

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

9 ANNEXE I : Mise à jour de l'étude d'impact global des rejets

L'Annexe I est fournie en Pièce Jointe à ce document. Elle contient les éléments suivants.

Figures

Tableaux

ANNEXE A : Zones d'intérêt écologique au voisinage du site

ANNEXE B : Bilan des rejets atmosphériques et liquides, radioactifs et chimiques

ANNEXE C : Méthodologie d'évaluation des transferts dans les sols et les compartiments alimentaires

ANNEXE D : Concentrations modélisées dans les compartiments environnementaux

ANNEXE E : Valeurs toxicologiques de référence et toxicologie des composés considérés

ANNEXE F : Résultats détaillés de l'évaluation des risques sanitaires chimiques

ANNEXE G : PNEC et impact sur l'environnement

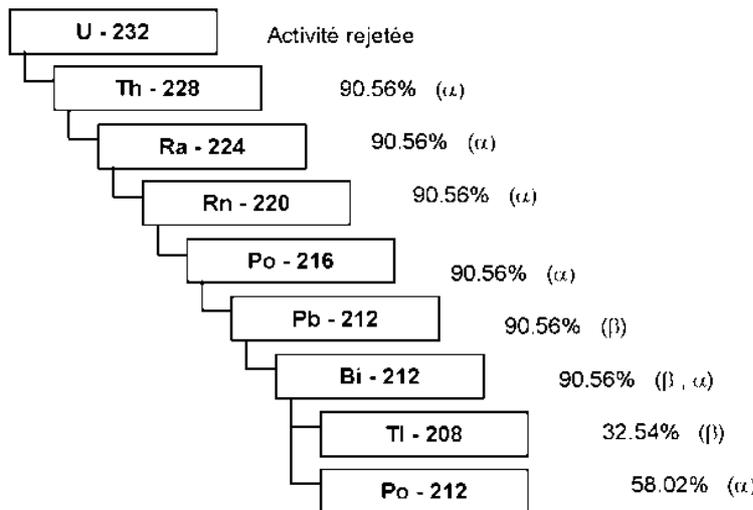
Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

10 ANNEXE II : ETUDE D'IMPACT DOSIMETRIQUE SUR LES POPULATIONS DES GROUPES DE REFERENCE

ANNEXE II-A : Chaines de décroissance

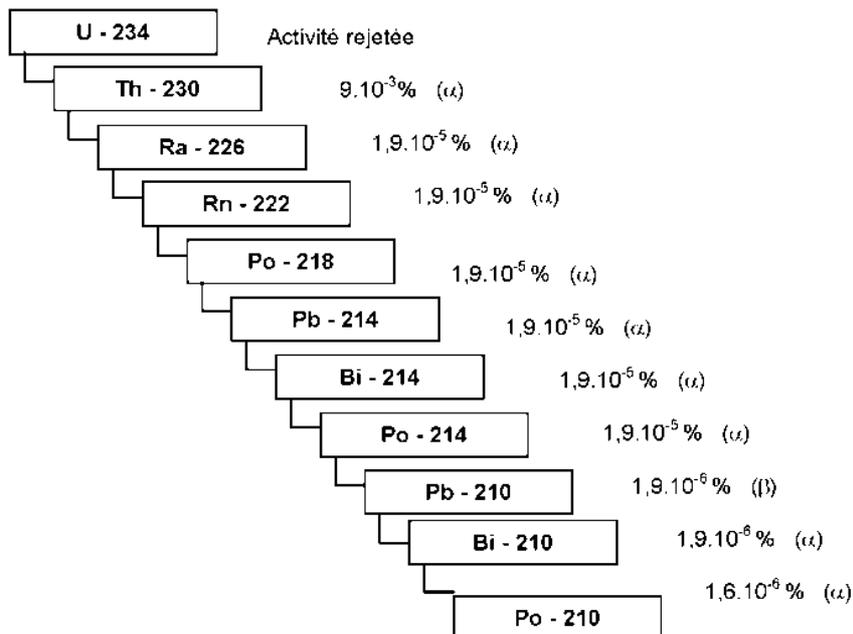
CHAINE DE DECROISSANCE U- 232

Pourcentage en activité des fils pour un temps de décroissance de 10ans
 Activité des fils = Activité père X pourcentage en activité du fils



CHAINE DE DECROISSANCE U- 234

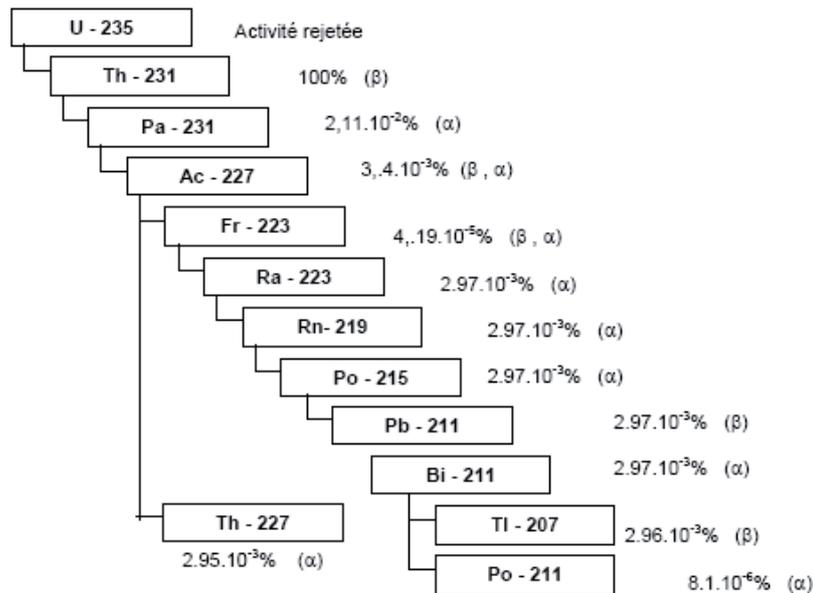
Pourcentage en activité pour un temps de décroissance de 10ans



Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

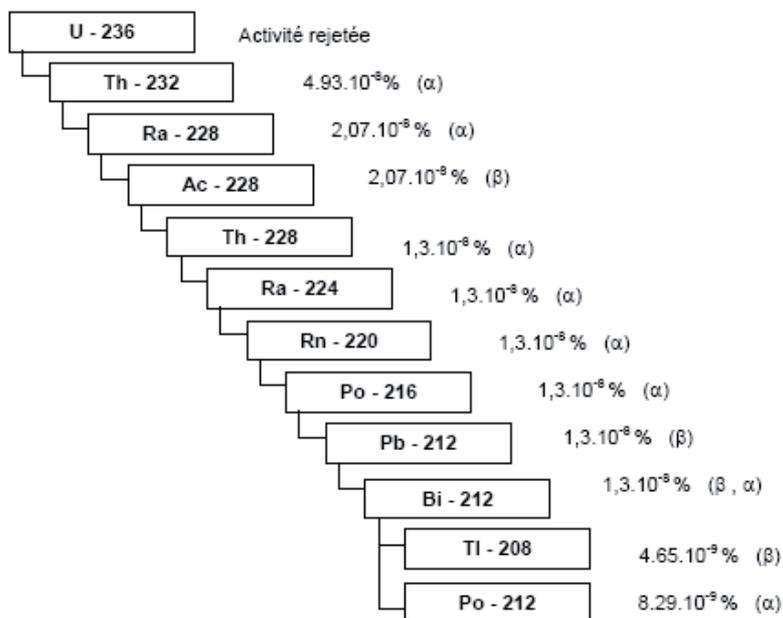
CHAÎNE DE DECROISSANCE U-235

Pourcentage en activité pour un temps de décroissance de 10ans



CHAÎNE DE DECROISSANCE U-236

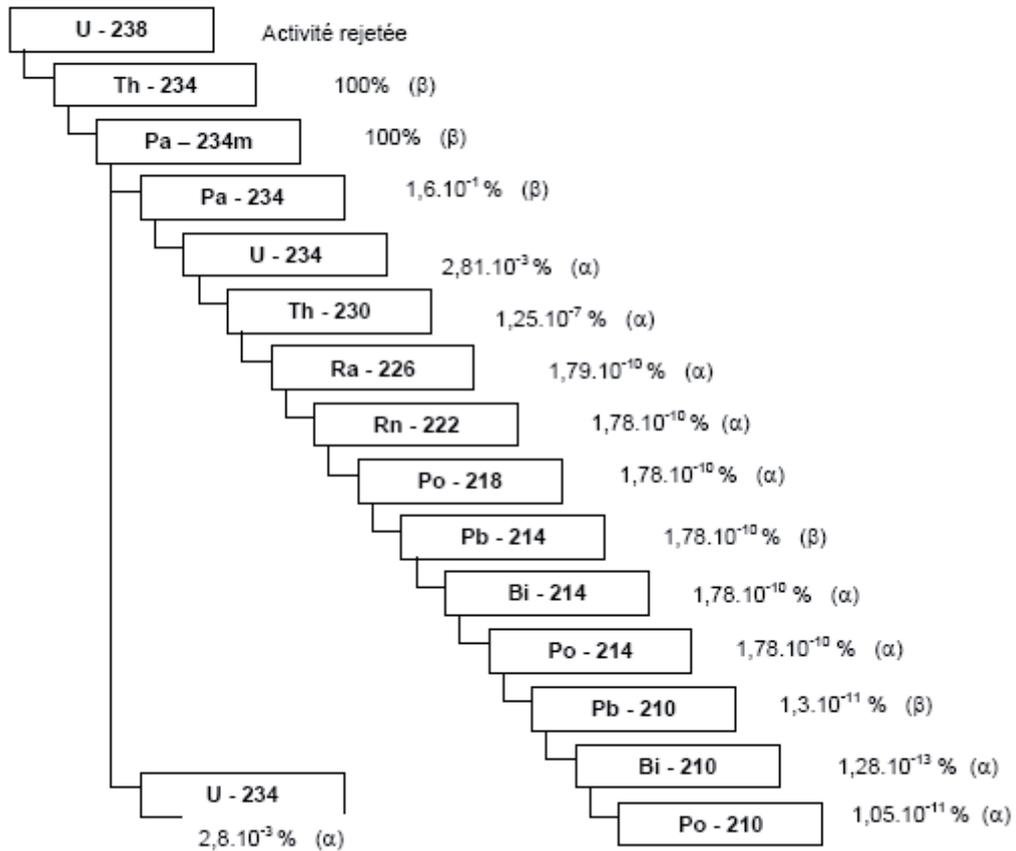
Pourcentage en activité pour un temps de décroissance de 10ans



Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

CHAÎNE DE DECROISSANCE U-238

Pourcentage en activité pour un temps de décroissance de 10ans



Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-B : Paramètres de l'étude

Débit respiratoire

m ³ /an	Enfant 1-2 ans	Enfant 2-7 ans	Enfant 7-12 ans	Adulte
Débit respiratoire	1.90E3	3.20E3	5.60E3	8.10E3

Ingestion de terre par inadvertance

kg/an	Enfant 1-2 ans	Enfant 2-7 ans	Enfant 7-12 ans	Adulte
Terre	8.88E-3	8.88E-3	8.88E-3	1.83E-2

Budget temps, répartition intérieur – extérieur (hypothèse majorante consistant à considérer que les habitants sont exposés en permanence 24h/24h, 365 j/an)

%	Enfant 1-2 ans	Enfant 2-7 ans	Enfant 7-12 ans	Adulte
Intérieur	50	50	50	50
Extérieur	50	50	50	50

Ration alimentaire (Ref : CIBLEX 2003, ZEAT Centre-Est, sauf pour la tranche d'âge [1-2], CIBLEX 1999)

Kg/an	Enfant 1-2 ans	Enfant 2-7 ans	Enfant 7-12 ans	Adulte
Légumes feuilles	2	9,1	13	21,7
Légumes Racines (y compris pommes de terre)	3,7	16	24,8	33,4
Légumes fruits et fruits	4,2	34,7	48,2	96,8
Volaille	1,1	9,5	12	25,3
Œufs	1,2	6,2	7,9	10,7
Taux d'autoconsommation	100%			

Hypothèses prises en compte pour les calculs de concentration dans les sols :

Masse volumique du sol sec (kg sec/m ³)	1.70E3
Pourcentage annuel de temps soumis à l'inhalation	1.00E2
Facteur de remise en suspension (m ⁻¹)	3.29E-9
Temps de fonctionnement de l'installation (années)	1.00E0

Caractéristiques du milieu récepteur et de dispersion dans le milieu aquatique

Charge de matière en suspension dans l'eau de la rivière (kg/m ³)	5.57E-2
Débits d'irrigation (m ³ .s ⁻¹ .m ⁻²)	1.89E-8
Flux de carbone moyen provenant du sol (kg.m ⁻² .an ⁻¹)	5.00E-1

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Fraction du flux carboné provenant du sol participant à la photosynthèse (-)	2.00E-1
--	---------

Transfert aux cultures, caractéristique des végétaux :

	Rapport captation sèche	Rapport captation humide	Temps de croissance (s)	Profondeur de l'horizon racinaire (m)	Rendement cultural (kg/m ²)	Fraction exogène	Durée conso végétal (mois)	Durée de stockage (s)
Maïs	9.00E-1	1.00E-1	5.62E6	3.00E-1	5.00E0	0.00E0	1.20E1	7.89E6
Légume racine	7.00E-1	3.00E-1	1.30E7	3.00E-1	2.00E0	0.00E0	1.20E1	3.11E7
Fruits	9.07E-1	3.00E-3	1.56E7	3.00E-1	8.00E0	0.00E0	1.20E1	2.07E7
Légume fruit	5.00E-1	5.00E-1	1.56E7	3.00E-1	8.00E0	0.00E0	8.00E0	2.07E7
Légume feuille	5.00E-1	5.00E-1	3.46E6	3.00E-1	2.86E0	0.00E0	1.20E1	3.11E7

Transferts aux animaux, consommation quotidienne de végétaux, de terre, de lait et d'eau

	Maïs	Lait	Terre
Volaille	1.00E-1	0.00E0	1.00E-2

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000
ANNEXE II-C : Caractéristiques des nucléides

Radionucléides	Constante de décroissance radioactive (s-1)	Constante de décroissance par lixiviation (s-1)	Constante de décroissance biomécanique (s-1)
Zr-95	1,25E-7	9,01E-12	5,73E-7
Nb-95	2,28E-7	2,19E-10	5,73E-7
Tc-99	1,03E-13	2,00E-7	5,73E-7
Ru-106+Rh-106	2,18E-8	2,00E-11	5,73E-7
Cs-137+Ba-137m	7,33E-10	4,50E-12	3,34E-7
Ce-144+Pr-144	2,82E-8	2,45E-12	5,73E-7
Tl-208	3,80E-3	2,19E-10	5,73E-7
Bi-212	1,91E-4	0,00E0	5,73E-7
Pb-212	1,81E-5	2,19E-10	5,73E-7
Ra-224	2,19E-6	2,19E-10	5,73E-7
Th-228	1,15E-8	2,19E-10	5,73E-7
U-232	3,05E-10	1,65E-9	5,73E-7
U-234	8,99E-14	1,65E-9	5,73E-7
U-235	3,12E-17	1,65E-9	5,73E-7
U-236	9,39E-16	1,65E-9	5,73E-7
U-238	4,92E-18	1,65E-9	5,73E-7
Pa-234	2,87E-5	2,19E-10	5,73E-7
Th-234	3,33E-7	2,19E-10	5,73E-7
Th-231	7,54E-6	2,19E-10	5,73E-7
Np-237	1,03E-14	7,93E-10	5,73E-7
Pu-239	9,13E-13	1,65E-11	5,73E-7

