



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

RAPPORT

MESURES RADIOLOGIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT DE LA PLATEFORME INDUSTRIELLE DE SALINDRES (30)

Pôle Santé Environnement

Rapport IRSN N° 2020-000860

Rapport établi en support à l'avis IRSN/2020-00185 du 26 novembre 2020

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE.....	4
2. DESCRIPTIF DU LIEU DE L'INTERVENTION.....	4
3. METHODOLOGIE	5
3.1. Méthodologie appliquée pour la mesure de débits d'équivalent de dose.....	6
3.2. Méthodologie appliquée pour l'analyse des eaux prélevées dans l'environnement.....	6
4. MATERIELS DE MESURE UTILISES.....	8
4.1. Caractéristiques du matériel.....	8
4.2. Mesures du bruit de fond radiologique local.....	9
5. RESULTATS DES MESURES DE DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE AMBIANT	10
5.1. Mesures à l'intérieur de la plateforme industrielle de Salindres.....	10
5.2. Mesures aux abords du lac de Ségoussac à Rousson.....	12
5.3. Mesures dans les zones résidentielles de Salindres et de Rousson.....	13
6. RESULTATS D'ANALYSE DES EAUX PRELEVEES DANS L'ENVIRONNEMENT	15
7. CONCLUSION.....	16
RÉFÉRENCES	17
ANNEXES	18

TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figures

Figure 1. Bassin de Ségoussac - Rousson.....	5
Figure 3. Plateforme industrielle - Salindres	5
Figure 2. : Vue d'ensemble des villes de Rousson et Salindres	5
Figure 4. Localisation des points de prélèvements d'eau dans l'environnement de la plateforme industrielle	7
Figure 5. Cartographie du débit d'équivalent de dose à 1 m du sol de la plateforme industrielle de Salindres.....	10
Figure 6. Distribution des valeurs de débit d'équivalent de dose enregistrées par les moyens embarqués à l'intérieur de la plateforme industrielle de Salindres	11
Figure 7. Cartographie du débit d'équivalent de dose à 1 m du sol aux abords du lac de Ségoussac.....	12
Figure 8. Distribution des valeurs de débit d'équivalent de dose enregistrées par les moyens embarqués aux abords du lac de Ségoussac.....	13
Figure 9. Cartographie du débit d'équivalent de dose à 1 m du sol dans les zones résidentielles de Salindres et de Rousson	14
Figure 10. Distribution des valeurs de débit d'équivalent de dose enregistrées par les moyens embarqués dans les zones résidentielles de Salindres et de Rousson	14

Tableaux

Tableau 1. Description des points de prélèvements	7
Tableau 2. Détail des analyses radiologiques effectuées sur les prélèvements d'eau	8
Tableau 3. Bruit de fond radiologique local des appareils de mesure utilisés.....	9

1. CONTEXTE

La Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire a sollicité l'IRSN, par courrier DGPR/SRT/MSNR/2020-018 du 04 février 2020, afin de réaliser des mesures radiologiques dans l'environnement de la plateforme industrielle de Salindres située dans le département du Gard (30).

Cette saisine [1] fait suite à l'analyse des cas de glioblastome dans le Gard sur la période de 2006 à 2015 par Santé Publique France qui met en évidence un taux d'incidence dans les communes de Salindres et de Rousson, trois fois supérieur à la moyenne départementale. Pour ce type de pathologie, les rayonnements ionisants constituent le seul facteur de risque reconnu actuellement¹. Après investigations de la DGPR et de la DREAL, les seules sources potentielles de rayonnements ionisants identifiées sont des sources scellées qui étaient présentes historiquement sur le site industriel de Salindres ainsi que les deux sites de stockages de « boues rouges » produites entre 1860 et 1984 qui présentent une radioactivité naturelle renforcée.

Ainsi, la DGPR a demandé à l'IRSN de réaliser des mesures de levée de doute destinées à rechercher et identifier d'éventuelles anomalies radiologiques :

- au sein de la plateforme industrielle et aux niveaux des habitations et des établissements recevant du public les plus proches du site, au moyen de mesures de débits d'équivalent de dose ;
- sur les eaux ayant percolé dans les massifs de déchets, en particulier au niveau des rejets issus du bassin B2 et du bassin de Ségoussac.

La DGPR a souhaité que les analyses radiologiques réalisées par l'IRSN portent notamment sur la recherche et la quantification des radionucléides des chaînes naturelles du thorium et de l'uranium et des radionucléides artificiels émetteurs gamma.

L'intervention de l'IRSN a été réalisée du 11 au 13 février 2020 en présence de la DREAL ; ce document constitue le rapport de cette intervention.

2. DESCRIPTIF DU LIEU DE L'INTERVENTION

Les communes de Salindres et de Rousson sont localisées à environ 10 km au nord-est de la ville d'Alès. La commune de Salindres comprend une plateforme industrielle avec différentes usines chimiques en cours d'exploitation. De 1860 à 1984, la plateforme industrielle accueillait une usine d'extraction d'aluminium à partir de minerais de bauxite. Le procédé industriel d'extraction d'aluminium a généré des résidus, appelés Bauxaline^{®2}, ou plus communément dénommés « boues rouges », qui ont été stockés sur deux sites :

- à l'intérieur de la plateforme industrielle de Salindres – bassin dit B2 où 2,8 millions de tonnes de Bauxaline[®] ont été déposées jusqu'en 1964. Les résidus sont recouverts par 3 à 4 mètres de remblais composés principalement par des sulfates et fluorures de calcium ;
- dans le lac de Ségoussac à Rousson (appelé également bassin de Ségoussac ou lac des boues rouges) dans lequel 3,9 millions de tonnes de résidus ont été regroupées entre 1964 et 1984. Les boues rouges sont recouvertes sur une partie par l'eau du lac et, pour l'autre partie non immergée, par un masque calcaire destiné à éviter la remise en suspension des poussières de résidus.

¹ D'autres facteurs de risque tels que le champ électromagnétique, les pesticides, les composés nitrés et les métaux lourds sont actuellement étudiés.

² Bauxaline[®] est une marque déposée

Les figures 1 à 3, ci-après, présentent une vue de ces deux sites de stockage et de leur localisation géographique.

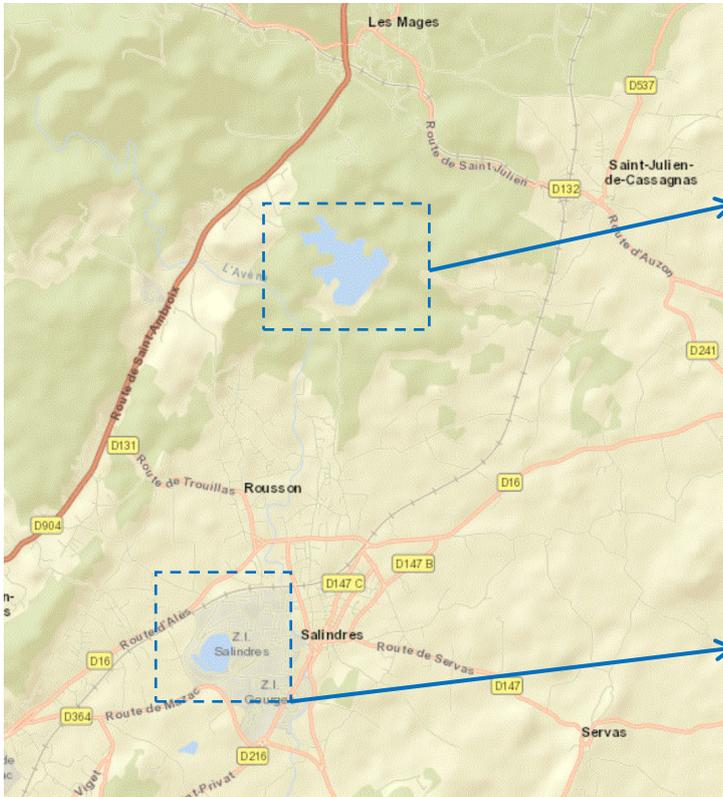


Figure 3. : Vue d'ensemble des villes de Rousson et Salindres



Figure 3. Bassin de Ségoussac - Rousson



Figure 3. Plateforme industrielle - Salindres

La partie résidentielle de la commune de Salindres est située à proximité immédiate de la plateforme industrielle ; elle est principalement localisée à l'est de la plateforme. La partie résidentielle de la commune de Rousson, quant à elle, se situe entre les deux sites de stockage.

3. METHODOLOGIE

Conformément à la saisine [1], la recherche d'éventuelles anomalies radiologiques a été réalisée par l'IRSN à travers de mesures de débit d'équivalent de dose ambiant et d'analyses radiologiques sur des échantillons d'eau prélevés dans l'environnement.

3.1. Méthodologie appliquée pour la mesure de débits d'équivalent de dose

La mesure des débits d'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ liés aux rayonnements X et γ a reposé sur deux techniques de mesures complémentaires :

- **des mesures ponctuelles** au moyen de radiamètres équipés d'une sonde bas-flux. Ces mesures ont été réalisées à différentes distances du sol et dans des zones pertinentes. Le choix de ces zones a été, pour partie, défini en concertation avec la DREAL préalablement à l'intervention afin de couvrir les zones qui présentent un intérêt particulier telles que certains établissements recevant du public (école, collège), les sites de stockage des boues rouges, les zones situées sous les vents dominants des sites de stockage. Les autres zones ont été déterminées par les équipes de l'IRSN en fonction des observations de terrain ;
- **des mesures avec des moyens embarqués** de type « Man-Borne » ou « Car-Borne ». Il s'agit de dispositifs de mesure de débit d'équivalent de dose ambiant qui sont, pour le système Car-Borne, embarqués dans un véhicule et, pour le système Man-Borne, intégrés dans un sac à dos. Ces dispositifs effectuent des mesures à haute fréquence et enregistrent les mesures radiométriques toutes les secondes. Chaque mesure est géolocalisée, ce qui permet une représentation visuelle des résultats sous forme cartographique.

