium et le nitrate de potassium chez le rat et la souris).												
Exposition chronique	<p>- Effets non cancérogènes</p> <p><u>Chez l'homme</u> : Par voie orale, plusieurs études épidémiologiques, montrent que les nitrates peuvent altérer la fonction thyroïdienne.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : Chez les rongeurs (rat, souris) la toxicité chronique par voie orale est faible. Les effets observés sont une diminution du gain de poids corporel et une altération de la fonction thyroïdienne.</p> <p>- Effets cancérogènes</p> <p>Classement en termes de cancérogénèse</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nitrates*</th> <th>Classe</th> <th>Signification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIRC</td> <td>2A</td> <td>Cancérogène probable</td> </tr> <tr> <td>US EPA</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Les nitrates ne seraient pas directement cancérogènes. En revanche, il semble que certaines formes de cancer puissent être associées à une exposition à des composés N-nitroso, en particulier les nitrosamines formées dans le tube digestif à partir des nitrates (ou des nitrites) (OMS, 1998). Cependant, les preuves épidémiologiques ne permettent pas actuellement de démontrer qu'il existe une association entre l'apport de nitrates et l'apparition de cancers chez l'homme.</p> <p>- Effets sur la reproduction</p> <p><u>Chez l'homme</u> : les études disponibles ne permettent pas de conclure sur une association entre les nitrates et des effets reprotoxiques ou sur le développement.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : Des effets sur la reproduction chez le cochon d'Inde ont été observés uniquement pour de très fortes doses (NOAEL = 10 g/L de nitrate de potassium). L'US-EPA considère qu'aucun effet significatif n'a été mis en évidence dans les diverses études chez l'animal (rats, souris, hamsters, lapins...) ayant testé les effets des nitrates sur la reproduction, les effets foetotoxiques ou le développement.</p>	Nitrates*	Classe	Signification	CIRC	2A	Cancérogène probable	US EPA	/	Non évalué	UE	/	Non évalué
Nitrates*	Classe	Signification											
CIRC	2A	Cancérogène probable											
US EPA	/	Non évalué											
UE	/	Non évalué											
Valeurs guide	Le code de la Santé Publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent la valeur « limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » à 50 mg/L.												

	L'OMS propose une valeur guide de 50 mg NO ₃ /L dans l'eau de boisson. Par ailleurs, la somme de la concentration en nitrates divisée par 50 et de celle en nitrites divisée par 3 doit rester inférieure ou égale à 1.
--	--

