RAPPORT TECHNIQUE	Référence du document : TEP-SN-NM-02
Etude d'impact radiologique en situation normale sur la population – site TEP de Nîmes	**ACCORDS** Rédaction : FARAMUS Lionel Date : 12/02/15 Rédaction : JAUD-LECLERE Anne-Sophie Date : 12/02/15 Vérification : CAPILLON Philippe Date : 12/02/2015 Approbation : SARRAZIN Vincent Date : 12/02/2015

Diffusion contrôlée :

PCR CISBIO
Responsable Pôle Conformité Réglementaire
Pharmacien délégué site de Nîmes
Responsable Pôle Conformité
Pôle Conformité TEP
Directeur des Opérations PET
Responsable sites PET Région Sud

Historique :

Date	Version	Sujets
03 février 2015	1.0	Création du document
	2.0	Correction d'une erreur dans le tableau 3 page 6

I INTRODUCTION

Ce document présente l'impact radiologique sur la population de l'installation CIS-BIO de Nîmes, sur la base du terme source des rejets gazeux radioactifs liés aux activités de production nominale du site de Nîmes, hors situation incidentelle ou accidentelle.

Les résultats présentés ici sont déduits de ceux présentés dans le courrier CEA/DIF/DASE/SRCE DO 571 du 16/10/2014.

II IMPACT RADIOLOGIQUE EN FONCTIONNEMENT NORMAL

L'impact des rejets présentant un risque radiologique émis par voie atmosphérique est évalué à l'aide du code GASCON [1] de la plate-forme CERES (Code d'Evaluations Rapides Environnementales et Sanitaires) [2], développée au CEA/DASE/SRCE. Ce code permet, à partir d'un rejet émis par voie atmosphérique en fonctionnement normal à débit constant annuel, de déterminer en différents points de l'environnement, l'activité moyenne dans l'air, puis de calculer l'impact radiologique, en tenant compte de l'ensemble des transferts de l'environnement à l'homme.

II.1 TERME SOURCE DES REJETS ATMOSPHÉRIQUES

Le terme source des rejets gazeux radioactifs liés aux activités de production nominale du site de Nîmes, hors situation incidentelle ou accidentelle est celui présenté dans la note COESG/2015-003/LF, soit 205 GBq/an de fluor 18 (^{18}F).

II.2 HYPOTHÈSES RETENUES POUR LE CALCUL D'IMPACT DES REJETS ATMOSPHÉRIQUES

En cas d'émission atmosphérique de substances radioactives, les différentes voies d'exposition de l'homme sont les suivantes :

- l'immersion dans le panache, qui conduit à une exposition interne par inhalation et à une exposition externe par irradiation,
- la présence sur le dépôt au sol, qui conduit à une exposition externe par irradiation,
- la consommation de végétaux, pour lesquels l'activité résulte principalement des dépôts d'aérosols et de gouttes de pluie, ainsi que des transferts à partir des dépôts au sol, et qui conduit à une exposition interne par ingestion,
- l'ingestion de produits provenant d'animaux qui ont consommé des végétaux contaminés par les rejets atmosphériques.

Les coefficients de dose utilisés sont indiqués dans le Tableau 4 et le Tableau 5.

II.2.1 EXPOSITION EXTERNE DUE AU PASSAGE DU PANACHE

Il n'est pas tenu compte de la protection apportée par les habitations vis-à-vis de cette voie d'exposition. Les coefficients de dose proviennent du rapport Federal Guidance 12 [3].

II.2.2 EXPOSITION INTERNE PAR INHALATION

Cette exposition résulte de l'activité inhalée durant le passage du panache. Les débits respiratoires utilisés sont calculés à partir des volumes d'air inhalés quotidiennement indiqués dans la CIPR 66 [4]. Ils sont égaux à 0,96 $m^3.h^{-1}$ pour l'adulte, 0,64 $m^3.h^{-1}$ pour l'enfant âgé de 10 ans et 0,22 $m^3.h^{-1}$ pour l'enfant âgé de 1 à 2 ans.

Les coefficients de dose utilisés pour le calcul des doses efficaces par inhalation proviennent de l'arrêté du 1er septembre 2003 [5]. Conformément aux recommandations de cet arrêté pour le calcul de dose au public, ils correspondent à un diamètre de particules de 1 µm. La solubilité retenue est indiquée dans le Tableau 5.