3.2. Méthodologie appliquée pour l'analyse des eaux prélevées dans l'environnement

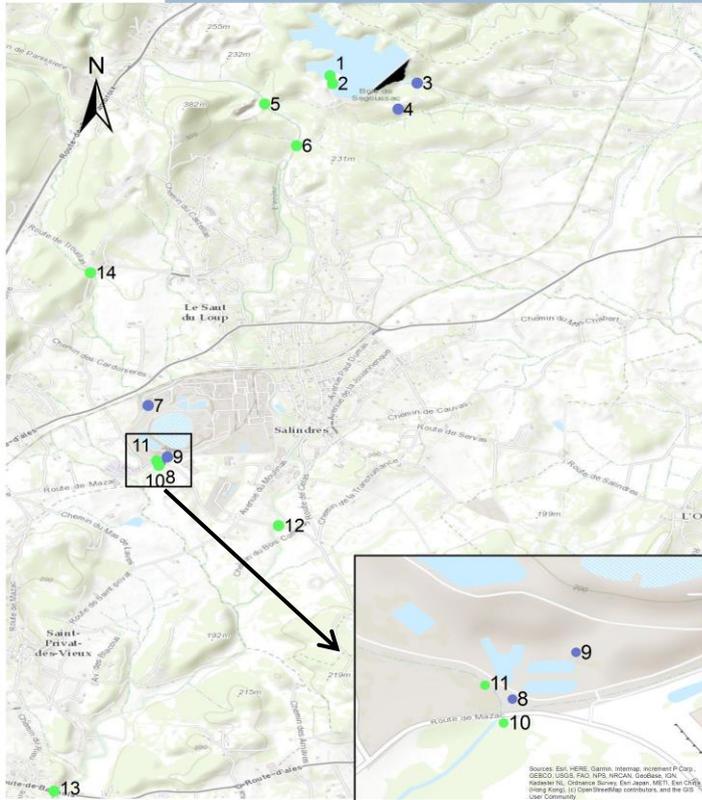
La localisation des prélèvements d'eaux de l'environnement a été définie préalablement à l'intervention de l'IRSN en concertation avec la DREAL. Le choix des zones de prélèvements a été défini en ciblant :

- en priorité les zones de rejets des deux sites de stockage vers le milieu naturel, ainsi que les cours d'eau de l'Arias et de l'Avène, en amont et en aval de chaque point de rejet ;
- les eaux de percolation des bassins, en amont de leur procédé de traitement. Les eaux de percolation du bassin de Ségoussac sont récupérées en pied de barrage, dans le bassin dit « inférieur », avant d'être acheminées vers une station de traitement physico-chimique. Les eaux traitées sont rejetées dans l'Avène en période de hautes eaux. Les eaux de percolation du bassin B2 convergent vers un bassin de rétention, puis des bassins de traitement par décantation. L'eau traitée est rejetée dans l'Arias.

Au total, 14 points de prélèvements ont été identifiés. Leur localisation est présentée sur la figure 4 et leur description dans le tableau 1.

COMMUNES DE SALINDRES ET ROUSSON (30)

Localisation des points de prélèvements d'eau 11 au 13 février 2020



Localisation des points de prélèvements

- à l'intérieur des sites de stockage (non accessibles au public)
- dans l'environnement (domaine public)



IRSNPSE-ENVISIRSE

Figure 4. Localisation des points de prélèvements d'eau dans l'environnement de la plateforme industrielle de Salindres et du lac de Ségoussac

Tableau 1. Description des points de prélèvements

Point	Description	Point	Description
1	Bassin dit « supérieur »	8	Rejet plateforme industrielle avant milieu naturel - eaux traitées par décantation
2	Bassin dit « supérieur » - rejet vers le milieu naturel	9	Pied du Bassin B2 - eaux de percolation du bassin B2
3	Bassin dit « inférieur » - eaux de percolation du bassin de Ségoussac	10	Arias - aval rejets des bassins de décantation
4	Station de traitement physico-chimique des eaux - eau à traiter (avant traitement)	11	Arias - amont rejets des bassins de décantation
5	Avène – amont rejets du bassin de Ségoussac	12	Avène - amont confluence avec Arias
6	Avène – aval rejets du bassin de Ségoussac	13	Avène - aval confluence avec Arias
7	Drain ouest - eaux de percolation du bassin B2	14	Arias - amont de la plateforme industrielle de Salindres

Les prélèvements d'eau ont été analysés dans les laboratoires de l'IRSN et ont fait l'objet d'une filtration à 0,45 µm pour séparer l'eau des résidus solides. Les différentes analyses radiologiques réalisées sur ces prélèvements (eaux et résidus de filtration) sont détaillées dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2. Détail des analyses radiologiques effectuées sur les prélèvements d'eau

Eaux filtrées		Résidus de filtration	
Radionucléides recherchés	Technique	Analyse	Technique
Activité totale - Alpha global	Scintillation solide	Activité totale - Alpha global	Scintillation solide
Activité totale - Bêta global	Comptage proportionnel	Activité totale - Bêta global	Comptage proportionnel
234U, 235U et 238U	ICP-MS	234U, 235U et 238U	ICP-MS
230Th et 232Th	ICP-MS	230Th et 232Th	ICP-MS
Potassium	Spectrométrie par absorption atomique		
Tritium	Scintillation liquide		

Nota : la recherche de radionucléides par spectrométrie gamma a été réalisée directement sur l'eau brute.

4. MATERIELS DE MESURE UTILISES

4.1. Caractéristiques du matériel

Les appareils de mesure et de détection listés ci-dessous ont été mis en œuvre lors de l'intervention :

- deux radiamètres Saphymo de type AD6 n°148126 et 132695 couplés à deux sondes bas-flux ADB n°148496 et 132233, vérifiés en janvier 2020. Ces appareils permettent de mesurer les débits d'équivalent de dose liés aux rayonnements X et γ dans une gamme d'énergie de 23 keV à 7 MeV. Les résultats sont donnés avec une incertitude de mesure de l'ordre de 20 % ;
- un système de détection et d'identification mobile Man-Borne de marque MIRION type SPIRPACK n°160010707 vérifié en avril 2019. Ce système comprend un détecteur NaI(Tl) de 3 x 3 pouces placé dans un sac à dos et permet de mesurer les débits d'équivalent de dose liés aux rayonnements X et γ dans une gamme d'énergie de 50 keV à 3 MeV. Les résultats de ces mesures sont donnés avec une incertitude de 30 %. Ce détecteur offre également la possibilité de réaliser des analyses par spectrométrie gamma en vue d'une identification des radionucléides émetteurs γ ;
- deux systèmes de détection et d'identification mobile Car-Borne de marque MIRION type SPIRMOBILE n°17002236 et 170002337 vérifiés en avril 2019. Chaque système comprend deux détecteurs NaI(Tl) de 3 x 3 pouces placés dans un véhicule et permet de mesurer les débits d'équivalent de dose liés aux rayonnements X et γ dans une gamme d'énergie de 50 keV à 3 MeV. Les résultats de ces mesures sont donnés avec une incertitude de 30 %. Ces détecteurs offrent également la possibilité de réaliser des analyses par spectrométrie gamma en vue d'une identification des radionucléides émetteurs γ.

4.2. Mesures du bruit de fond radiologique local

La commune des Mages (30) a été choisie comme zone de référence pour la mesure du bruit du fond. Cette commune est en effet située au nord du Lac de Ségoussac (Cf. figure 1) et se trouve hors influence des vents dominants [2]. D'autre part, la commune des Mages est située dans le même bassin sédimentaire que les communes de Salindres et de Rousson, ce qui limite l'influence des fluctuations du rayonnement gamma ambiant liées à la nature géologique du sol.

La mesure de bruit de fond a été effectuée au niveau d'un parking aux coordonnées géographiques X = 4,16372 et Y = 44,22765 du système géodésique WGS 84.

Les mesures du bruit de fond radiologique local sont présentées par type d'appareils de mesure utilisés dans le tableau 3.

Tableau 3. Bruit de fond radiologique local des appareils de mesure utilisés

Appareils de mesure	Valeurs moyennes du bruit de fond (BdF) ³	
	Valeurs moyennes lues sur les appareils (avec incertitude de mesures)	Valeurs corrigées à 1 mètre du sol, Cf. §4.1
Radiamètre AD6 + sonde ADb	70 ± 15 nSv/h à 1 mètre du sol	70 ± 15 nSv/h
Système Car-Borne Temps d'acquisition sur 1 minute	33 ± 10 nSv/h	69 ± 20 nSv/h
Système Man-Borne Temps d'acquisition sur 1 minute	43 ± 15 nSv/h	61 ± 20 nSv/h

Les résultats des mesures de débit d'équivalent de dose ambiant restitués par les systèmes Man-Borne et Car-borne ont été corrigés à partir de plusieurs mesures ponctuelles afin de prendre en considération certains paramètres physiques qui influencent la mesure, à savoir l'atténuation des rayonnements gamma par les véhicules ou les porteurs de sac à dos, l'effet de la distance entre le sol et les appareils de mesure, ainsi que la sensibilité des détecteurs aux rayonnements cosmiques.

Les facteurs utilisés sont les suivants :

- Système Car-Borne : $DeD_{CB} \times 1,75 + 11$ nSv/h

- Système Man-Borne : $DeD_{MB} \times 1,17 + 11$ nSv/h

Avec DeD_{CB} : Débits d'équivalent de Dose ambiant mesurés par le système Car-Borne (CB) exprimés en nSv/h

DeD_{MB} : Débits d'équivalent de Dose ambiant mesurés par le système Man-Borne (MB) exprimés en nSv/h.