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-D: Facteurs de transfert sol/plante

Bq/kg de végétal frais par Bq/kg de sol	Mais	Légume racine	Fruits	Légume fruit	Légume feuille
Sr-90+Y-90	2.17E-1	5.18E-2	2.10E-1	2.10E-1	9.60E-2
Zr-95	1.00E-4	4.20E-4	6.00E-4	6.00E-4	3.20E-4
Nb-95	1.00E-2	1.47E-3	1.20E-3	1.20E-3	1.36E-3
Tc-99	1.98E0	3.23E0	1.10E0	1.10E0	2.00E1
Ru-106+Rh-106	4.30E-3	1.05E-3	3.00E-3	3.00E-3	7.20E-3
Cs-137+Ba-137m	4.65E-3	4.55E-3	4.95E-3	4.95E-3	5.92E-3
Ce-144+Pr-144	1.00E-3	7.00E-4	2.00E-2	2.00E-2	4.80E-4
Tl-208	2.50E-1	2.50E-1	2.50E-1	2.50E-1	2.50E-1
Bi-212	4.00E-3	2.70E-3	6.80E-2	6.80E-2	8.00E-4
Pb-212	8.68E-4	1.97E-4	2.25E-3	2.25E-3	6.56E-2
Ra-224	5.58E-3	7.21E-3	7.20E-3	7.20E-3	9.60E-3
Th-228	5.58E-4	9.45E-5	3.00E-5	3.00E-5	6.88E-5
Th-234	5.58E-4	9.45E-5	3.00E-5	3.00E-5	6.88E-5
Th-231	5.58E-4	9.45E-5	3.00E-5	3.00E-5	6.88E-5
U-232	2.42E-3	3.71E-3	3.45E-3	3.45E-3	3.44E-3
U-234	2.42E-3	3.71E-3	3.45E-3	3.45E-3	3.44E-3
U-235	2.42E-3	3.71E-3	3.45E-3	3.45E-3	3.44E-3
U-236	2.42E-3	3.71E-3	3.45E-3	3.45E-3	3.44E-3
U-238	2.42E-3	3.71E-3	3.45E-3	3.45E-3	3.44E-3
Pa-234	4.00E-2	4.00E-2	2.50E-3	2.50E-3	4.00E-2
Np-237	5.89E-3	1.94E-3	2.70E-3	2.70E-3	2.16E-3
Pu-239	1.61E-5	3.78E-5	9.30E-6	9.30E-6	2.24E-5

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-E : Facteurs de transfert au produit animal

Bq/kg par Bq ingéré/jour	Volaille	Oeufs
Sr-90+Y-90	2.00E-2	3.50E-1
Zr-95	6.00E-5	2.00E-4
Nb-95	3.00E-4	1.00E-3
Tc-99	3.00E-2	1.90E0
Ru-106+Rh-106	7.00E-3	4.00E-3
Cs-137+Ba-137m	2.70E0	4.00E-1
Ce-144+Pr-144	1.00E-2	3.10E-3
Tl-208	2.00E-2	2.00E-2
Bi-212	9.90E-4	2.00E-3
Pb-212	9.90E-4	2.00E-3
Ra-224	9.90E-4	2.00E-1
Th-228	4.00E-3	2.00E-3
Th-234	4.00E-3	2.00E-3
Th-231	4.00E-3	2.00E-3
U-232	4.60E-3	1.30E-3
U-234	4.60E-3	1.30E-3
U-235	4.60E-3	1.30E-3
U-236	4.60E-3	1.30E-3
U-238	4.60E-3	1.30E-3
Pa-234	4.00E-3	2.00E-3
Np-237	4.00E-3	2.00E-3
Pu-239	2.00E-4	1.20E-3

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-F : Coefficients de dose efficace par ingestion

Radionucléides En Sv/Bq	Enfant 1-2 ans	Enfant 2-7 ans	Enfant 7- 12 ans	Adulte
Sr-90+Y-90	4.65E-8	2.85E-8	3.30E-8	1.54E-8
Zr-95	5.60E-9	3.00E-9	1.90E-9	9.50E-10
Nb-95	3.20E-9	1.80E-9	1.10E-9	5.80E-10
Tc-99	4.80E-9	2.30E-9	1.30E-9	6.40E-10
Ru-106+Rh-106	4.90E-8	2.50E-8	1.50E-8	7.00E-9
Cs-137+Ba-137m	1.20E-8	9.60E-9	1.00E-8	1.30E-8
Ce-144+Pr-144	2.13E-9	9.59E-9	5.55E-9	2.63E-9
Tl-208	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
Bi-212	1.80E-9	8.70E-10	5.00E-10	2.60E-10
Pb-212	6.30E-8	3.30E-8	2.00E-8	6.00E-9
Ra-224	6.60E-7	3.50E-7	2.60E-7	6.50E-8
Th-228	3.70E-7	2.20E-7	1.50E-7	7.20E-8
Th-234	2.50E-8	1.30E-8	7.40E-9	3.40E-9
Th-231	2.50E-9	1.20E-9	7.40E-10	3.40E-10
U-232	8.20E-7	5.80E-7	5.70E-7	3.30E-7
U-234	1.40E-7	9.20E-8	7.80E-8	5.10E-8
U-235	1.30E-7	8.80E-8	7.40E-8	4.90E-8
U-236	1.30E-7	8.50E-8	7.10E-8	4.70E-8
U-238	1.30E-7	8.40E-8	7.00E-8	4.70E-8
Pa-234	3.20E-9	1.70E-9	1.00E-9	5.10E-10
Np-237	2.10E-7	1.40E-7	1.10E-7	1.10E-7
Pu-239	4.20E-7	3.30E-7	2.70E-7	2.50E-7

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-G: Coefficients de dose efficace par inhalation

Radionucléides En Sv/Bq	Enfant 1-2 ans	Enfant 2-7 ans	Enfant 7- 12 ans	Adulte
Sr-90+Y-90	1.76E-7	1.37E-7	9.10E-8	8.10E-8
Zr-95	1.90E-8	1.20E-8	8.30E-9	5.90E-9
Nb-95	5.90E-9	3.60E-9	2.50E-9	1.80E-9
Tc-99	3.70E-8	2.40E-8	1.70E-8	1.30E-8
Ru-106+Rh-106	2.30E-7	1.40E-7	9.10E-8	6.60E-8
Cs-137+Ba-137m	1.00E-7	7.00E-8	4.80E-8	3.90E-8
Ce-144+Pr-144	1.35E-7	7.00E-8	3.90E-8	2.65E-8
Tl-208	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
Bi-212	1.10E-7	6.00E-8	4.40E-8	3.10E-8
Pb-212	1.80E-5	1.10E-5	7.20E-6	5.60E-6
Ra-224	9.20E-6	5.90E-6	4.40E-6	3.40E-6
Th-228	1.50E-4	8.30E-5	5.50E-5	4.00E-5
Th-234	3.10E-8	1.70E-8	1.10E-8	7.70E-9
Th-231	1.70E-9	7.60E-10	5.20E-10	3.30E-10
Pa-234	2.10E-9	1.10E-9	7.10E-10	4.00E-10
U-232	9.70E-5	6.60E-5	4.30E-5	3.70E-5
U-234	3.00E-5	1.90E-5	1.20E-5	9.60E-6
U-235	2.90E-5	1.90E-5	1.20E-5	9.40E-6
U-236	2.60E-5	1.70E-5	1.10E-5	8.50E-6
U-238	2.70E-5	1.80E-5	1.10E-5	8.70E-6
Pa-234	2.10E-9	1.10E-9	7.10E-10	4.00E-10
Np-237	2.50E-5	1.60E-5	1.00E-5	8.00E-6
Pu-239	2.00E-4	1.50E-4	1.20E-4	1.20E-4

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-H: Coefficients de dose efficace par exposition externe

Radionucléides	Coefficient de dose efficace par exposition externe au dépôt (Sv.s-1/Bq.m-2)	Coefficient de dose efficace par exposition externe au panache (Sv.s-1/Bq.m-3)
Sr-90+Y-90	2.80E-18	9.88E-17
Zr-95	7,23E-16	3,60E-14
Nb-95	7,48E-16	3,74E-14
Tc-99	7,80E-20	1,62E-18
Ru-106+Rh-106	1,06E-16	5,20E-15
Cs-137+Ba-137m	2,93E-16	1,44E-14
Ce-144+Pr-144	2,89E-17	1,40E-15
Tl-208	2,98E-15	1,77E-13
Bi-212	1,79E-16	9,24E-15
Pb-212	1,43E-16	6,87E-15
Ra-224	9,57E-18	4,71E-16
Th-228	2,35E-18	9,20E-17
Th-234	8,32E-18	3,38E-16
Th-231	1,85E-17	5,22E-16
U-232	1,01E-18	1,42E-17
U-234	7,48E-19	7,63E-18
U-235	1,48E-16	7,20E-15
U-236	6,50E-19	5,01E-18
U-238	5,51E-19	3,41E-18
Pa-234	1,84E-15	9,34E-14
Np-237	2,87E-17	1,03E-15
Pu-239	3,67E-19	4,24E-18

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-I : Formules de calcul des radionucléides dans COMODORE

L'objet de cette annexe est de présenter les formules qui ont été nécessaires pour le calcul de l'impact dosimétrique. Cela ne représente qu'un extrait du logiciel appliqué selon les hypothèses de l'étude.

IMPACT DES REJETS LIQUIDES

• **Eau**

Le logiciel COMODORE fait l'hypothèse d'une dilution instantanée des radionucléides dans l'eau de la rivière sur toute la largeur et la hauteur du cours d'eau.

Dans la réalité, cette hypothèse est vérifiée latéralement si le rejet est effectué par un dispositif permettant d'étaler le rejet sur toute la largeur et la hauteur du cours d'eau. Verticalement, l'homogénéisation est réalisée à 50% dès que l'on s'éloigne d'une distance supérieure à sept fois la profondeur de la rivière, c'est-à-dire très rapidement. Lorsque le rejet est ponctuel, la dilution latérale complète ne peut être obtenue qu'au-delà d'une dizaine de kilomètres. Dans ces conditions, les activités en aval immédiat des rejets, calculées par les équations décrites ci-après, ne représentent qu'une moyenne du profil des activités selon la largeur de la rivière.

1. **Activité de l'eau en moyenne annuelle (eau brute)**

$A_{\text{eau brute}}(x,i) = Q_{\text{moy}}(x,i) / D_{\text{moy}}(x,i)$ dans la rivière

Formule physique
$A_{\text{eau brute}}(x,i)$: activité volumique annuelle dans l'eau brute (Bq.m^{-3})
$Q_{\text{moy}}(x,i)$: débit d'activité rejetée moyennée (Bq.s^{-1})
D_{moy} : débit moyenné de la rivière sur une année ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)

2. **Activité de l'eau pendant la période d'irrigation**

$A_{\text{irrigation}}(x,i) = Q_{\text{irrig}}(x,i) / D_{\text{irrig}}(x,i)$

Formule physique
$A_{\text{irrigation}}(x,i)$: activité volumique annuelle dans l'eau brute pendant la période d'irrigation (Bq.m^{-3})
$Q_{\text{irrig}}(x,i)$: débit d'activité rejetée pendant la période d'irrigation (Bq.s^{-1})
D_{irrig} : débit de la rivière pendant la période d'irrigation ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)

3. **Matières en suspension**

Le fleuve est chargé en particules solides appelées matières en suspension (MES). Certains éléments ont une affinité forte pour ces MES et s'y fixent. Il est supposé que la cinétique de fixation des radionucléides qui se fixent sur les MES par rapport à la proportion qui reste dans l'eau est fonction d'un facteur appelé facteur de distribution, noté K_d .

L'activité dans les MES est la suivante :

$A_{\text{MES}}(x,i) = A_{\text{eau filtrée}}(x,i) * K_d * C_{\text{MES}}$

4. **Activité dans l'eau filtrée**

L'activité dans l'eau filtrée est la différence entre l'activité dans l'eau brute et l'activité dans les MES (par passage sur filtres ou par passage à travers les branchies des poissons) :

$A_{\text{eau filtrée}} = A_{\text{eau brute}} - A_{\text{MES}}$

$A_{\text{eau filtrée}}(x,i) = A_{\text{eau brute}}(x,i) / (1 + K_d C_{\text{MES}})$

Formule physique

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

$A_{\text{eau filtrée}}(x,i)$: activité volumique annuelle de l'eau filtrée (Bq.m^{-3})
$A_{\text{eau brute}}(x,i)$: activité volumique annuelle dans l'eau brute de la rivière (Bq.m^{-3})
$K_d(i)$: coefficient de distribution dans les sédiments ($\text{m}^3.\text{kg}^{-1}$)
C_{MES} : charge de matière en suspension dans l'eau de la rivière (kg.m^{-3})

• **Sol**

$$A_{\text{liqsolirrig}}(x, i) = A_{\text{eau}}(x,i) * V_{\text{irrig}} * [1 - e^{-(\lambda_m + \lambda)t_f}] / (\lambda_m + \lambda) * 1/m_0 P_r$$

Formule physique
$A_{\text{liqsolirrig}}(x, i)$: activité massique du sol irrigué (Bq.kg^{-1})
$A_{\text{eau}}(x,i)$: activité volumique annuelle dans l'eau brute pendant la période d'irrigation (Bq.m^{-3})
V_{irrig} : débit d'irrigation par unité de surface, moyenné sur un an ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}.\text{m}^{-2}$)
$\lambda_m(i)$: constante de migration dans le sol de l'élément (s^{-1})
$\lambda(i)$: constante radioactive du nucléide (s^{-1})
t_f : temps de fonctionnement de l'installation (s)
m_0 : masse volumique du sol sec (kg.m^{-3})
P_r : épaisseur de couche racinaire (m)

• **Végétaux**

Lors de l'irrigation par aspersion des cultures avec l'eau de la rivière, les parties aériennes des végétaux retiennent une partie de cette eau. L'autre partie non retenue se dépose à la surface du sol et migre ensuite dans le sol par lixiviation (percolation et lessivage).

Afin de rendre compte de l'appauvrissement de l'horizon racinaire, un phénomène de migration est modélisé. Cette migration prend en compte les trois phénomènes décrits ci-dessus.

Lors de l'aspersion des cultures, une partie de l'eau contaminée de la rivière se dépose sur les feuilles des végétaux. La fraction de dépôt retenue sur les parties aériennes du végétal est modélisée par le rapport de captation.

On considère que le franchissement des enveloppes externes des parties aériennes du végétal s'effectue sans perte d'activité et donc que l'activité déposée sur les parties aériennes se répartit par dilution dans le végétal. Entre l'instant où les particules radioactives se déposent sur le végétal et la récolte du végétal, 3 phénomènes contribuent à la diminution de l'activité massique du végétal, à savoir :

- la décroissance radioactive,
- un phénomène mécanique,
- un phénomène biologique (dilution par croissance du végétal).