II.2.3 EXPOSITION EXTERNE DUE AUX DEPOTS SUR LE SOL

Les dépôts sur le sol résultent de mécanismes de diffusion, impaction et sédimentation sur la surface du sol par temps sec, et du lavage de l'atmosphère par temps de pluie. Ces facteurs, combinés avec les paramètres de diffusion (hauteur du rejet, vitesse du vent, écart-type de diffusion verticale) permettent d'évaluer les coefficients d'appauvrissement des constituants du panache ainsi que les dépôts au sol.

Par temps sec, la vitesse de dépôt est indépendante de la distance au point de rejet et égale à 5.10^{-3} $m.s^{-1}$ pour des aérosols de diamètre de 1 µm [6]. La pluie conduit à des dépôts plus importants. On calcule un taux de lavage du panache, fonction de l'intensité des pluies.

Les coefficients de dose pour l'irradiation externe par les dépôts proviennent du rapport Federal Guidance 12 [3].

II.2.4 EXPOSITION INTERNE PAR INGESTION DE VEGETAUX ET PRODUITS ANIMAUX

Toutes les installations étudiées étant situées en agglomération urbaine, il n'y a donc raisonnablement pas de consommation de productions agricoles d'origine locale. A titre conservatif, on suppose toutefois qu'il y a présence d'un potager.

Les calculs effectués font intervenir, d'une part les mécanismes de transfert des radionucléides de l'atmosphère aux végétaux, d'autre part la consommation des produits d'origine locale.

Les coefficients de dose efficace interne par ingestion proviennent de l'arrêté du 1er septembre 2003 [5].

II.2.4.1 Activité transférée aux produits d'origine végétale

Le transfert d'activité aux végétaux s'effectue, soit par captation des aérosols par le couvert végétal, soit par voie racinaire à partir des dépôts au sol. Lorsque l'organe consommé est un fruit, un tubercule ou une racine, il est tenu compte des transferts internes à la plante.

L'activité présente dans les organes consommés de la plante se déduit du dépôt au sol en considérant les rapports de captation (fraction interceptée par la partie aérienne du végétal, dépendant des rapports de surface des végétaux – cf. Tableau 6), le temps de croissance des végétaux et le rendement de la culture.

Vu la période de l'isotope (moins de 2 heures), le transfert racinaire est négligeable.

L'exposition interne, résultant de l'ingestion de végétaux, est obtenue à partir de l'activité dans ou sur les parties consommées, au moment de la récolte.

II.2.4.2 Activité transférée aux produits d'origine animale

Les rejets s'effectuant en agglomération, la voie "ingestion de produits animaux" n'est pas considérée ici.

II.3 HAUTEUR DE REJET

Les rejets se produisent par l'émissaire situé sur le toit du bâtiment. La hauteur de cet émissaire étant très petite devant la hauteur du bâtiment et les rejets se produisant dans des environnements fortement urbanisés, ils sont supposés être émis au niveau du sol. Ceci constitue une hypothèse conservative.

II.4 CHOIX DES GROUPES DE RÉFÉRENCE

Les groupes de référence sont choisis en fonction des conditions météorologiques, de l'existence d'habitations, de cultures et d'élevages.

On étudie des groupes de population situés à 100 m de l'émission dans l'ensemble des 18 secteurs météorologiques autour de l'émission. En effet, comme le rejet est supposé émis au niveau du sol, la distance de 100 m, très proche, est la plus impactée. Notons que cette distance est en limite de validité du modèle de dispersion atmosphérique. Les résultats sont des ordres de grandeur.

Quel que soit le groupe étudié, on tient compte de la présence d'adultes, d'enfants de 10 ans et d'enfants âgés de 1 à 2 ans.

II.5 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

En fonctionnement normal, les données météorologiques utilisées pour la dispersion des rejets exprimés en flux annuel sont les données fournies par Météo France (cf. Figure 1).

Comme les données fournies par Météo France ne fournissent pas d'indication sur la répartition des vents entre classes de stabilité atmosphérique (cf. Figure 2), la répartition présentée dans le Tableau 1, issue d'une étude dont les résultats sont présentés en [7], a été appliquée.

Tableau 1 : Répartition des données météorologiques fournies par Météo France en classes de stabilité selon la vitesse du vent

Vitesse de vent (m/s)	Diffusion normale	Diffusion normale avec pluie	Diffusion faible
calme	0,25	0,05	0,70
1	0,40	0,05	0,55
2	0,40	0,05	0,55
3	0,40	0,05	0,55
4	0,40	0,05	0,55
5	0,40	0,05	0,55
6	0,45	0,05	0,50
7	0,55	0,05	0,40
8	0,65	0,10	0,25
9	0,75	0,10	0,15
≥ 10	0,85	0,15	0,00

Les données utilisées sont présentées dans le Tableau 7.