³ Le bruit de fond correspond à la valeur mesurée par un appareil en l'absence de source radioactive. Il comprend la radioactivité naturelle — tellurique et cosmique — variable selon les régions (nature géologique du sol, altitude) et le mouvement propre du détecteur, dû à son électronique (bruit de fond électronique). Du fait du phénomène aléatoire de la radioactivité, le bruit de fond fluctue constamment d'un instant à l'autre.

5. RESULTATS DES MESURES DE DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE AMBIANT

Les résultats des mesures de débits d'équivalent de dose ambiant sont présentés dans les paragraphes suivants sous forme de cartographies. Les représentations en forme de rond ou de tracé correspondent aux mesures effectuées avec les systèmes Car-borne et Man-Borne. Les mesures ponctuelles effectuées au moyen de radiamètres sont représentées par des symboles en forme de triangle.

Une synthèse des résultats des mesures ponctuelles, leur localisation sur une carte et les photographies associées sont présentées respectivement en annexes 1, 2 et 3.

5.1. Mesures à l'intérieur de la plateforme industrielle de Salindres

La cartographie de débit d'équivalent de dose acquise à l'intérieur de la plateforme industrielle de Salindres est présentée en figure 5. Les valeurs indiquées prennent en compte les facteurs correctifs présentés au § 4.2.

Environ 7 000 mesures ont été enregistrées par les moyens embarqués Car-borne et Man-borne. A partir de ces valeurs, un diagramme de distribution a été établi et est présenté en figure 6.

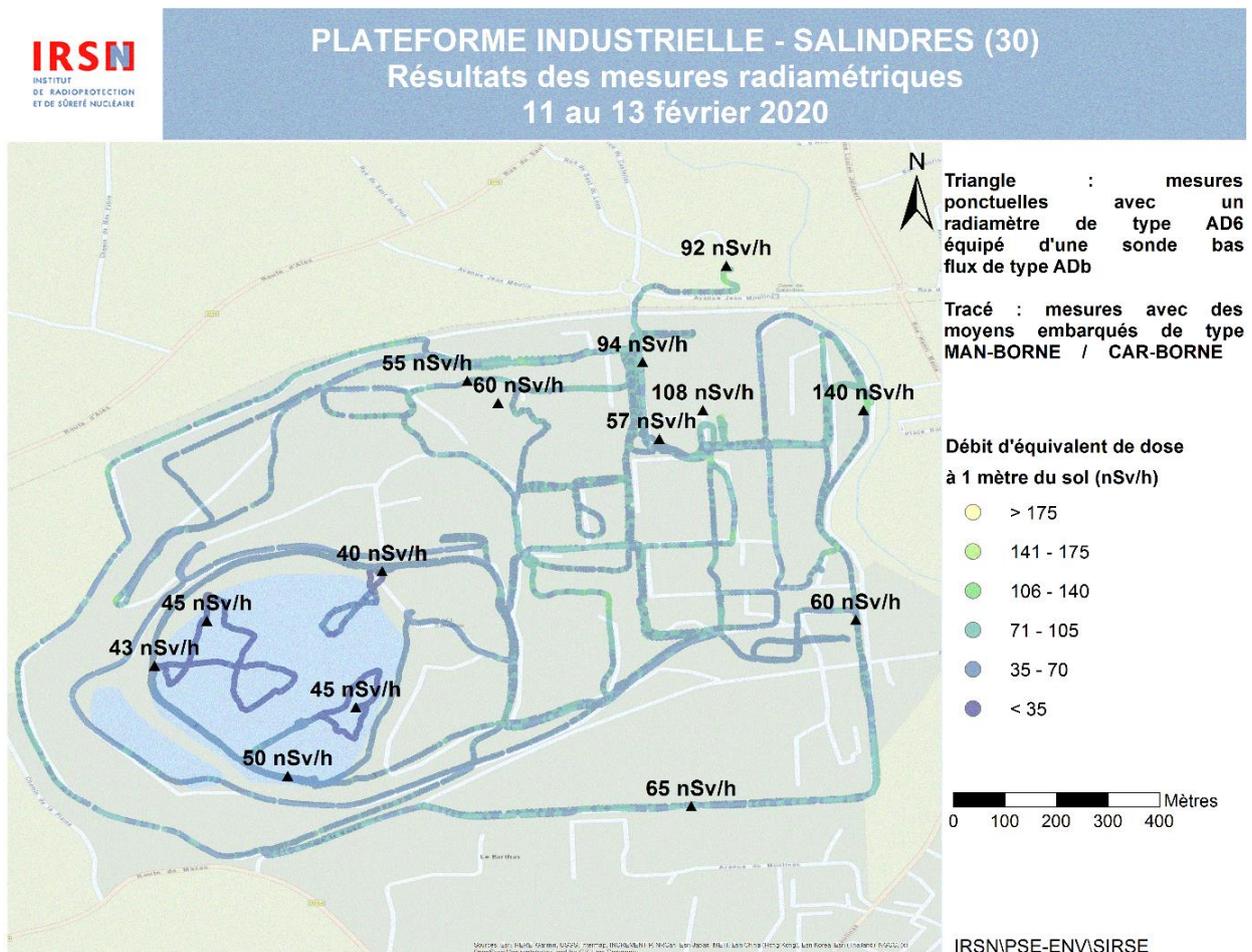


Figure 5. Cartographie du débit d'équivalent de dose à 1 m du sol de la plateforme industrielle de Salindres

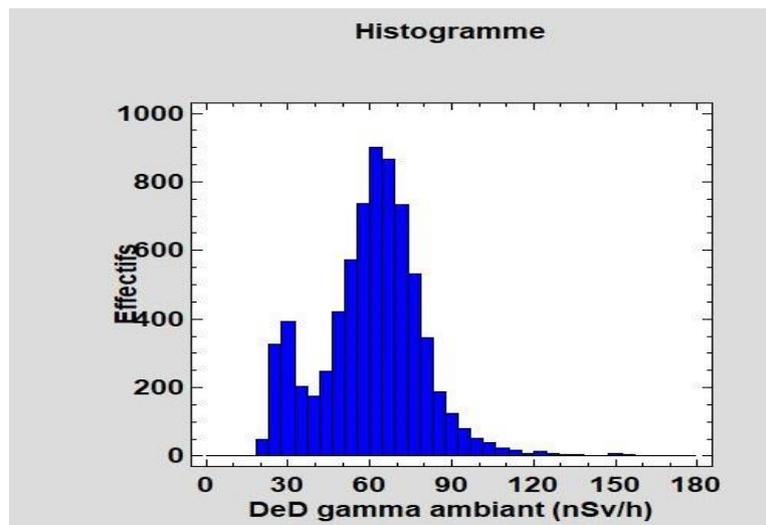


Figure 6. Distribution des valeurs de débit d'équivalent de dose enregistrées par les moyens embarqués à l'intérieur de la plateforme industrielle de Salindres

De l'analyse des résultats, il ressort que :

- les valeurs de débit d'équivalent de dose ambient sont comprises entre 19 nSv/h et 156 nSv/h pour les mesures effectuées avec les moyens embarqués et entre 43 et 140 nSv/h pour les mesures ponctuelles effectuées avec un radiamètre. Les résultats obtenus avec les deux dispositifs sont cohérents, les valeurs minimales et les valeurs maximales ayant été relevées aux mêmes endroits ;
- la distribution des mesures réalisées avec les moyens embarqués (Cf. figure 6) met en évidence deux groupes de mesures distincts dont la distribution suit une loi normale. Chacun de ces deux groupes de mesures correspond aux résultats des mesures réalisées dans deux zones géographiques pour lesquelles la nature du sol diffère. La zone de stockage des boues rouges du bassin B2 est la zone dans laquelle le débit d'équivalent de dose ambient est le plus faible avec des valeurs qui sont en moyenne d'environ 35 nSv/h. Au niveau du reste du site, les valeurs de débit d'équivalent de dose ambient sont en moyenne d'environ 65 nSv/h, soit la valeur du bruit de fond local. La concentration en radionucléides d'origine naturelle est vraisemblablement plus faible dans les remblais qui recouvrent le stockage des boues rouges que dans les sols qui recouvrent le reste de la plateforme. D'autre part, le site de stockage est éloigné de toute construction dont les matériaux auraient pu influencer la mesure ;
- les valeurs maximales de débit d'équivalent de dose ambient ont été mesurées à proximité du bâtiment « vestiaire Est » de la plateforme (coordonnées géographiques X=4,15479 et Y=44,17131 du système géodésique WGS 84). Cette valeur atteint 140 nSv/h avec un radiamètre positionné à un mètre du sol. Ces mesures sont influencées par la concentration de radionucléides d'origine naturelle contenus dans les matériaux de construction du bâtiment « vestiaire Est ». Cette hypothèse a pu être vérifiée par la réalisation de mesures ponctuelles sur les surfaces bâties accessibles.

Les mesures de débit d'équivalent de dose ambient effectuées à l'intérieur de la plateforme industrielle de Salindres ne mettent pas en évidence d'anomalie radiologique. Les valeurs de débit d'équivalent de dose ambient relevées s'inscrivent dans les fluctuations naturelles du bruit de fond local, liées notamment aux variations de concentration en radionucléides d'origine naturelle présents dans les sols et les matériaux de construction.

5.2. Mesures aux abords du lac de Ségoussac à Rousson

La cartographie de débit d'équivalent de dose acquise aux abords du lac de Ségoussac est présentée en figure 7. Les valeurs indiquées prennent en compte les facteurs correctifs présentés au § 4.2.

Plus de 4 100 mesures ont été enregistrées par les moyens embarqués Car-borne et Man-borne. A partir de ces valeurs, un diagramme de distribution a été établi et est présenté en figure 8.