5. **Activité déposée sur le végétal**

Calcul direct de l'activité foliaire :

$$A_{\text{liqvégétalirrig}}(x,i) = A_{\text{irrigéau}}(x,i) * v_{\text{irrig}} * R_c * F [1 - e^{-(\lambda_{bm} + \lambda)t_{\text{vég}}}] / (\lambda_{bm} + \lambda) R_{\text{cul}}$$

Formule physique
$A_{\text{liqvégétalirrig}}(x, i, \text{type végétal})$: activité massique du végétal (Bq.kg^{-1})
$A_{\text{irrigéau}}$: activité volumique annuelle dans l'eau brute pendant la période d'irrigation (Bq.m^{-3})
v_{irrig} : débit d'irrigation par unité de surface ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}.\text{m}^{-2}$)
R_c : rapport de captation humide fonction du type de végétal
$F(i, \text{type de végétal})$: facteur de translocation
$R_{\text{cul}}(i, \text{type de végétal})$: rendement cultural (kg frais.m^{-2})

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

$\lambda_{bm}(j)$: constante biomécanique de l'élément (s^{-1})
$\lambda(i)$: constante radioactive du nucléide (s^{-1})
t_{veg} : temps de croissance du végétal (s)

6. Activité par transfert racinaire

Cette activité est calculée à partir de l'activité introduite dans le sol.

$$A_{liqracirrig}(x,i,type\ de\ végétal) = A_{liqsolirrig}(x, i, type\ végétal) * F_{rac}(type\ de\ végétal,i)$$

Formule physique
$A_{liqracirrig}(x, i, type\ végétal)$: activité massique dans la racine ($Bq.kg^{-1}$)
$A_{liqsolirrig}(x, i)$: activité massique du sol irrigué ($Bq.kg^{-1}$)
$F_{rac}(type\ de\ végétal,i)$: coefficient de transfert sol-rac ($Bq.kg^{-1}$ de végétal frais / $Bq.kg^{-1}$ de sol)

7. Activité ingérée par l'homme lors de l'ingestion de végétaux

$$A_{liqtvégirrig}(x,i) = \sum_{type\ de\ végétal} (A_{liqfoliaireirrig} + A_{liqracinaireirrig}) * Ration(type\ de\ végétal) * Autoconsommation(type\ de\ végétal) * (taux\ type\ de\ végétal + (1-taux\ type\ de\ végétal)e^{-\lambda_{tst}type\ de\ végétal})$$

Formule physique
$A_{liqtvégirrig}(x,i)$: activité totale de végétaux ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée ($Bq.an^{-1}$)
$A_{liqracirrig}(x, i, type\ végétal)$: activité dans la racine ($Bq.kg^{-1}$)
$A_{liqfoliaireirrig}(x,i,type\ de\ végétal)$: activité dans la feuille ($Bq.kg^{-1}$)
ration(type de végétal) : ration alimentaire humaine fonction de la classe d'âge de la population ($kg\ frais.an^{-1}$)
Autoconsommation (type de végétal)
Taux de consommation du type de végétal : $t_{consommation}(nombre\ de\ mois)/12$
Taux de stockage du type de végétal : $t_{stockage}(nombre\ de\ mois)/12$

8. Dose ingérée par l'homme lors de l'ingestion de végétaux

$$Dose\ totale\ ingérée\ (Sv.a^{-1}) = \sum_i (Activité\ ingérée\ végétaux\ irrigation) * F_{d ingestion}\ ou\ F_{d ingestionorg}$$

Formule physique
Dose totale ingérée (x,i) ($Sv.an^{-1}$)
$A_{liqtvégirrig}(x,i)$: activité totale de végétaux ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée ($Bq.an^{-1}$)
$F_{d ingestion}(i)$: facteur de dose fonction des classes d'âge ($Sv.Bq^{-1}$)
$F_{d ingestionorg}(i)$: facteur de dose à un organe particulier fonction des classes d'âge ($Sv.Bq^{-1}$)

• Produits d'origine animale

9. Activité dans les animaux d'élevage

Le transfert de l'activité aux animaux d'élevage se fait par ingestion de végétaux contaminés. La voie d'atteinte par exposition interne par inhalation est négligeable par rapport à la voie ingestion. Seule cette dernière est donc retenue. Il est fait l'hypothèse que les animaux ingèrent également une quantité de terre contaminée ainsi que l'eau du fleuve.

L'activité ingérée par l'animal après absorption de végétaux irrigués est la suivante :

$$A_{liqanirrig}(x,i,type\ d'animal) = [\sum_{liqvég} (A_{liqfoliaireirrig} + A_{liqracirrig}) Q_{vég-ani} (1-E_x) D_{cons}(type\ de\ végétal)/12 e^{-\lambda_{tstoc}} + A_{liqsol}(x,i,sol) Q_{terre}(animal) + A_{liqlait}(x,i,lait) Q_{lait}(animal) + A_{liqseau}(x,i,Eau\ brute) Q_{eau}/1000 (animal)]$$

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Formule physique
$A_{liqaniirrig}(x,i,type\ d'animal)$: activité journalière dans le produit animal fonction du type d'animal ($Bq.j^{-1}$)
$A_{liqfoliaireirrig}(x,i,type\ de\ végétal)$: activité massique dans la feuille du végétal ($Bq.kg^{-1}$ frais)
$A_{liqracirrig}(x,i,type\ de\ végétal)$: activité massique dans la racine du végétal ($Bq.kg^{-1}$ frais)
$Q_{vég-ani}(type\ d'animal,type\ de\ végétal)$: consommation de végétaux par l'animal $kg\ frais.j^{-1}$)
$E_x(type\ de\ végétal)$: fraction exogène du végétal
$D_{cons}(type\ d'animal,type\ de\ végétal)$: durée de consommation du végétal (nombre de mois. an^{-1})
$\lambda(i)$: constante radioactive du nucléide (s^{-1})
$T_{stoc}(type\ de\ végétal)$: durée de stockage du végétal (s)
$A_{liqsol}(x,i,sol)$: activité massique du sol ($Bq.kg^{-1}$)
$Q_{sol}(type\ d'animal)$: consommation de terre par l'animal pour les sols irrigués ($kgsec.j^{-1}$)
$A_{liqseau}(x,i,type\ de\ végétal)$: activité volumique de l'eau ($Bq.L^{-1}$)
$Q_{sol}(type\ d'animal)$: consommation d'eau par l'animal ($L.j^{-1}$)
$F_{ani}(type\ d'animal,i)$: facteur de transfert au produit animal ($Bq.kg^{-1}$ frais/ $Bq\ ingéré.j^{-1}$)

Pour l'œuf, la formule est identique à celle de la volaille avec le coefficient de transfert dans l'œuf.

Formule physique
$F_{œuf}(i,volaille)$: facteur de transfert à l'œuf par l'intermédiaire de la volaille ($Bq.kg^{-1} / Bq\ ingéré.j^{-1}$)

10. Activité ingérée par l'homme lors de la consommation de produits d'origine animal

$$A_{liqta}(x,i) = \sum_a A_{liqa}(x, i, type\ d'animal) * ration(type\ d'animal) * Autoconsommation(type\ d'animal) * (taux_{type\ d'animal} + (1-taux_{type\ d'animal})e^{-\lambda_{tstotyped'animal}})$$

Formule physique
$A_{liqta}(x,i)$: activité totale de viande ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée ($Bq.an^{-1}$)
$A_{liqaniirrig}(x,i,type\ d'animal)$: activité journalière dans le produit animal fonction du type d'animal ($Bq.j^{-1}$)
ration(type d'animal) : ration alimentaire humaine fonction de la classe d'âge ($kg.an^{-1}$)
Autoconsommation (type d'animal)
Taux de consommation du type d'animal = $t_{consommation}$ (nombre de mois)/12
Taux de stockage du type d'animal = $t_{stockage}$ (nb mois)/12

11. Dose ingérée par l'homme lors de la consommation de produits d'origine animal

$$Dose\ ingérée\ viande\ (Sv.a^{-1}) = \sum_i A_{liqta}(x,i) * F_{digestion}\ ou\ F_{digestionorg}$$

Formule physique
Dose ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée (x,i) ($Sv.an^{-1}$)
$A_{liqta}(x,i)$: activité totale de viande ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée ($Bq.an^{-1}$)
$F_{digestion}(i)$: facteur de dose ingestion pour la population fonction de la classe d'âge

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

(Sv.Bq ⁻¹)
F _{dingestionorg} (i) : facteur de dose à un organe particulier fonction des classes d'âge (Sv.Bq ⁻¹)

• **Ingestion de terre (sol) par inadvertance**

$$A_{\text{terre ingérée}}(x,i) = [A_{\text{liqsol}}(x,i) / m_0 P_r(\text{herbe})] * Q_{\text{terre}}$$

Formule physique
A _{type ingérée} (x,i) : activité ingérée par l'homme lors de l'ingestion de terre par inadvertance (Bq.an ⁻¹)
A _{liqsolirrig} (x, i) : activité massique du sol irrigué (Bq.kg ⁻¹)
m _o : masse volumique du sol sec (kg sec.m ⁻³)
P _r (herbe): profondeur de l'horizon racinaire de l'herbe (m)
Q _{terre} : Quantité de terre ingérée par inadvertance par l'homme (kg.an ⁻¹)

• **Dose totale ingérée par l'homme**

Dose partielle ingérée par l'homme (Sv.a⁻¹) = Dose totale ingérée végétal + Dose totale ingérée animal + Dose ingérée terre par inadvertance

IMPACT DES REJETS GAZEUX

• **Végétaux**

Les végétaux sont représentés par deux compartiments, l'un pour les surfaces en contact direct avec l'atmosphère et noté fraction externe, et l'autre pour les organes internes de la plante noté fraction interne. Le transfert à la fraction externe peut se produire par interception de l'activité présente dans l'atmosphère ambiante. Le transfert à la fraction interne consommée de la plante s'effectue par absorption racinaire et par translocation à partir des surfaces externes.

Ce type de calcul est effectué pour chaque type de végétal : foin, herbe, maïs, céréales, légume racine, fruit, légume fruit, légume feuille. Les trois premiers végétaux concernent les végétaux ingérés par les animaux, les cinq derniers, les végétaux ingérés par l'homme.

L'objectif est le calcul des activités et doses dans **la feuille et la racine du végétal**.

12. **Activité déposée sur le végétal**

Une partie de l'activité issue des rejets se dépose à la surface des végétaux. Ce phénomène est traduit par un rapport de captation, R, qui dépend du végétal en période de dépôt sec et qui dépend du végétal et du radionucléide en période de dépôt humide. La durée de la pluie est supposée constante en tout point.

Le logiciel estime l'activité dans les végétaux par voie foliaire, au moment de la récolte, en sommant sur les différents dépôts survenus pendant le temps de croissance du végétal entier et en tenant compte des phénomènes de décroissance.

L'expression donnant l'activité dans les parties comestibles des végétaux par voie foliaire à la récolte est :

$$A_{\text{gazvég}}(x, i, \text{type végétal}) = [D_s(x,i).R_s(i, \text{type végétal}) + D_h(x,i).R_h(i, \text{type végétal})] [1 - e^{-(\lambda_{bm} + \lambda)tc}] / (\lambda_{bm} + \lambda)$$

Formule physique
A _{gazvég} (x, i, type végétal) : Activité surfacique déposée à la surface du végétal (Bq.m ⁻²)
D _s (x,i) : débit de dépôt par temps sec (Bq.m ⁻² .s ⁻¹)
D _h (x,i) : débit de dépôt par temps humide (Bq.m ⁻² .s ⁻¹)

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Rs(i,type végétal) : rapport de captation sèche (-)
Rh(i,type végétal) : rapport de captation humide (-)
λ_{bm} (i) : constante de biomécanique de l'élément (s ⁻¹)
λ (i) : constante radioactive du nucléide (s ⁻¹)
Tc (type de végétal) : temps de croissance du végétal (s)

13. Activité par transfert foliaire

Elle est obtenue à partir de l'activité transférée aux végétaux. Afin de ne tenir compte que de l'activité déposée dans la partie comestible de la plante, il est nécessaire de prendre en compte un facteur de translocation :

$$A_{\text{gazfoliaire}}(x, i, \text{type végétal}) = A_{\text{gazvég}}(x, i, \text{type végétal}) * F(i, \text{type de végétal})/R_c$$

Formule physique
$A_{\text{gazfoliaire}}(x, i, \text{type végétal})$: activité massique dans les parties comestibles du végétal (Bq.kg ⁻¹)
$A_{\text{gazvég}}(x, i, \text{type végétal})$: activité déposée à la surface du végétal (Bq.m ⁻²)
F(i,type de végétal) : facteur de translocation (-)
Rc(i,type de végétal) : rendement cultural (kg frais.m ⁻²)

14. Activité déposée sur le sol

L'activité non retenue par les parties aériennes du végétal se dépose à la surface du sol. Elle migre ensuite dans le sol par lixiviation (percolation et lessivage) et est susceptible d'être absorbée par transfert racinaire.