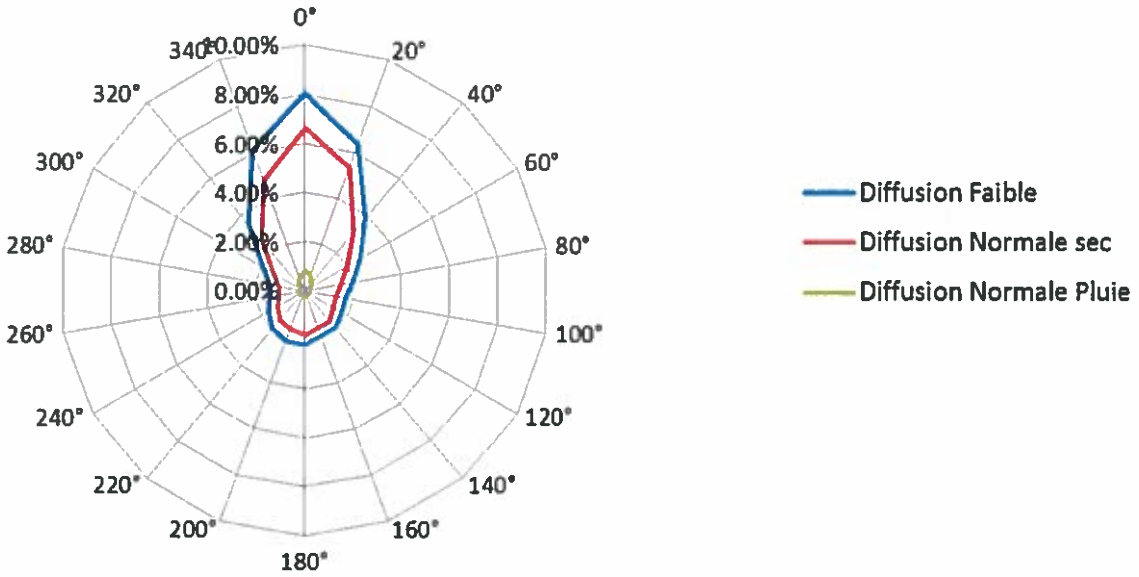


Figure 1 : Rose des vents en fonction des conditions de stabilité de l'atmosphère - site de Nîmes

III IMPACT RADIOLOGIQUE

La rose des vents et le calcul de dispersion atmosphérique associé permettent de déterminer la position du groupe le plus impacté. Pour le site de Nîmes, le groupe le plus impacté est situé sous les vents venant du secteur 0°, c'est-à-dire à l'azimut 180°.

Le Tableau 2 présente l'impact pour un adulte présent en permanence dans les 18 secteurs météorologiques. Ici, les azimuts indiqués sont ceux des secteurs se trouve la population.

Tableau 2 : Impact pour un adulte ($mSv.an^{-1}$) - autorisation de rejet

Azimut (°)	Nîmes
0	2,7E-03
20	2,6E-03
40	2,3E-03
60	1,8E-03
80	1,5E-03
100	1,5E-03
120	2,2E-03
140	4,1E-03
160	7,3E-03
180	**1,0E-02**
200	8,2E-03
220	4,6E-03
240	2,9E-03
260	2,1E-03
280	1,8E-03
300	2,0E-03
320	2,4E-03
340	2,4E-03

Le Tableau 3 présente l'impact annuel, après 1 et 50 ans de rejet à débit constant pour les différentes classes d'âge étudiées pour la population la plus impactée.

Tableau 3 : Impact ($mSv.an^{-1}$) pour les populations les plus impactées

Site	Secteur	Durée de fct	enfant 1 à 2 ans	enfant 10 ans	adulte
Nîmes	180°	1 an	1,0E-02	1,0E-02	1,0E-02
		50 ans	1,0E-02	1,0E-02	1,0E-02

L'impact serait au plus de l'ordre de 10^{-2} mSv par an, c'est-à-dire 10 µSv par an.

Comme on peut le voir dans le Tableau 3, cet impact radiologique est très proche quelles que soient la classe d'âge et la durée d'intégration considérée car il est essentiellement dû à l'irradiation par le panache et les dépôts. Toutefois, la période de ^{18}F étant très courte (moins de 2 heures), il n'y a pas d'accumulation dans l'environnement au cours du fonctionnement. L'impact, même en prenant en compte l'irradiation par les dépôts, est ainsi le même après 1 an ou plusieurs années de fonctionnement.

De même, vu la période de l'isotope rejeté, la prise en compte de la voie "ingestion" ne modifie pas l'impact annuel.

