

Fontenay-aux-Roses, le 4 mai 2016

Monsieur le Directeur général de la prévention des
risques

Avis/IRSN N° 2016-00148

Objet : Conduite d'une expertise complémentaire de l'IRSN dans le cadre de la campagne de mesures de poussières relative au site de stockage de Mange-Garri de la société ALTEO

Réf. Lettre DPGR n° BSSS/2016-101/AG du 8 avril 2016

Par lettre citée en référence, vous avez demandé à l'IRSN d'intervenir dans une campagne de prélèvements de poussières autour du site de stockage de Mange-Garri, et plus particulièrement de confirmer en amont de la campagne le protocole de prélèvement et d'analyse retenu, de prélever quotidiennement des échantillons d'air et sélectionner les échantillons considérés comme représentatifs des conditions en provenance du site de Mange-Garri, puis enfin de confirmer, au vu des résultats de la campagne, l'avis de l'IRSN relatif aux émissions de poussières du site de stockage de Mange-Garri, transmis à vos services en octobre 2015.

1. Contexte

Dans l'avis n°2015-00344 du 29 octobre 2015, l'IRSN présentait son analyse de l'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) relative aux émissions de poussières issues du site de stockage de boues rouges de Mange-Garri, tenant compte de sa configuration actuelle en termes de quantité de poussières liées à l'exploitation du site¹. L'IRSN a notamment effectué une estimation de la dose efficace annuelle maximale obtenue à la population après 30 ans d'exploitation de ce stockage. Pour cela, l'IRSN a réalisé une évaluation enveloppe de l'exposition potentielle des populations, en considérant les limites réglementaires imposées au site en termes d'empoussièrement et de dépôt. Le détail des hypothèses et résultats de cette évaluation est présenté en annexe 3 au présent avis. Les doses obtenues étaient de l'ordre de 0,12 mSv/an pour les enfants de 1 an à 2 ans et de 0,05 mSv/an pour les adultes. En comparaison de l'exposition moyenne de la population française aux sources naturelles de rayonnements ionisants s'élevant à 2,9 mSv/an, l'IRSN a conclu que l'enjeu radiologique associé au site de Mange-Garri était faible.

Suite à cette instruction, vous avez demandé à l'IRSN de compléter son analyse en participant à une campagne de prélèvements afin d'effectuer une caractérisation radiologique des poussières autour du site de Mange-Garri. Cette campagne a été menée entre octobre et novembre 2015 en coordination avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), en charge de son pilotage et de la caractérisation physique et chimique des poussières.

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

¹ En plus d'être soulevées de manière naturelle par le vent, les poussières sont mises en suspension lors des opérations de chargement et déchargement des camions les transportant et lors de la circulation de ces camions sur les bassins de stockage ou à proximité.

2. Protocole de prélèvements et d'analyses

En amont de la campagne de prélèvements, le protocole retenu en accord entre le BRGM et l'IRSN prévoyait, pour l'IRSN, de prélever quotidiennement des échantillons d'air à l'aide d'un préleveur aérosol (modèle DIGITEL DA 80) possédant un débit de 60 m³/h. Ce préleveur permet de collecter les échantillons sur des filtres de diamètre 130 mm en polypropylène (référence 3M BMF 20F), selon la norme NF M 60-760 relative au prélèvement des aérosols dans l'environnement en vue de la mesure de radioactivité. Le préleveur permet en outre un changement automatique des filtres toutes les 24 heures mais ne permet pas de sélectionner la taille des aérosols à analyser.

L'IRSN ne disposant que d'un seul appareil adapté pour cette campagne, il a été décidé, en accord avec le BRGM, de positionner successivement le préleveur sur deux points de mesure parmi les six points sélectionnés par le BRGM. Ces deux emplacements, présentés sur la figure 1 en annexe au présent avis, correspondent aux deux localisations les plus susceptibles de recevoir des poussières issues du site de Mange-Garri d'après la rose des vents (présentée à la figure 2 en annexe au présent avis et décrite plus en détail au chapitre 4.1), à savoir sous les vents dominants² principaux et secondaires, ainsi qu'en sélectionnant les habitations les plus proches parmi les riverains favorables à l'accueil du préleveur sur leur terrain. Ainsi :

- le point AA01 se situe sous les vents secondaires, à environ 500 m du site de stockage ;
- le point AA05 se situe sous les vents principaux, à environ 1500 m du site de stockage.