L'activité dans les sols se modélise de la manière suivante :

$$A_{\text{gazzsol}}(x, i, \text{type végétal}) = [D_t(x,i) [1 - e^{-(\lambda_{\text{lix}} + \lambda)T_f}]/(\lambda_{\text{lix}} + \lambda)] + A_{\text{sol}}(x-1, i, \text{type végétal}) * \text{Impact} * e^{-(\lambda_{\text{lix}} + \lambda)T_f}$$

Formule physique
x-1 : point de calcul de l'année n-1
$A_{\text{gazzsol}}(x, i, \text{type végétal})$: activité surfacique déposée à la surface du sol (Bq.m ⁻²)
$D_h(x,i)$: débit de dépôt par temps humide (Bq.m ⁻² .s ⁻¹)
$D_t(x,i)$: débit de dépôt par temps sec et humide (Bq.m ⁻² .s ⁻¹)
Impact
λ_{lix} (i) : constante de lixiviation de l'élément dans le sol (s ⁻¹)
λ (i) : constante radioactive du nucléide (s ⁻¹)
T _f : temps de fonctionnement de l'installation (s)

15. Activité par transfert racinaire

La concentration résultante, présente dans les parties comestibles des végétaux à la récolte devient alors :

$$A_{\text{gazrac}}(x, i, \text{type de végétal}) = A_{\text{gazzsol}}(x, i, \text{type de végétal}) F_{\text{rac}}(i, \text{type de végétal})/m_0.P_r$$

Formule physique
$A_{\text{gazrac}}(x, i, \text{type de végétal})$: activité massique dans la racine (Bq.kg ⁻¹ frais)
$A_{\text{gazzsol}}(x, i, \text{type végétal})$: activité surfacique déposée dans le sol (Bq.m ⁻² sol sec)
$F_{\text{rac}}(i, \text{type de végétal})$: facteur de transfert sol-plante (Bq.kg ⁻¹ de végétal frais par Bq.kg ⁻¹ de sol sec)
m ₀ : masse volumique du sol sec (kg.m ⁻³)
P _r : épaisseur de couche racinaire (m)

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

16. Activité totale dans les végétaux

L'activité dans les parties comestibles des végétaux à la récolte résulte de l'addition de la contamination par les voies foliaire et racinaire :

$$A_{\text{vég}}(x,i,\text{type de végétal}) = \text{Activité par transfert foliaire} + \text{Activité par transfert racinaire}$$

17. Activité totale ingérée par l'homme lors de l'ingestion de végétaux

Ce calcul est à réaliser pour chaque classe d'âge de la population.

$$A_{\text{gaztvég}}(x,i) = \sum_{\text{type de végétal}} A_{\text{vég}}(x,i,\text{type de végétal}) * \text{ration}(\text{type de végétal}) * \text{autoconsommation}(\text{type de végétal}) * (\text{taux}_{\text{conso}} \text{ type de végétal} + (1 - \text{taux}_{\text{conso}} \text{ type de végétal})e^{-\lambda_{\text{tstotype de végétal}}})$$

Formule physique
$A_{\text{gaztvég}}(x,i)$: activité totale des végétaux ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée (Bq.an^{-1})
$A_{\text{vég}}(x, i, \text{type végétal})$: Activité massique totale dans les végétaux (Bq.kg^{-1})
ration(type de végétal) : ration alimentaire humaine fonction de la classe d'âge de la population (kg.an^{-1})
Autoconsommation (type de végétal) (-)
Taux de consommation du type de végétal : $t_{\text{consommation}}(\text{nombre de mois par an})/12$
Taux de stockage du type de végétal : $t_{\text{stockage}}(\text{nombre de mois par an})/12$

18. Dose totale ingérée par l'homme lors de l'ingestion de végétaux

D'une façon générale, les doses sont obtenues à partir des activités multipliées par les facteurs de dose adéquats. La dose efficace engagée par ingestion des végétaux s'écrit :

$$\text{Dose végétal ingérée par l'homme} (\text{Sv.a}^{-1}) = \sum_i A_{\text{gaztvég}}(x,i) * F_{\text{dingestion}} \text{ ou } F_{\text{dingestionorg}}$$

Formule physique
Dose ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée (x,i) (Sv.a^{-1})
$A_{\text{gaztvég}}(x,i)$: activité totale des végétaux ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée (Bq.an^{-1})
$F_{\text{dingestion}}(i)$: facteur de dose ingestion pour la population fonction de la classe d'âge (Sv.Bq^{-1})
$F_{\text{dingestionorg}}(i)$: facteur de dose à un organe particulier fonction des classes d'âge (Sv.Bq^{-1})

Cette dose est calculée pour chaque classe d'âge de la population.

- **Sol**

L'activité du sol est considérée comme étant égale à l'activité maximale déposée sur le sol pour les végétaux considérés dans le logiciel [4] :

$$A_{\text{gazzsol}}(x,i,\text{type de végétaux}) = \text{Max} (A_{\text{vég}}(x,i,\text{foin}); A_{\text{vég}}(x,i,\text{herbe}); A_{\text{vég}}(x,i,\text{maïs}); A_{\text{vég}}(x,i,\text{céréales}); A_{\text{vég}}(x,i,\text{racine}); A_{\text{vég}}(x,i,\text{fruit}); A_{\text{vég}}(x,i,\text{fruits}); A_{\text{vég}}(x,i,\text{feuille}))$$

- **Produits d'origine animale**

Le transfert des radionucléides aux animaux se fait par ingestion d'aliments contaminés. La voie d'atteinte par exposition interne des animaux par inhalation est négligeable par rapport à la voie ingestion. Seule cette dernière est retenue.

19. Activité ingérée par l'animal

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Le calcul consiste à déterminer l'activité massique de la chair de l'animal compte tenu de son alimentation (végétaux et sol/terre).

$$A_{\text{gazani}}(x,i,\text{type d'animal}) = [\sum_{\text{gazvég}} (A_{\text{gazvég}} Q_{\text{vég-ani}} (1-E_x) D_{\text{cons}}(\text{type de végétal})/12 e^{-\lambda t_{\text{stoc}}}) + A_{\text{gazzol}}(x,i,\text{herbe}) Q_{\text{sol}} D_{\text{cons}}(\text{herbe})/12 * 1/m_0 P_r] F_{\text{ani}}(1,\text{type d'animal})$$

Formule physique
$A_{\text{gazani}}(x,i)$: activité journalière dans le produit animal (Bq.j ⁻¹)
$A_{\text{gazvég}}(x,i,\text{type de végétal})$: activité massique dans le végétal (Bq.kg ⁻¹ frais)
$Q_{\text{vég-ani}}(\text{type d'animal},\text{type de végétal})$: consommation de végétaux par l'animal (kg frais.j ⁻¹)
$E_x(\text{type de végétal})$: fraction exogène (non contaminée) du végétal (-)
$D_{\text{cons}}(\text{type d'animal},\text{type de végétal})$: durée de consommation du végétal (nombre de mois.an ⁻¹)
$\lambda(i)$: constante radioactive du nucléide (s ⁻¹)
$T_{\text{stoc}}(\text{type de végétal})$: durée de stockage du végétal avant sa consommation (s)
$A_{\text{gazzol}}(x,i,\text{herbe})$: activité surfacique dans les sols (Bq.m ⁻² sol sec)
$Q_{\text{sol}}(\text{type d'animal})$: consommation de terre par l'animal (kgsec.j ⁻¹)
m_0 : masse volumique du sol sec (kg sec.m ⁻³)
$P_r(\text{herbe})$: profondeur de l'horizon racinaire de l'herbe (m)
$F_{\text{ani}}(i,\text{type d'animal})$: facteur de transfert au produit animal (Bq.kg ⁻¹ frais/Bq ingéré.j ⁻¹)

Ce calcul est à réaliser par type d'animal, pour les différents types de végétaux (exemple ici : foin, herbe, maïs).

Pour l'œuf, la formule est identique à celle de la volaille avec le coefficient de transfert dans l'œuf.

Formule physique
$F_{\text{œuf}}(i,\text{volaille})$: facteur de transfert à l'œuf (Bq.kg ⁻¹ /Bq ingéré.j ⁻¹)

20. Activité ingérée par l'homme lors de l'ingestion d'aliments d'origine animale

Pour l'ingestion d'aliments d'origine animale, le calcul est à réaliser pour chaque classe d'âge de la population :

$$A_{\text{gazta}}(x,i) = \sum_a A_{\text{gaza}}(x, i, \text{type d'animal}) * \text{ration}(\text{type d'animal}) * \text{autoconsommation}(\text{type d'animal}) * (\text{taux}_{\text{conso}} \text{ type d'animal} + (1- \text{taux}_{\text{conso}} \text{ type d'animal}) e^{-\lambda t_{\text{stotyped'animal}}})$$

Formule physique
$A_{\text{gazta}}(x,i)$: activité totale de viande ingérée par l'homme ainsi que lait et œuf pour une classe d'âge donnée (Bq.an ⁻¹)
$A_{\text{gaza}}(x,i)$: activité massique de l'animal (Bq.kg ⁻¹)
Ration (type d'animal) : ration alimentaire humaine fonction de la classe d'âge (kg.an ⁻¹)
Autoconsommation (type d'animal) (-)
Taux de consommation du type d'animal = tconsommation (nombre de mois par an)/12
Taux de stockage du type d'animal = tstockage (nombre de mois par an)/12

21. Dose ingérée par l'homme lors de l'ingestion d'aliments d'origine animale

La dose efficace engagée par ingestion d'aliments d'origine animale s'écrit :

$$\text{Dose ingérée viande (Sv.a}^{-1}\text{)} = \sum_i A_{\text{gazta}}(x,i) * F_{\text{d'ingestion}} \text{ ou } F_{\text{d'ingestionorg}}$$

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Formule physique
Dose ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée (x,i) (Sv.an ⁻¹)
A _{gazta} (x,i) : activité totale de viande ingérée par l'homme ainsi que lait et œuf pour une classe d'âge donnée (Bq.an ⁻¹)
F _{digestion} (i) : facteur de dose ingestion pour la population fonction de la classe d'âge (Sv.Bq ⁻¹)
F _{digestionorg} (i) : facteur de dose à un organe particulier fonction des classes d'âge (Sv.Bq ⁻¹)

• **Ingestion de terre (sol) par inadvertance**

$$A_{\text{terre ingérée}}(x,i) = [A_{\text{gazzsol}}(x,i) / m_0 P_r(\text{herbe})] * Q_{\text{terre}}$$

Formule physique
A _{terre ingérée} (x,i) : activité ingérée par l'homme lors de l'ingestion de terre par inadvertance (Bq.an ⁻¹)
A _{gazzsol} (x,i) : activité du sol (Bq.m ⁻²)
m ₀ : masse volumique du sol sec (kg sec.m ⁻³)
P _r (herbe): profondeur de l'horizon racinaire de l'herbe (m)
Q _{terre} : Quantité de terre ingérée par inadvertance par l'homme (kg.an ⁻¹)

• **Dose totale due à l'ingestion**

La dose efficace engagée par ingestion associée au fonctionnement de la dernière année d'une installation ayant fonctionné pendant t années est égale à :

Dose totale ingérée (Sv.a⁻¹) = Dose ingérée végétal + Dose ingérée animale + Dose ingérée terre par inadvertance

• **Air**

22. Exposition externe au panache

$$A_{\text{panache}}(x,i) = [A_{\text{rejetée}}(x,i)/365*24*3600] * \text{CTA}$$

Formule physique
A _{panache} (x,i) : activité volumique reçue par l'humain due au panache (Bq.m ⁻³)
A _{rejetée} (x,i) : activité rejetée par l'installation (Bq.an ⁻¹)
CTA : Coefficient de Transfert Atmosphérique (s.m ⁻³)

23. Exposition due à la remise en suspension

$$A_{\text{remise en suspension}}(x,i) = A_{\text{gazzsol}}(x,i) * F_{\text{remise en suspension}}$$

Formule physique
A _{remise en suspension} : activité reçue par l'humain due à la remise en suspension des particules du sol (Bq.m ⁻³)
A _{gazzsol} (x,i) : max activité surfacique déposée dans le sol (Bq.m ⁻² sol sec)
F _{remise en suspension} (m ⁻¹)

24. Dose d'exposition externe

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

A partir du dépôt intégré durant le fonctionnement de l'installation, l'impact dosimétrique que subit une personne du fait de son séjour sur une surface contaminée par le radionucléide déposé peut être estimé. Contrairement à la contamination atmosphérique pour laquelle on considère un régime d'équilibre, les phénomènes d'accumulation sur les sols et de disparition par décroissance radioactive au cours de la vie de l'installation sont pris en compte. Pour rester conservatif, les phénomènes de décroissance par migration dans le sol ne sont pas pris en compte.

Le calcul visant à déterminer l'impact maximum que peut avoir l'installation sur les populations environnantes, le calcul de la composante de dépôt est fait au bout de t années (temps de fonctionnement de l'installation).

La dose efficace annuelle d'une personne due au dépôt reçue par une personne qui séjourne sur une surface contaminée est estimée dans la dernière année de fonctionnement de l'installation. C'est à cette date que le dépôt intégré est le plus important.

Le calcul de la dose efficace annuelle par exposition aux dépôts s'effectue à l'aide de la formule suivante, qui ignore l'appauvrissement par migration dans le sol :

$$\text{Dose ingérée panache (Sv.a}^{-1}\text{)} = \sum_i A_{\text{panache}}(x,i) * F_{\text{dextpanache}} * [t_{\text{int}} \cdot f_{\text{protection panache}} + t_{\text{ext}}] \cdot 365.24.3600$$

De même que dans le cas de l'exposition externe au panache, le logiciel ne prend pas en compte l'effet de protection apporté par les bâtiments :

$$\text{Dose exposition externe dépôt (Sv.a}^{-1}\text{)} = \sum_i A_{\text{sol}}(x,i) * F_{\text{dextdépôt}} * [t_{\text{int}} \cdot f_{\text{protection dépôt}} + t_{\text{ext}}] \cdot 365.24.3600$$

Formule physique
Dose ingérée dépôt par l'homme pour une classe d'âge donnée (x,i) (Sv.an ⁻¹)
A _{panache} (x,i) : activité volumique reçue par l'humain due au panache (Bq.m ⁻³)
A _{sol} (x,i) : activité du sol (Bq.m ⁻²)
t _{int} : temps passé à l'intérieur de l'habitation en fraction d'année (-)
t _{ext} : temps passé à l'extérieur de l'habitation en fraction d'année (-)
f _{protection dépôt} (i) : facteur de protection vis à vls de dépôts (-)
f _{protection panache} (i) : facteur de protection vis à vls du panache (-)
F _{dextpanache} (i) : facteur de dose irradiation due au panache (Sv.s ⁻¹ /Bq.m ⁻³)
F _{dextdépôt} (i) : facteur de dose irradiation due au dépôt (Sv.s ⁻¹ /Bq.m ⁻²)

• **Inhalation**

L'activité inhalée annuellement s'exprime (le logiciel ne prend pas en compte l'effet de protection apporté par les bâtiments) :

$$A_{\text{inhalée}}(x,i) = [A_{\text{panache}}(x,i) + A_{\text{remise en suspension}}(x,i)] * v_{\text{respiration}} * F_{\text{inhalée}}$$

Formule physique
A _{inhalée} (x,i) : activité inhalée par l'humain (Bq.an ⁻¹)
A _{panache} (x,i) : activité volumique reçue par l'humain due au panache (Bq.m ⁻³)
A _{remise en suspension} : activité reçue par l'humain due à la remise en suspension des particules du sol (Bq.m ⁻³)
v _{respiratoire} : vitesse de respiration de la population fonction de la classe d'âge (m ³ .an ⁻¹)
F _{inhalée} (i) : fraction inhalée dans l'année par l'humain

25. Dose inhalée par l'humain

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

La dose efficace engagée par inhalation associée à une année de fonctionnement de l'installation s'écrit :
 Dose inhalée (Sv.a⁻¹) = Σ_i A_{inhalée} (x,i) * F_{dinh} *

Formule physique
Dose ingérée par l'homme pour une classe d'âge donnée (x,i) (Sv.an ⁻¹)
A _{inhalée} (x,i) : activité inhalée par l'humain (Bq.an ⁻¹)
F _{dinh} (i) : facteur de dose inhalation pour la population (Sv.Bq ⁻¹)

Le calcul de cette dose est effectué pour chaque classe d'âge de la population.

- **Dose totale à l'humain**

L'impact dosimétrique dû au rejet de l'ensemble des radionucléides sur un individu est finalement obtenu en sommant les doses associées à toutes les voies d'atteintes pour tous les radionucléides et en chaque point de calcul, soit :

Dose totale (Sv.a⁻¹) = Dose totale ingestion + Dose d'exposition externe (dépôt et panache) + Dose inhalée

Le calcul de cette dose est effectué pour chaque classe d'âge de la population.