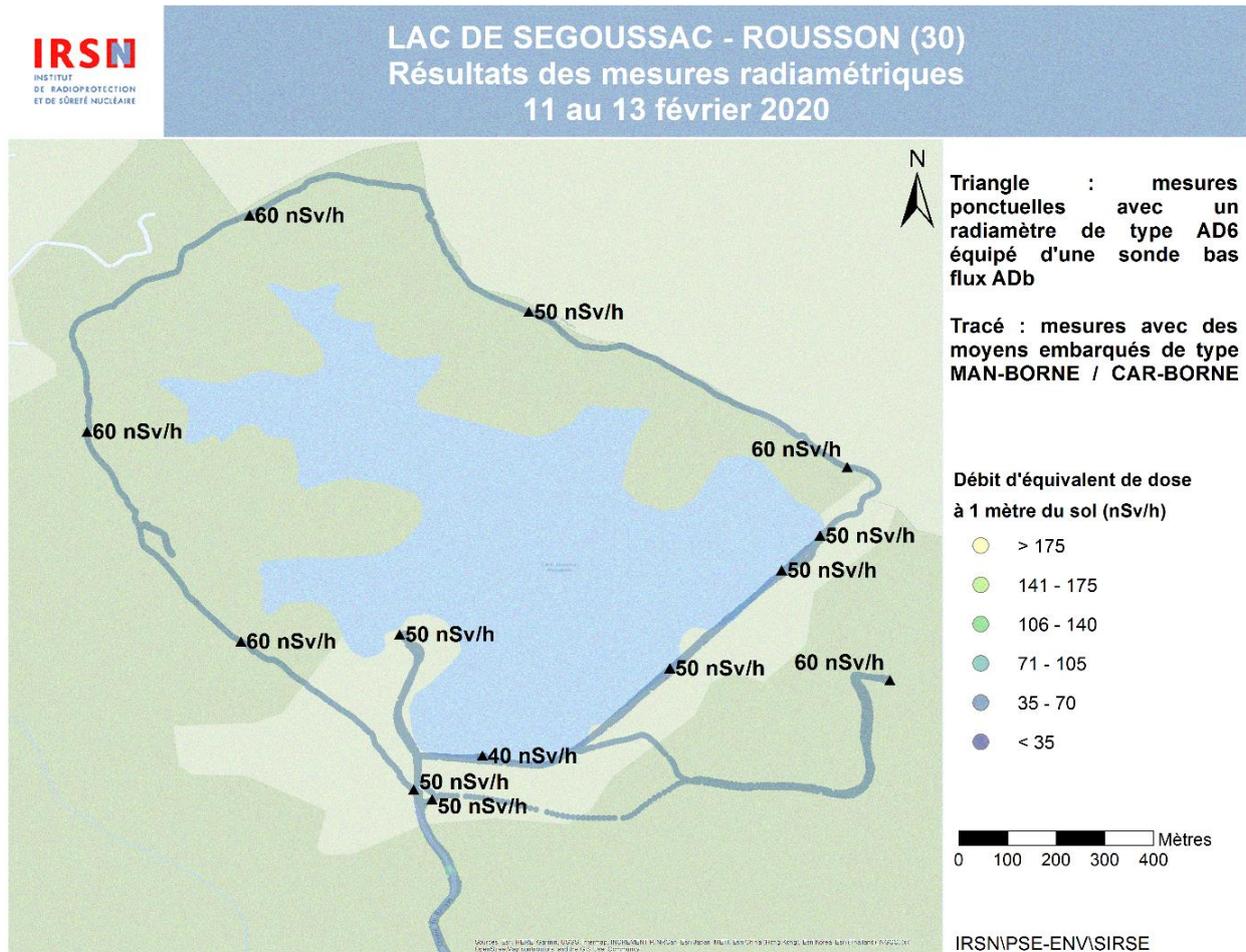


Figure 7. Cartographie du débit d'équivalent de dose à 1 m du sol aux abords du lac de Ségoussac

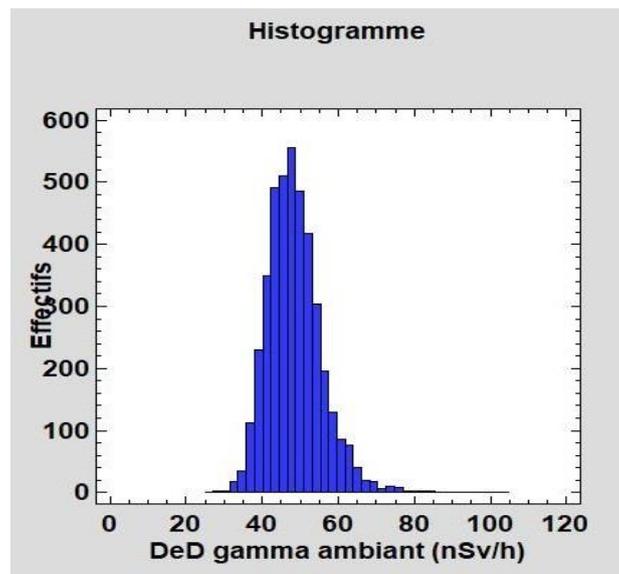


Figure 8. Distribution des valeurs de débit d'équivalent de dose enregistrées par les moyens embarqués aux abords du lac de Séguoussac

De l'analyse des résultats, il ressort que :

- la valeur moyenne du débit d'équivalent de dose ambiant enregistrée avec les moyens embarqués est de 49 nSv/h. Les valeurs sont comprises entre 28 et 90 nSv/h. Les valeurs ponctuelles mesurées avec le radiamètre sont comprises entre 40 et 60 nSv/h. L'ensemble des valeurs mesurées sont de l'ordre du bruit de fond local. Les résultats obtenus avec les deux dispositifs sont cohérents, les valeurs minimales et les valeurs maximales ayant été relevées aux mêmes endroits ;
- la distribution des valeurs de débit d'équivalent de dose enregistrées par les moyens embarqués (Cf. figure 8) suit une loi normale. L'ensemble des résultats de mesure est ainsi considéré comme homogène. Cette homogénéité s'explique par le fait que la nature apparente du sol est identique sur l'ensemble de cette zone et par l'absence de matériaux de construction.

Les mesures de débit d'équivalent de dose ambiant effectuées aux abords du lac de Séguoussac ne mettent pas en évidence d'anomalie radiologique. Les valeurs de débit d'équivalent de dose ambiant relevées s'inscrivent dans les fluctuations naturelles du bruit de fond local.

5.3. Mesures dans les zones résidentielles de Salindres et de Rousson

La cartographie de débit d'équivalent de dose acquise dans les zones résidentielles des communes de Salindres et de Rousson (en dehors des deux sites de stockage de boues rouges) est présentée en figure 9. Les valeurs indiquées prennent en compte les facteurs correctifs présentés au § 4.2.

Plus de 19 000 mesures ont été enregistrées par les moyens embarqués Car-borne et Man-borne. A partir de ces valeurs, un diagramme de distribution a été établi et est présenté en figure 10.

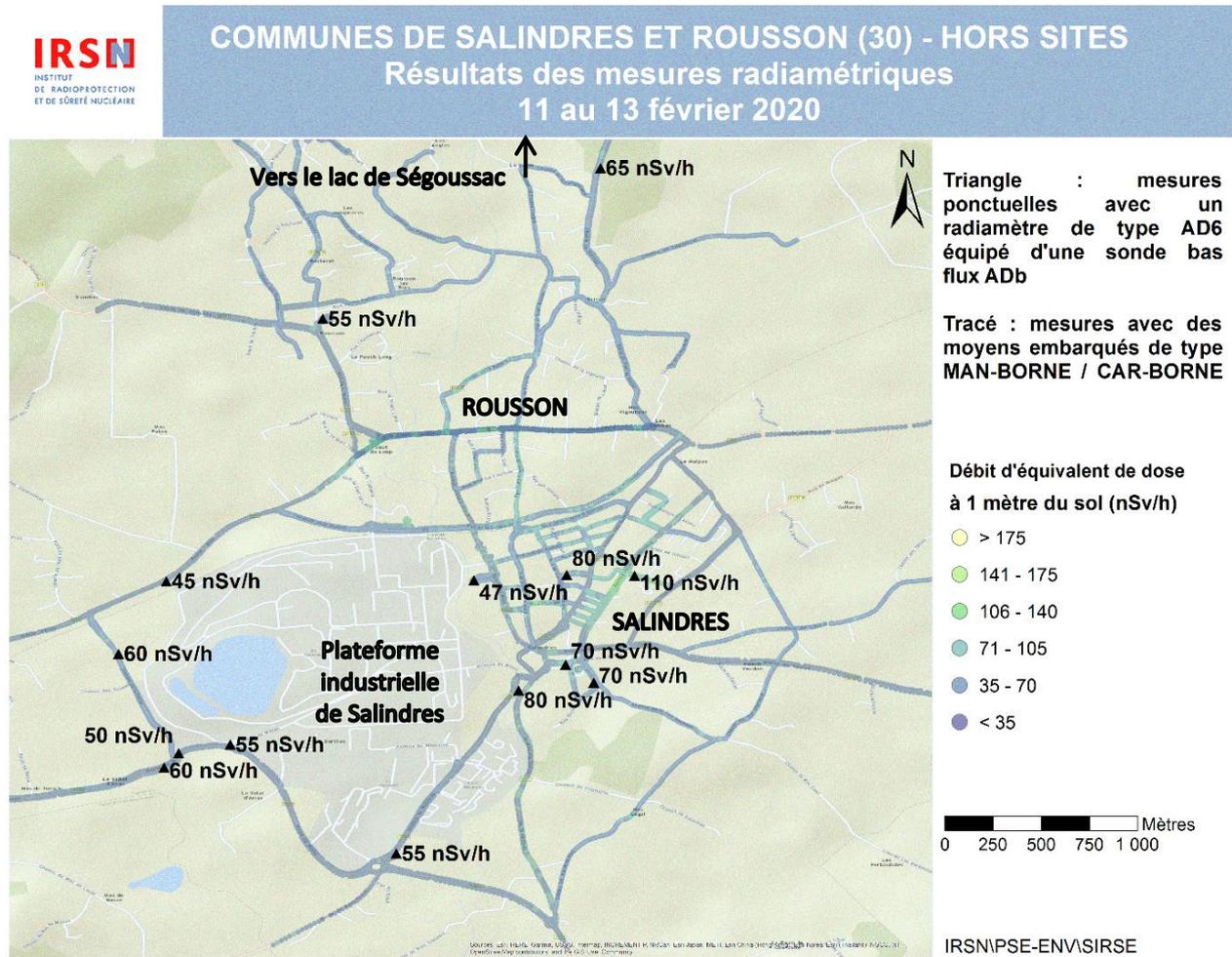


Figure 9. Cartographie du débit d'équivalent de dose à 1 m du sol dans les zones résidentielles de Salindres et de Rousson