IV CONCLUSION

Ce document présente l'impact radiologique sur la population proche de l'installation CIS-BIO de Nîmes, sur la base du terme source de 205 GBq de ^{18}F rejetés lors des activités de production nominale et en l'absence de situation incidentelle ou accidentelle.

Pour les groupes hypothétiques les plus exposés, vivant en permanence à 100 m du rejet supposé émis au niveau du sol, l'impact serait inférieure à 10 µSv par an, pour un rejet autorisé de 205 GBq par an en ^{18}F.

L'impact radiologique de ce rejet atmosphérique est ainsi inférieur au niveau d'exposition pour le public en fonctionnement normal, qui est de 1 mSv par an [8].

V ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DES ISOTOPES

V.1 PÉRIODES ET COEFFICIENTS DE DOSE

Les caractéristiques (périodes et coefficients de dose) de ^{18}F sont présentées dans le Tableau 4 et le Tableau 5.

Tableau 4 : Période (secondes) et coefficients de dose externe

Isotopes	Période radioactive	Irradiation panache	Irradiation dépôt - atmosphérique
	secondes	((Sv/s)/(Bq/m^3))	((Sv/s)/(Bq/m^2))
F18	6950	4.90E-14	1.01E-15

Tableau 5 : Coefficients de dose interne (Sv.Bq^{-1})

Isotopes	Solubilité	Inhalation - Efficace (Sv.Bq^{-1})			Ingestion - Efficace (Sv.Bq^{-1})		
		Adulte	Enfant de 10 ans	Enfant de 1 à 2 ans	Adulte	Enfant de 10 ans	Enfant de 1 à 2 ans
F18	S	5.90E-11	1.00E-10	3.10E-10	4.90E-11	9.10E-11	3.00E-10

V.2 CARACTÉRISTIQUES DES CULTURES

Les caractéristiques des cultures sont présentées dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Caractéristiques des végétaux

Végétal	Rendement	Durée récolte	Date récolte	Début conso	Fin conso	Rapport surfaces	Indice foliaire	Fraction matière sèche
	kg.m^{-2}	jours	jours	jours	jours	sans dim	sans dim	sans dim
Choux	3	42	-	-	-	1	0.5	0.12
Poireaux	3	42	-	-	-	1	1	0.11
Salade	3	42	-	-	-	1	2	0.08
Carottes	2.5	-	30	30	360	0	2	0.16
P. de terre	2.5	-	30	30	360	0	2	0.21
Haricots	0.4	30	-	-	-	0.1	2	0.25
Tomates	3	30	-	-	-	0.1	2	0.06

VI ANNEXE 2 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Tableau 7 : Données météorologiques annuelles - site de Nîmes

Conditions de diffusion : Diffusion Faible (Répartition en pour mille)			
vitesse vent (m/s)	2	6	8
0.00	53.2	25.0	2.0
20.00	38.9	22.5	1.8
40.00	27.3	11.0	0.5
60.00	22.9	3.5	0.0
80.00	19.1	1.0	0.0
100.00	16.3	1.0	0.0
120.00	15.2	2.5	0.0
140.00	14.7	4.5	0.5
160.00	14.7	4.5	0.5
180.00	16.3	5.5	0.5
200.00	16.9	5.0	0.0
220.00	16.9	3.5	0.0
240.00	14.7	2.0	0.0
260.00	13.0	1.0	0.0
280.00	13.0	1.0	0.0
300.00	16.9	3.0	0.0
320.00	27.9	7.5	0.0
340.00	46.0	14.0	0.8
Total (%)	40.4	11.8	0.7

Conditions de diffusion : Diffusion Normale sec (Répartition en pour mille)			
vitesse vent (m/s)	2	6	8
0.00	38.7	22.5	5.2
20.00	28.3	20.3	4.6
40.00	19.9	9.9	1.3
60.00	16.7	3.2	0.0
80.00	13.9	0.9	0.0
100.00	11.9	0.9	0.0
120.00	11.1	2.3	0.0
140.00	10.7	4.1	1.3
160.00	10.7	4.1	1.3
180.00	11.9	5.0	1.3
200.00	12.3	4.5	0.0
220.00	12.3	3.2	0.0
240.00	10.7	1.8	0.0
260.00	9.5	0.9	0.0
280.00	9.5	0.9	0.0
300.00	12.3	2.7	0.0
320.00	20.3	6.8	0.0
340.00	33.5	12.6	2.0
Total (%)	29.4	10.7	1.7