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-J : Evaluation globale des niveaux d'expositions de la population aux effluents liquides et gazeux pour le groupe de référence Riffard

Radionucléides	LIQ 0-1 an (Sv/an)	LIQ 1-2 ans (Sv/an)	LIQ 2-7 ans (Sv/an)	LIQ 7-12 ans (Sv/an)	LIQ Adulte (Sv/an)
Bi-212	1.29E-13	1.89E-12	1.49E-12	9.63E-13	5.26E-13
Ce-144+Pr-144	1.40E-12	1.48E-13	6.54E-13	5.62E-13	3.27E-13
Cs-137+Ba-137m	7.50E-12	1.58E-11	1.74E-11	2.02E-11	3.33E-11
Nb-95	3.44E-14	1.18E-13	1.07E-13	6.82E-14	4.56E-14
Np-237	1.67E-11	5.15E-12	4.43E-12	4.25E-12	4.96E-12
Pa-234	1.75E-13	1.39E-12	1.17E-12	7.84E-13	4.25E-13
Pb-212	1.79E-12	8.67E-12	7.39E-12	4.98E-12	1.65E-12
Pu-239	5.51E-10	3.27E-10	4.37E-10	3.54E-10	4.32E-10
Ra-224	8.83E-11	9.57E-11	7.12E-11	6.37E-11	1.71E-11
Ru-106+Rh-106	4.22E-12	4.45E-12	2.90E-12	1.98E-12	1.16E-12
Tc-99	6.27E-11	3.15E-11	1.64E-11	1.05E-11	5.85E-12
Th-228	4.50E-10	7.15E-11	3.83E-11	3.88E-11	2.29E-11
Th-231	1.21E-13	2.11E-13	1.25E-13	9.81E-14	5.10E-14
Th-234	3.13E-11	3.11E-11	1.49E-11	1.24E-11	7.03E-12
U-232	4.46E-10	2.78E-10	2.02E-10	2.37E-10	1.51E-10
U-234	6.85E-9	4.57E-9	3.18E-9	3.20E-9	2.32E-9
U-235	1.78E-10	1.26E-10	8.45E-11	8.45E-11	6.13E-11
U-236	2.52E-10	1.78E-10	1.18E-10	1.18E-10	8.66E-11
U-238	5.12E-10	3.44E-10	2.35E-10	2.39E-10	1.74E-10
Zr-95	4.28E-14	8.18E-14	5.29E-14	3.87E-14	2.21E-14
Somme	9.45E-9	6.10E-9	4.43E-9	4.39E-9	3.32E-9

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Radionucléides	GAZ 0-1 an (Sv/an)	GAZ 1-2 ans (Sv/an)	GAZ 2-7 ans (Sv/an)	GAZ 7-12 ans (Sv/an)	GAZ Adulte (Sv/an)
Bi-212	2.66E-11	3.22E-11	2.95E-11	3.77E-11	3.84E-11
Ce-144+Pr-144	4.94E-9	1.05E-9	5.45E-9	4.94E-9	2.87E-9
Cs-137+Ba-137m	6.23E-9	9.29E-9	9.30E-9	1.47E-8	2.25E-8
I-129	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0
Nb-95	4.64E-11	8.27E-11	6.80E-11	6.59E-11	4.88E-11
Np-237	3.53E-9	2.15E-9	2.21E-9	3.07E-9	4.24E-9
Pa-234	3.65E-11	5.55E-11	4.45E-11	4.28E-11	3.19E-11
Pb-212	2.92E-10	3.56E-10	3.32E-10	3.75E-10	2.92E-10
Pu-239	4.85E-7	3.58E-7	4.07E-7	5.67E-7	8.13E-7
Ra-224	1.79E-8	1.18E-8	9.45E-9	1.13E-8	6.44E-9
Ru-106+Rh-106	7.60E-9	5.96E-9	3.59E-9	3.45E-9	2.51E-9
Tc-99	1.87E-9	9.22E-10	5.25E-10	4.01E-10	2.41E-10
Th-228	1.20E-7	6.63E-8	5.90E-8	6.66E-8	6.06E-8
Th-231	2.41E-11	3.78E-11	2.49E-11	2.42E-11	1.38E-11
Th-234	6.14E-9	9.55E-9	6.79E-9	6.04E-9	3.35E-9
Tl-208	3.07E-13	3.09E-13	3.09E-13	3.09E-13	3.09E-13
U-232	9.02E-8	5.99E-8	4.75E-8	5.58E-8	6.08E-8
U-234	1.71E-6	1.42E-6	1.24E-6	1.36E-6	1.47E-6
U-235	4.41E-8	3.67E-8	3.11E-8	3.49E-8	3.72E-8
U-236	6.27E-8	5.27E-8	4.56E-8	4.88E-8	5.32E-8
U-238	1.26E-7	1.02E-7	8.56E-8	9.36E-8	1.03E-7
Zr-95	1.22E-10	1.64E-10	9.61E-11	9.62E-11	8.76E-11
Somme	2.69E-6	2.14E-6	1.95E-6	2.27E-6	2.64E-6

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-K : Evaluation globale des niveaux d'expositions de la population aux effluents liquides et gazeux pour le groupe de référence St Vérand

Radionucléides	LIQ 0-1 an (Sv/an)	LIQ 1-2 ans (Sv/an)	LIQ 2-7 ans (Sv/an)	LIQ 7-12 ans (Sv/an)	LIQ Adulte (Sv/an)
Bi-212	1.29E-13	1.89E-12	1.49E-12	9.63E-13	5.26E-13
Ce-144+Pr-144	1.40E-12	1.48E-13	6.54E-13	5.62E-13	3.27E-13
Cs-137+Ba-137m	7.50E-12	1.58E-11	1.74E-11	2.02E-11	3.33E-11
Nb-95	3.44E-14	1.18E-13	1.07E-13	6.82E-14	4.56E-14
Np-237	1.67E-11	5.15E-12	4.43E-12	4.25E-12	4.96E-12
Pa-234	1.75E-13	1.39E-12	1.17E-12	7.84E-13	4.25E-13
Pb-212	1.79E-12	8.67E-12	7.39E-12	4.98E-12	1.65E-12
Pu-239	5.51E-10	3.27E-10	4.37E-10	3.54E-10	4.32E-10
Ra-224	8.83E-11	9.57E-11	7.12E-11	6.37E-11	1.71E-11
Ru-106+Rh-106	4.22E-12	4.45E-12	2.90E-12	1.98E-12	1.16E-12
Tc-99	6.27E-11	3.15E-11	1.64E-11	1.05E-11	5.85E-12
Th-228	4.50E-10	7.15E-11	3.83E-11	3.88E-11	2.29E-11
Th-231	1.21E-13	2.11E-13	1.25E-13	9.81E-14	5.10E-14
Th-234	3.13E-11	3.11E-11	1.49E-11	1.24E-11	7.03E-12
U-232	4.46E-10	2.78E-10	2.02E-10	2.37E-10	1.51E-10
U-234	6.85E-9	4.57E-9	3.18E-9	3.20E-9	2.32E-9
U-235	1.78E-10	1.26E-10	8.45E-11	8.45E-11	6.13E-11
U-236	2.52E-10	1.78E-10	1.18E-10	1.18E-10	8.66E-11
U-238	5.12E-10	3.44E-10	2.35E-10	2.39E-10	1.74E-10
Zr-95	4.28E-14	8.18E-14	5.29E-14	3.87E-14	2.21E-14
Somme	9.45E-9	6.10E-9	4.43E-9	4.39E-9	3.32E-9

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Radionucléides	GAZ 0-1 an (Sv/an)	GAZ 1-2 ans (Sv/an)	GAZ 2-7 ans (Sv/an)	GAZ 7-12 ans (Sv/an)	GAZ Adulte (Sv/an)
Bi-212	2.31E-11	2.80E-11	2.57E-11	3.28E-11	3.34E-11
Ce-144+Pr-144	4.30E-9	9.17E-10	4.74E-9	4.29E-9	2.49E-9
Cs-137+Ba-137m	5.42E-9	8.08E-9	8.08E-9	1.28E-8	1.96E-8
Nb-95	4.04E-11	7.20E-11	5.92E-11	5.73E-11	4.25E-11
Np-237	3.07E-9	1.87E-9	1.92E-9	2.67E-9	3.69E-9
Pa-233	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0
Pa-234	3.18E-11	4.83E-11	3.87E-11	3.72E-11	2.78E-11
Pb-212	2.54E-10	3.09E-10	2.89E-10	3.26E-10	2.54E-10
Pu-239	4.23E-7	3.11E-7	3.54E-7	4.93E-7	7.07E-7
Ra-224	1.56E-8	1.03E-8	8.22E-9	9.84E-9	5.60E-9
Ru-106+Rh-106	6.62E-9	5.19E-9	3.12E-9	3.00E-9	2.18E-9
Tc-99	1.63E-9	8.03E-10	4.56E-10	3.49E-10	2.09E-10
Th-228	1.05E-7	5.77E-8	5.13E-8	5.79E-8	5.27E-8
Th-231	2.10E-11	3.29E-11	2.17E-11	2.11E-11	1.20E-11
Th-234	5.34E-9	8.31E-9	5.90E-9	5.25E-9	2.91E-9
Tl-208	2.67E-13	2.68E-13	2.68E-13	2.68E-13	2.68E-13
U-232	7.85E-8	5.21E-8	4.14E-8	4.85E-8	5.29E-8
U-234	1.49E-6	1.24E-6	1.08E-6	1.19E-6	1.28E-6
U-235	3.84E-8	3.19E-8	2.70E-8	3.04E-8	3.23E-8
U-236	5.46E-8	4.59E-8	3.97E-8	4.25E-8	4.63E-8
U-238	1.09E-7	8.86E-8	7.44E-8	8.15E-8	8.92E-8
Zr-95	1.07E-10	1.43E-10	8.38E-11	8.39E-11	7.64E-11
Somme	2.34E-6	1.86E-6	1.70E-6	1.98E-6	2.30E-6

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-L: Evaluation globale des niveaux d'expositions de la population aux effluents liquides et gazeux pour le groupe de référence ZI sud

Radionucléides	LIQ 0-1 an (Sv/an)	LIQ 1-2 ans (Sv/an)	LIQ 2-7 ans (Sv/an)	LIQ 7-12 ans (Sv/an)	LIQ Adulte (Sv/an)
Bi-212	1.29E-13	1.89E-12	1.49E-12	9.63E-13	5.26E-13
Ce-144+Pr-144	1.40E-12	1.48E-13	6.54E-13	5.62E-13	3.27E-13
Cs-137+Ba-137m	7.50E-12	1.58E-11	1.74E-11	2.02E-11	3.33E-11
Nb-95	3.44E-14	1.18E-13	1.07E-13	6.82E-14	4.56E-14
Np-237	1.67E-11	5.15E-12	4.43E-12	4.25E-12	4.96E-12
Pa-233	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0
Pa-234	1.75E-13	1.39E-12	1.17E-12	7.84E-13	4.25E-13
Pb-212	1.79E-12	8.67E-12	7.39E-12	4.98E-12	1.65E-12
Pu-239	5.51E-10	3.27E-10	4.37E-10	3.54E-10	4.32E-10
Ra-224	8.83E-11	9.57E-11	7.12E-11	6.37E-11	1.71E-11
Ru-106+Rh-106	4.22E-12	4.45E-12	2.90E-12	1.98E-12	1.16E-12
Sb-125	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0
Tc-99	6.27E-11	3.15E-11	1.64E-11	1.05E-11	5.85E-12
Th-228	4.50E-10	7.15E-11	3.83E-11	3.88E-11	2.29E-11
Th-231	1.21E-13	2.11E-13	1.25E-13	9.81E-14	5.10E-14
Th-234	3.13E-11	3.11E-11	1.49E-11	1.24E-11	7.03E-12
U-232	4.46E-10	2.78E-10	2.02E-10	2.37E-10	1.51E-10
U-234	6.85E-9	4.57E-9	3.18E-9	3.20E-9	2.32E-9
U-235	1.78E-10	1.26E-10	8.45E-11	8.45E-11	6.13E-11
U-236	2.52E-10	1.78E-10	1.18E-10	1.18E-10	8.66E-11
U-238	5.12E-10	3.44E-10	2.35E-10	2.39E-10	1.74E-10
Zr-95	4.28E-14	8.18E-14	5.29E-14	3.87E-14	2.21E-14
Somme	9.45E-9	6.10E-9	4.43E-9	4.39E-9	3.32E-9

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Radionucléides	GAZ 0-1 an (Sv/an)	GAZ 1-2 ans (Sv/an)	GAZ 2-7 ans (Sv/an)	GAZ 7-12 ans (Sv/an)	GAZ Adulte (Sv/an)
Bi-212	8.87E-12	1.07E-11	9.83E-12	1.26E-11	1.28E-11
Ce-144+Pr-144	1.66E-9	3.53E-10	1.82E-9	1.65E-9	9.59E-10
Cs-137+Ba-137m	2.09E-9	3.11E-9	3.11E-9	4.93E-9	7.52E-9
Nb-95	1.57E-11	2.78E-11	2.29E-11	2.21E-11	1.64E-11
Np-237	1.19E-9	7.19E-10	7.37E-10	1.02E-9	1.41E-9
Pa-233	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0
Pa-234	1.23E-11	1.86E-11	1.49E-11	1.43E-11	1.07E-11
Pb-212	9.78E-11	1.19E-10	1.11E-10	1.25E-10	9.73E-11
Pu-239	1.63E-7	1.19E-7	1.36E-7	1.89E-7	2.71E-7
Ra-224	6.03E-9	3.96E-9	3.16E-9	3.78E-9	2.15E-9
Ru-106+Rh-106	2.58E-9	2.01E-9	1.20E-9	1.16E-9	8.41E-10
Tc-99	6.29E-10	3.10E-10	1.76E-10	1.34E-10	8.06E-11
Th-228	4.04E-8	2.21E-8	1.97E-8	2.22E-8	2.02E-8
Th-231	8.12E-12	1.27E-11	8.33E-12	8.09E-12	4.62E-12
Th-234	2.06E-9	3.20E-9	2.27E-9	2.02E-9	1.12E-9
Tl-208	1.02E-13	1.03E-13	1.03E-13	1.03E-13	1.03E-13
U-232	3.03E-8	2.01E-8	1.59E-8	1.86E-8	2.03E-8
U-234	5.74E-7	4.75E-7	4.13E-7	4.55E-7	4.91E-7
U-235	1.48E-8	1.23E-8	1.04E-8	1.17E-8	1.24E-8
U-236	2.11E-8	1.76E-8	1.52E-8	1.63E-8	1.78E-8
U-238	4.22E-8	3.40E-8	2.86E-8	3.13E-8	3.42E-8
Zr-95	4.15E-11	5.54E-11	3.26E-11	3.26E-11	2.97E-11
Somme	9.02E-7	7.15E-7	6.51E-7	7.59E-7	8.81E-7

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-M : Evaluation globale des niveaux d'expositions de la population aux effluents liquides et gazeux pour le groupe de référence Romans