3.8.11. NITRITES (N°CAS 14797-65-0)

Nitrites (n°CAS 14797-65-0)													
Généralités	Les nitrites font partie du cycle naturel de l'azote et sont donc présents partout dans l'environnement mais en moindre concentration que les nitrates du fait de leur caractère moins stable. Ils peuvent également provenir de la transformation environnementale des chloramines utilisées à visée de désinfection. Ils sont aussi produits pour servir d'additifs alimentaires. Leurs sels se présentent sous forme de granules ou cristaux incolores à jaune pâle très solubles dans l'eau. Les populations humaines sont exposées aux nitrites via l'alimentation, dont moins de 10 % pour l'eau de boisson et 80 % résultant de l'exposition aux nitrates.												
Exposition aiguë	<p><u>Chez l'homme</u> : La toxicité aiguë des nitrites est liée à la méthémoglobinémie qui se manifeste par une cyanose (coloration bleue de la peau et des muqueuses) lorsque le taux de méthémoglobine sanguine excède 10 % puis par des symptômes respiratoires (dyspnée) et neurologiques (ébrioité, céphalées...) au-delà de 55 à 60 %. Si le taux est supérieur à 70 %, elle devient létale. Les nouveau-nés et les femmes enceintes sont particulièrement sensibles aux nitrites ainsi que certaines personnes présentant des anomalies génétiques diminuant la capacité de réversibilité de la méthémoglobinémie.</p> <p>Cette sensibilité s'explique chez le nouveau-né par le fait que son hémoglobine est facilement oxydable et que l'activité de la méthémoglobine-réductase est faible, chez la femme enceinte par le fait que le niveau de méthémoglobinémie de cette dernière peut atteindre 10 % à la 30^{ième} semaine de grossesse.</p>												
Exposition chronique	<p>- Effets non cancérogènes</p> <p><u>Chez l'homme</u> : Des études épidémiologiques ont mis en évidence chez l'Homme une diminution de la production d'hormones importantes dans le métabolisme (corticostéroïdes) suite à une exposition prolongée aux nitrites dans l'eau de boisson.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : les effets observés chez les rongeurs (rat, souris) après administration orale de sels de nitrite dans l'eau de boisson ou l'alimentation sont diversifiés (méthémoglobinémie sub-clinique, hypertrophie au niveau des glandes surrénales, augmentation du poids des reins et modifications histopathologiques des poumons et du cœur).</p> <p>- Effets cancérogènes</p> <p>Classement en termes de cancérogénèse</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nitrites*</th> <th>Classe</th> <th>Signification</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIRC</td> <td>2A</td> <td>Cancérogène probable</td> </tr> <tr> <td>US EPA</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td>/</td> <td>Non évalué</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Il semble que certaines formes de cancer puissent être associées à une exposition à des composés N-nitrosés, en particulier les nitrosamines formées dans le tube digestif à partir notamment des nitrites (OMS, 1998). Cependant, les preuves épidémiologiques ne permettent pas actuellement de démontrer qu'il existe une association entre l'apport de nitrates et l'apparition de cancers chez l'homme.</p> <p><u>Chez l'homme</u> : Les études épidémiologiques montrent une association entre les nitrites alimentaires et une augmentation de l'incidence du cancer de l'estomac.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : Les études de cancérogénicité concernent la voie orale. Les résultats des études par administration de nitrites seuls (nitrite de sodium ou de potassium) ne sont pas concluants. Les études par co-administration de nitrites et de composés nitrosables chez les rongeurs (rat, souris) ont montré une augmentation significative de l'incidence de tumeurs (foie, poumon, système lymphatique, estomac, vessie et utérus), dont les caractéristiques similaires à celles induites par les dérivés N-nitrosés des composés nitrosables testés.</p>	Nitrites*	Classe	Signification	CIRC	2A	Cancérogène probable	US EPA	/	Non évalué	UE	/	Non évalué
Nitrites*	Classe	Signification											
CIRC	2A	Cancérogène probable											
US EPA	/	Non évalué											
UE	/	Non évalué											

Nitrites (n°CAS 14797-65-0)	
Exposition chronique	<p>- Effets sur la reproduction</p> <p><u>Chez l'homme</u> : Les études disponibles chez l'homme ne permettent pas de conclure sur la reprotoxicité des nitrites.</p> <p><u>Chez l'animal</u> : les nitrites ne sont pas tératogènes. Les études n'ont montré des effets toxiques sur la reproduction et le développement qu'à la suite d'expositions par voie orale à de très fortes doses induisant une méthémoglobinémie chez la mère. Les effets reprotoxiques (avortements spontanés, diminution de la survie périnatale, méthémoglobinémie transitoire des nouveau-nés, altération des fonctions motrices) ont été rapportés après administration orale dans l'eau de boisson de doses supérieures à 1 000 mg de nitrite/L. Il a par ailleurs, été constaté une diminution du nombre et de la motilité des spermatozoïdes chez les rongeurs (rat, souris) pour des doses par voie orale supérieures à 2 000 mg de nitrites/L.</p>
Valeurs guide	<p>Le Code de la santé publique (Cf. article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent la valeur limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine suivante en concentration en nitrates: valeur limite en nitrates = 0,5 mg NO₂/L.</p> <p>Les valeurs guides recommandées par l'OMS pour les nitrites est de 3 mg NO₂/L.</p>