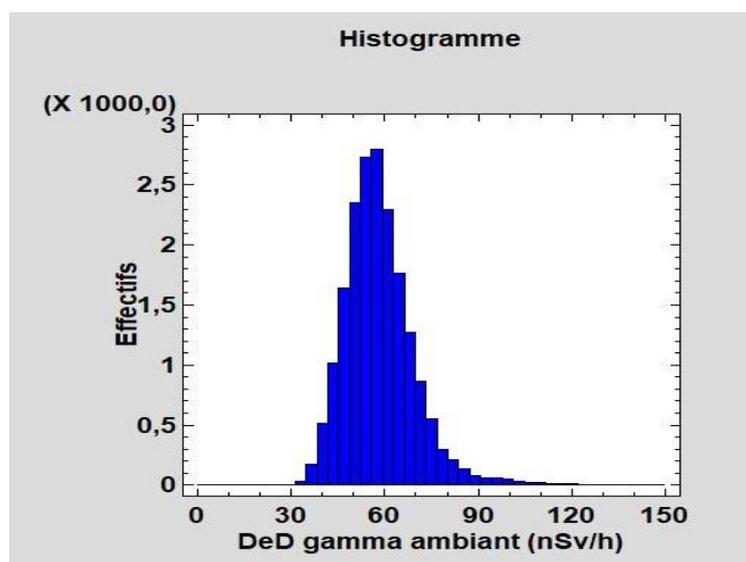


Figure 10. Distribution des valeurs de débit d'équivalent de dose enregistrées par les moyens embarqués dans les zones résidentielles de Salindres et de Rousson

De l'analyse des résultats, il ressort que :

- les valeurs de débit d'équivalent de dose ambiant sont comprises entre 28 nSv/h et 140 nSv/h pour les mesures effectuées avec les moyens embarqués et entre 45 et 110 nSv/h pour les mesures ponctuelles effectuées avec un radiamètre. Les résultats obtenus avec les deux dispositifs sont cohérents, les valeurs minimales et les valeurs maximales ayant été relevées aux mêmes endroits ;
- la distribution des valeurs de débit d'équivalent de dose ambiant (Cf. figure 10) enregistrées par les moyens embarqués suit une loi normale ;
- les valeurs maximales de débit d'équivalent de dose ambiant ont été mesurées dans la rue JB du BARRY de la commune de Salindres (coordonnées géographiques X=4,16300 et Y=44,17119 du système géodésique WGS 84). La valeur relevée avec un radiamètre, positionné à un mètre du sol, est de 110 nSv/h. Les mesures ont été influencées par la concentration de radionucléides d'origine naturelle contenus dans les matériaux de construction des bâtiments environnants. Cette interprétation est par ailleurs confirmée par l'identification de la présence de potassium 40 par les détecteurs qui équipent le système de mesures Car-Borne. Le niveau de concentration de ce radionucléide d'origine naturelle fluctue en fonction de la nature et de l'origine des matériaux utilisés pour la construction des bâtiments.

Les mesures de débit d'équivalent de dose ambiant effectuées dans les zones résidentielles de Salindres et de Rousson ne mettent pas en évidence d'anomalie radiologique. Les valeurs de débit d'équivalent de dose ambiant relevées s'inscrivent dans les fluctuations naturelles du bruit de fond local, liées notamment aux variations de concentration en radionucléides d'origine naturelle présents dans les sols et les matériaux de construction.

6. RESULTATS D'ANALYSE DES EAUX PRELEVEES DANS L'ENVIRONNEMENT

Les tableaux en annexe 4 présentent les résultats d'analyses des eaux prélevées dans l'environnement, au niveau des points définis dans le §3.2. Ceux-ci appellent les commentaires suivants :

- pour les prélèvements réalisés en dehors du site de la plateforme industrielle de Salindres, les résultats ne mettent pas en évidence de radionucléides artificiels émetteurs gamma, ni de tritium et les mesures du thorium sont inférieures aux seuils de décision ou à des niveaux très faibles (thorium-232). Par ailleurs, les activités en uranium de ces prélèvements sont du même ordre de grandeur que les valeurs habituellement rencontrées hors influence d'une installation nucléaire dans l'environnement français, usuellement de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-3} Bq/L (valeurs issues des bases de données du RNM⁴ et des valeurs de référence du BRGM [3]). Les activités en thorium et en uranium mesurées sur les échantillons d'eaux prélevés avant la station de traitement des eaux du lac de Séguosac (point 4) sont légèrement supérieures à celles mesurées aux autres points, ce qui démontre l'efficacité des traitements effectués dans cette installation⁵ ;
- pour ce qui concerne les prélèvements effectués sur la plateforme industrielle de Salindres, correspondant respectivement aux points 7, 8 et 9 (drain ouest, rejet de l'usine avant le milieu naturel

⁴ Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement, <https://www.mesure-radioactivite.fr>.

⁵ Cette station permet le traitement physico-chimique des eaux de percolations récupérées en pied de barrage du lac de Séguosac.

–eaux traitées par décantation et pied du bassin B2), les analyses ne mettent pas en évidence de radionucléides artificiels émetteurs gamma, ni de tritium et les mesures du thorium sont inférieures aux seuils de décision ou à des niveaux très faibles (thorium-232). Par ailleurs, les analyses des prélèvements effectués à ces trois points ont montré des niveaux en uranium plus élevés, notamment pour les points 7 et 9 correspondant aux eaux de percolation du bassin B2. Ces résultats sont confirmés par les indices alpha et bêta globaux plus élevés pour ces prélèvements⁶ que pour les autres. Néanmoins, ces activités en uranium sont dans la gamme des activités observées généralement dans les milieux où la radioactivité naturelle a été concentrée⁷ [4]. Ces résultats montrent que l'extraction de l'aluminium a induit une concentration de l'uranium dans les boues rouges. Il convient par ailleurs de noter que lors des prélèvements sur ces points, l'eau échantillonnée présentait une forte charge particulière en résidus de couleur rouge.

Nota : les valeurs mesurées en tritium sur les 14 prélèvements d'eau filtrée sont toutes inférieures aux limites de détection de la technique de mesure utilisée. De même, les analyses par spectrométrie gamma sont toutes inférieures aux limites de détection de la technique de mesure utilisée⁸.

7. CONCLUSION

Les investigations conduites par l'IRSN sur les communes de Salindres, y compris au sein de la plateforme industrielle, et de Rousson, au moyen de mesures d'équivalent de dose gamma ambiant et de mesures sur les eaux de l'environnement proche des sites de stockages de « boues rouges », n'ont mis en évidence aucune anomalie radiologique dans les zones concernées.

⁶ A titre indicatif, et bien que ces eaux ne soient pas destinées à la consommation, les niveaux en indices alpha et bêta globaux aux trois points évoqués sont légèrement supérieurs aux valeurs guides pour les eaux destinées à la consommation humaine, respectivement de 0,1 et 1 Bq/L.

⁷ Les procédés de production de certaines activités industrielles, non liées au cycle électronucléaire, peuvent modifier les équilibres physico-chimiques de la radioactivité naturelle contenue dans les matières utilisées et la concentrer dans les déchets produits.

⁸ La mesure a été réalisée sur les eaux brutes, la liste des radionucléides recherchés est présentée dans le tableau 6 en Annexe 5.

RÉFÉRENCES

- [1] Saisine DGPR/SRT/MSNR/2020-018 du 04 février 2020 relative aux mesures radiologiques dans l'environnement du site de Salindres.
- [2] Rapport Golder Associates référencé 10503140733 de novembre 2012 relatif à l'Interprétation de l'Etat des Milieux de la plateforme chimique de Salindres (30).
- [3] Article BRGM de mars-avril 2010 relatif aux valeurs de référence pour les teneurs en éléments traces dans les eaux de rivières et les sédiments, obtenues en France dans le cadre du nouvel Atlas géochimique Européen.ADR - Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route - version de 2019.
- [4] Rapport IRSN *bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017*.

ANNEXES

ANNEXE 1. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES RADIAMÉTRIQUES PONCTUELLES DES DEBITS D'ÉQUIVALENT DE DOSE.....	19
ANNEXE 2. CARTE DE LOCALISATION DES MESURES RADIAMÉTRIQUES PONCTUELLES	22
ANNEXE 3. PHOTOGRAPHIES DES LIEUX	23
ANNEXE 4 RESULTATS D'ANALYSES DES EAUX PRELEVÉES DANS L'ENVIRONNEMENT	30

ANNEXE 1. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES RADIOMETRIQUES PONCTUELLES DES DEBITS D'EQUIVALENT DE DOSE

Les tableaux suivants présentent l'ensemble des résultats des mesures de Débit d'équivalent de Dose (DeD) effectuées avec un radiamètre SAPHYMO de type AD6 équipé d'une sonde bas ADb. Les résultats affichés sont des valeurs brutes (sans déduction du bruit de fond). La localisation des mesures ponctuelles est représentée sur la cartographie jointe en annexe 2. Une photographie de chacune des zones est présentée en annexe 3.