Radionucléides	LIQ 0-1 an (Sv/an)	LIQ 1-2 ans (Sv/an)	LIQ 2-7 ans (Sv/an)	LIQ 7-12 ans (Sv/an)	LIQ Adulte (Sv/an)
Bi-212	1.29E-13	1.89E-12	1.49E-12	9.63E-13	5.26E-13
Ce-144+Pr-144	1.40E-12	1.48E-13	6.54E-13	5.62E-13	3.27E-13
Cs-137+Ba-137m	7.50E-12	1.58E-11	1.74E-11	2.02E-11	3.33E-11
Nb-95	3.44E-14	1.18E-13	1.07E-13	6.82E-14	4.56E-14
Np-237	1.67E-11	5.15E-12	4.43E-12	4.25E-12	4.96E-12
Pa-234	1.75E-13	1.39E-12	1.17E-12	7.84E-13	4.25E-13
Pb-212	1.79E-12	8.67E-12	7.39E-12	4.98E-12	1.65E-12
Pu-239	5.51E-10	3.27E-10	4.37E-10	3.54E-10	4.32E-10
Ra-224	8.83E-11	9.57E-11	7.12E-11	6.37E-11	1.71E-11
Ru-106+Rh-106	4.22E-12	4.45E-12	2.90E-12	1.98E-12	1.16E-12
Tc-99	6.27E-11	3.15E-11	1.64E-11	1.05E-11	5.85E-12
Th-228	4.50E-10	7.15E-11	3.83E-11	3.88E-11	2.29E-11
Th-231	1.21E-13	2.11E-13	1.25E-13	9.81E-14	5.10E-14
Th-234	3.13E-11	3.11E-11	1.49E-11	1.24E-11	7.03E-12
Tl-208	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0
U-232	4.46E-10	2.78E-10	2.02E-10	2.37E-10	1.51E-10
U-234	6.85E-9	4.57E-9	3.18E-9	3.20E-9	2.32E-9
U-235	1.78E-10	1.26E-10	8.45E-11	8.45E-11	6.13E-11
U-236	2.52E-10	1.78E-10	1.18E-10	1.18E-10	8.66E-11
U-238	5.12E-10	3.44E-10	2.35E-10	2.39E-10	1.74E-10
Zr-95	4.28E-14	8.18E-14	5.29E-14	3.87E-14	2.21E-14
Somme	9.45E-9	6.10E-9	4.43E-9	4.39E-9	3.32E-9

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Radionucléides	GAZ 0-1 an (Sv/an)	GAZ 1-2 ans (Sv/an)	GAZ 2-7 ans (Sv/an)	GAZ 7-12 ans (Sv/an)	GAZ Adulte (Sv/an)
Bi-212	2.77E-13	3.35E-13	3.07E-13	3.93E-13	3.99E-13
Ce-144+Pr-144	5.34E-11	1.12E-11	5.75E-11	5.21E-11	3.03E-11
Cs-137+Ba-137m	6.67E-11	9.91E-11	9.84E-11	1.56E-10	2.38E-10
Nb-95	5.09E-13	8.96E-13	7.34E-13	7.12E-13	5.31E-13
Np-237	3.79E-11	2.26E-11	2.31E-11	3.21E-11	4.43E-11
Pa-234	3.95E-13	5.96E-13	4.75E-13	4.57E-13	3.43E-13
Pb-212	3.10E-12	3.74E-12	3.48E-12	3.92E-12	3.05E-12
Pu-239	5.27E-9	3.75E-9	4.25E-9	5.91E-9	8.47E-9
Ra-224	1.94E-10	1.26E-10	9.94E-11	1.19E-10	6.74E-11
Ru-103	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0
Ru-106+Rh-106	8.51E-11	6.49E-11	3.84E-11	3.69E-11	2.69E-11
Tc-99	2.04E-11	9.95E-12	5.60E-12	4.27E-12	2.56E-12
Th-228	1.29E-9	6.96E-10	6.17E-10	6.96E-10	6.32E-10
Th-231	2.62E-13	4.03E-13	2.63E-13	2.56E-13	1.46E-13
Th-234	6.66E-11	1.02E-10	7.17E-11	6.38E-11	3.53E-11
Tl-208	3.19E-15	3.22E-15	3.22E-15	3.22E-15	3.22E-15
U-232	9.77E-10	6.37E-10	5.00E-10	5.87E-10	6.37E-10
U-234	1.84E-8	1.50E-8	1.29E-8	1.43E-8	1.54E-8
U-235	4.74E-10	3.88E-10	3.26E-10	3.66E-10	3.89E-10
U-236	6.75E-10	5.57E-10	4.78E-10	5.11E-10	5.56E-10
U-238	1.35E-9	1.08E-9	8.96E-10	9.81E-10	1.07E-9
Zr-95	1.37E-12	1.82E-12	1.08E-12	1.08E-12	9.87E-13
Somme	2.89E-8	2.26E-8	2.04E-8	2.38E-8	2.76E-8

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-N : Evaluation globale des niveaux d'expositions de la population aux effluents liquides et gazeux pour le groupe de référence Génissieux

Radionucléides	LIQ 0-1 an (Sv/an)	LIQ 1-2 ans (Sv/an)	LIQ 2-7 ans (Sv/an)	LIQ 7-12 ans (Sv/an)	LIQ Adulte (Sv/an)
Bi-212	1.29E-13	1.89E-12	1.49E-12	9.63E-13	5.26E-13
Ce-144+Pr-144	1.40E-12	1.48E-13	6.54E-13	5.62E-13	3.27E-13
Cs-137+Ba-137m	7.50E-12	1.58E-11	1.74E-11	2.02E-11	3.33E-11
I-129	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0
Nb-95	3.44E-14	1.18E-13	1.07E-13	6.82E-14	4.56E-14
Np-237	1.67E-11	5.15E-12	4.43E-12	4.25E-12	4.96E-12
Pa-234	1.75E-13	1.39E-12	1.17E-12	7.84E-13	4.25E-13
Pb-212	1.79E-12	8.67E-12	7.39E-12	4.98E-12	1.65E-12
Pu-239	5.51E-10	3.27E-10	4.37E-10	3.54E-10	4.32E-10
Ra-224	8.83E-11	9.57E-11	7.12E-11	6.37E-11	1.71E-11
Ru-106+Rh-106	4.22E-12	4.45E-12	2.90E-12	1.98E-12	1.16E-12
Tc-99	6.27E-11	3.15E-11	1.64E-11	1.05E-11	5.85E-12
Th-228	4.50E-10	7.15E-11	3.83E-11	3.88E-11	2.29E-11
Th-231	1.21E-13	2.11E-13	1.25E-13	9.81E-14	5.10E-14
Th-234	3.13E-11	3.11E-11	1.49E-11	1.24E-11	7.03E-12
U-232	4.46E-10	2.78E-10	2.02E-10	2.37E-10	1.51E-10
U-234	6.85E-9	4.57E-9	3.18E-9	3.20E-9	2.32E-9
U-235	1.78E-10	1.26E-10	8.45E-11	8.45E-11	6.13E-11
U-236	2.52E-10	1.78E-10	1.18E-10	1.18E-10	8.66E-11
U-238	5.12E-10	3.44E-10	2.35E-10	2.39E-10	1.74E-10
Zr-95	4.28E-14	8.18E-14	5.29E-14	3.87E-14	2.21E-14
Somme	9.45E-9	6.10E-9	4.43E-9	4.39E-9	3.32E-9

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Radionucléides	GAZ 0-1 an (Sv/an)	GAZ 1-2 ans (Sv/an)	GAZ 2-7 ans (Sv/an)	GAZ 7-12 ans (Sv/an)	GAZ Adulte (Sv/an)
Bi-212	8.08E-14	9.77E-14	8.95E-14	1.14E-13	1.16E-13
Ce-144+Pr-144	1.61E-11	3.33E-12	1.70E-11	1.54E-11	8.97E-12
Cs-137+Ba-137m	2.00E-11	2.96E-11	2.92E-11	4.62E-11	7.05E-11
Nb-95	1.55E-13	2.71E-13	2.21E-13	2.14E-13	1.61E-13
Np-237	1.14E-11	6.63E-12	6.76E-12	9.39E-12	1.30E-11
Pa-234	1.19E-13	1.78E-13	1.42E-13	1.37E-13	1.03E-13
Pb-212	9.22E-13	1.10E-12	1.02E-12	1.15E-12	8.90E-13
Pu-239	1.59E-9	1.10E-9	1.24E-9	1.73E-9	2.47E-9
Ra-224	5.85E-11	3.73E-11	2.93E-11	3.50E-11	1.98E-11
Ru-106+Rh-106	2.63E-11	1.97E-11	1.15E-11	1.10E-11	8.05E-12
Tc-99	6.19E-12	2.99E-12	1.67E-12	1.27E-12	7.62E-13
Th-228	3.87E-10	2.05E-10	1.81E-10	2.04E-10	1.85E-10
Th-231	7.92E-14	1.20E-13	7.79E-14	7.56E-14	4.32E-14
Th-234	2.02E-11	3.04E-11	2.12E-11	1.89E-11	1.05E-11
Tl-208	9.31E-16	9.38E-16	9.38E-16	9.38E-16	9.38E-16
U-232	2.95E-10	1.89E-10	1.47E-10	1.73E-10	1.87E-10
U-234	5.51E-9	4.43E-9	3.79E-9	4.18E-9	4.50E-9
U-235	1.42E-10	1.15E-10	9.56E-11	1.07E-10	1.14E-10
U-236	2.02E-10	1.65E-10	1.40E-10	1.50E-10	1.63E-10
U-238	4.05E-10	3.18E-10	2.63E-10	2.88E-10	3.14E-10
Zr-95	4.24E-13	5.60E-13	3.35E-13	3.35E-13	3.07E-13
Somme	8.70E-9	6.66E-9	5.98E-9	6.97E-9	8.07E-9

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

ANNEXE II-O : Evaluation globale des niveaux d'expositions de la population aux effluents liquides et gazeux pour le groupe de référence Chatuzange le Goubet

Radionucléides	LIQ 0-1 an (Sv/an)	LIQ 1-2 ans (Sv/an)	LIQ 2-7 ans (Sv/an)	LIQ 7-12 ans (Sv/an)	LIQ Adulte (Sv/an)
Bi-212	1.29E-13	1.89E-12	1.49E-12	9.63E-13	5.26E-13
Ce-144+Pr-144	1.40E-12	1.48E-13	6.54E-13	5.62E-13	3.27E-13
Cs-137+Ba-137m	7.50E-12	1.58E-11	1.74E-11	2.02E-11	3.33E-11
Nb-95	3.44E-14	1.18E-13	1.07E-13	6.82E-14	4.56E-14
Np-237	1.67E-11	5.15E-12	4.43E-12	4.25E-12	4.96E-12
Pa-234	1.75E-13	1.39E-12	1.17E-12	7.84E-13	4.25E-13
Pb-212	1.79E-12	8.67E-12	7.39E-12	4.98E-12	1.65E-12
Pu-239	5.51E-10	3.27E-10	4.37E-10	3.54E-10	4.32E-10
Ra-224	8.83E-11	9.57E-11	7.12E-11	6.37E-11	1.71E-11
Ru-106+Rh-106	4.22E-12	4.45E-12	2.90E-12	1.98E-12	1.16E-12
Tc-99	6.27E-11	3.15E-11	1.64E-11	1.05E-11	5.85E-12
Th-228	4.50E-10	7.15E-11	3.83E-11	3.88E-11	2.29E-11
Th-231	1.21E-13	2.11E-13	1.25E-13	9.81E-14	5.10E-14
Th-234	3.13E-11	3.11E-11	1.49E-11	1.24E-11	7.03E-12
U-232	4.46E-10	2.78E-10	2.02E-10	2.37E-10	1.51E-10
U-234	6.85E-9	4.57E-9	3.18E-9	3.20E-9	2.32E-9
U-235	1.78E-10	1.26E-10	8.45E-11	8.45E-11	6.13E-11
U-236	2.52E-10	1.78E-10	1.18E-10	1.18E-10	8.66E-11
U-238	5.12E-10	3.44E-10	2.35E-10	2.39E-10	1.74E-10
Zr-95	4.28E-14	8.18E-14	5.29E-14	3.87E-14	2.21E-14
Somme	9.45E-9	6.10E-9	4.43E-9	4.39E-9	3.32E-9

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Radionucléides	GAZ 0-1 an (Sv/an)	GAZ 1-2 ans (Sv/an)	GAZ 2-7 ans (Sv/an)	GAZ 7-12 ans (Sv/an)	GAZ Adulte (Sv/an)
Bi-212	5.90E-13	7.15E-13	6.55E-13	8.38E-13	8.52E-13
Ce-144+Pr-144	1.10E-10	2.34E-11	1.21E-10	1.09E-10	6.35E-11
Cs-137+Ba-137m	1.38E-10	2.06E-10	2.06E-10	3.26E-10	4.98E-10
Nb-95	1.03E-12	1.84E-12	1.51E-12	1.46E-12	1.09E-12
Np-237	7.84E-11	4.78E-11	4.90E-11	6.81E-11	9.41E-11
Pa-234	8.11E-13	1.23E-12	9.88E-13	9.51E-13	7.10E-13
Pb-212	6.48E-12	7.88E-12	7.36E-12	8.31E-12	6.47E-12
Pu-239	1.08E-8	7.94E-9	9.04E-9	1.26E-8	1.80E-8
Ra-224	3.98E-10	2.62E-10	2.09E-10	2.51E-10	1.43E-10
Ru-106+Rh-106	1.70E-10	1.33E-10	7.96E-11	7.67E-11	5.57E-11
Tc-99	4.16E-11	2.05E-11	1.16E-11	8.89E-12	5.34E-12
Th-228	2.67E-9	1.47E-9	1.31E-9	1.48E-9	1.34E-9
Th-231	5.36E-13	8.38E-13	5.52E-13	5.36E-13	3.06E-13
Th-234	1.36E-10	2.12E-10	1.50E-10	1.34E-10	7.41E-11
Tl-208	6.81E-15	6.85E-15	6.85E-15	6.85E-15	6.85E-15
U-232	2.00E-9	1.33E-9	1.06E-9	1.24E-9	1.35E-9
U-234	3.80E-8	3.15E-8	2.74E-8	3.02E-8	3.27E-8
U-235	9.80E-10	8.15E-10	6.90E-10	7.75E-10	8.25E-10
U-236	1.39E-9	1.17E-9	1.01E-9	1.08E-9	1.18E-9
U-238	2.79E-9	2.26E-9	1.90E-9	2.08E-9	2.28E-9
Zr-95	2.73E-12	3.66E-12	2.15E-12	2.16E-12	1.96E-12
Somme	5.97E-8	4.75E-8	4.33E-8	5.05E-8	5.86E-8

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

11 ANNEXE III : Etude pluriannuelle des rejets gazeux et liquides

Les valeurs fournies dans cette annexe sont issues de la surveillance réalisée par Framatome Romans au titre de l'arrêté de rejet du 22 juin 2000. Les valeurs de flux gazeux, liquides, radioactifs et chimiques calculées sur la base de plusieurs années de données sont présentées et mises en perspective des valeurs seuil proposées.

Les données sont proposées à des pas de temps différents (hebdomadaire, mensuel ou annuel) en fonction de la périodicité des analyses réalisées ou pour une meilleure représentation graphique.

Mise en garde : les éléments présentés sont issus de données réelles et ne tiennent pas compte de la capacité totale de production des installations. Si l'augmentation de la production n'a que peu d'impact sur certains éléments (pH, autres métaux), la plupart sont directement liés aux activités des ateliers. Un accroissement de production entrainera donc des hausses de valeurs de flux. Les valeurs proposées dans le projet tiennent compte de cet aspect.