Conditions de diffusion : Diffusion Normale Pluie (Répartition en pour mille)			
vitesse vent (m/s)	2	6	8
0.00	4.8	2.5	0.8
20.00	3.5	2.3	0.7
40.00	2.5	1.1	0.2
60.00	2.1	0.4	0.0
80.00	1.7	0.1	0.0
100.00	1.5	0.1	0.0
120.00	1.4	0.3	0.0
140.00	1.3	0.5	0.2
160.00	1.3	0.5	0.2
180.00	1.5	0.6	0.2
200.00	1.5	0.5	0.0
220.00	1.5	0.4	0.0
240.00	1.3	0.2	0.0
260.00	1.2	0.1	0.0
280.00	1.2	0.1	0.0
300.00	1.5	0.3	0.0
320.00	2.5	0.8	0.0
340.00	4.2	1.4	0.3
Total (%)	3.6	1.2	0.3

METEO FRANCE

ROSE DES VENTS

Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

Du 01 JANVIER 1981 au 31 DÉCEMBRE 2010

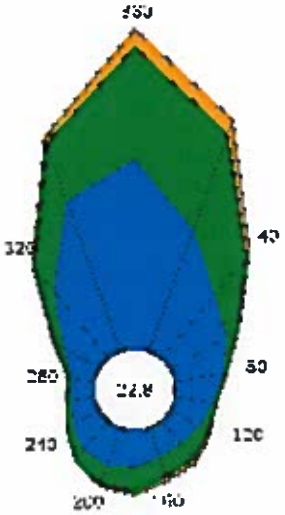
NIMES-COURBESSAC (30)

Indicatif : 30189001, alt : 59 m., lat : 43°51'24"N, lon : 04°24'18"E

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

Tableau de répartition
Nombre de cas étudiés : 87644
Manquants : 12



Dir.	[1.5;4.5[	[4.5;8.0[	≥ 8.0 m/s	Total
20	5.8	4.5	0.7	10.9
40	3.7	2.2	0.2	6.1
60	2.9	0.7	+	3.6
80	2.2	0.2	+	2.4
100	1.7	0.2	+	2.0
120	1.5	0.5	+	2.1
140	1.4	0.9	0.2	2.5
160	1.4	0.9	0.2	2.6
180	1.7	1.1	0.2	3.0
200	1.0	1.0	+	2.0
220	1.0	0.7	+	2.4
240	1.4	0.4	+	1.8
260	1.1	0.2	+	1.3
280	1.1	0.2	+	1.3
300	1.0	0.6	+	2.5
320	3.0	1.5	+	5.4
340	7.1	2.0	0.3	10.1
360	8.4	5.0	0.9	14.2
Total	50.7	23.7	2.0	77.2
[0;1.5[				22.8

Groupes de vitesses (m/s)

[1.5;4.5[[4.5;8.0[≥ 8.0

Pourcentage par direction

0% 5% 10%

Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord
le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Page 1/1

Edité le : 23/09/2014 dans l'état de la base

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues,
en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

Direction de la Production
42 avenue Gustave Coriolis 31057 Toulouse Cedex
Fax : 05 61 07 80 79 – Email : climatheque@meteo.fr

Figure 2 : Rose des vents fournie par Météo France - site de Nîmes

VII REFERENCES

1 M. Monfort, Ch. Duchenne - Description des modèles du code GASCON de la plate-forme CERES destiné à l'évaluation de la dispersion atmosphérique et des conséquences sur l'homme et l'environnement de radionucléides émis en fonctionnement normal. Note CEA/DIF/DASE/SRCE SIM.SCGCI.RBC.NT-.11000608 A, CEA/DIF/DASE/SRCE DO 481, octobre 2011.

2 M. Monfort - Description de la plate-forme CERES radiologique, destinée à l'évaluation des conséquences sur l'homme et l'environnement de rejets de radionucléides. Note technique SIM.SCGCI.RBC.NT- 09000560 A, CEA/DIF/DASE/SRCE DO 419, septembre 2009.

3 K.F. Eckerman, J.C. Ryman - External exposure to radionuclides in air, water and soil. Federal Guidance Report 12-EPA 402-R-93-081, 1993.

4 CIPR 66 - Human respiratory tract model for radiological protection – 1994.

5 Arrêté du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.

6 G.A. Sehmel - Particle and gas dry deposition: a review. Atm Env Vol 14, pp 983-1011.

7 M. Monfort - Description des modèles du code COTRAM4 de calcul de coefficients de transfert moyens. Note technique IPSN/DPEA/SECRI 01-42, janvier 2001.

8 Article R1333-8 du Code de la Santé Publique.