Plateforme industrielle de Salindres

Point	Description	DeD sol (nSv/h)	DeD à 50 cm du sol (nSv/h)	DeD à 100 cm du sol (nSv/h)	longitude	latitude	Date
1	Parking extérieur	90	94	92	4,1524	44,17385	12/02/2020
2	Labo AXENS	93	96	94	4,15094	44,17216	12/02/2020
3	Bureaux Solvay	85	57	108	4,15199	44,17131	12/02/2020
4	Cabine centrale Solvay	55	55	57	4,15123	44,17081	12/02/2020
5	Entrée Est - Plateforme	83	70	60	4,14842	44,17144	12/02/2020
6	Bureaux fabrication AXENS	53	53	55	4,14788	44,17183	12/02/2020
7	B2 - côté Nord	54	37	40	4,1464	44,16848	12/02/2020
8	B2 - côté ouest	40	38	45	4,14334	44,16761	12/02/2020
9	B2 - côté ouest	32	40	43	4,14243	44,16682	12/02/2020
10	B2 - côté sud	37	63	45	4,14594	44,16609	12/02/2020
11	B2 - haut du talus	43	60	50	4,14475	44,16488	12/02/2020
12	Piezo S27 clôture sud	50	60	65	4,15179	44,16435	12/02/2020
13	Piezo S28 clôture sud-est	50	45	60	4,15466	44,16763	12/02/2020
14	Vestiaire est	160	173	140	4,15479	44,17131	12/02/2020

Abords du lac de Ségoussac

Point	Description	DeD sol (nSv/h)	DeD à 50 cm du sol (nSv/h)	DeD à 100 cm du sol (nSv/h)	longitude	latitude	Date
15	Barrière lac	50	55	50	4,16118	44,20063	11/02/2020
16	Barrage devant barrière	67	55	50	4,16084	44,20081	12/02/2020
17	Tour du lac	50	50	40	4,162107	44,2014427	13/02/2020
18	Tour du lac	45	50	50	4,1655684	44,2030716	13/02/2020
19	Tour du lac	40	50	50	4,1676321	44,204895	13/02/2020
20	Chemin au-dessus barrage (extrémité)	55	55	50	4,16834	44,20554	11/02/2020
21	Tour du lac	60	60	60	4,1688385	44,2068138	13/02/2020
22	Tour du lac	60	60	50	4,1629624	44,2097054	13/02/2020
23	Tour du lac	60	60	60	4,1548104	44,2074738	13/02/2020
24	Tour du lac	60	60	60	4,15781102	44,2115021	13/02/2020
25	Ouest Lac	60	60	60	4,15765	44,20357	13/02/2020
26	Point de mise à l'eau	70	60	50	4,16058	44,2037	11/02/2020
27	Pied de barrage (bassin inférieur)	60	56	60	4,16963	44,20285	11/02/2020

Zones résidentielles de Salindres et de Rousson

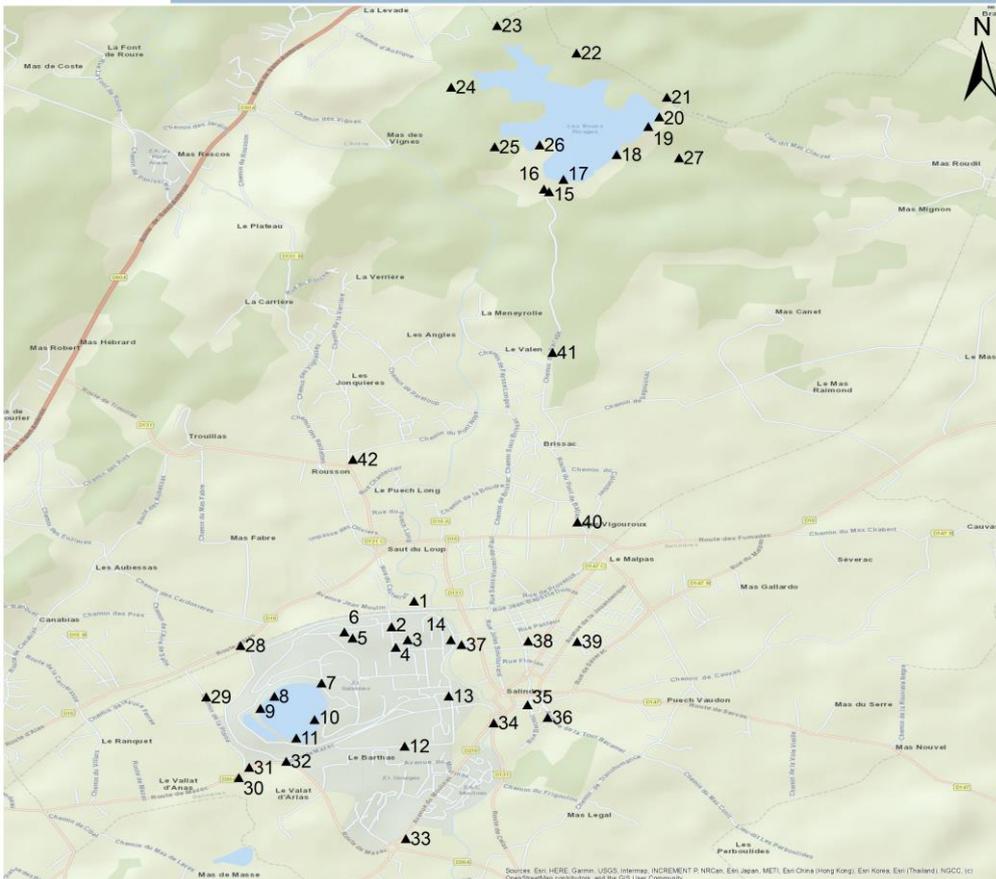
Point	Description	DeD sol (nSv/h)	DeD à 50 cm du sol (nSv/h)	DeD à 100 cm du sol (nSv/h)	longitude	latitude	Date
28	Route nord-ouest B2 (route d'Alès)	55	55	45	4,14113	44,17094	11/02/2020
29	Route côté ouest B2 (route de la plaine)	55	55	60	4,1389	44,16757	11/02/2020
30	Centre Salindres. Rue JB du Barry ⁹	125	130	110	4,163	44,17119	12/02/2020
31	Point P3 (avant pépinière)	55	55	50	4,1417	44,16296	11/02/2020
32	Ext. Site / Sud-Ouest bassin B2	60	55	55	4,14411	44,16336	11/02/2020
33	Point P5 (avant rond-point)	60	55	55	4,15187	44,15831	11/02/2020
34	Point P6 (devant entrée déchèterie)	70	75	80	4,15758	44,16587	11/02/2020
35	Parking mairie Salindres	75	70	70	4,15978	44,16707	11/02/2020
36	Collège DUMAS (entrée)	70	65	70	4,16109	44,16623	11/02/2020
37	Point P2 (parking plus proche usine)	48	57	47	4,1555	44,17099	11/02/2020
38	Point P4 (Ecole Marcel Pagnol)	70	70	80	4,15983	44,17123	11/02/2020
39	Poste gaz sud usine	60	65	60	4,14102	44,1623	12/02/2020
40	Route d'accès lac boues rouges	70	65	60	4,16303	44,17903	12/02/2020
41	Route d'accès lac boues rouges	65	90	65	4,1614	44,19011	12/02/2020
42	Parking école Rousson	60	75	55	4,14843	44,18312	12/02/2020

⁹ Les mesures ont été influencées par la concentration de radionucléides d'origine naturelle contenus dans les matériaux de construction des bâtiments environnants. Cette interprétation est par ailleurs confirmée par l'identification de la présence de potassium 40 par les détecteurs qui équipent le système de mesures Car-Borne. Le niveau de concentration de ce radionucléide d'origine naturelle fluctue en fonction de la nature et de l'origine des matériaux utilisés pour la construction des bâtiments.

ANNEXE 2. CARTE DE LOCALISATION DES MESURES RADIOMETRIQUES PONCTUELLES



COMMUNES DE SALINDRES ET ROUSSON (30) Localisation des mesures ponctuelles 11 au 13 février 2020



Triangle : mesures ponctuelles avec un radiamètre de type AD6 équipé d'une sonde bas flux ADB

0 400 800 1 200 1 600 Mètres

IRSN\PSE-ENV\IRSE

ANNEXE 3. PHOTOGRAPHIES DES LIEUX

Plateforme industrielle de Salindres



Point 1 : Parking extérieur



Point 2 : Laboratoire Axens



Point 3 : Bureaux Solvay



Point 4 : Cabine centrale Solvay



Point 5 : Entrée Est - plateforme



Point 6 : Bureaux fabrication Axens



Point 7 : B2 – côté Nord



Point 8 : B2 – côté Ouest



Point 9 : B2 – côté ouest



Point 10 : B2 – côté Sud



Point 11 : B2 – haut du talus



Point 12 : Piezomètre S27 – clôture Sud



Point 13 : Piezomètre S28 – clôture Sud-Est



Point 14 : Vestiaire Est

Abords du lac de Ségoussac



Point 15 : Barrière lac



Point 16 : Barraae devant barrière



Point 17 : Tour du lac



Point 18 : Tour du lac



Point 19 : Tour du lac



Point 20 : Chemin au-dessus du barraae



Point 21 : Tour du lac



Point 22 : Tour du lac



Point 23 : Tour du lac



Point 24 : Tour du lac



Point 25 : Ouest Lac



Point 26 : Point de mise à l'eau



Point 27 : Pied de barrage (bassin inférieur)