III-A Rejets gazeux

- **Rejets gazeux radioactifs**

Les rejets gazeux radioactifs sont émis par onze cheminées sur le site, instrumentées pour en assurer la surveillance et collecter les données nécessaires à la réalisation des bilans de flux de rejets.

Les flux annuels gazeux radioactifs sont présentés dans la Figure III-1. Ils correspondent à la sommation de l'ensemble des flux pour toutes les cheminées du site. Rapportés en masse, ces flux d'uranium dans les effluents gazeux (Figure III-2) représentent au plus 200g/an en 2009 et sont inférieurs à 1g depuis 2015

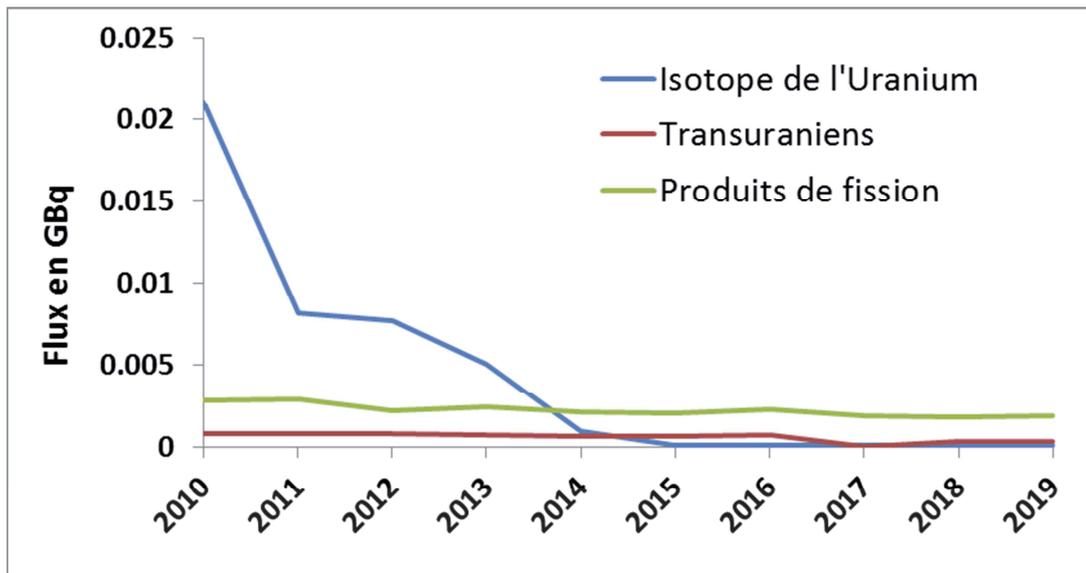


Figure III-1 : Flux d'éléments radioactifs à l'émissaire des cheminées du site

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

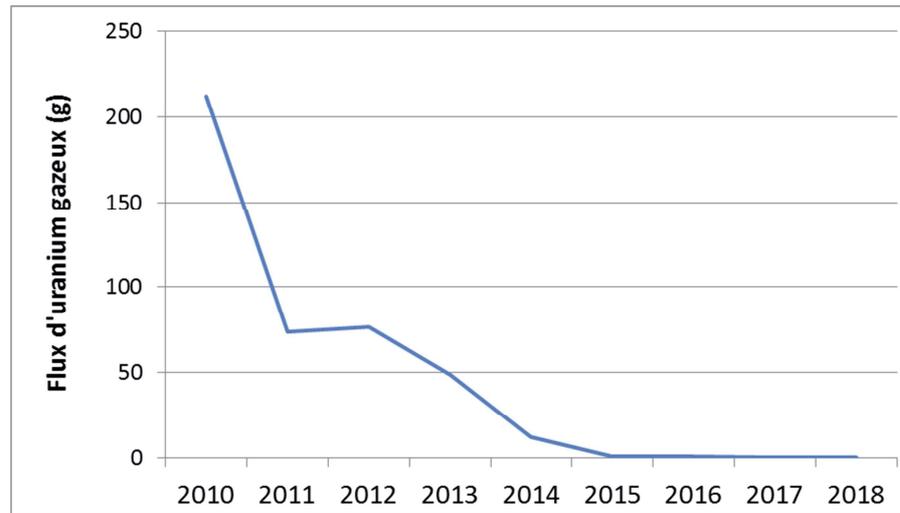


Figure III-2 : Flux massique d'Uranium dans les rejets gazeux

Depuis 2010, les flux annuels d'Isotope de l'Uranium dans les rejets gazeux ont fortement diminué. Cette baisse correspond d'une part à la cessation des activités de l'installation R1 et d'autre part aux améliorations technologiques en termes de filtration mises en œuvre par Framatome pour limiter l'impact de ses rejets sur son environnement. En effet, en 2019, les principales cheminées contributrices aux flux d'uranium sont celles d'AP2 et C1 (Figure III-3) à hauteur de 80% des émissions. Dans une moindre mesure, les cheminées de F2L – VG et de R1 contribue à hauteur de 5.97% et 4.84% respectivement. Bien qu'il n'y ait plus d'activité dans l'atelier R1, la surveillance est maintenue. Ces proportions sont représentatives des cinq dernières années, pendant lesquelles l'atelier R1 n'était pas en fonctionnement. Au cours de la période 2009 – 2014, cet atelier représentait jusqu'à 99% des émissions du site. Des avancées technologiques sont implémentées dans le bâtiment pour réduire au maximum ces émissions.

Aucune différence significative n'est observée concernant les flux de produits de fission. Ces émissions étant extrêmement faibles, les résultats d'analyses correspondent à des seuils de décision, limite technologique des équipements de mesure. Les flux calculés correspondent donc à une sommation de seuils de décision, non représentatifs des émissions réelles et bien inférieures du site.

Concernant les transuraniens, une légère diminution est observable en 2017. Elle correspond à la mise en œuvre d'une nouvelle technologie de mesure permettant d'abaisser les seuils de décision. Néanmoins, tout comme pour les produits de fission, les émissions de transuraniens sont faibles et les résultats rendus correspondent également à des seuils de décision. Les flux présentés en Figure III-1 correspondent donc à des sommations de seuils de décision.

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

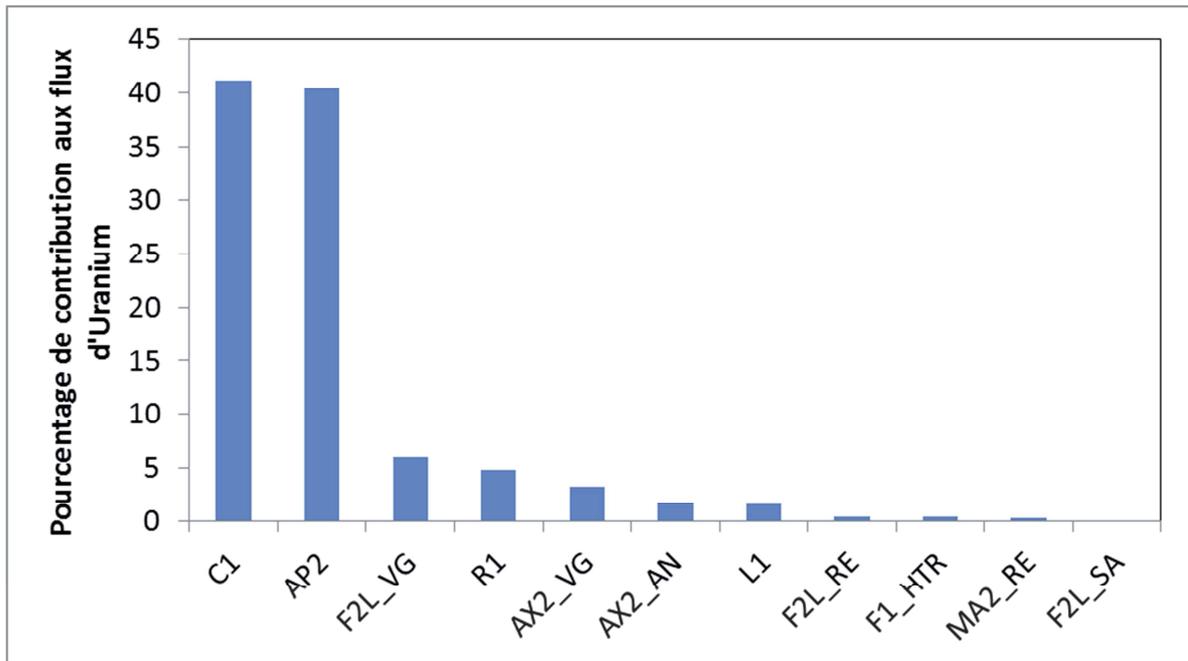


Figure III-3 : Contribution de chacune des 11 cheminées aux flux gazeux en uranium en 2019

• **Rejets gazeux chimiques : acide fluorhydrique**

La surveillance des rejets gazeux chimiques issus de la zone HF est réalisée au moyen de plusieurs équipements : deux sondes d'analyse de mesure HF, un débitmètre. Les valeurs mesurées par ces équipements (hors étalonnage) sont présentées dans le Tableau III-a. Ces valeurs sont représentatives du fonctionnement annuel de l'installation.

Tableau III-a : Valeurs de concentration et débit à l'exutoire de la cheminée de la zone HF pour l'année 2019

	Concentration HF (mg/Nm3) Equipement MIR-IS	Concentration HF (mg/Nm3) Equipement OPSIS	Débit (Nm³/h)
Minimum	0,053	0,009	2 587
Maximum	0,810	1,005	12 487
Moyenne	0,316	0,138	5 917
Médiane	0,313	0,099	5 889

Les différences de concentration observées dans les mesures issues des deux analyseurs s'expliquent par les différences de technologies utilisées. Les valeurs déclarées annuellement en terme de concentration ou de flux correspondent au maximum mesurés/calculés.

III-B Rejets liquides

Les rejets liquides radioactifs sont issus des effluents d'origines diverses (procédés, douches, blanchisserie, eaux de lavage des sols...) après traitement par la station NEPTUNE.

• **Rejets radioactifs**

Les flux annuels liquides radioactifs sont présentés dans la Figure III-4. De même que pour les effluents gazeux, une diminution des flux d'Uranium sont observés entre 2014 et 2019, liée à l'arrêt de l'atelier R1. Une légère hausse de ces émissions au cours des années 2018 et 2019 sont le reflet du traitement des reliquats de ce même atelier.

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

Les flux de produits de fission et de transuraniens sont stables depuis 2010 et correspondent à des sommations de seuils de décision.

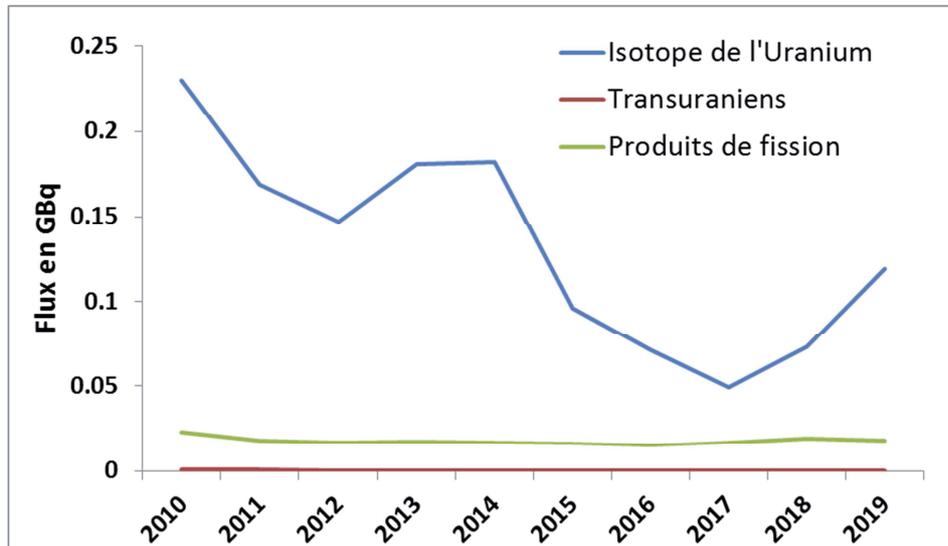


Figure III-4 : Flux annuels liquides issus de la station de traitement du site, NEPTUNE

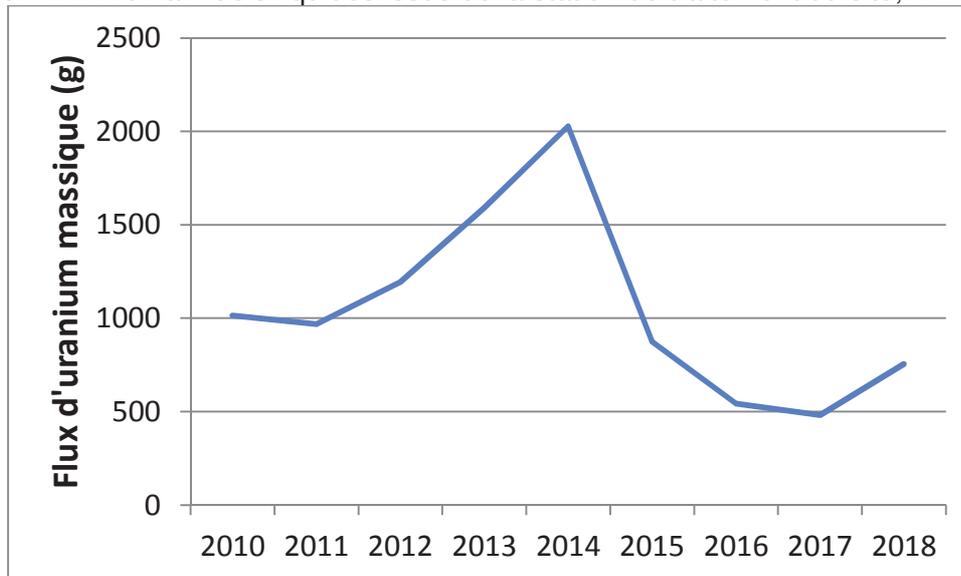


Figure III-5 : Flux massique d'Uranium dans les rejets liquides

En termes de flux massique, les rejets d'uranium dans l'Isère sont inférieurs à 1 kg par an depuis 2015 (Figure III-5). L'augmentation entre 2012 et 2014 des flux massiques correspond à une plus grande proportion en ²³⁸U dans les rejets.

- **Rejets liquides chimiques**

De manière générale, les flux d'éléments chimiques dans les rejets liquides sont en baisse (Figure III-6 et Tableau III-b). Cette baisse est représentative des améliorations de technologies mises en place sur le site pour limiter les rejets dans l'environnement, d'une maîtrise à la source des rejets et des flux d'effluents engendrés.