Pour ce qui concerne les durées et fréquences de prélèvement, celles-ci ont été ajustées sur celles du BRGM afin de bénéficier des données relatives à la taille des aérosols (quantification des PM10³) fournies par leurs stations implantées sur les mêmes points de prélèvement.

S'agissant des éléments à analyser, les radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle et artificielle devaient être recherchés par spectrométrie gamma avec des temps de comptage d'une durée comprise entre 48 et 66 heures et les isotopes de l'uranium et du thorium devaient être dosés par ICP-MS.

3. Déroulé de la campagne

La campagne de prélèvements s'est déroulée :

- entre le 15 octobre et le 5 novembre 2015 pour le point AA01,
- entre le 5 et le 22 novembre 2015 pour le point AA05,

et a permis de collecter trente-cinq filtres au total. Le BRGM a ensuite mis à disposition les données relatives à l'empoussièrément dans l'air correspondant notamment aux points et dates de prélèvements réalisés par l'IRSN, ainsi que les données météorologiques correspondant à cette campagne. Ainsi, en fonction des informations relatives à la force et à la direction des vents, seuls dix-huit filtres ont fait l'objet de mesures radiologiques, dont :

- deux filtres, considérés comme « hors influence » pour chacun des deux points de prélèvement (les vents correspondant à leur date de prélèvement n'étant pas susceptibles de générer un impact provenant du site), dans le but de disposer de prélèvements de référence ;
- seize filtres, considérés comme potentiellement influencés par les poussières issues du site de Mange-Garri du fait de vents non négligeables en provenance de l'Ouest ou de l'Est. Parmi eux, onze filtres proviennent du point AA01 et cinq du point AA05. Parmi ces seize filtres,

² Les vents sont considérés comme dominants en termes de fréquences et de vitesses.

³ Particules en suspension dans l'air d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres, pouvant pénétrer dans les bronches lors de la respiration.

quatre étaient marqués visuellement de poussières rouges⁴ et ce uniquement au niveau du point AA01.

4. Résultats des mesures et comparaison avec les valeurs retenues par l'IRSN pour estimer l'impact radiologique

4.1 Résultats des mesures météorologiques et des taux d'empoussièrement

La rose des vents constituée à partir des données relevées au niveau de la station météorologique METEO FRANCE d'Aix les Milles entre 2010 et 2012, soit sur une durée de trois ans permettant de couvrir la plupart des situations possibles en termes de direction et de vitesse de vents notamment, montre que les vents les plus fréquents observés dans la région de Mange-Garri proviennent du Nord-ouest (vents principaux) et de l'Est-sud-est (vents secondaires). Les vents forts sont caractérisés par des vitesses moyennes supérieures à 30 km/h et dans l'ensemble les vents présentent le plus fréquemment des vitesses inférieures à 5 km/h.

Au cours de la campagne de mesures, les deux directions principales de vents observées correspondaient à des vents d'Est-sud-est et à des vents d'Ouest, avec une fréquence plus importante pour les premiers. En effet, sur les trente-cinq journées de prélèvements, seize journées correspondaient à du vent d'Est-sud-est et six à du vent d'Ouest. Les vitesses moyennes de vent ont été comprises entre 2 et 16 km/h en moyenne journalière. Trois journées ont présenté des vents plus importants, avec des vitesses atteignant 18, 28 ou 36 km/h en moyenne horaire. Enfin, différentes situations pluviométriques ont été observées, comprises entre 0 et 25,6 mm/j de précipitations.

De par la prédominance du vent d'Est-sud-est par rapport au vent d'Ouest, de l'absence d'une composante Nord pour le vent d'Ouest (qui serait ainsi davantage représentative du mistral) et surtout de la quasi absence de vents forts, l'IRSN constate que les conditions météorologiques observées durant les trente-cinq jours de la campagne ne sont pas représentatives de toutes celles pouvant prévaloir sur le site. Ainsi, si le point AA01 situé au Nord-ouest du site peut être considéré comme représentatif de l'empoussièrement lié au vent secondaire (à l'exception près de la force des vents), à l'inverse, le point AA05 situé au Sud-est ne rend pas compte d'un empoussièrement de l'air en provenance du site par temps de mistral. La question de la représentativité des mesures pour l'interprétation de l'impact radiologique du site est abordée au chapitre 4.3 du présent avis.