Zones résidentielles de Salindres et de Rousson



Point 28 : Route nord-ouest B2 (route d'Alès)



Point 29 : Route côté ouest B2 (route de la plaine)



Point 30 : Poste gaz sud usine



Point 31 : Point P3 (avant pépinière)



Point 32 : Ext. Site / Sud-Ouest bassin B2



Point 33 : Point P5 (avant rond-point)



Point 34 : Point P6 (devant entrée déchèterie)



Point 35 : Parking mairie Salindres



Point 36 : Collège DUMAS (entrée)



Point 37 : Point P2 (parking plus proche usine)



Point 38 : Point P4 (école Marcel PAGNOL)



Point 39 : Centre de Salindres-Rue JB du Barry



Point 40 : Route d'accès au lac des boues rouges



Point 41 : Route d'accès au lac des boues rouges



Point 42 : Parking école Rousson

ANNEXE 4 RESULTATS D'ANALYSES DES EAUX PRELEVEES DANS L'ENVIRONNEMENT

Tableau 1. Identification des points de prélèvement

Référence	Description du point	Date de prélèvement
1	Bassin dit « supérieur »	12/02/2020
2	Bassin dit « supérieur » - rejet vers le milieu naturel	12/02/2020
3	Bassin dit « inférieur » - eaux de percolation du bassin de Ségoussac	12/02/2020
4	Station de traitement physico-chimique des eaux - eau à traiter (avant traitement)	12/02/2020
5	Avène – amont rejets du bassin de Ségoussac	12/02/2020
6	Avène – aval rejets du bassin de Ségoussac	12/02/2020
7	Drain ouest - eaux de percolation du bassin B2	12/02/2020
8	Rejet plateforme industrielle avant milieu naturel - eaux traitées par décantation	12/02/2020
9	Pied du Bassin B2 - eaux de percolation du bassin B2	12/02/2020
10	Arias - aval rejets des bassins de décantation	12/02/2020
11	Arias - amont rejets des bassins de décantation	12/02/2020
12	Avène - amont confluence avec Arias	12/02/2020
13	Avène - aval confluence avec Arias	12/02/2020
14	Arias - amont de la plateforme industrielle de Salindres	13/02/2020

Tableau 2. Résultats d'analyse du tritium (eau filtrée)

Point	Activité en ³H (en Bq/L)
1	< 1,79
2	< 2,43
3	< 2,42
4	< 2,53
5	< 2,43
6	< 2,43
7	< 2,43
8	< 2,82
9	< 1,92
10	< 2,81
11	< 2,43
12	< 1,80
13	< 2,43
14	< 2,43

Tableau 3. Résultats d'analyse des indices α global et β global et du dosage du potassium

Point	α global (en Bq/L)		β global (en Bq/L)		K (en mg/L)
	Eau filtrée	Résidu de filtration	Eau filtrée	Résidu de filtration	Eau filtrée
1	$< 8,77.10^{-3}$	n.a.	$1,17.10^{-1} \pm 8,73.10^{-2}$	n.a.	$3,9 \pm 0,39$
2	$< 9,01.10^{-3}$	n.a.	$< 7,12.10^{-2}$	n.a.	$3,9 \pm 0,39$
3	$< 4,72.10^{-2}$	$1,60.10^{-1} \pm 6,73.10^{-2}$	$< 1,26.10^{-1}$	$< 3,84.10^{-1}$	$4,9 \pm 0,49$
4	$< 4,57.10^{-2}$	$2,94.10^{-1} \pm 1,02.10^{-1}$	$5,29.10^{-1} \pm 4,85.10^{-1}$	$7,25.10^{-1} \pm 4,33.10^{-1}$	$17 \pm 1,7$
5	$< 9,10.10^{-3}$	n.a.	$< 5,93.10^{-2}$	n.a.	$1,9 \pm 0,38$
6	$< 8,80.10^{-3}$	n.a.	$6,75.10^{-2} \pm 6,51.10^{-2}$	n.a.	$2 \pm 0,4$
7	$2,43.10^{-1} \pm 4,82.10^{-2}$	$3,04.10^{-2} \pm 7,24.10^{-3}$	$2,70 \pm 1,24$	$3,89.10^{-2} \pm 1,58.10^{-2}$	$146 \pm 14,6$
8	$1,71.10^{-1} \pm 7,05.10^{-2}$	n.a.	$1,78 \pm 5,78.10^{-1}$	n.a.	$58 \pm 5,8$
9	$7,19.10^{-1} \pm 1,84.10^{-1}$	$9,41.10^{-2} \pm 2,11.10^{-2}$	$2,75 \pm 9,93.10^{-1}$	$1,28.10^{-1} \pm 4,41.10^{-2}$	$48 \pm 5,1$
10	$< 5,36.10^{-2}$	n.a.	$7,21.10^{-1} \pm 2,80.10^{-1}$	n.a.	$24 \pm 2,4$
11	$< 4,31.10^{-2}$	n.a.	$1,48.10^{-1} \pm 1,13.10^{-1}$	n.a.	$6,7 \pm 0,67$
12	$1,25.10^{-2} \pm 1,05.10^{-2}$	n.a.	$1,27.10^{-1} \pm 7,97.10^{-2}$	n.a.	$4,4 \pm 0,44$
13	$< 9,05.10^{-3}$	n.a.	$2,70.10^{-1} \pm 1,39.10^{-1}$	n.a.	$7,7 \pm 0,77$
14	$< 9,04.10^{-3}$	n.a.	$< 6,27.10^{-2}$	n.a.	< 1

n.a. : non analysé. La quantité de cendres issues de la calcination des résidus de filtration était insuffisante pour pouvoir effectuer à la fois les analyses U / Th et α / β global. La priorité a, dans ce cas, été donnée aux quantifications de l'uranium et du thorium au vu du contexte de la demande de la DREAL et des activités du site.

Tableau 4. Résultats d'analyse du thorium

Point	²³⁰ Th (en Bq/L)		²³² Th (en Bq/L)	
	Eau filtrée	Résidu de filtration	Eau filtrée	Résidu de filtration
1	$< 7,64.10^{-2}$	$< 3,77.10^{-3}$	$< 2,23.10^{-4}$	$7,92.10^{-5} \pm 5,97.10^{-6}$
2	$< 7,34.10^{-2}$	$< 3,99.10^{-3}$	$< 2,23.10^{-4}$	$2,36.10^{-5} \pm 1,77.10^{-6}$
3	$< 6,99.10^{-2}$	$< 3,40.10^{-3}$	$< 2,23.10^{-4}$	$6,34.10^{-5} \pm 4,66.10^{-6}$
4	$< 8,57.10^{-2}$	$< 1,52.10^{-2}$	$< 2,23.10^{-4}$	$2,00.10^{-4} \pm 2,03.10^{-5}$
5	$< 6,54.10^{-2}$	$< 4,06.10^{-3}$	$< 2,23.10^{-4}$	$1,13.10^{-5} \pm 1,04.10^{-6}$
6	$< 7,06.10^{-2}$	$< 4,39.10^{-3}$	$< 2,23.10^{-4}$	$1,39.10^{-4} \pm 1,07.10^{-5}$
7	$< 1,45.10^{-1}$	$< 1,22.10^{-2}$	$< 2,23.10^{-4}$	$2,00.10^{-5} \pm 1,62.10^{-6}$
8	$< 8,19.10^{-2}$	$< 4,16.10^{-3}$	$< 2,23.10^{-4}$	$4,43.10^{-6} \pm 5,36.10^{-7}$
9	$< 1,79.10^{-1}$	$< 2,17.10^{-2}$	$< 2,23.10^{-4}$	$< 1,11.10^{-5}$
10	$< 8,83.10^{-2}$	$< 7,30.10^{-4}$	$< 2,23.10^{-4}$	$8,20.10^{-5} \pm 6,40.10^{-6}$
11	$< 8,38.10^{-2}$	$< 8,42.10^{-4}$	$< 2,23.10^{-4}$	$1,33.10^{-5} \pm 1,03.10^{-6}$
12	$< 7,24.10^{-2}$	$< 7,34.10^{-4}$	$< 2,23.10^{-4}$	$2,17.10^{-4} \pm 1,81.10^{-5}$
13	$< 7,70.10^{-2}$	$< 8,55.10^{-4}$	$< 2,23.10^{-4}$	$2,20.10^{-5} \pm 1,67.10^{-6}$
14	$< 8,86.10^{-2}$	$< 8,16.10^{-4}$	$< 2,23.10^{-4}$	$2,82.10^{-5} \pm 2,01.10^{-6}$