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

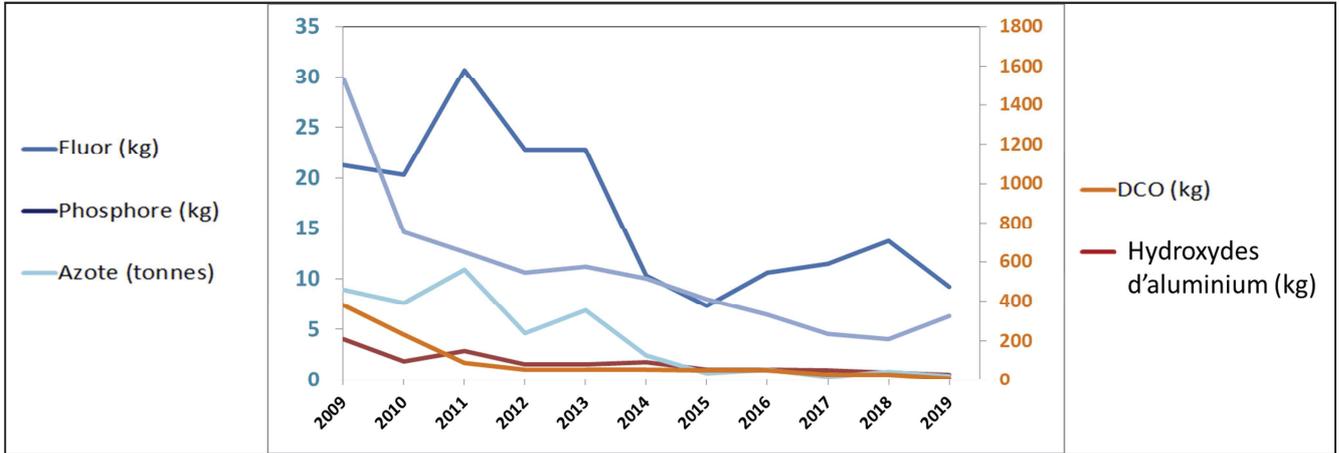


Figure III-6 : Flux annuels des éléments chimiques dans les effluents liquides issus de NEPTUNE.

Tableau III-b : Flux annuels des rejets liquides chimiques

	Flux annuels en kg					
	MEST	DCO	DBO5	Azote	Al(OH)3	P total
Seuils (arrêté de rejet du 22 juin 2000)	4000	35000	10000	18000/25000	900	10
Seuils proposés	800	3000	800	20000	122 (en Aluminium)	10
2010	454	752	183	7977	232	1.9
2011	174	642	152	10872	88	2.9
2012	119	547	153	4642	54	1.3
2013	147	575	161	6895	54	1.6
2014	123	514	173	2465	56.3	1.8
2015	97	416	160	717	52.1	1.1
2016	71	329	111	1042	50.4	1.1
2017	61	237	58	346	28.9	1
2018	55	210	53	840	30.4	0.8
2019	56	215	50	387	11.8	0.6

	Flux annuels en kg						
	Zirconium	Cuivre et composés	Hydrocarbures totaux	Chrome hexavalent	Cadmium	Fluor et composés	Autres métaux
Seuils (arrêté de rejet du 22 juin 2000)	0.2	2	505	0.2	0.4	30	45
Seuils proposés	0.1	1.5	100	0.5	0.1	100	20
2010	0.09	0.3	22	0.22	0.04	20	2
2011	0.02	0.2	19	0.2	0.03	31	4
2012	0.02	0.4	18	0.17	0.03	12	10

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

	Flux annuels en kg						
	Zirconium	Cuivre et composés	Hydrocarbures totaux	Chrome hexavalent	Cadmium	Fluor et composés	Autres métaux
2013	0.02	0.2	19.3	0.19	0.03	23	10
2014	0.02	0.2	17.7	0.19	0.03	10	10
2015	0.02	0.2	15.5	0.17	0.03	7	9
2016	0.02	0.2	1.1	0.17	0.03	11	5
2017	0.01	0.1	1.3	0.2	0.02	12	5
2018	0.01	0.1	1.1	0.11	0.02	14	5
2019	0.01	0.1	0.8	0.06	0.02	9	5

Des dépassements des flux maximaux autorisés ont pu être observés ponctuellement principalement entre 2004 et 2010, notamment pour :

- l'hydroxyde d'aluminium en 2004 et en 2007, ceci étant dû à un mauvais fonctionnement de la station de traitement : le traitement au sein de la station Neptune nécessitait l'emploi d'un coagulant à base d'aluminium, une surconsommation a entraîné des rejets dans les effluents. L'hydroxyde d'aluminium n'est plus utilisé aujourd'hui dans la station NEPTUNE.
- le phosphore total entre 2006 et 2008, le phosphore étant un composant des lessives utilisées à la laverie, celles-ci ont fait l'objet d'une étude pour le remplacement de ces produits permettant une diminution significative des flux de phosphore,
- le cuivre et ses composés en 2007, ce dépassement est un épiphénomène, la trop faible récurrence n'a pas permis de définir la cause précise de cet événement,
- le chrome hexavalent en 2010, 2011 et 2017 : le flux calculé correspond à une sommation de seuils de décision. Les émissions réelles sont donc inférieures aux flux reportés.

Depuis 2009, un dépassement en fluor et ses composés, a été observé en 2011. Hormis ce dépassement, les rejets sont conformes à la valeur limite annuel de 30 kg, suite au changement du procédé utilisé pour le traitement des gaz de la zone HF. Cette situation reste fragile en regard des efforts mis en œuvre et de la charge de production actuellement basse par rapport à la capacité administrative établie par le décret du 20 mars 2006.

En 2018, un léger dépassement de la concentration en DBO5 a été observé en sortie d'une cuve, sans que l'origine ne puisse être clairement identifiée. Cet événement a conduit à une refonte de la fréquence des analyses réalisées pour aboutir au plan de prélèvement présenté dans le document.

Les concentrations moyennes des éléments chimiques dans les rejets sont également en baisse entre les années 2009 et 2018. La Figure III-7 illustre ces variations de concentration.

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

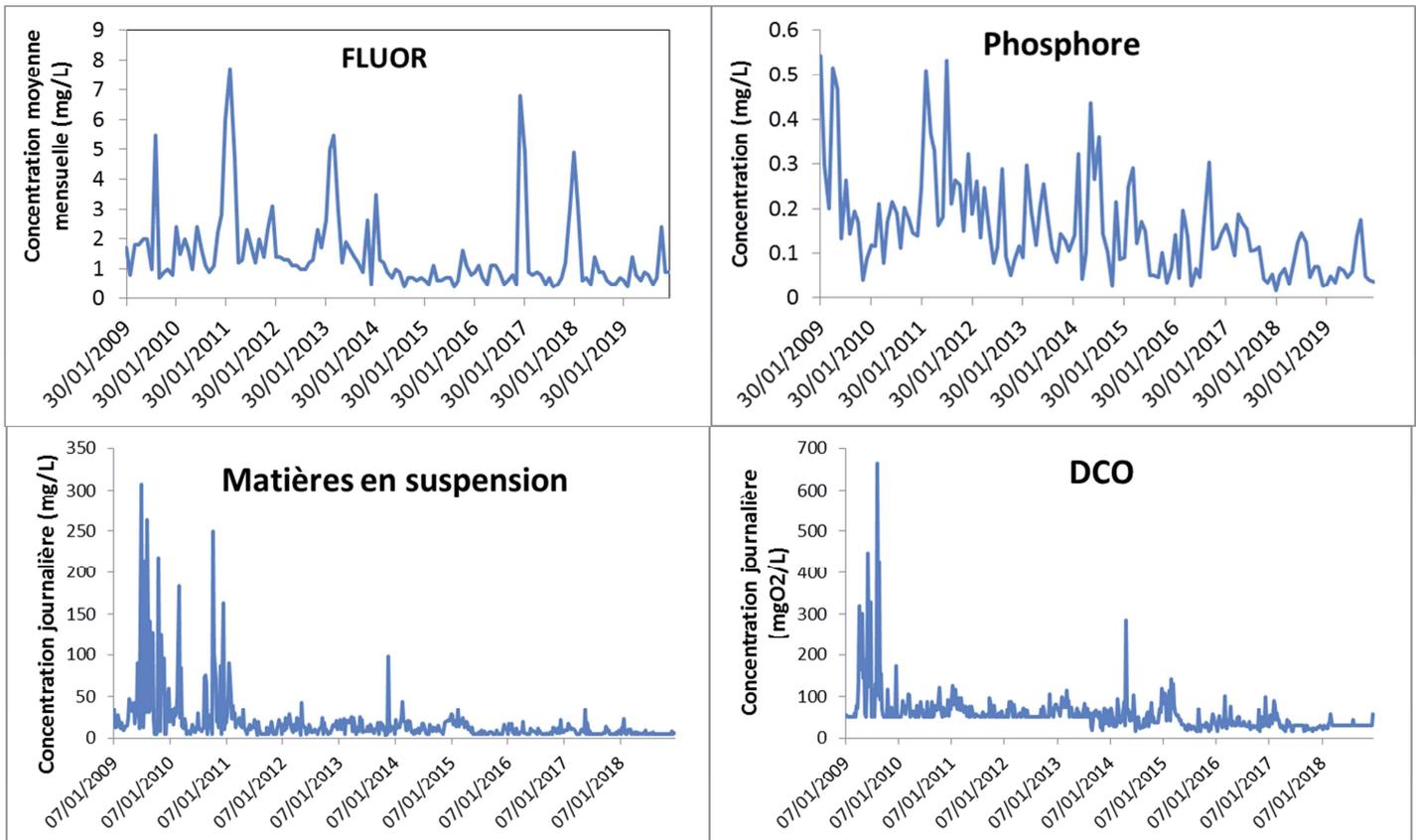


Figure III-7 : Variations de concentration entre 2009 et 2018 pour quelques éléments chimiques dans les effluents liquides

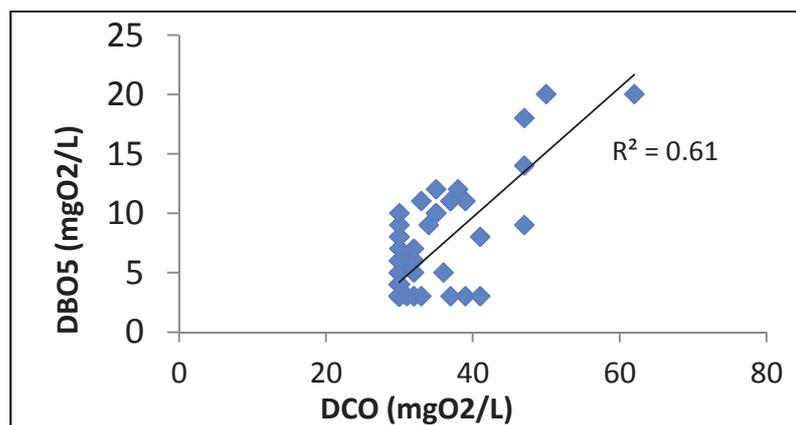


Figure III-8 : Relation entre concentration en DCO (limite de quantification = 30mg/L) et DBO5 (limite de quantification = 3 mg/L) pour l'année 2019

Concernant l'élément azote, l'origine de ces effluents est triple : l'atelier de décapage F2, l'atelier R1 et le laboratoire. Les variations de concentration en azote dans les effluents liquides ont fortement diminués suite à l'arrêt de l'atelier R1 (Figure III-9). En effet, les concentrations moyennes entre la période 2009 – 2014 et 2015 – 2018 ont été divisées par 8,5. Aucun seuil réglementaire n'a été excédé au cours de ces périodes.

Les variations de concentration observées au cours de l'année 2019 (Figure III-10) sont cycliques et représentatives des rejets chroniques liés au fonctionnement des ateliers.

Demande de modification de l'Arrêté du 22 juin 2000

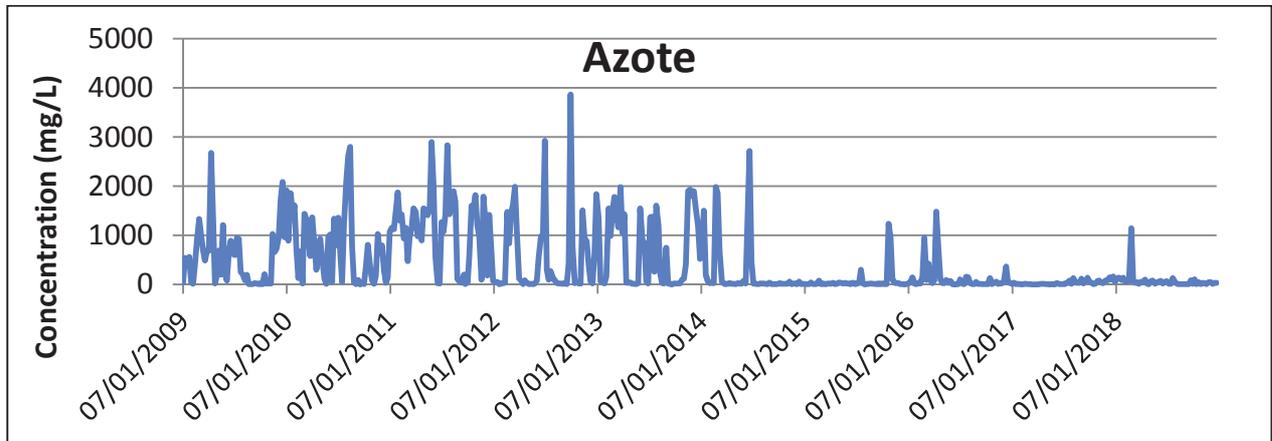


Figure III-9 : Variations des concentrations en azote entre 2009 et 2018

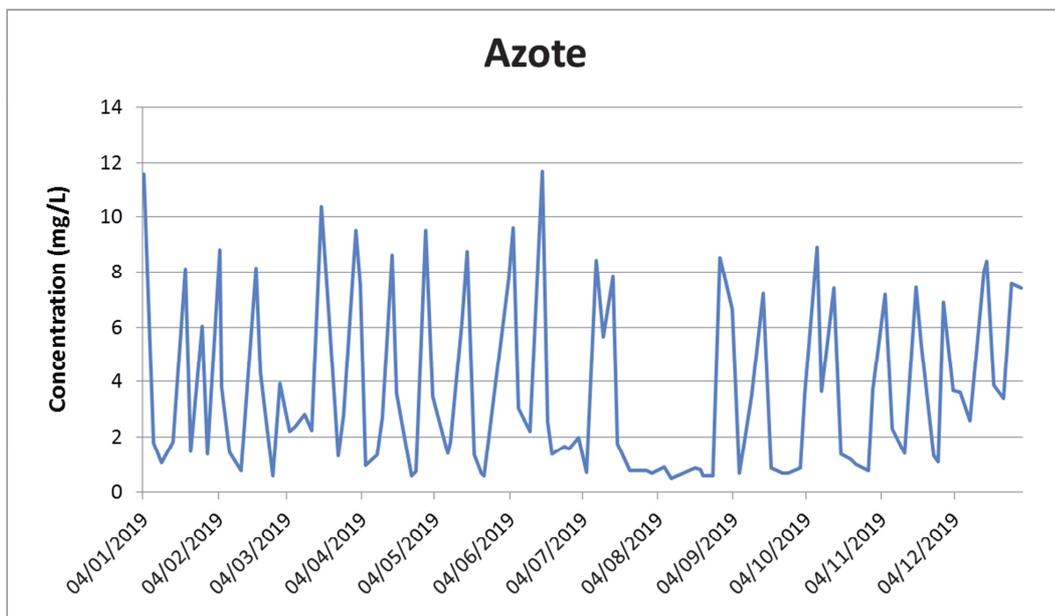


Figure III-10 : Variations des concentrations en azote sur les rejets des cuves tampon NEPTUNE pour l'année 2019