Pour ce qui concerne les taux d'empoussièrement mesurés par le BRGM au niveau des deux points de prélèvements de l'IRSN, les résultats montrent des concentrations en PM10 comprises entre 2,7 et 40,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une moyenne de 23,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette moyenne est inférieure aux concentrations moyennes annuelles mesurées à la station Air PACA de Gardanne (cf. Figure 1 en annexe au présent avis) qui sont comprises, pour les huit dernières années, entre 29 et 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En outre, l'IRSN note que les valeurs élevées de concentrations en PM10 ne sont pas systématiquement associées à des vents en provenance du site de Mange-Garri. A titre d'exemple, 34,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'empoussièrement ont été relevés au point AA01 du 20 au 21 novembre alors que le vent provenait de l'Ouest sur cette période. L'IRSN considère en première approche que d'autres sources de poussières, liées notamment à la circulation routière et aux feux de cheminée, sont susceptibles d'expliquer ce constat.

⁴ Les filtres marqués de poussières rouges correspondent aux prélèvements réalisés entre le 25 et le 28 octobre, ainsi qu'entre le 1^{er} et le 2 novembre.

4.2 Résultats des mesures radiologiques

Radionucléides émetteurs gamma

Pour ce qui concerne les prélèvements analysés par spectrométrie gamma (cf. Tableau 1 en annexe 2 au présent avis), les résultats n'ont permis d'identifier et de quantifier que deux éléments radioactifs d'origine naturelle, le ^7Be et le ^{210}Pb , dont les activités volumiques se situent globalement dans le même ordre de grandeur que celles du niveau moyen mesuré à l'échelle nationale sur le réseau OPERA-AIR de l'IRSN.

Isotopes de l'uranium et du thorium

Pour ce qui concerne les isotopes de l'uranium et du thorium, malgré la faible quantité d'aérosols prélevés du fait de la courte durée d'échantillonnage (24h), la majorité des échantillons a pu faire l'objet d'une quantification de leur activité (cf. Tableau 2 en annexe 2 au présent avis).

L' ^{238}U , le ^{232}Th et l' ^{235}U sont des radionucléides d'origine naturelle. Ils produisent par chaînes de désintégrations successives 36 radionucléides. Ces trois radionucléides têtes de chaînes ont donc été recherchés, ainsi que l' ^{234}U et le ^{230}Th , appartenant à la chaîne de l' ^{238}U , qui se mesurent facilement par la méthode de mesure employée (ICP-MS).

Pour la chaîne de l' ^{238}U , les activités des radionucléides mesurés sont comprises entre 0,2 et 2,5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, pour celle de l' ^{235}U , entre 0,01 et 0,12 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ et pour celle du ^{232}Th , entre 0,1 et 3,5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Les activités les plus importantes sont mesurées lorsque les filtres du point AA01 apparaissent chargés de poussières rouges. Ces filtres présentent des activités volumiques comprises entre 1,4 et 2,5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ pour les radionucléides de la chaîne de l' ^{238}U et entre 2,3 et 3,5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ pour le ^{232}Th . Les résultats montrent par ailleurs que les valeurs mesurées sur le point AA01 (le plus proche du stockage) sont quasiment deux fois plus élevées qu'au point AA05. Les activités les plus faibles sont quant à elles mesurées sur les deux filtres « hors influence » (activités comprises entre la limite de détection et 0,24 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ pour l' ^{234}U et l' ^{238}U ; le ^{232}Th étant mesuré à 0,1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$).