Tableau 5. Résultats d'analyse de l'uranium

Point	Uranium Pondéral (en µg/L)	²³⁴ U (en Bq/L)		²³⁸ U (en Bq/L)		²³⁵ U (en Bq/L)	
		Eau filtrée	Résidu de filtration	Eau filtrée	Résidu de filtration	Eau filtrée	Résidu de filtration
1	0,99	$1,39.10^{-2} \pm 3,40.10^{-3}$	$< 1,3.10^{-4}$	$1,23.10^{-2} \pm 2,50.10^{-3}$	$9,97.10^{-5} \pm 1,27.10^{-5}$	$5,70.10^{-4} \pm 1,20.10^{-4}$	$4,63.10^{-6} \pm 6,02.10^{-7}$
2	0,93	$1,39.10^{-2} \pm 3,40.10^{-3}$	$< 1,33.10^{-4}$	$1,15.10^{-2} \pm 2,30.10^{-3}$	$4,74.10^{-5} \pm 6,07.10^{-6}$	$5,40.10^{-4} \pm 1,10.10^{-4}$	$2,22.10^{-6} \pm 3,01.10^{-7}$
3	1,92	$2,91.10^{-2} \pm 3,40.10^{-3}$	$6,42.10^{-4} \pm 8,66.10^{-5}$	$2,37.10^{-2} \pm 2,40.10^{-3}$	$5,87.10^{-4} \pm 7,62.10^{-5}$	$1,11.10^{-3} \pm 1,30.10^{-4}$	$2,69.10^{-5} \pm 3,56.10^{-6}$
4	4,02	$6,80.10^{-2} \pm 8,00.10^{-3}$	$2,58.10^{-3} \pm 3,20.10^{-4}$	$5,00.10^{-2} \pm 5,00.10^{-3}$	$2,40.10^{-3} \pm 3,14.10^{-4}$	$2,36.10^{-3} \pm 2,80.10^{-4}$	$1,11.10^{-4} \pm 1,48.10^{-5}$
5	1,13	$1,83.10^{-2} \pm 4,50.10^{-3}$	$< 1,98.10^{-4}$	$1,39.10^{-2} \pm 2,80.10^{-3}$	$3,45.10^{-5} \pm 4,40.10^{-6}$	$6,50.10^{-4} \pm 1,40.10^{-4}$	$1,65.10^{-6} \pm 2,44.10^{-7}$
6	1,1	$1,65.10^{-2} \pm 4,00.10^{-3}$	$< 2,47.10^{-4}$	$1,35.10^{-2} \pm 2,70.10^{-3}$	$1,62.10^{-4} \pm 2,07.10^{-5}$	$6,40.10^{-4} \pm 1,30.10^{-4}$	$7,63.10^{-6} \pm 1,02.10^{-6}$
7	10	$1,31.10^{-1} \pm 1,50.10^{-2}$	$2.10^{-2} \pm 2,29.10^{-3}$	$1,24.10^{-1} \pm 1,20.10^{-2}$	$1,97.10^{-2} \pm 2,50.10^{-3}$	$5,80.10^{-3} \pm 7,00.10^{-4}$	$8,85.10^{-4} \pm 1,13.10^{-4}$
8	4,9	$7,07.10^{-2} \pm 8,81.10^{-3}$	$< 2,93.10^{-4}$	$6,02.10^{-2} \pm 7,70.10^{-3}$	$2,16.10^{-4} \pm 2,77.10^{-5}$	$2,78.10^{-3} \pm 3,61.10^{-4}$	$1,01.10^{-5} \pm 1,36.10^{-6}$
9	37,1	$4,61.10^{-1} \pm 5,21.10^{-2}$	$6,54.10^{-2} \pm 7,75.10^{-3}$	$4,57.10^{-1} \pm 5,86.10^{-2}$	$6,36.10^{-2} \pm 8,09.10^{-3}$	$2,06.10^{-2} \pm 2,67.10^{-3}$	$2,87.10^{-3} \pm 3,67.10^{-4}$
10	3,13	$4,24.10^{-2} \pm 4,90.10^{-3}$	$2,05.10^{-4} \pm 4,57.10^{-5}$	$3,87.10^{-2} \pm 3,90.10^{-3}$	$1,98.10^{-4} \pm 2,61.10^{-5}$	$1,80.10^{-3} \pm 2,10.10^{-4}$	$9,15.10^{-6} \pm 1,22.10^{-6}$
11	1,94	$2,71.10^{-2} \pm 3,20.10^{-3}$	$8,38.10^{-5} \pm 3,33.10^{-5}$	$2,40.10^{-2} \pm 2,40.10^{-3}$	$7,8.10^{-5} \pm 1,03.10^{-5}$	$1,12.10^{-3} \pm 1,30.10^{-4}$	$3,58.10^{-6} \pm 4,78.10^{-7}$
12	1,37	$1,93.10^{-2} \pm 2,30.10^{-3}$	$2,56.10^{-4} \pm 5,30.10^{-5}$	$1,69.10^{-2} \pm 1,70.10^{-3}$	$2,49.10^{-4} \pm 3,32.10^{-5}$	$7,90.10^{-4} \pm 9,00.10^{-5}$	$1,15.10^{-5} \pm 1,56.10^{-6}$
13	1,75	$2,51.10^{-2} \pm 2,90.10^{-3}$	$5,12.10^{-5} \pm 2,29.10^{-5}$	$2,16.10^{-2} \pm 2,20.10^{-3}$	$4,95.10^{-5} \pm 6,63.10^{-6}$	$1,01.10^{-3} \pm 1,20.10^{-4}$	$2,26.10^{-6} \pm 3,10.10^{-7}$
14	0,66	$1,10.10^{-2} \pm 2,70.10^{-3}$	$6,89.10^{-5} \pm 3,08.10^{-5}$	$8,20.10^{-3} \pm 1,60.10^{-3}$	$6,34.10^{-5} \pm 8,36.10^{-6}$	$3,80.10^{-4} \pm 8,00.10^{-5}$	$2,92.10^{-6} \pm 3,90.10^{-7}$

Tableau n°6. Résultats d'analyse des eaux brutes en gamma (Bq/L)

Point	⁷ Be	²² Na	⁴⁰ K	⁵⁴ Mn	⁵⁷ Co	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁷⁵ Se	⁹⁵ Zr	¹⁰³ Ru	¹⁰⁶ Ru	^{110m} Ag	¹²⁴ Sb	¹²⁵ Sb	¹²⁹ I	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹⁴⁰ Ba	¹⁴¹ Ce	¹⁴⁴ Ce	²²⁸ Ac	²⁴¹ Am
1	<0,42	<0,04	<0,84	<0,04	<0,03	<0,05	<0,04	<0,05	<0,08	<0,05	<0,38	<0,04	<0,05	<0,12	<0,04	<0,15	<0,04	<0,04	<0,33	<0,08	<0,26	<0,17	<0,05
2	<0,39	<0,04	<0,76	<0,04	<0,03	<0,04	<0,04	<0,05	<0,08	<0,05	<0,36	<0,04	<0,05	<0,11	<0,04	<0,16	<0,04	<0,04	<0,33	<0,08	<0,24	<0,16	<0,05
3	<0,41	<0,05	<0,8	<0,04	<0,03	<0,05	<0,04	<0,05	<0,09	<0,05	<0,39	<0,04	<0,05	<0,12	<0,05	<0,14	<0,04	<0,05	<0,31	<0,08	<0,25	<0,18	<0,06
4	<0,55	<0,06	<1,08	<0,06	<0,04	<0,06	<0,06	<0,06	<0,11	<0,07	<0,51	<0,06	<0,06	<0,15	<0,07	<0,2	<0,06	<0,06	<0,43	<0,1	<0,33	<0,23	<0,07
5	<0,43	<0,05	<0,83	<0,04	<0,03	<0,05	<0,05	<0,05	<0,09	<0,05	<0,4	<0,04	<0,05	<0,11	<0,05	<0,16	<0,04	<0,05	<0,36	<0,08	<0,25	<0,19	<0,06
6	<0,49	<0,06	<1,04	<0,05	<0,04	<0,06	<0,05	<0,06	<0,1	<0,06	<0,46	<0,05	<0,05	<0,13	<0,06	<0,17	<0,05	<0,05	<0,38	<0,09	<0,3	<0,22	<0,07
7	<0,44	<0,05	2,35	<0,04	<0,03	<0,05	<0,05	<0,05	<0,09	<0,05	<0,4	<0,04	<0,05	<0,12	<0,05	<0,16	<0,04	<0,05	<0,36	<0,09	<0,27	<0,21	<0,06
8	<0,42	<0,05	<0,98	<0,05	<0,03	<0,05	<0,04	<0,05	<0,09	<0,06	<0,41	<0,04	<0,05	<0,12	<0,05	<0,17	<0,04	<0,04	<0,35	<0,09	<0,26	<0,2	<0,06
9	<0,38	<0,05	<0,87	<0,04	<0,03	<0,04	<0,04	<0,05	<0,08	<0,05	<0,37	<0,04	<0,04	<0,11	<0,04	<0,13	<0,04	<0,04	<0,32	<0,07	<0,23	<0,19	<0,05
10	<0,38	<0,04	<0,86	<0,04	<0,03	<0,05	<0,04	<0,05	<0,08	<0,05	<0,38	<0,04	<0,04	<0,11	<0,04	<0,14	<0,04	<0,04	<0,32	<0,07	<0,23	<0,18	<0,05
11	<0,38	<0,04	<0,81	<0,04	<0,03	<0,04	<0,04	<0,05	<0,08	<0,05	<0,36	<0,04	<0,04	<0,11	<0,04	<0,13	<0,04	<0,04	<0,28	<0,07	<0,22	<0,16	<0,05
12	<0,34	<0,04	<0,71	<0,03	<0,02	<0,04	<0,04	<0,04	<0,07	<0,04	<0,33	<0,03	<0,04	<0,09	<0,04	<0,13	<0,03	<0,04	<0,27	<0,06	<0,2	<0,15	<0,04
13	<0,41	<0,05	<0,88	<0,04	<0,03	<0,05	<0,04	<0,05	<0,09	<0,05	<0,39	<0,04	<0,05	<0,11	<0,05	<0,17	<0,04	<0,04	<0,35	<0,08	<0,25	<0,18	<0,05
14	<0,41	<0,04	<0,82	<0,04	<0,03	<0,05	<0,04	<0,05	<0,08	<0,05	<0,38	<0,04	<0,05	<0,12	<0,04	<0,14	<0,04	<0,05	<0,3	<0,08	<0,26	<0,18	<0,05

Commentaire : aucune valeur significative n'a été relevée.

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

31 av. de la division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre B 440 546 018

COURRIER

B.P 17 - 92260 Fontenay-aux-Roses

TÉLÉPHONE

+33 (0)1 58 35 88 88

SITE INTERNET

www.irsn.fr

MEMBRE DE
ETSON