3.8.12. PLOMB (N°CAS 7439-92-1)

Plomb (n°CAS 7439-92-1)	
Généralités	<p>Le plomb (Pb) est un métal gris-bleuâtre, insoluble dans l'eau sous forme métallique. À l'état divalent, il peut former une large gamme de composés inorganiques ou organiques potentiellement solubles dans l'eau. Le plomb et ses composés sont naturellement présents dans l'eau, l'atmosphère et dans les sols.</p> <p>Dans l'environnement, le plomb est principalement présent sous forme inorganique à l'état divalent (Pb²⁺).</p> <p>Il existe de nombreuses sources anthropiques d'exposition du fait des nombreuses applications industrielles du plomb et de ses composés (en sidérurgie notamment).</p> <p>Indépendamment de ces rejets, le plomb peut être présent dans l'eau de boisson à des concentrations significatives, en lien avec le contenu en plomb des conduites d'eau et le degré d'acidité de l'eau.</p> <p>Les effets du plomb sur l'homme sont généralement identifiés à partir de la dose interne de plomb mesurée dans le sang (plombémie). Pour la voie orale, l'absorption est faible (entre 5 à 10 %) chez l'adulte mais est plus élevée chez le nouveau-né et l'enfant (de 50 % chez les moins de 2 ans à 20 % chez l'enfant de 10 ans). L'absorption cutanée du plomb et de ses composés est négligeable.</p>
Exposition aiguë	<p><u>Chez l'homme</u> : L'intoxication aiguë au plomb se manifeste 2 à 48 h après la prise par des troubles digestifs (douleurs abdominales, vomissements, diarrhées), rénaux (oligurie et insuffisance tubulaire rénale) et hématologiques (discrète hémolyse). En cas d'intoxication massive, des effets neurologiques graves peuvent être observés (encéphalopathie, signes d'hypertension intracrânienne, coma convulsif).</p>
Exposition chronique	<p>- Effets non cancérogènes</p> <p>L'intoxication chronique au plomb (saturnisme) cible de nombreux organes : les symptômes sont hématologiques (anémie), digestifs (douleurs abdominales, nausées, vomissements, colique saturnine), neurologiques (troubles de la mémoire, syndrome déficitaire focalisé, coma, convulsions, paralysies...), cardiovasculaires (hypertension), rénaux (néphropathie, insuffisance rénale) et immunologiques (diminution du nombre de lymphocytes T et des immunoglobulines sans susceptibilité particulière aux infections). Il est généralement admis que la plombémie est fortement corrélée aux effets toxiques du plomb. L'intoxication chronique au plomb (saturnisme) apparait lorsque plombémie atteint 50 µg/L. Les effets les plus sensibles concernent le développement neurologique des enfants.</p> <p>- Effets cancérogènes</p>

Plomb (n°CAS 7439-92-1)			
	Classement en termes de cancérogénèse		
	Plomb	Classe	Signification
	CIRC	2	Plomb : Cancérogène possible Plomb inorganique : Cancérogène probable Plomb organique : inclassable quant à cancérogénicité
		2a	
		3	
US EPA	2b	Cancérogène probable	
UE	/	Non évalué	
<p><u>Chez l'homme</u> : selon les études réalisées par inhalation de composés inorganiques chez les travailleurs, le plomb pourrait être à l'origine de cancers gastriques et pulmonaires et de façon plus douteuse, de cancers rénaux et cérébraux.</p> <p><u>Chez l'animal (rat)</u> : le plomb à forte dose induit des tumeurs rénales.</p> <p>- Effets sur la reproduction</p> <p>Le plomb a des effets sur la fertilité masculine et peut entraîner des retards de la puberté et augmenter le nombre d'avortements spontanés chez la femme. Le plomb est toxique pour le fœtus (fœtotoxicité). Bien que non établi chez l'homme, sa tératogénicité (induction de malformations) a été démontrée chez l'animal.</p>			
Valeurs guide	<p>Le Code de la santé publique (article R. 1321-2) et l'arrêté du 11 janvier 2007 fixent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une valeur « limite de qualité des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine » à 10 µg/L ; • une « limite de qualité des eaux brutes de toutes origines utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine » de 50 µg/L ; • une « limite de qualité des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine » avec une valeur impérative de 10 µg/L pour le traitement A1 et des valeurs impératives de 50 µg/L pour les traitements A2 et A3. <p>L'OMS recommande une valeur de 10 µg/L dans l'eau de boisson.</p>		