4.3 Comparaison des résultats de la campagne avec les valeurs retenues par l'IRSN pour estimer l'impact radiologique lors de la précédente expertise

Les résultats montrent que les activités radiologiques les plus importantes, relevées sur les quatre filtres marqués de poussières rouges au point AA01 par condition de vent d'Est (comprises entre 1,4 et 2,5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ pour les radionucléides de la chaîne de l' ^{238}U et entre 2,3 et 3,5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ pour le ^{232}Th , ainsi qu'évoqué supra) sont d'un ordre de grandeur inférieures à celles retenues par l'IRSN dans ses calculs d'impact radiologique réalisés en appui à l'analyse de l'ERS (valeurs de 12 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ et de 24 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ respectivement pour ces deux chaînes). Pour ce qui concerne les taux d'empoussièrement en particules de taille PM10 associés à ces quatre filtres, les mesures effectuées par le BRGM montrent des quantités comprises entre 21,5 et 33,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soit inférieures à l'empoussièrement de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ retenu par l'IRSN dans ses calculs. A cet égard et ainsi que l'IRSN le rappelait dans son avis d'octobre 2015, les concentrations moyennes annuelles mesurées à la station Air PACA de Gardanne, que l'on peut considérer être sous l'influence du site de stockage de Mange-Garri mais surtout de l'usine Altéo, sont comprises, pour les huit dernières années, entre 29 et 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'IRSN constatait qu'une valeur dépassait légèrement la limite réglementaire de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mais estimait que celle-ci n'avait que très peu d'influence sur le calcul de l'impact radiologique ; en effet, une concentration plus importante de poussières dans l'air n'est pas susceptible de modifier significativement l'impact radiologique à la population évalué par l'IRSN car la valeur du dépôt de poussières, prise de manière enveloppe à la valeur limite de l'arrêté préfectoral des Bouches-du-Rhône (0,5 $\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$) et cumulée sur une durée de 30 ans, est prépondérante dans ce calcul (cf. annexe 3 au présent avis).

Sur la base de ces résultats obtenus au niveau du point AA01 que l'on peut considérer comme raisonnablement représentatif des conditions de vents secondaires, l'IRSN confirme que les valeurs retenues dans son évaluation de l'impact radiologique présentée dans son avis d'octobre 2015 sont majorantes.

S'agissant du point AA05, l'IRSN considère, ainsi qu'indiqué précédemment, que les mesures effectuées ne sont pas représentatives de l'empoussièrement en provenance du site de Mange-Garri en conditions de vents principaux, en particulier de mistral. A cet égard, le marquage radiologique observé en ce point provient plus vraisemblablement du stock de bauxite de secours de l'usine Altéo situé à environ 400 m à l'Ouest (cf. Figure 1 en annexe 1 au présent avis). Une mesure supplémentaire au point AA05 permettrait d'acquérir des données plus représentatives de l'empoussièrement en provenance du site de Mange-Garri par temps de mistral. Toutefois, sur le plan qualitatif, l'IRSN considère qu'il est peu probable que l'empoussièrement par temps de mistral soit tel qu'il puisse devenir une voie prépondérante d'exposition. En effet, la mise en suspension des poussières, bien que nécessairement plus importante dans ces conditions, devrait être contrebalancée par une dilution atmosphérique accrue.

5. Conclusion

Les résultats obtenus révèlent que les niveaux d'activité des isotopes de l'uranium et du thorium les plus importants correspondent aux prélèvements les plus marqués en poussières rouges issues du site de stockage de Mange-Garri. Ces activités demeurent toutefois inférieures à celles retenues par l'IRSN dans son évaluation de l'impact radiologique présentée lors de l'instruction de l'ERS liée aux émissions de poussières issues de ce site, qui prenait en compte des hypothèses conservatives. Bien que la durée de la campagne n'ait pas permis de réunir les conditions d'empoussièrement représentatives de l'ensemble des conditions météorologiques possibles, l'IRSN considère que les résultats issus de cette campagne confirment que l'impact radiologique lié à l'inhalation de poussières en provenance du site de Mange-Garri est très faible et qu'à ce titre, les conclusions de sa précédente analyse sur l'impact potentiel du site ne sont pas remises en cause.

Pour le Directeur général, par ordre

François BESNUS

Directeur des Déchets et de la Géosphère



Figure 1 - Localisation des points de prélèvements IRSN autour du site de Mange-Garri

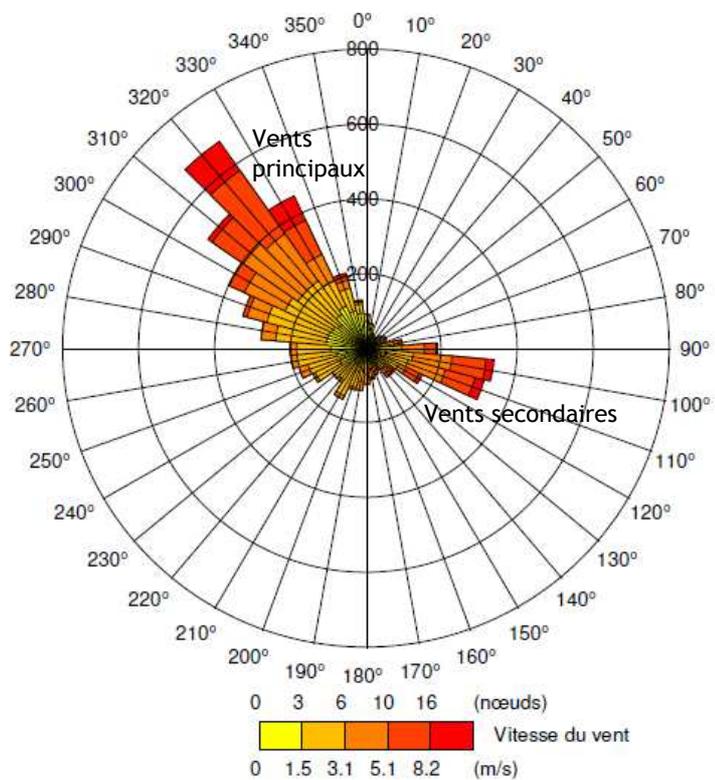


Figure 2 - Rose des vents établie par ADMS au niveau de la station d'Aix en Provence les Milles (données 2010-2012)

Date de prélèvement	⁷ Be	Incertitude	²¹⁰ Pb	Incertitude
Prélèvements au point AA01				
16 au 17/10/2015	1760,00	160,16	1190,00	209,44
17 au 18/10/2015	1920,00	170,88	1190,00	290,36
18 au 19/10/2015	2400,00	199,20	510,00	190,23
21 au 22/10/2015	2050,00	159,90	1300,00	130,00
24 au 25/10/2015	3340,00	260,52	2050,00	250,10
25/10 au 26/10/15	3590,00	258,48	1670,00	220,44
26/10 au 27/10/15	5220,00	360,18	1420,00	200,22
27/10 au 28/10/15	4190,00	310,06	890,00	110,36
30 au 31/10/2015	2070,00	169,74	790,00	169,85
01/11 au 02/11/15	6150,00	448,95	1140,00	199,50
02 au 03/11/2015	4270,00	320,25	1220,00	140,30
03 au 04/11/2015	3460,00	259,50	770,00	170,17
Prélèvements au point AA05				
08 au 09/11/15	2530,00	199,87	1100,00	210,10
17 au 18/11/15	3110,00	248,80	1290,00	140,61
18 au 19/11/15	4060,00	300,44	320,00	179,20
19 au 20/11/15	2900,00	229,10	470,00	170,14
20 au 21/11/15	4020,00	301,50	1020,00	179,52
21 au 22/11/15	2120,00	220,48	SD (220,00)	

Tableau 1 - Activités en ⁷Be et en ²¹⁰Pb dans les aérosols mesurées par spectrométrie gamma (en µBq/m³ d'air)