3.8.13. POUSSIÈRES

Poussières	
Généralités	<p>Les matières particulaires sont des composés singuliers de l'air dans le sens où leur mode de classification est fondé sur leur diamètre et non sur leur composition. C'est une caractéristique importante car elle détermine leur temps de séjour dans l'air ainsi que leur aptitude à pénétrer et demeurer plus ou moins profondément dans l'appareil respiratoire. On distingue ainsi classiquement trois classes granulométriques : les grosses particules (PM₁₀), les particules fines (PM_{2,5}) et ultrafines (PM_{0,1}) selon que leur diamètre aérodynamique moyen est inférieur respectivement à 10 µm, 2,5 µm et 1 µm.</p> <p>Quel que soit l'endroit étudié, il existe toujours une concentration de fond de particules, qu'elles soient d'origine naturelle et/ou anthropique. La principale voie d'exposition aux particules atmosphériques est l'inhalation. Le devenir des particules dans le système respiratoire dépend principalement de leur taille. Seules les particules inférieures à 10 µm pénètrent dans l'arbre trachéobronchique et les PM_{2.5} atteignent les alvéoles pulmonaires.</p> <p>L'exposition est très variable selon les individus et leurs activités. Ainsi, l'activité physique augmente la ventilation et donc la pénétration des polluants. Comparativement à un adulte, la proportion de particules fines qui parviennent jusqu'aux alvéoles est trois fois supérieure chez les enfants et jusqu'à huit fois chez les nouveaux-nés. De même les personnes atteintes de broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO) sont plus exposées du fait de leurs difficultés respiratoires.</p> <p>Des liens statistiques ont été mis en évidence entre des effets et des taux de particules, ces effets sont essentiellement respiratoires et cardiovasculaires que ce soit pour des effets aigus ou des effets à long terme dont le cancer du poumon. Cette pollution serait</p>

	<p>également responsable de décès prématurés. Dans l'Union européenne, l'exposition aux PM_{2,5} produites par les activités humaines réduit en moyenne l'espérance de vie de 8,6 mois (OMS, 2006).</p> <p>Certaines populations sont particulièrement sensibles à la pollution particulaire. Il s'agit des fœtus, des nouveau-nés, des femmes enceintes, des enfants, des personnes âgées, et des personnes atteintes de pathologie cardiovasculaire ou respiratoire (antécédents d'infarctus du myocarde, coronaropathie, asthme, etc.), de diabète, voire d'obésité.</p> <p>Il n'a pas été possible d'identifier un seuil de concentration de PM₁₀ et PM_{2,5} en deçà duquel aucun effet sanitaire ne serait constaté. Les impacts sanitaires les plus importants ne sont pas associés aux pics de pollution mais plutôt aux niveaux de fond.</p>
Valeurs guide	<p>Les PM₁₀ font l'objet de normes de qualité d'air. Celles-ci sont présentées dans le Chapitre 3. L'OMS recommande pour la protection de la santé une valeur moyenne annuelle de 40 µg/m³ et une valeur moyenne horaire de 50 µg/m³.</p>
Critère de non sélection	<p>Absence de VTR</p>