Date de prélèvement	[PM10] µg/m3	234U		235U		238U		234U / 238U		235U / 238U		234U / 238U	
		Activité (µBq.m ⁻³)	U _A (k=2) (µBq.m ⁻³)	Activité (µBq.m ⁻³)	U _A (k=2) (µBq.m ⁻³)	Activité (µBq.m ⁻³)	U _A (k=2) (µBq.m ⁻³)	RI (g/g, %)	U _A (k=2) (g/g, %)	RI (g/g, %)	U _A (k=2) (g/g, %)	RI (g/g, %)	U _A (k=2) (g/g, %)
Point AA01													
16 au 17/10/2015	22,3	0,56	0,14	0,0259	0,0026	< 0,00050	0,561	0,056	0,00540%	0,00120%	0,718%	0,020%	< LQ
17 au 18/10/2015	20,3	< 0,23		0,0099	0,0010	< 0,00054	0,213	0,022	< LQ	< LQ	0,721%	0,022%	< LQ
* 18 au 19/10/2015	11,2	< 0,23		< 0,0079		< 0,00054	< 0,17		< LQ	< LQ	< LQ		< LQ
21 au 22/10/2015	19,5	< 0,25		0,0093	0,0097	< 0,00058	0,215	0,021	< LQ	< LQ	0,720%	0,015%	< LQ
24 au 25/10/2015	40,9	1,70	0,24	0,0790	0,0077	< 0,00057	1,71	0,17	0,00536%	0,00043%	0,717%	0,014%	< LQ
25/10 au 26/10/15	28,2	2,07	0,28	0,0960	0,0095	< 0,00051	2,08	0,21	0,00536%	0,00039%	0,717%	0,016%	< LQ
26/10 au 27/10/15	21,5	1,57	0,25	0,0732	0,0073	< 0,00048	1,59	0,16	0,00535%	0,00057%	0,717%	0,016%	< LQ
27/10 au 28/10/15	-	1,56	0,23	0,0715	0,0070	< 0,00051	1,55	0,16	0,00544%	0,00050%	0,712%	0,014%	< LQ
30 au 31/10/2015	23,9	0,82	0,15	0,0383	0,0038	< 0,00058	0,834	0,082	0,00533%	0,00070%	0,714%	0,014%	< LQ
01/11 au 02/11/15	33,8	2,48	0,40	0,115	0,012	< 0,00051	2,51	0,25	0,00534%	0,00063%	0,714%	0,014%	< LQ
02 au 03/11/2015	19,7	0,76	0,19	0,0337	0,0035	< 0,00057	0,735	0,075	0,0056%	0,0013%	0,712%	0,019%	< LQ
03 au 04/11/2015	17,7	0,23	0,12	0,0096	0,0011	< 0,00063	0,210	0,022	0,0060%	0,0028%	0,707%	0,023%	< LQ
Point AA05													
* 08 au 09/11/15	23,3	0,24	0,11	0,0108	0,0011	< 0,00061	0,235	0,024	0,0056%	0,0024%	0,716%	0,018%	< LQ
17 au 18/11/15	14,6	0,54	0,14	0,0247	0,0025	< 0,00065	0,537	0,054	0,0054%	0,0012%	0,716%	0,019%	< LQ
18 au 19/11/15	34,5	1,20	0,20	0,0549	0,0054	< 0,00062	1,20	0,12	0,00541%	0,00068%	0,713%	0,014%	< LQ
19 au 20/11/15	16,7	0,56	0,13	0,0255	0,0026	< 0,00066	0,549	0,056	0,0055%	0,0011%	0,720%	0,018%	< LQ
20 au 21/11/15	29,5	1,13	0,20	0,0483	0,0049	< 0,00068	1,05	0,11	0,00580%	0,00076%	0,716%	0,018%	< LQ
21 au 22/11/15	2,7	< 0,20		< 0,0091		< 0,00061	0,162	0,017	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ
Point AA07													
Date de prélèvement		230Th		232Th		230Th / 332Th		230Th / 332Th		230Th / 332Th		230Th / 332Th	
[PM10] µg/m3		Activité (µBq.m ⁻³)	U _A (k=2) (µBq.m ⁻³)	Activité (µBq.m ⁻³)	U _A (k=2) (µBq.m ⁻³)	RI (g/g, %)	U _A (k=2) (g/g, %)	RI (g/g, %)	U _A (k=2) (g/g, %)	RI (g/g, %)	U _A (k=2) (g/g, %)	RI (g/g, %)	U _A (k=2) (g/g, %)
Point AA01													
16 au 17/10/2015	22,3	0,58	0,24	0,537	0,088	0,00057%	0,00016%						
17 au 18/10/2015	20,3	< 0,23		0,174	0,029	< LQ							
* 18 au 19/10/2015	11,2	< 0,24		0,088	0,015	< LQ							
21 au 22/10/2015	19,5	< 0,26		0,201	0,033	< LQ							
24 au 25/10/2015	40,9	1,20	0,42	1,75	0,29	0,000364%	0,00059%						
25/10 au 26/10/15	28,2	2,09	0,74	3,54	0,58	0,000314%	0,00050%						
26/10 au 27/10/15	21,5	1,36	0,49	2,61	0,43	0,000278%	0,00049%						
27/10 au 28/10/15	-	1,42	0,51	2,31	0,38	0,000326%	0,00055%						
30 au 31/10/2015	23,9	0,60	0,26	0,74	0,13	0,00043%	0,0013%						
01/11 au 02/11/15	33,8	1,93	0,68	3,30	0,54	0,000311%	0,00051%						
02 au 03/11/2015	19,7	0,64	0,37	0,85	0,14	0,00040%	0,00190%						
03 au 04/11/2015	17,7	< 0,32		0,168	0,028	< LQ							
Point AA05													
* 08 au 09/11/15	23,3	< 0,35		0,121	0,020	< LQ							
17 au 18/11/15	14,6	< 0,34		0,216	0,036	< LQ							
18 au 19/11/15	34,5	0,96	0,40	1,04	0,17	0,00049%	0,0014%						
19 au 20/11/15	16,7	0,48	0,32	0,489	0,081	0,00052%	0,00031%						
20 au 21/11/15	29,5	1,09	0,40	1,10	0,19	0,00052%	0,0011%						
21 au 22/11/15	2,7	< 0,44		0,138	0,023	< LQ							