3.8.14. SODIUM

Sodium	
Généralités	<p>L'ion sodium est présent dans toutes les eaux. Les intrusions salines, les embruns marins, les eaux d'égouts et le sel utilisé pour le déneigement peuvent contribuer de façon significative à la présence de sodium dans l'eau.</p> <p>Chez l'homme, les aliments constituent la principale source de sodium, essentiellement sous forme de chlorures. Le sodium est naturellement présent dans tous les aliments et peut aussi être ajouté lors de leur préparation. En Europe occidentale et en Amérique du Nord, la consommation de chlorure de sodium est en moyenne de 10 g/jour, soit 4 g de sodium. Les personnes auxquelles un régime pauvre en sodium a été prescrit doivent limiter cette consommation à moins de 2 g/jour. L'eau potable contient généralement moins de 20 mg de sodium par litre, cette teneur peut être largement dépassée dans certaines régions.</p>
Valeurs guide	<p>Le Code de la Santé Publique (Article R1321-2) et l'Arrêté du 11 janvier 2007 fixent une « référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine » et une « limite de qualité des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine » à 200 mg/L.</p>
Critère de non sélection	<p>Absence de VTR</p>

3.8.15. ZINC (N°CAS 7440-66-6)

Zinc (n°CAS 7440-66-6)	
Généralités	<p>Le zinc est naturellement présent dans l'environnement, principalement dans le sol sous forme de sulfure de zinc (ZnS) dans les roches. Il possède de nombreuses applications industrielles. Il est notamment utilisé dans l'industrie métallurgique, monétaire, la construction, l'industrie automobile ou encore l'industrie chimique.</p> <p>Le zinc est un métal essentiel. Il est nécessaire à la croissance, le développement osseux et cérébral, la reproduction, le développement fœtal, le goût et l'odorat, les fonctions immunitaires et la cicatrisation.</p> <p>La population générale est principalement exposée au zinc via l'alimentation (aliments riches en protéines tels que la viande et le poisson) et dans une plus faible proportion via l'eau de boisson. On estime l'apport journalier moyen lié à l'alimentation à 12 mg/j et celui lié à l'eau à 13 µg/L. L'exposition par inhalation est considérée comme inférieure à 1 µg/j.</p>
Exposition aiguë	<p>Par voie orale, l'ingestion de chlorure de zinc entraîne des atteintes lésionnelles du tractus digestif. L'ingestion de fortes quantités de zinc métallique ou de sulfate de zinc entraîne des troubles digestifs pouvant être associés à des vertiges, une léthargie voir une difficulté à marcher.</p> <p>Le chlorure de zinc est corrosif pour la peau et l'œil.</p>
Exposition chronique	<p>- Effets non cancérigènes</p> <p>Par voie orale, l'ingestion chronique de zinc entraîne des effets digestifs (crampes abdominales, nausées, vomissements) liées à son caractère irritant, des effets dont certains – comme les anémies – sont liés aux carences en cuivre, un excès d'apport de zinc diminuant l'absorption intestinale du cuivre. Sont décrits des troubles immunitaires, pancréatiques et des anémies.</p> <p>Les données chez le travailleur indiquent qu'une exposition chronique au zinc par inhalation pourrait également entraîner des effets digestifs.</p> <p>- Effets cancérigènes</p> <p>Le zinc et ses principaux composés n'ont pas été évalués par le CIRC. Les études <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i> réalisées avec du chlorure de zinc ou du sulfate de zinc n'ont pas montré de potentiel mutagène, mais un faible pouvoir de rupture de l'ADN (clastogène).</p> <p><u>Chez l'animal</u> (souris), aucune augmentation de l'incidence des tumeurs n'a été mise en évidence suite à des expositions par inhalation ou voie orale à du sulfate, de l'oxyde ou du chlorure de zinc.</p> <p>- Effets sur la reproduction</p> <p><u>Chez l'homme</u>, les études réalisées chez des femmes supplémentées en zinc n'ont pas montré d'effet reprotoxique, contrairement aux carences en zinc. Chez l'animal (rat, souris), l'exposition à de fortes doses de zinc par voie orale durant la gestation entraîne des effets fœtotoxiques (augmentation du nombre de résorption post-implantatoires) et embryotoxiques (retards de croissance, diminution du poids corporel).</p>
Valeurs guide	<p>Le zinc ne fait l'objet d'aucune recommandation environnementale pour l'eau destinée à la consommation humaine (code de la santé publique - arrêté du 11 janvier 2007, OMS).</p>