* Prélèvement de référence "hors influence"
 U Incertitude
 k Facteur d'élargissement
 RI Rapport isotopique

Tableau 2 - Activités et rapports massiques des isotopes de l'uranium et du thorium - Concentration en PM10 pendant les périodes de prélèvement

Annexe 3 à l'avis IRSN/2016-00148 du 4 mai 2016

Empoussièrément de l'air	40 µg/m ³ de PM10 (valeur limite pour la protection de la santé humaine pour les poussières de type PM10 dans l'air en moyenne annuelle), provenant exclusivement du site de Mange-Garri
Dépôt de poussières	0,5 g/m ² /jour en valeur moyenne sur 15 jours (valeur limite inscrite dans l'arrêté préfectoral des Bouches-du-Rhône), provenant exclusivement du site de Mange-Garri
Composition radiologique des poussières	300 Bq/kg pour chaque radionucléide de la famille de l'uranium 238 (soit 12 µBq/m ³ pour chaque radionucléide en considérant 40 µg/m ³ de PM10)
	600 Bq/kg pour chaque radionucléide de la famille du thorium 232 (soit 24 µBq/m ³ pour chaque radionucléide en considérant 40 µg/m ³ de PM10)
Groupe de référence	Adultes (> 17 ans), enfants de 10 ans et enfants de 1 à 2 ans
	Situé 100 % du temps à l'extérieur (8760 h/an) pendant une durée de 30 ans d'exploitation du stockage
	Localisé près du site de Mange-Garri sous les vents dominants (les vents dominants sont observés en provenance du secteur Nord-Ouest et représentent 13 % des conditions de vents observées)
Voies d'exposition retenues	Exposition externe aux poussières présentes dans l'atmosphère (à une concentration de 40 µg/m ³)
	Exposition externe au dépôt (à partir d'un débit de dépôt de 0,5 g/m ² /j, accumulé durant 30 ans et en tenant compte d'une migration dans le sol)
	Exposition interne par inhalation des poussières présentes dans l'atmosphère (à une concentration de 40 µg/m ³)
	Exposition interne par ingestion de sol contaminé à 300 Bq/kg d'uranium 238 et à 600 Bq/kg de thorium 232 (main-bouche)
	Exposition interne par ingestion d'aliments contaminés par les poussières déposées à raison de 0,5 g/m ² /jour sur une période de 30 ans (aliments d'origine végétale et animale). L'IRSN retient une contamination possible des parties foliaires des végétaux.

Tableau 3 - Hypothèses retenues dans le calcul d'impact de l'IRSN dans son avis IRSN/2015-00344

		Adulte	Enfant 10 ans	Enfant 1 an
Dose totale		54 µSv/an	80 µSv/an	120 µSv/an
Voies d'exposition (contribution à la dose totale)	Exposition externe au panache de poussières	0%	0%	0%
	Exposition externe au dépôt	72%	48%	32%
	Exposition interne par inhalation de poussières	4%	2%	1%
	Exposition interne par ingestion de sol	5%	13%	34%
	Exposition interne par ingestion de végétaux	17%	33%	30%
	Exposition interne par ingestion de produits d'origine animale	2%	3%	3%

Tableau 4 - Résultats du calcul d'impact l'IRSN dans son avis IRSN/2015-00344 - Contribution des voies d'exposition à la dose efficace totale